

ANA AMÉLIA PAULINO TINÔCO BUSELLI

**PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO (RCD) NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA, MG**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil,
para obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B977p
2012

Buselli, Ana Amélia Paulino Tinôco, 1977-

Proposta de gestão dos resíduos de construção e demolição
(RCD) no município de Viçosa, MG / Ana Amélia Paulino
Tinôco Buselli. – Viçosa, MG, 2012.
xvi, 153f. : il. ; (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Izabel Christina d'Almeida Duarte de Azevedo.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f. 138-148.

1. Materiais de construção. 2. Gestão integrada de resíduos
sólidos. 3. Meio ambiente. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Civil. II. Título.

CDD 22. ed. 691

ANA AMÉLIA PAULINO TINÔCO BUSELLI

**PROPOSTA DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E
DEMOLIÇÃO (RCD) NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA, MG**

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil,
para obtenção do título de *Doctor
Scientiae*.

APROVADA: 24 de agosto de 2012.


Prof. Eduardo Antonio Gomes Marques
Co-orientador


Prof^ª. Rejane Nascentes
Co-orientadora


Prof^ª. Simone Cristina de Jesus


Prof. Gustavo Barreto Franco


Prof^ª. Izabel Christina d'A. Duarte de Azevedo
Orientadora

*Dedico às duas pessoas que, diariamente, me inspiram a fazer
sempre o melhor possível e a buscar o melhor de mim!*

*Meu marido, Reginaldo, companheiro amoroso, conselheiro,
incentivador e papai extremamente dedicado,
que esteve ao meu lado e me apoiou em todos os passos dessa conquista.*

*Ao nosso filhote, Heitor, que há pouco tempo entrou em nossas vidas
e muito têm nos ensinado sobre o amor incondicional e felicidade.*

A ambos todo o meu amor e eterno agradecimento!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que fizeram parte desta caminhada. Foi um período de novas experiências e muito aprendizado. Inúmeras as pessoas contribuíram ao longo desta jornada para a concretização deste trabalho, dessa forma, quero agradecer a todos, e em especial:

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Civil, pela oportunidade de realizar o curso de doutorado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

À FEAM pela oportunidade de desenvolver um trabalho tão gratificante no *Projeto Minas sem Lixões* e ao apoio para realização das atividades de campo desta tese.

À Professora Izabel, a quem não tenho palavras para expressar minha gratidão, pela dedicação, colaboração e oportunidades concedidas no decorrer desta trajetória; e em especial pela grande amizade, carinho, cuidado e apoio em todos os momentos.

Ao Professor Eduardo Antonio Gomes Marques, pela atenção, apoio e oportunidades concedidas no decorrer desta trajetória, e principalmente pela grande amizade ao longo desses anos.

À Professora Rejane Nascentes, pela amizade, atenção e colaboração para a melhoria desta tese.

À Professora Maria Eugenia Boscov, pela sua contribuição para melhoria desse trabalho.

Aos professores Gustavo Franco e Simone Jesus, pela participação na banca e contribuições ao trabalho.

Aos Alunos de graduação Leonardo, Bernardo e Raíssa e ao Professor Wellington Donizete, pelo apoio e colaboração nas atividades desta tese; e à Cátia, pela amizade e ajuda nesta fase final da tese.

Aos laboratoristas, Capelão do Laboratório de Geotecnia (DEC), Chico do Laboratório de Mineralogia dos solos (DPS), Carlinhos da absorção atômica do DPS, e Ricardo do Laboratório de Instrumentação e Quimiometria (DEQ).

À Engenheira Florestal, Edivânia Evangelista, ex funcionária da SEMADE, pela atenção, informações fornecidas e colaboração para concretização deste trabalho.

Ao meu amado marido Reginaldo, meu porto seguro, companheiro de todas as horas e por muitas vezes, conselheiro; e ao meu filhote Heitor, tradução de amor, doçura e felicidade em nossas vidas.

Aos meus pais, Jailton e Maria da Natividade, meus irmãos Ana Flávia e Marcel; aos meus tios Luís e Luiza e a vovó Ivonete, pela força e apoio.

As minhas grandes amigas Cristina Figueiredo e Luana Caetano Rocha, que acompanharam meus passos diariamente neste período, pela amizade, companheirismo e apoio em todas as horas.

Aos amigos/colegas que trabalharam no *Projeto Minas sem Lixão*, pela amizade e agradável convivência, em especial ao Prof. Roberto, Profa. Izabel, Prof. Eduardo, Prof. Joel, Profa. Mônica, Tatiana, Thaís, Geane, Hugo, Wellington, Bernardo, Luana, Raíssa, Mariana, Claudinha e Patrick.

Aos funcionários e amigos do departamento de Engenharia Civil. Em especial às secretarias da pós-graduação Cristina Beatriz Costa e a Janete.

Aos amigos e colegas de curso, pelo companheirismo e pelos grandes momentos compartilhados.

A todos vocês, muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Aspectos gerais.....	1
1.2 Justificativas e objetivos.....	4
1.3 Estrutura do documento.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Resíduos sólidos urbanos – RSU.....	7
2.2 Resíduos de construção e demolição – RCD.....	10
2.2.1 Conceito e classificação.....	10
2.2.2 Composição dos RCD.....	13
2.2.3 Estimativa da geração de RCD no Brasil.....	14
2.2.4 Legislação federal e normalização.....	16
2.2.5 Legislação municipal.....	18
2.3 Gestão dos resíduos da construção civil.....	20
2.3.1 Contexto internacional.....	23
2.3.2 Experiência nacional: O Município de Belo Horizonte, MG, e a gestão e reciclagem dos RCD	24
2.4 Panorama da reciclagem dos RCD no Brasil.....	26
2.5 Aplicações de RCD reciclados.....	31
2.6 Barreiras químicas para metais traço.....	33
2.6.1 Percolado de RSU.....	33
2.6.2 Metais traço presentes no percolado	36
2.6.3 RCD em barreiras químicas para metais traço e correção da acidez	37

do solo.....	
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 A gestão dos RCD no Município de Viçosa – MG.....	39
3.1.1 Caracterização da área em estudo.....	40
3.1.2 Situação atual dos RCD no município de Viçosa.....	43
3.1.3 Diagnóstico da situação atual dos RCD no município de Viçosa	44
3.1.4 Proposta para uma gestão diferenciada de Resíduos da Construção Civil para o Município de Viçosa, MG.....	51
3.15 Avaliação da retenção de metais traço por RCD por meio de ensaios de equilíbrio em lote.....	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1 Diagnóstico da situação atual dos RCD do Município de Viçosa.....	64
4.1.1 Identificação dos agentes envolvidos no processo de geração, transporte e destinação final dos RCD.....	64
4.1.2 Estimativa da geração de resíduos de construção e demolição na área urbana.....	68
4.1.3 Identificação das áreas de disposição de RCD e pontos de descarte clandestinos.....	72
4.1.4 Determinação da composição gravimétrica dos RCD do Município de Viçosa – MG (<i>percentual de cada material nos RCD</i>).....	97
4.1.5 - Proposta para uma gestão diferenciada de Resíduos da Construção Civil para o Município de Viçosa, MG.....	98
4.1.6 Avaliação da retenção de metais traço por RCD por meio de ensaios de equilíbrio em lote.....	108
5 CONCLUSÕES.....	132
REFERÊNCIAS.....	138
ANEXO 1.....	149
ANEXO 2.....	152

LISTA DE FIGURAS

2.1: Destinação final de RSU em 2010 e 2011.	10
2.2: Principais fontes de resíduos da construção civil.	11
2.3: Total de RCD coletados por regiões e no Brasil em 2010 e 2011.	15
3.1: Sequencia de atividades propostas.	39
3.2: Mapa do Município no Estado de Minas Gerais com a localização do Município de Viçosa em relação à capital do Estado de Minas Gerais.	41
3.3: Crescimento populacional de Viçosa entre os anos de 1991 a 2010.	42
3.4: Caracterização dos RCD: (a) caçamba de RCD; (b) 5 Latões de 18L por caçamba; (c) RCD dispostos na lona antes da homogeneização; (d) Pesagem por tipo de RCD.	50
3.5: Sistema de Gestão para resíduos de construção e demolição.	52
3.6: RCD reciclados na Usina de Estoril em Belo Horizonte – MG: (a) RCD Classe A - cinza e (b) RCD Classe B – vermelho.	53
3.7: (a) Coleta do percolado na lagoa de estabilização do aterro de resíduos sólidos urbanos do Município de Viçosa – MG; (b) Detalhe da tubulação de entrada da lagoa de estabilização, local onde foi coletado o percolado de RSU.	56
3.8: Ensaio de equilíbrio em lote: (a) Soluções preparadas para o ensaio; (b) Tubos de centrífuga colocados na mesa agitadora por 24 horas; (c) Centrifugação das amostras por 10 minutos; (d) Amostras antes e após a centrifugação.	63
4.1: Provável origem dos RCD no Município de Viçosa no ano de 2009, baseada nas obras licenciadas.	65
4.2: Provável origem dos RCD no Município de Viçosa no ano de 2010, baseada nas obras licenciadas.	65

4.3: Distribuição, em porcentagem, do transporte de RCD e solo pelas empresas.	67
4.4: Placa de alerta proibindo a disposição de RSU e RCD.	68
4.5: Pontos de descarte clandestinos de RCD na área urbana do Município de Viçosa.	74
4.6: (a) Disposição de RCD em terreno baldio na Rua Jacob Lopes de Castro, Bairro Nova Era; (b) Disposição de RCD em terreno baldio na Avenida Brasil, Bairro Santo Antônio; (c) e (d) Disposição de RCD em passeio público e em terreno baldio, respectivamente, na Rua Dr. Brito, Bairro Centro.	78
4.7: (a) e (b) Disposição de RCD na Rua Paulo Mário Del Giudice, Bairro Centro; (c) Disposição de RCD em terreno baldio próximo a um corpo d'água na Travessa Tancredo Neves, Bairro Centro; (d) Disposição de RCD em terreno baldio na Rua Dona Gertrudes, Bairro Centro.	79
4.8: (a) Disposição de RCD em passeio público na Rua Vereador Almiro Pontes, Bairro Santo Antônio; (b) Disposição de RCD na Travessa Curvelo, Bairro Fátima; (c) Demolição inacabada e disposição de RCD em terreno na Rua Araponga, Bairro Santo Antônio; (d) Demolição inacabada na rua Horácio Borges, Bairro Santa Clara.	80
4.9: (a) e (b) Disposição de RCD em praça pública na Rua do Pintinho, Bairro Bela Vista; (c) Disposição de RCD em passeio público na Rua José dos Santos, Bairro Centro; (d) Demolição inacabada e disposição de RCD em terreno na Rua do Contorno, Bairro Amoras.	81
4.10: (a) e (b) Disposição de RCD em passeio público na Rua Gurmecindo Iglesias, Bairro Vau-Açu; (c) Disposição de RCD em terreno baldio na Rua Dona Petrolina, Bairro São José; (d) Disposição de RCD em terreno baldio na Rua Boa Vista, Bairro Boa Vista.	82
4.11: Mapeamento dos aterros de RCD (bota-foras) do Município de Viçosa – MG.	84

4.12: Bota-foras com intervenção em APP de curso d'água.	89
4.13: Bota–foras clandestinos: (a) e (b) Comunidade dos Marques; (c) e (d) Rua Santa Cruz, Bairro Cidade Nova.	91
4.14: Disposição de RCD e solo em pilhas sem manejo adequado. Verifica-se presença de materiais recicláveis e gesso junto aos resíduos.	93
4.15: Plataformas de RCD elevadas e taludes com grandes inclinações e sem contenção adequada.	94
4.16: Pontos de erosão, devido à ausência de compactação adequada; e presença de resíduos de gesso, que deveriam ter destinação específica.	95
4.17: Margens de estradas rurais do Município de Viçosa: Grande quantidade de RCD dispostos em vários pontos.	96
4.18: Locação de unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV's) de RCD.	101
4.19: Estrutura da URPV de Castelo em Belo Horizonte – MG: (a) Detalhe da entrada, com portão, guarita e cerca viva; (b) Detalhe da plataforma para facilitar o descarte de RCD e outros materiais. Pequena área construída ao fundo e área livre manobra de veículos.	104
4.20: Peneiramento da fração grosseira dos RCD.	108
4.21: Mineralogia da amostra de RCD Cinza.	109
4.22: Mineralogia da amostra de RCD Vermelho.	110
4.23: Mineralogia da amostra de RCD Viçosa.	110
4.24: Isotermas de sorção do ensaio 1 para o Mn^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza e (b) vermelho.	117
4.25: Isotermas de sorção do ensaio 1 para o Zn^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.	119
4.26: Isotermas de sorção do ensaio 1 para o Pb^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.	120

4.27: Isotermas de sorção do ensaio 2 para o Mn^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.	124
4.28: Isotermas de sorção do ensaio 2 para o Zn^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.	125
4.29: Isotermas de sorção do ensaio 2 para o Cd^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.	126
4.30: Isotermas de sorção do ensaio 2 para o Pb^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.	128
4.31: Isotermas de Freundlich: Sorção por metal (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+}) para cada tipo de RCD (cinza, vermelho e de Viçosa).	129
4.32: Preparo das soluções. À esquerda tem-se apenas o percolado de RSU e à direita percolado com adição de sais de nitrato.	130

LISTA DE TABELAS

2.1 – Classes e destinos dos resíduos da construção e demolição, conforme a resolução CONAMA nº 307.	12
2.2 – Composição dos RCD em diversas localidades.	14
2.3 – Quantidade de RCD coletada por região e no Brasil, em 2010 e 2011.	15
2.4 – Estimativa da geração de RCD de diversos municípios brasileiros.	16
2.5 – Normas técnicas relativas à reciclagem, área de transbordos, triagens e aterro de RCD.	17
2.6 – Usinas de reciclagem no país em 2008.	28
2.7 – Variação da composição química de percolados em aterros de resíduos brasileiros.	35
2.8 – Íons presentes em percolado de RSU e suas possíveis fontes	37
3.1 – Concentração de metais nas soluções contaminantes para o Ensaio 1.	60
3.2 – Concentração de metais nas soluções contaminantes preparadas para o Ensaio 2.	61
4.1 – Características gerais dos agentes coletores de RCD regularizados atuantes no Município de Viçosa, MG, no ano de 2010.	66
4.2 – Áreas licenciadas para construção nos anos de 2009, 2010 e 2011.	69
4.3 – Provável geração de resíduos de construção civil por novas edificações (E ₁).	70
4.4 – Provável geração de resíduos de construção civil por reformas, ampliações e demolições (E ₂).	70
4.5 – Provável geração de resíduos de construção civil em obras da Universidade Federal de Viçosa (E ₃).	71

4.6 – Provável geração dos RCD no município de Viçosa – MG (E_t) e a taxa de geração de RCD por habitante.	71
4.7 – Provável geração total de RCD e a taxa de geração per capita em municípios do interior de São Paulo.	72
4.8 – Pontos de descarte clandestinos de RCD (deposições irregulares) no Município de Viçosa.	75
4.9 – Levantamento das áreas de disposição de RCD (bota-foras) existentes no Município de Viçosa – MG.	85
4.10 – Composição gravimétrica, em massa e percentagem, dos RCD gerados no Município de Viçosa – MG.	97
4.11 – Área demandada para o manejo de resíduos.	105
4.12 – Massa específica dos sólidos dos RCD.	109
4.13 – Leituras de pH em água, KCl e Δ pH nas amostras de RCD de Viçosa, cinza e vermelho.	114
4.14 – Concentração de metais traço nas amostras de RCD de Viçosa, cinza e vermelho.	111
4.15 – Caracterização do percolado do Aterro de Viçosa – MG.	113
4.16 – pH da solução contaminante preparada e branco das amostras de RCD após o ensaio 1.	114
4.17 – pH da solução contaminante preparada e branco das amostras de RCD após o ensaio 1.	115
4.18 – Parâmetros de Freundlich e Langmuir determinados no Ensaio 1 para a sorção do Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} nos RCD cinza, vermelho e de Viçosa.	116
4.19 – Parâmetros de Freundlich e Langmuir determinados no ensaio 2 para a sorção do Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} nos RCD cinza, vermelho e de Viçosa.	122

RESUMO

BUSELLI, Ana Amélia Paulino Tinôco, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2012. **Proposta de gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD) no Município de Viçosa, MG.** Orientador: Izabel Christina d'A. Duarte de Azevedo. Coorientadores: Maria Eugenia Gimenez Boscov, Eduardo Antonio Gomes Marques e Rejane Nascentes.

Parcela significativa da massa total dos resíduos sólidos urbanos (RSU) das cidades é gerada pela construção civil. Do ponto de vista ambiental, um dos principais problemas dos resíduos de construção e demolição (RCD) é o grande volume gerado, que resulta muitas vezes na disposição irregular acarretando uma série de impactos negativos. Dessa forma, a não geração, redução, reciclagem e a reutilização dos RCD, são fundamentais para a mudança deste cenário. Alternativas sustentáveis têm sido estudadas para o uso dos RCD como agregado reciclado em barreiras químicas, pavimentação, blocos, entre outras. No Município de Viçosa, MG, em relação ao setor industrial, a construção civil é responsável por, aproximadamente, 22% do PIB. As constantes expansões da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e o surgimento de novos postos de trabalho têm demandado a construção de novas moradias, e ampliação e melhoria da prestação de serviços. Neste contexto, o objetivo principal desta tese foi realizar um diagnóstico detalhado da geração, transporte e disposição de RCD em Viçosa e elaborar uma proposta de gestão diferenciada dos RCD para o município. Avaliou-se, como objetivo secundário, a capacidade de retenção de metais traço (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+}) pelas partículas mais finas desses resíduos, por meio de ensaios de equilíbrio em lote, tendo em vista sua utilização em barreiras químicas. A metodologia foi dividida em atividades de campo, pesquisa documental e análises laboratoriais. Entre os principais resultados podem-se citar: a estimativa de geração de RCD no município; elaboração de mapas temáticos identificando pontos de descarte clandestino e área de disposição de RCD; determinação da composição gravimétrica dos RCD e caracterização química, física e físico-química e mineralógica. Com base nos resultados obtidos,

elaborou-se uma proposta de gestão diferenciada de RCD para o Município de Viçosa, MG, que não buscou abordar todos os aspectos relativos à elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PIGRCC). Quanto aos ensaios de equilíbrio em lote, verificou-se que os modelos de Freundlich e Langmuir, com algumas exceções, não refletiram bem a adsorção de metais aos resíduos.

ABSTRACT

BUSELLI, Ana Amélia Paulino Tinôco, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, August, 2012. **Proposal for construction and demolition (C&D) waste management in the city of Viçosa, MG.** Adviser: Izabel Christina d'A. Duarte de Azevedo. Co-advisers: Maria Eugenia Gimenez Boscov, Eduardo Antonio Gomes Marques and Rejane Nascentes.

Significant amount of the total mass of municipal solid waste (MSW) is generated by the construction industry. From an environmental point of view, one of the main problems of construction and demolition waste (C&D waste) is the large volume generated resulting in a variety of negative impacts. Thus, generation, waste reduction, recycling and reuse of RCD are fundamental to changing this scenario. Sustainable alternatives have been studied for the use of C&D waste as recycled aggregate in chemical barriers, paving, production of concrete blocks, among others. Concerning the industrial sector, in the specific case of the city of Viçosa, MG, the construction industry accounts for approximately 22% of Gross Domestic Product. The continuous expansion of the Federal University of Viçosa (UFV) and the new job positions have demanded the construction of new housing, as well as the increasing and improvement of general services. In this context, the main aim of this thesis was to conduct a detailed diagnosis of the generation, transportation and disposal of C&D waste in the city of Viçosa and elaborate a proposal for a differentiated management of the C&D waste to this city. The secondary aim was to evaluate the retention capacity of some heavy metals (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+}) by small particles of C&D waste, by batch tests, considering its possible use as a chemical barrier. The methodology was divided in field work, archival research and laboratorial analysis. The main results can be mentioned: the estimated of C&D waste generation in the city; elaboration of thematic maps identifying points of clandestine disposal and C&D waste disposal area; gravimetric composition and the chemical, physical and physicochemical and mineralogical composition of the C&D waste. Based on the obtained results, it was elaborated a proposal for a differentiated management of C&D Waste for the city of Viçosa,

MG, which did not seek to exhaust the subject, or address all aspects relating to the preparation of a C&D Waste Management Plan. About the batch tests, it was found that the Langmuir and Freundlich models, with some exceptions, did not reflect well the adsorption of metal in C&D Waste.

INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos gerais

Com o crescimento e o desenvolvimento das cidades, a indústria da construção civil, reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social comporta-se, ainda, como grande geradora de impactos ambientais negativos, tanto pelo consumo de recursos naturais quanto pela modificação da paisagem e geração de resíduos sólidos por novas obras e demolições (Pinto, 2005a). Uma parcela significativa da massa total dos resíduos sólidos urbanos (RSU) das cidades é gerada por essa indústria.

Segundo Boscov (2008), com base em dados de diversos países, os resíduos de construção e demolição (RCD) representam de 13 a 67% dos RSU, sendo que a geração no mundo varia de 130 a 3.000 kg.(hab.ano)⁻¹. No Brasil, essa parcela chega a atingir 60% da massa total de RSU (Pinto, 2009a), com geração em torno de 500 kg.(hab.ano)⁻¹.

Do ponto de vista ambiental, um dos principais problemas dos RCD é o grande volume gerado, que resulta muitas vezes na disposição irregular, criando pontos de lixo e onerando as administrações municipais, que passam a se responsabilizar pela remoção e disposição adequada desses resíduos (Azevedo et al., 2006; Boscov, 2008).

Pela ausência de normas disciplinadoras para as atividades nesse setor, os RCD são muitas vezes dispostos em pontos de descarte aleatórios nas cidades e acumulam-se nas ruas, calçadas e terrenos baldios, além de encostas e leitos de cursos d'água gerando problemas ambientais e sociais, como a criação de pontos de lixo, a poluição dos mananciais, contaminação do solo, deslizamentos, poluição visual, proliferação de vetores de doenças e obstrução

dos sistemas de drenagem e inundações. Como esse tipo de resíduo é menos incômodo, já que não gera odores nem é putrescível, acaba-se por aceitar a não responsabilização dos geradores e a disposição irregular (Pinto, 2009a). Todavia, é imprescindível a adoção de medidas que venham a disciplinar essas ações, entre elas a seleção e implantação de áreas localizadas em pontos estratégicos, próximas aos pontos de geração desses resíduos, com a finalidade de receber, reaproveitar e reciclar esse material.

Nesse sentido, o Ministério do Meio Ambiente, através do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu, por meio da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, que impõem aos geradores públicos e privados a obrigatoriedade da redução, reutilização e reciclagem quando, prioritariamente, a não geração dos resíduos não puder ser alcançada (Pinto, 2009a). Contudo, como de 70 a 80% dos resíduos gerados pela construção provêm de geradores informais foi determinada, para os municípios e Distrito Federal, a obrigatoriedade de desenvolverem e implementarem planos integrados de gerenciamento, que possibilitem a expressão das responsabilidades dos geradores, diversificados em suas características. (Pinto, 2009b; Miranda et al. 2009).

Após 20 anos de tramitação pelo congresso, foi sancionada a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e faz alterações na Lei 9.605/98, conhecida como lei de crimes ambientais. A Lei 12.305/2010 inclui diversos instrumentos para efetivação política ambiental e consolida as diretrizes da Resolução CONAMA 307/2002.

No cenário atual, de uma situação praticamente inexistente em 1995, há mais de 60 municípios brasileiros com gestão de RCD implantada e, em uma pequena parcela deles operam usinas de reciclagem produzindo agregado reciclado. No entanto, o número de municípios que faz a gestão de RCD é irrisório se comparado aos 5.565 municípios brasileiros, mesmo que aqueles de maior número de habitantes façam parte desta relação (Reggio e Ohashi, 2008). Admitindo que todas as usinas de reciclagem brasileiras em operação ou em fase de instalação reciclam os RCD em sua capacidade nominal, a

estimativa de produção de reciclados é de somente 3,6% dos RCD produzidos no país. Esse percentual pouco significativo demonstra claramente a necessidade de implantação de novas usinas para que a reciclagem no Brasil se torne expressiva (Miranda *et al.*, 2009).

De acordo com Pinto (2009b), o êxito na aplicação da Resolução CONAMA 307 fez com que diversos municípios determinassem a obrigatoriedade do projeto de gerenciamento de resíduos em obras aprovadas. Ainda se encontram em fase de resolução cidades como Rio de Janeiro, Porto Alegre, Fortaleza e municípios pólo no interior brasileiro.

No Brasil, podem ser citadas, pelo menos, 47 usinas de reciclagem, 23 privadas e 24 públicas, das quais pelo menos dez estão situadas em cidades que possuem plano de gerenciamento de resíduos. Em Minas Gerais, a experiência mais expressiva é a da Prefeitura de Belo Horizonte, que dispõe de três usinas de reciclagem de entulho, em um programa iniciado em 1993 (FEAM, 2008).

No sentido de contribuir para a conscientização do setor da construção civil, e aumentar as alternativas que possam ser adotadas pelas empresas a fim de atender às exigências da resolução CONAMA Nº 307 (2002), pesquisas têm sido desenvolvidas em relação à utilização dos resíduos da construção civil em materiais e processos construtivos que não causem danos ao homem e ao meio ambiente. Alternativas sustentáveis têm sido estudadas para a utilização desses resíduos como agregado reciclado, com possibilidade de uso em pavimentação (Leite, 2007; Motta, 2005), produção de argamassas, blocos e artefatos de concreto (Miranda, 2000; Oliveira, 2004; Levy, 2001), barreiras químicas (Moreira, 2008; Gutierrez, 2006), sistemas de drenagem (Affonso, 2005) e muros de peso (gabião, pneus, etc) em obras de contenção (Santos e Palmeira, 2011), entre outros.

1.2 Justificativas e objetivos

No Brasil, como aproximadamente 75% dos resíduos gerados pela construção civil nos municípios provêm de eventos informais (obras de construção, reformas e demolições) torna-se necessário que o poder público municipal discipline o fluxo desses resíduos. Dessa forma, implantar um sistema de gestão ambiental não só poderá contribuir para o avanço técnico-gerencial do município em relação a esse tipo de resíduo, mas também para o uso racional dos recursos naturais por meio de soluções inovadoras, fazendo com que o município se torne comprometido com o meio ambiente (Karpinski et al., 2008).

No Município de Viçosa, MG, em relação ao setor industrial, a construção civil é responsável por, aproximadamente, 22% do PIB (Pereira, 2007). As constantes expansões da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e o aparecimento de novos postos de trabalho têm demandado a construção de novas moradias, e a ampliação e a melhoria da prestação de serviços. Assim, a crescente especulação imobiliária, a verticalização e a pressão sobre a infra-estrutura urbana têm favorecido o crescimento desordenado da cidade.

A presente tese tem como objetivo principal realizar um diagnóstico detalhado da geração, transporte e disposição de RCD em Viçosa e sugerir uma proposta de gestão diferenciada dos RCD para o município.

Considerando-se aspectos relativos à reutilização e reciclagem dos RCD, preconizados na Resolução CONAMA Nº 307 (2002), outra finalidade da tese é estudar um uso sustentável desses resíduos.

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas e publicadas na literatura buscando identificar componentes ou substâncias que sirvam como inibidores da mobilidade ou que possam reter metais traço. Entretanto, em relação ao uso dos resíduos de construção civil para este fim, ainda são necessários novos estudos, tendo em vista o caráter altamente heterogêneo desse tipo de material. Dessa forma, no sentido de buscar novas alternativas de uso sustentável dos RCD, avaliou-se a capacidade de retenção de Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} pelas partículas mais finas desses resíduos, por meio de ensaios de equilíbrio em lote tendo em vista contribuir para a geração de conhecimentos

aplicáveis para sua possível utilização como barreira química em aterros sanitários e/ou industriais. Como objetivos secundários propõem-se:

- Determinar a composição gravimétrica dos RCD gerados no Município de Viçosa (MG), seguindo as nas recomendações da Resolução CONAMA N.º 307/2002;
- Caracterizar física e quimicamente os RCD coletados na Usina de Estoril, no Município de Belo Horizonte, e os RCD coletados em aterros de RCD em Viçosa;
- Caracterizar química e bioquimicamente o percolado de resíduos sólidos urbanos do aterro controlado de Viçosa (MG);
- Ajustar as isotermas dos modelos de Freundlich e de Langmuir aos resultados obtidos nos ensaios de equilíbrio em lote a fim de se determinar os parâmetros de adsorção.

1.3 Estrutura do documento

Este documento foi dividido em cinco capítulos, incluído este de Introdução.

No Capítulo 2 apresenta-se uma breve revisão bibliográfica sobre os resíduos de construção e demolição, que inclui sua conceituação e classificação, legislação pertinente, composição, geração, gestão, reciclagem e aplicação. Apresentam-se, também, alguns conceitos sobre uso de barreiras químicas na retenção de metais traço; percolado de resíduos sólidos urbanos e metais traço presentes no percolado.

No Capítulo 3 descrevem-se os procedimentos de campo, os materiais e equipamentos utilizados, bem como as análises realizadas em laboratório.

No Capítulo 4 apresentam-se e discutem-se os resultados relativos ao diagnóstico da geração, transporte e disposição de RCD de Viçosa e a proposta de gestão diferenciada desses resíduos, bem como, os resultados dos ensaios de equilíbrio em lote.

No Capítulo 5 encontram-se as conclusões extraídas desta pesquisa, bem como sugestões para pesquisas futuras.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Resíduos Sólidos Urbanos – RSU

De acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR 10004/2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – *Resíduos Sólidos: Classificação*:

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são resíduos no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição, os lodos provenientes do tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT/NBR. Resíduos Sólidos, 2004, p.1).

A norma ABNT NBR-10.004/2004 define, também, uma classificação para os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando seu adequado manuseio e destinação, que pode ser resumida como:

- Resíduos Classe I: perigosos
- Resíduos Classe II: não perigosos
- Resíduos Classe II A: não inertes
- Resíduos Classe II B: inertes

Essas definições tornam evidente a diversidade e complexidade dos resíduos sólidos urbanos (RSU). O gerenciamento desses resíduos abrange uma série de atividades que vão desde o acondicionamento até a destinação final, que necessitam de procedimentos que garantam a otimização e maximização dos recursos humanos e materiais envolvidos, de modo que os impactos ambientais e os problemas de saúde pública, decorrentes dessa prática, possam ser minimizados.

Usualmente são encaminhados para a disposição em aterros, sob a responsabilidade do poder municipal, os resíduos de origem domiciliar, ou aqueles com características similares, como os comerciais, e os resíduos da limpeza pública. O gerenciamento de resíduos de origem não domiciliar, como é, por exemplo, o caso dos resíduos de serviço de saúde ou industriais, é de responsabilidade do gerador, estando sujeito à legislação em vigor (PROSAB, 2003).

Historicamente, no Brasil, existem três formas básicas de disposição de resíduos sólidos urbanos: o aterro sanitário, o aterro controlado e a disposição à céu aberto (lixão).

O aterro sanitário é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos confinados no solo, fundamentada em critérios de engenharia e normas operacionais, que garante o controle de poluição ambiental e a proteção à saúde pública, minimizando os impactos ambientais (IPT, 2000).

Outro método de disposição de RSU bastante utilizado é o aterro controlado, no qual os resíduos são cobertos com solo e eventualmente compactados, porém sem impermeabilização, drenagem e tratamento de chorume e gases. Segundo o IPT (2000), essa forma de disposição ainda produz poluição, entretanto, a mesma é localizada, pois de forma similar ao aterro sanitário a área de disposição é minimizada. Já os lixões se caracterizam pela simples descarga de resíduos sólidos sobre o solo, a céu aberto, sem medidas de proteção ao meio ambiente e à saúde pública, constituindo uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos urbanos (IPT, 2000; BOSCOV, 2008).

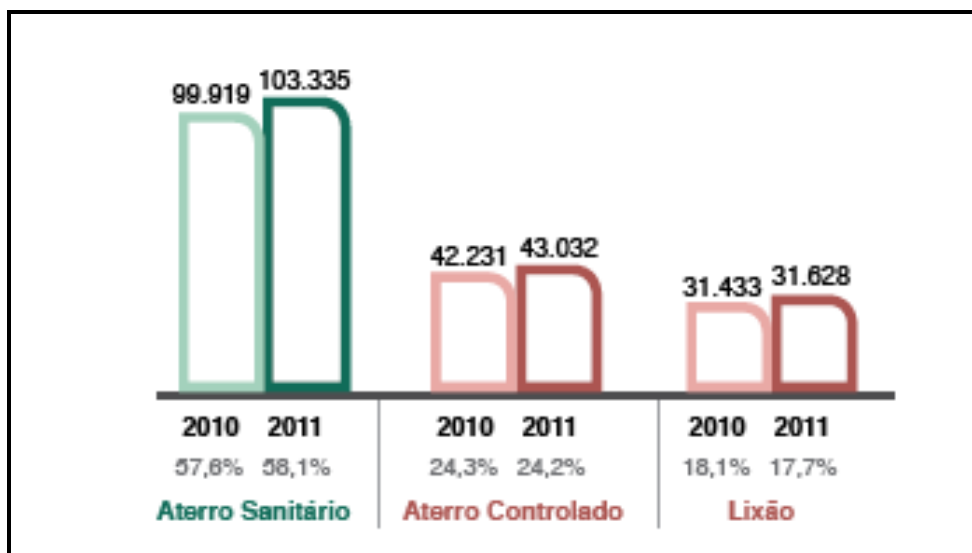
Os aterros controlados, apesar de preferíveis aos lixões, do ponto de vista sanitário, ainda geram poluição, já que carecem de sistemas de proteção ao meio ambiente exigidos em aterros sanitários.

De acordo com Sirkis (1999), um aterro sanitário bem instalado e operado, precedido por usina de reciclagem destinada a reduzir o volume de resíduos dispostos no solo, é a melhor solução para a maioria dos municípios brasileiros.

No Brasil, a destinação final de resíduos sólidos compreende um problema que afeta desde as grandes metrópoles até os municípios de pequeno porte.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê o fim dos lixões, em todo o território brasileiro, até o ano de 2014. O artigo nº 54 da Lei 12.305 foi regulamentado em 23 de dezembro de 2010 por um decreto presidencial determinando que, em quatro anos, todos os lixões e aterros controlados devem estar erradicados e substituídos por instalações tecnicamente adequadas para o manejo de resíduos.

O *“Panorama dos resíduos sólidos 2011”*, realizado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2011), constatou que pouco mais de 40% dos RSU coletados no país ainda têm destinação inadequada. Em termos de distribuição percentual, observa-se um discreto decréscimo no número de lixões entre os anos de 2010 e 2011, contudo em termos quantitativos houve um crescimento de aproximadamente 0,6%, ou seja, 195 lixões no mesmo período (Figura 2.1).



Fonte: ABRELPE, 2011

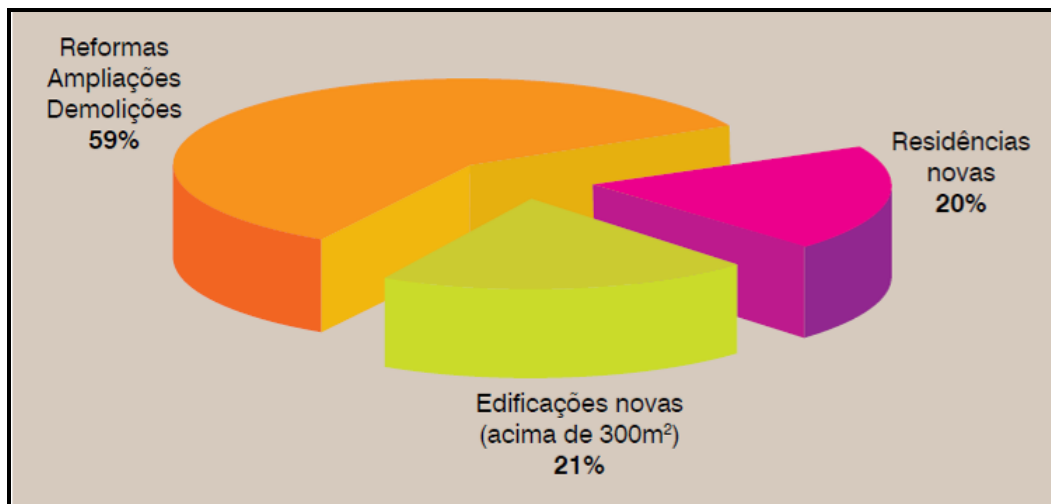
Figura 2.1: Destinação final de RSU em 2010 e 2011.

2.2 Resíduos de construção e demolição - RCD

2.2.1 Conceito e classificação

Resíduos de construção e demolição (RCD) são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha (CONAMA, 2002).

Entre os principais geradores de RCD estão as construtoras civis, os órgãos públicos e os construtores autônomos. De acordo com Maia et al. (2009), as reformas e ampliações são as principais fontes de resíduos da construção civil (Figura 2.2).



Fonte: Maia et al., 2009

Figura 2.2: Principais fontes de resíduos da construção civil.

De acordo com definições da Norma ABNT NBR-10.004/2004, os resíduos da construção civil pertencem à Classe II B – Inertes. Entretanto, devido ao caráter específico de cada obra e à composição dos materiais podem ser gerados nos canteiros de obras resíduos que se enquadrem igualmente nas Classes I (perigosos) e II A (não inertes) (Maia et al., 2009).

A Resolução CONAMA 307/2002 classifica os RCD em quatro categorias, descritas na Tabela 2.1, em que também são apresentados alguns exemplos e a destinação possível, de acordo com essas resoluções.

Tabela 2.1 – Classes e destinos dos resíduos da construção e demolição, conforme a resolução CONAMA nº 307.

CLASSE	IDENTIFICAÇÃO	INTEGRANTES	DESTINAÇÃO	OBSERVAÇÃO
A	Reutilizáveis ou recicláveis como agregados	<ul style="list-style-type: none"> - areia - argamassa endurecida - bloco - componentes cerâmicos, - concreto, - concreto armado - louça, - material de escavação aproveitável, - pedras em geral - telha, - tijolo cerâmico - solo orgânico ou vegetação, outros. 	Reutilizar ou reciclar na forma de agregados, ou encaminhar a aterro de resíduos da construção civil, dispendo de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura.	Após moagem, podem ser utilizados na preparação de argamassa e concreto não estrutural.
B	Recicláveis para outras destinações.	<ul style="list-style-type: none"> - madeiras - metais - papel e papelão - plásticos, - PVC - resíduos cerâmicos - vidros, - sobra de demolição de blocos de concreto com argamassa, outros 	Reutilizar, reciclar ou encaminhar a áreas de armazenamento temporário, permitindo sua utilização ou reciclagem futura	Após moagem, podem ser destinados à confecção de base e sub-base de pavimentação, drenos, camadas drenantes, rip-rap e como material de preenchimento de valas. Madeiras podem ser encaminhadas para empresas ou entidades que a utilizem como energético ou matéria prima.
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem/ recuperação.	<ul style="list-style-type: none"> - fórmicas - gesso, - manta asfáltica - manta de lã de vidro - peças de fibra de nylon, outros 	Armazenar, transportar e destinar em conformidade com normas técnicas específicas	Com relação ao gesso cabe ao gerador buscar soluções com o fabricante.
D	Resíduos perigosos, como tintas, solventes, óleos e outros resíduos contaminados	<ul style="list-style-type: none"> - lataria contaminada - lodo e licor de limpeza de fossa - peças em fibrocimento; efluente - rolo, pincel, trincha - solvente - tintas. 	Armazenar, transportar, reutilizar e destinar em conformidade com normas técnicas específicas.	

Fonte: Adaptado de Resolução CONAMA 307/2002; Maia et al., 2009

2.2.2 Composição dos RCD

No segmento industrial da construção civil, a variabilidade de materiais empregados é muito grande. Encontram-se materiais combustíveis e derivados de petróleo; agregados extraídos em jazidas, como brita e areia, aglomerantes como cimento, cal, gesso e argamassas, também obtidos por meio de processos de extração mineral; produtos manufaturados, a exemplo de blocos, telhas, tubos de diversos materiais (PVC, cobre, aço, etc.), cerâmicas de revestimento, fios, entre outros.

Além dos materiais empregados, também é importante considerar o volume e a variedade de embalagens que se transformam em resíduo. São embalagens de materiais plásticos, polímeros (isopor, polipropileno, etc.), metálicos e de papel, que apesar de serem, em sua maioria, materiais recicláveis, em alguns casos estão contaminados de forma tal que impede o processo de reaproveitamento. São os casos de embalagens de cimento, cal e gesso, sacos plásticos contaminados por restos de massa corrida e latas de tinta e vernizes.

De acordo com Cassa et al. (2001), a geração de resíduos é o retrato da enorme variedade de produtos utilizados em obras, das diferentes tecnologias construtivas, dos tipos de materiais predominantes em regiões distintas e, provavelmente, da qualidade e do treinamento da mão-de-obra.

Karpinski (2005) ressalta que a composição dos RCD gerados em cada uma das etapas que compõem as atividades da construção civil é diferente em cada país, mas sempre existe um componente que sobressai, em razão da diversidade de tecnologias construtivas utilizadas. Assim, a caracterização média da composição dos RCD está vinculada a parâmetros específicos da região geradora dos resíduos e às técnicas construtivas locais.

Diversos estudos têm sido realizados com a finalidade de estabelecer as porcentagens dos materiais constituintes dos RCD. Na Tabela 2.2 apresentam-se as composições dos RCD de algumas cidades brasileiras e do mundo. No Brasil é notável a predominância de concreto e argamassa.

Tabela 2.2 – Composição dos RCD em diversas localidades.

LOCAL	MATERIAL em %				
	Concreto e argamassa	Solo e areia	Cerâmica	Rochas	Outros
São Paulo (SP) ¹	33	32	30	-	5
Ribeirão Preto (SP) ¹	59	-	23	18	-
Salvador (BA) ²	53	22	14	5	6
Florianópolis (SC) ²	37	15	12	-	36
Passo Fundo (RS) ²	15	20	38	-	23
São Carlos (SP) ¹	69	-	29	1	1

Fonte: 1 – Adaptado de Neto, 2004; 2 – Adaptado de Carneiro, 2005

2.2.3 Estimativa da geração de RCD no Brasil

A maioria das atividades do setor da construção civil é geradora de resíduos. Nas últimas décadas, grande quantidade de resíduos tem sido gerada nos centros urbanos a partir de demolições, como consequência da renovação e modernização das cidades, novas construções e, principalmente, gestão ineficaz dos materiais de construção civil nas obras, que resulta em elevados índices de desperdício.

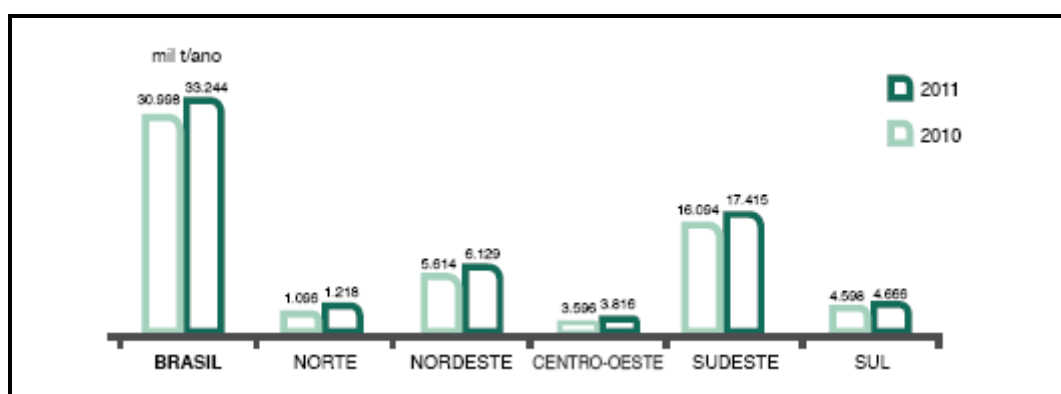
De acordo com a ABRELPE (2011), no Brasil são coletadas em média 177.995 toneladas de RSU e 106.549 toneladas de RCD, diariamente. É importante ressaltar que a coleta de RCD pelos municípios não abrange, na maioria dos casos, a totalidade do que é gerado, uma vez que o gerador é o responsável pela coleta e destinação desses resíduos. Em 2011, os municípios brasileiros coletaram 7% a mais de RCD em relação a 2010, uma diferença significativa apresentada na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Quantidade de RCD coletada por região e no Brasil, em 2010 e 2011.

REGIÃO	2010			2011	
	RCD coletado (ton dia ⁻¹)	Índice kg (hab dia) ⁻¹	População urbana (hab)	RCD coletado (ton dia ⁻¹)	Índice kg (hab dia) ⁻¹
Norte	3.514	0,301	11.833.104	3.903	0,330
Nordeste	17.995	0,464	39.154.163	19.643	0,502
Centro-oeste	11.525	0,923	12.655.100	12.231	0,966
Sudeste	51.582	0,691	75.252.119	55.817	0,742
Sul	14.738	0,634	23.424.082	14.955	0,638
Brasil	99.354	0,618	162.318.568	106.549	0,656

Fonte: ABRELPE, 2011

Na Figura 2.3 apresenta-se um gráfico do total de RCD coletado por região e no Brasil, em 2010 e 2011. A quantidade coletada pelos municípios superou 33 milhões de toneladas, em 2011. Como a maioria dos municípios registra e divulga apenas os dados de coleta de responsabilidade do serviço público, geralmente parciais, não estão incluídas nesses valores as projeções que envolvem os RCD resultantes de construções sob gestão privada.



Fonte: ABRELPE, 2011

Figura 2.3: Total de RCD coletados por regiões e no Brasil em 2010 e 2011.

Segundo Mendes et al. (2004), citados por Karpinski et al., (2009), o elevado volume de entulho gerado no Brasil demonstra que o desperdício de material é um fato relevante e que deve ser pesquisado, analisado e solucionado tanto pelo setor da construção civil como por prefeituras, estados, população e universidades, uma vez que os custos desse desperdício são distribuídos pela sociedade, desde o aumento do custo final das edificações, até os encargos cobrados pelas prefeituras.

Estudos realizados em diversos municípios brasileiros resultaram nas estimativas apresentadas na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Estimativa da geração de RCD de diversos municípios brasileiros.

MUNICÍPIO	GERAÇÃO DIÁRIA DE RCD (t)	GERAÇÃO kg.(hab.ano) ⁻¹	PARTICIPAÇÃO EM RELAÇÃO AOS RSU (%)	REFERÊNCIA
Belo Horizonte	1.352	450	33	SLU 2005 citado por Sinduscon, 2008
Campinas	1.800	-	64	Pinto, 2005(a)
Diadema	458	-	57	Pinto, 2005(a)
Guarulhos	1.308	-	50	Pinto, 2005(a)
Salvador	2.164	-	45	Salvador 2002 citado por Azevedo et al., 2006
São Paulo	17.240	280	55	Pinto, 2005 (a)

2.2.4 Legislação federal e normalização

A resolução CONAMA 307, homologada em 2002, define diretrizes para que os municípios e o Distrito Federal tenham instrumentos para desenvolver e programar políticas de gestão municipal sob a forma de Planos Integrados de Gerenciamento de RCD. Estes planos têm como objetivo identificar as responsabilidades dos grandes geradores e assumir soluções para os pequenos geradores, de forma a disciplinar as ações dos agentes envolvidos, desde a geração até a disposição final (Karpinski et al., 2008).

A resolução impõe aos geradores a obrigatoriedade da redução, reutilização e reciclagem, quando, prioritariamente, a não geração dos resíduos não puder ser alcançada.

De acordo com Pinto (2009a), obedecidas às diretrizes gerais da Resolução CONAMA 307, caberá aos municípios definir a política local de gestão dos resíduos, ou seja, assumir a solução para o problema dos pequenos volumes, quase sempre mal dispostos, e disciplinar a ação dos agentes envolvidos com grandes volumes – definindo e licenciando áreas para manejo, em conformidade com a resolução, cadastrando e formalizando a presença dos transportadores, exigindo responsabilidades dos geradores, inclusive no tocante ao desenvolvimento dos planos específicos previstos na resolução.

Com isso, a reciclagem tornou-se mais expressiva. Planos de gerenciamento de RCD começaram a ser implantados em canteiros de obras, e normas técnicas relativas à área de transbordos, triagens e aterro de RCD, bem como sua reciclagem foram publicadas (Tabela 2.5).

Em agosto de 2004, foi homologada a resolução CONAMA 348 que altera a resolução CONAMA 307, de 5 de julho de 2002 e inclui o amianto na classe de resíduos perigosos.

Tabela 2.5 – Normas técnicas relativas à reciclagem, área de transbordos, triagens e aterro de RCD.

NORMA	TÍTULO
ABNT-NBR 15112/2004	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
ABNT-NBR 15113/2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos volumosos – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
ABNT-NBR 15114/2004	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
ABNT-NBR 15115/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.
ABNT-NBR 15116/2004	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Para consolidar as diretrizes da Resolução CONAMA 307/ 2002 e 348/2004, foi sancionada, em 2010, após 20 anos de tramitação pelo congresso, mais uma lei de proteção ao meio ambiente. A Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, faz alterações na Lei 9.605/98, a conhecida Lei de Crimes Ambientais, e dispõe sobre os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, além das responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

A Lei 12.305/2010 inclui diversos instrumentos para a efetivação da política ambiental, como os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos; a coleta seletiva; o incentivo a soluções consorciadas intermunicipais para gestão de resíduos sólidos; os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, etc. Por fim, ressalta-se a seguinte ordem de prioridade na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

2.2.5 Legislação municipal

O Município de Viçosa - MG não possui um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil – PIGRCC de acordo com o disposto na Resolução CONAMA 307/2002 e reiterado pela Lei 12.305/2010.

Em Viçosa - MG há leis e resoluções que regulamentam as atividades de remoção, transporte e destinação final dos RCD, porém elas não estão inseridas num contexto de gestão integrada.

O processo de licenciamento é descrito no *Termo de referência - Autorização para utilização de área como bota-fora por prestador de serviços de caçamba e outros meios de transporte*, apresentado no Anexo 1, e foi elaborado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Viçosa (SEMAD). Atualmente, esse

processo tem por base as seguintes Leis Municipais e Deliberações Normativas:

- Lei Municipal nº 1.609/2004 - Dispõe sobre a regulamentação dos serviços de remoção de entulhos com caçambas e outros meios de transportes e dá outras providências;
- Lei Municipal nº 1.523/2002 - Institui o Código de Meio Ambiente para o Município de Viçosa e dá outras providências;
- Lei Municipal nº 1.420/2000 - Institui a Lei de Ocupação, Uso do Solo e Zoneamento do Município de Viçosa;
- Deliberação Normativa CODEMA nº 06/2006 - Dispõe sobre normas específicas para licenciamento ambiental para a atividade de movimentação de terra e afins e dá outras providências.

Especificamente em relação à Lei Municipal nº 1.609/2004, vale ressaltar as seguintes disposições quanto à regulamentação dos serviços de remoção, transporte e disposição de RCD:

- Classificam como serviços de remoção de entulhos os provenientes de construções, reformas, demolições, desaterros e outros realizados por caçambas, caminhões tipo caçamba, caminhões e caminhonetes de carroceria e por carroças de tração animal;
- Estabelece a necessidade das empresas e autônomos prestadores desse tipo de serviço em se inscrever no setor competente da Prefeitura Municipal, que será o responsável pela emissão do alvará de funcionamento e pela informação de suas condicionantes;
- Estabelece a responsabilidade da SEMAD, com anuência prévia do Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente (CODEMA), da emissão parecer sobre o(s) local (is) apresentado(s) pela empresa ou pessoa física, informando as condições de uso e manejo do mesmo;

- Permite o compartilhamento de espaço por mais de uma empresa ou autônomo;
- Responsabiliza a Prefeitura Municipal em providenciar o cadastramento dos prestadores de serviços com carroças de tração animal e estabelecer condições e local para descarga dos materiais transportados por estes.

De uma forma simplificada, os seguintes passos devem ser tomados para dar início ao processo de licenciamento:

- A abertura de um processo no Instituto de Planejamento Municipal de Viçosa - IPLAM, com apresentação da documentação exigida (ver termo de referência apresentado no Anexo 1);
- A apresentação de parecer emitido pelo Departamento de Meio Ambiente da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (DEMA/SEMAD), após vistoria *“in loco”*;
- O encaminhamento do processo ao CODEMA para anuência;
- A autorização para que o prestador de serviços utilize a área será emitida em três vias, que deverão ser assinadas pelo proprietário do terreno, o prestador de serviços, o Chefe do DEMA/SEMAD e o Presidente do CODEMA.

2.3 Gestão dos resíduos da construção civil

De acordo com Karpinski (2005), o termo “gestão” significa planejar, organizar, liderar e controlar pessoas que constituem uma organização e, conseqüentemente, as atividades por elas realizadas.

No canteiro de obras é importante implantar a gestão do processo produtivo, o que quer dizer, diminuir a geração dos resíduos e gerenciá-los adequadamente, partindo da conscientização e sensibilização dos agentes

envolvidos e com a criação de uma metodologia própria para cada empresa (Pinto, 2005 b).

De acordo com Pinto (2005 b), as principais diretrizes a serem alcançadas pelo setor da construção civil em ordem de prioridade são:

- Reduzir os desperdícios e a geração dos RCD;
- Segregar os resíduos por classes e tipos;
- Reutilizar materiais, componentes e elementos que não necessitam de transformações;
- Reciclar os resíduos, transformando-os em matéria prima e reinserindo-os no ciclo produtivo.

A redução na geração implica na diminuição:

- Dos custos de produção;
- Da quantidade de recursos naturais e energia gastos;
- Da contaminação ambiental;
- Dos gastos com a gestão dos resíduos.

Para que um sistema de gerenciamento de RCD seja eficiente, além da gestão implantada pelas empresas nos canteiros de obras, é importante que cada município estabeleça seu Plano de Gerenciamento Integrado dos Resíduos da Construção Civil (PGIRCC), conforme descrito na Resolução CONAMA 307/2002. De acordo com essa resolução cabe aos municípios a elaboração do Plano, com destaque para as ações educativas e a proibição de deposição de RCD em áreas não licenciadas (Maia et al., 2009).

Nesse contexto, a educação ambiental deve ser entendida como um dos instrumentos básicos indispensáveis nos processos de gestão ambiental, proporcionando um campo de reflexão permanente. Para isso, é necessário formar e capacitar cada participante como corresponsável pelo gerenciamento das ações implantadas. O PGIRCC deve incorporar duas etapas, sendo:

- 1ª etapa: Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, elaborado, estabelecido e coordenado pelo município;
- 2ª etapa: Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, elaborados e estabelecidos pelos geradores.

Segundo Pinto e González (2005), os municípios são responsáveis por solucionar a disposição de pequenos volumes de RCD, frequentemente descartados de modo inadequado, e por disciplinar a ação dos agentes envolvidos com o manejo de grandes volumes.

Na maior parte dos municípios brasileiros os resíduos são descartados em “bota-foras”, denominação utilizada para áreas públicas ou privadas de maiores dimensões utilizadas para atividades de aterro realizadas, na maior parte das vezes, sem controle técnico, que se esgotam com rapidez.

Dessa forma, em nível local, devem ser definidas e licenciadas áreas para o manejo dos resíduos, e priorizadas unidades de triagem, reciclagem e aterramento dos RCD, com o cadastramento e formalização dos transportadores dos resíduos, e com a cobrança de responsabilidades dos geradores, inclusive no tocante ao desenvolvimento de Projetos de Gerenciamento, em conformidade com a Resolução 307/2002.

O conjunto de ações deve ser direcionado, portanto, aos seguintes objetivos:

- Destinação adequada aos grandes volumes;
- Preservação e controle das opções de aterro;
- Disposição facilitada aos pequenos volumes;
- Melhoria da limpeza e da paisagem urbana;
- Preservação ambiental;
- Incentivo às parcerias;
- Incentivo à presença de novos agentes de limpeza;
- Incentivo à redução de resíduos na fonte;

- Redução dos custos municipais.

2.3.1 Contexto internacional

Os RCD representam um dos principais fluxos de resíduos sólidos em nível mundial, em grande parte devido aos grandes volumes produzidos (Neto, 2009).

Os países europeus e o Japão, devido a sua densidade demográfica e à falta de espaço, possuem políticas mais elaboradas e consolidadas para a disposição de RSU. Em função de sua elevada industrialização e carência de recursos naturais foram pioneiros no desenvolvimento de esforços para o conhecimento e controle dos RCD (Pinto, 1999).

A União Européia é responsável pela produção anual de 180 milhões de toneladas desses resíduos (Ruivo e Veiga, 2004). No continente europeu, países com elevada porcentagem de resíduos reciclados, como Holanda, Dinamarca e Alemanha, possuem uma política ambiental rigorosa com leis que punem a deposição irregular desses resíduos e, por outro lado, premiam iniciativas que visam ao reaproveitamento e reciclagem desses materiais. Por outro lado, países como Espanha e Portugal possuem uma taxa de reciclagem estimada em apenas 10 e 5%, respectivamente (Malheiro, 2008; Leite, 2001; Algarvio, 2009).

Na Holanda, o uso de agregados reciclados é amplamente promovido pelas autoridades e pela indústria, existindo cerca de 120 centrais de reciclagem com capacidade total acima de 16,26 milhões de toneladas por ano (Neto, 2009).

A Dinamarca é um dos países mais desenvolvidos no continente europeu no que diz respeito à gestão dos RCD, onde a reciclagem é prática corrente. Os RCD constituem de 25 a 50% do volume total de resíduos produzidos nesse país e a pouca capacidade de armazenamento em aterros levou à necessidade de reciclagem (Ruivo e Veiga, 2004). De acordo com a Danish Environmental Protection Agency (DEPA, 2007), houve um incremento na geração de RCD entre 2004 e 2005, totalizando 5,27 milhões de toneladas. Foram geradas 775

mil toneladas a mais (ou 17%) entre 2004 e 2005, que neste ano atingiu o percentual de reciclagem de 94% dos RCD gerados no país (DEPA, 2007).

A Alemanha, um dos primeiros países onde se iniciou a reciclagem significativa, após a 2ª Guerra Mundial, teve esta atividade reduzida, sendo reiniciada com a reunificação das Alemanhas Oriental e Ocidental. Na ocasião, 43 milhões de toneladas foram recicladas, quase 35% do volume total existente, e a demolição seletiva e a desconstrução foram incentivadas (Affonso, 2005). De acordo com Leite (2001), em 1995, 65% dos RCD já estavam sendo reciclados, sendo o único país que desenvolveu a construção de um prédio com 100% de material reciclável.

Nos Estados Unidos, em 2003, a geração de RCD foi estimada em 170 milhões de toneladas, equivalente a 3,2 quilogramas de RCD gerados por pessoa dia, sendo que aproximadamente 39% dos RCD foram originados de construções residenciais e 61% de fontes não-residenciais. De acordo com a EPA (2011), em julho de 2004 existiam no país mais de 1000 usinas de reciclagem de concreto e asfalto, 700 de reciclagem de madeira e 300 de reciclagem de madeira de demolição.

Outros países, como Japão, Bélgica e França, possuem políticas de gestão de RCD, com reciclagem significativa dos RCD gerados. (Affonso, 2005; Leite, 2001).

2.3.2 Experiência nacional: O Município de Belo Horizonte, MG, e a gestão e reciclagem dos RCD

De forma geral, a reciclagem dos RCD no município de Belo Horizonte vem apresentando resultados importantes, sendo referência no país, em se tratando do gerenciamento responsável desses resíduos e em concordância com o conceito de sustentabilidade (Simões, 2009).

Em 1993, a partir da constatação de que cerca de 40% dos resíduos sólidos recebidos nos equipamentos públicos no município de Belo Horizonte eram provenientes da indústria da construção civil, foi implantado o *Programa de Correção das Deposições Clandestinas e Reciclagem de RCD*, com o objetivo

principal de promover a correção dos problemas ambientais gerados pela deposição indiscriminada de resíduos em sua malha urbana (SINDUSCON, 2008).

Em um contexto amplo, outras finalidades do Programa implantado são: a atenuação da ocorrência de deposições clandestinas de entulho; a ampliação da vida útil dos aterros sanitários e sua reintegração ao ciclo produtivo; a promoção da inclusão social, a partir de uma atuação organizada de atores envolvidos no seu gerenciamento, como os carroceiros; a produção de entulhos recicláveis com baixo custo e desempenho adequado, para atender a demandas urgentes, como obras de vias públicas e, ainda, obras de infraestrutura em vilas e favelas (Simões, 2009).

O Programa de Reciclagem de Entulho da Prefeitura de Belo Horizonte disponibiliza infra-estrutura apropriada para receber o entulho da construção (seja de pequeno ou de grande volume).

Para atender os grandes volumes, existe um sistema de beneficiamento composto por três estações de reciclagem de entulho, instaladas em áreas públicas de, no mínimo, 6.000m², totalmente fechadas e operadas pelo poder público, localizadas nos bairros Estoril, Pampulha e Jardim Filadélfia. De acordo com o SINDUSCON (2008), as estações de Estoril e Pampulha beneficiaram 96.420 toneladas de entulho no ano de 2004, totalizando, em média, 365 toneladas por dia.

Para atender os pequenos geradores e viabilizar a deposição adequada, foi criada uma rede física descentralizada e disponível em toda a cidade. Essas instalações auxiliares, denominadas Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes – URPVs, atendem geradores de até 2m³, inclusive carroceiros, o que tem contribuído significativamente para a preservação ambiental da cidade. Existem 29 URPV's distribuídas nas nove regionais.

No modelo adotado nas estações de reciclagem de Belo Horizonte, para estimular a adesão dos geradores e transportadores, na perspectiva de captar materiais recicláveis e destinar adequadamente a parcela não-reciclável, a recepção de resíduos é gratuita. Exige-se, apenas, que: os resíduos sejam

exclusivamente da construção civil e apresentem qualidade compatível aos padrões de reciclagem estabelecidos pelo sistema de limpeza urbana, ou seja, presença de resíduos classe B (RESOLUÇÃO CONAMA 307/2002) no máximo de 5% e ausência de terra, matéria orgânica, gesso e amianto; os resíduos entregues tenham sido gerados em Belo Horizonte (admite-se receber resíduos gerados em outro município, mediante termo de cooperação); em casos de grandes volumes seja feita a programação.

Dessa forma, três diretrizes básicas comandam o processo operacional das estações de reciclagem: seleção perfeita do material apresentado à recepção; controle e preservação da qualidade ambiental e qualidade do produto.

Já as URPV's destinam-se a: receber gratuitamente resíduos da construção civil, material de desaterro, apara de vegetação e de madeira e bens de consumo danificados; classificar e organizar os materiais recebidos utilizando caçambas, a fim de possibilitar a remoção racionalizada, a diferenciação de tratamento e a redução de custos; organizar, por escala de atendimento, em função da capacidade operacional instalada em cada unidade, os condutores de veículos de tração animal credenciados para transporte dos materiais que têm recebimento admitido na URPV; receber solicitações de serviços de remoção e transporte de volumes de até 2m³ de resíduos da construção civil, encaminhando-as aos carroceiros credenciados; funcionar, sempre que viável, como *Local de Entrega Voluntária* – LEV de papel, metal, vidro e plástico, devidamente separados.

2.4 Panorama da reciclagem dos RCD no Brasil

Dentre os benefícios que a reciclagem na construção civil pode gerar citam-se a redução no consumo de recursos naturais não-renováveis; a redução de áreas necessárias para aterro; a minimização de volume de resíduos e; a diminuição da poluição gerada pelo entulho e de suas conseqüências negativas, como enchentes e assoreamento de cursos d'água além de preservação das reservas naturais de matéria-prima.

No Brasil, país com 5.565 municípios, a gestão de RCD é ainda bastante inexpressiva. Somente pouco mais de 60, aí incluídos os municípios de maior importância demográfica, têm gestão de RCD estabelecida, sendo que em vários desses existem usinas produzindo agregado reciclado (Reggio e Ohashi, 2008). É evidente que, para que a reciclagem desse tipo de resíduos no país se torne significativa, será necessária a instalação de diversas usinas.

Segundo Miranda et al., 2009, até o ano de 2002 existiam no Brasil apenas 16 usinas de reciclagem da classe A dos RCD, com uma média de até três usinas inauguradas por ano. Após a publicação na Resolução CONAMA 307/2002 e o exemplo da gestão pública bem sucedida do Município de Belo Horizonte, a taxa de crescimento aumentou, com uma média de três a nove usinas inauguradas por ano.

Na tabela 2.6 são apresentadas 47 usinas de reciclagem existentes no país no ano de 2008, das quais 24 são públicas (51%) e 23 privadas (49%). Considerando-se somente as usinas em operação ou em fase de instalação, 15 (42%) são públicas e 21 (58%) são privadas. Das usinas públicas, sabe-se que pelo menos dez estão localizadas em municípios que possuem plano de gerenciamento de RCD (Miranda et al., 2009).

O pequeno número de usinas públicas em operação ou em fase de instalação demonstra as dificuldades que a administração dos municípios tem que enfrentar em razão, muitas vezes, de mudanças e desinteresse na gestão, dificuldades na manutenção e operação do maquinário devido à falta de técnicos especializados, e a demora na reposição de peças. A vantagem econômica que a administração pública poderia vir a obter com a redução de gastos na disposição dos RCD e na geração de agregados reciclados, cerca de 40% menos onerosos que os naturais, parece não ser razão forte o suficiente para o investimento (Miranda et al., 2009).

Tabela 2.6 – Usinas de reciclagem no país em 2008.

Município	Propriedade	Instalação	Capacidade (t.h dia ⁻¹)	Situação
São Paulo/SP	Prefeitura	1991	100	Desativada
Londrina/PR	Prefeitura	1993	20	Desativada
B. Horizonte/MG Estoril	Prefeitura	1994	30	Operando
B. Horizonte/MG Pampulha	Prefeitura	1996	20	Operando
Ribeirão Preto/SP	Prefeitura	1996	30	Operando
Piracicaba/SP	Autarquia/Emdhap	1996	15	Operando
S. J. dos Campos/ SP	Prefeitura	1997	30	Desativada
Muriaé/MG	Prefeitura	1997	08	Desativada
São Paulo/SP	ATT Base	1998	15	Desativada
Macaé/RJ	Prefeitura	1998	08	Desativada
São Sebastião/DF	Adm. Regional	1999	05	Desativada
Socorro/SP	Irmãos Pretos	2000	03	Operando
Guarulhos/SP	Prefeitura/Proguaru	2000	15	Operando
Vinhedo/SP	Prefeitura	2000	15	Operando
Brasília/DF	Caenge	2001	30	Operando
Fortaleza/CE	Usifort	2002	60	Operando
Ribeirão Pires/SP	Prefeitura	2003	15	Desativada
Ciríaco/RS	Prefeitura	2003	15	Desativada
São Gonçalo/RJ	Prefeitura	2004	35	Paralisada
Jundiaí/SP	SMR	2004	20	Operando
Campinas/SP	Prefeitura	2004	70	Operando
S. B. do Campo/SP	Urbem	2005	50	Operando
S. B. do Campo/SP	Ecoforte	2005	70	Desativada
S. J. do Rio Preto/SP	Prefeitura	2005	30	Operando

Tabela 2.6 (continuação)– Usinas de reciclagem no país em 2008.

Município	Propriedade	Instalação	Capacidade (t.h dia¹)	Situação
São Carlos/SP	Prefeitura/Prohab	2005	20	Operando
B. Horizonte/MG (BR040)	Prefeitura	2006	40	Operando
Ponta Grossa/PR	P. Grossa Amb.	2006	20	Operando
Taboa da Serra/SP	Estação Ecológica	2006	20	Operando
João Pessoa/PB	Prefeitura/Emlur	2007	25	Operando
Caraguatatuba/SP	JC	2007	15	Operando
Colombo/PR	Soliforte	2007	40	Operando
Limeira/SP	RL Reciclagem	2007	35	Operando
Americana/SP	Cemara	2007	25	Operando
Piracicaba/SP	Autarquia/Semae	2007	20	Operando
Santa Maria/RS	GR2	2007	15	Operando
Osasco/SP	Inst. Nova Agora	2007	25	Instalando
Rio das Ostras/RJ	Prefeitura	2007	20	Instalando
Brasília/DF	CAENGE	2008	30	Operando
Londrina/PR	Kurica Ambiental	2008	40	Operando
São Luís/MA	Limpel	2008	40	Operando
S. J. dos Campos/SP	RCC Ambiental	2008	70	Operando
Paulínia/SP	Estre Ambiental	2008	100	Operando
Guarulhos/SP	Henfer	2008	30	Instalando
Barretos/SP	Prefeitura	2008	25	Instalando
S. J. dos Campos/SP	Julix-Enterpa	2008	25	Instalando
Petrolina/PE	Prefeitura	2008	25	Instalando
Itaquaquetuba/SP	Entrec Ambiental	2008	40	Instalando

Fonte: Miranda et al., 2009

Nota: Existem usinas em municípios do estado do RS, sem maiores informações, portanto não foram contabilizadas.

As usinas de reciclagem de RCD no Brasil são do tipo estacionário e, em sua maioria, de pequeno porte. A maior parcela é de plantas simples, limitadas apenas aos estágios de britagem e produzem, basicamente, bica corrida para base de pavimentação. Poucas operam no estágio secundário de britagem, o que permite aumentar a quantidade de agregados finos destinados à produção de artefatos de cimentos, como tijolos e guias para calçamento (Reggio e Ohashi, 2008).

Em relação ao processo de reciclagem, a maioria das usinas brasileiras utiliza processos semelhantes, e possui como equipamentos uma pá-carregadeira ou retroescavadeira, alimentador vibratório, transportadores de correia, britador de mandíbula ou impacto, separadores magnéticos permanentes ou eletroímã, e peneira vibratória. De forma simplificada, o processo de reciclagem compreende os seguintes procedimentos (SINDUSCON, 2008):

Recepção do material: Na portaria, o material é inspecionado visualmente, verificando sua composição e grau de contaminação. Se aceito, o material é encaminhado para um pátio de seleção.

Seleção: Os materiais recicláveis são separados manualmente do rejeito.

Trituração e britagem: É o processo mecânico em que os RCD são dispostos, por meio de uma pá-carregadeira no alimentador vibratório, passando pelo britador de impacto e, sucessivamente, à calha simples e ao transportador de correia. No transportador de correia é realizada a eliminação de pequenas partículas metálicas, pela ação de um eletroímã.

Estocagem de pilhas: O material reciclado é acumulado naturalmente sob o transportador de correia.

Expedição: Disposição do material reciclado em veículos apropriados com a utilização de uma pá-carregadeira.

2.5 Aplicações de RCD reciclados

A forma mais difundida de tratamento dos RCD consiste em segregar a fração mineral, que é triturada até a granulometria desejada e utilizada na própria indústria da construção civil.

Alternativas sustentáveis têm sido estudadas para a utilização dos RCD como agregado reciclado. De acordo com Zordan (2009), a forma mais simples de reciclar RCD é utilizá-los, dependendo de suas características, no reforço de subleito, sub-base ou base de pavimentação. De acordo com o autor, as principais vantagens desta utilização são:

- Reciclagem com menor uso de tecnologia, o que implica em menor custo operacional;
- Possibilidade de uso de todos os componentes minerais do entulho sem que haja necessidade de separação prévia;
- Economia no processo de britagem por se limitar à granulometria graúda.

Um exemplo do uso de RCD reciclados é a obra de pavimentação das vias internas do campus da USP, na Zona Leste de São Paulo. O sistema viário, com mais de 2 km de extensão, foi pavimentado com camadas de agregado reciclado de entulho de obra e revestido com asfalto borracha, tendo sido denominado “pavimento ecológico”. Foram realizados ensaios de deformabilidade *in situ*, tendo em vista maior controle das propriedades para melhor entender esse material, que mostraram que os agregados reciclados tiveram comportamento similar ao da brita graduada simples, e que seu uso é recomendado em camadas de subleito ou como sub-base (Téchne, 2005).

A utilização dos resíduos de concreto na confecção de tijolos prensados de solo-cimento é outra possibilidade de aproveitamento dos RCD. Do ponto de vista ecológico, estes tijolos, constituídos de solo, cimento e água, têm ainda a vantagem de não passar pelo processo de cozimento que consome grande

quantidade de madeira ou óleo combustível, como acontece no caso de tijolos comuns produzidos nas cerâmicas e olarias (Ferraz e Segantini, 2004).

Do ponto de vista econômico, o uso de tijolos prensados de solo-cimento na construção de habitações populares permite uma redução de custos que pode chegar a 40%. Contribuem para isso o baixo custo do solo, material usado em maior quantidade, e menores despesas com transporte, energia e mão-de-obra, pois o processo não requer, em grande número, profissionais especializados em construção (ABCP, 1999).

De acordo com Zordan (2009), o agregado reciclado pode ser utilizado como agregado no concreto não estrutural, em substituição aos agregados convencionais, como a areia e a brita. As principais limitações desse tipo de concreto estão relacionadas à presença de faces polidas nas cerâmicas, que interferem de forma negativa em sua resistência. Entre as principais vantagens do emprego desse material estão:

- A utilização de todos os componentes minerais dos RCD, sem que haja a necessidade de separação;
- A economia de energia no processo de moagem. No caso de concreto não estrutural, parte do material reciclado permanece com granulometria graúda, diferentemente do que acontece em relação à sua utilização em argamassas;
- A possibilidade de melhor desempenho do concreto em relação aos agregados convencionais, quando se utiliza baixo consumo de cimento.

Outras possibilidades de aplicação dos RCD reciclados são na produção de argamassas, blocos e artefatos de concreto, sistemas de drenagem e muros de peso, obras de contenção (gabião, pneus, etc.), barreiras químicas para retenção de metais traço, entre outros.

2.6 Barreiras químicas para metais traço

As barreiras químicas, conhecidas também como barreiras reativas ou geoquímicas, consistem, normalmente, em uma forma passiva de tratamento na qual o líquido a ser tratado passa pelo seu interior, que é constituído de um material que proporciona um tratamento específico (Reginatto, 2009). Essas barreiras podem ser compostas por materiais naturais, artificiais ou pela combinação de ambos.

O tratamento do percolado pode ocorrer por processos físicos, químicos e/ou biológicos promovidos por elementos reativos presentes nas barreiras químicas. Entre os mais importantes incluem-se os processos de precipitação, sorção, oxidação/redução, fixação e degradação.

Leite (2000) ressalta que a escolha do tipo de barreira a ser utilizada depende da finalidade a que se destina; do meio físico no qual o sistema está inserido; do material a ser utilizado para sua construção e das características do projeto.

2.6.1 Percolado de RSU

O percolado de RSU pode ser definido como o líquido originário da umidade natural e da água de constituição presente na matéria orgânica dos resíduos, dos produtos da degradação biológica dos materiais orgânicos e da água de infiltração na camada de cobertura e interior das células de aterramento, somado a materiais dissolvidos ou suspensos que foram removidos da massa de resíduos (Gomes, 2009).

As características físicas, químicas e biológicas dos percolados dependem do tipo de resíduo, do grau de decomposição, do clima, da estação do ano, da idade do resíduo, da profundidade de aterramento do resíduo, entre outros fatores (Gutierrez, 2006; Moreira, 2008). Assim, pode-se afirmar que sua composição pode oscilar consideravelmente de um local para outro e nas diferentes estações do ano.

O percolado, usualmente considerado matriz de extrema complexidade, é formado por quatro frações principais: matéria orgânica dissolvida (ácidos graxos voláteis e compostos húmicos e fúvicos); compostos orgânicos

xenobióticos (representados por hidrocarbonetos aromáticos, compostos de natureza fenólica e compostos organoclorados alifáticos); macrocomponentes inorgânicos, com destaque para Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} e HCO_3^- ; e metais potencialmente tóxicos, como Cd^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} e Zn^{2+} (Morais et al., 2006 citados por Moreira, 2008).

A concentração de metais no percolado depende de diversos fatores, como pH, potencial redox, solubilidade das espécies presentes, concentração dos agentes complexantes (ácidos húmicos) e força iônica da solução (Carvalho, 2006; Gutierrez, 2006; Moreira, 2008). É maior na fase de fermentação ácida, quando esses elementos são mais solúveis, e menor na fase de estabilização, quando o meio é mais alcalino.

Na Tabela 2.7, apresenta-se a variação da composição química de percolados em aterros de resíduos brasileiros.

Tabela 2.7 – Variação da composição química de percolados em aterros de resíduos brasileiros.

Variável	Faixa máxima	Faixa mais provável	FVMP (%) *
pH	5,7 - 8,6	7,2 - 8,6	78
Alcalinidade total (mg. L ⁻¹ de CaCO ₃)	750 - 11.400	750 - 7.100	69
Dureza (mg.L ⁻¹ de CaCO ₃)	95 - 3.100	95 - 2.100	81
Condutividade (µS. cm ⁻³)	2950 - 2.500	2950 - 17 660	77
DBO (mg. L ⁻¹ de O ₂)	< 20 - 30.000	< 20 - 8.600	75
DQO (mg. L ⁻¹ de O ₂)	190 - 80.000	190 - 22.300	83
Óleos e graxas (mg/L)	10 - 480	10 - 170	63
NTK (mg. L ⁻¹ de N)	80 - 3.100	Não há	-
Fenóis (mg/L de C ₆ H ₅ OH)	0,9 - 9,9	0,9 - 4,0	58
N – amoniacal (mg. L ⁻¹ de N)	0,4 - 3.000	0,4 - 1.800	72
N – orgânico (mg. L ⁻¹ de N)	5 - 1.200	400 - 1.200	80
N-nitrito (mg L ⁻¹ de N)	0 - 50	0 - 15	69
Nitrato (mg. L ⁻¹ de N)	0 - 11	0 - 3,5	69
P-total (mg L ⁻¹)	0,1 - 40	0,1 -15	63
Sulfeto (mg L ⁻¹)	0 - 35	0 - 10	78
Sulfato (mg L ⁻¹)	0 -5.400	0 - 1.800	77
Cloreto (mg L ⁻¹)	500 - 5.200	500 - 3.000	72
Sólidos totais (mg. L ⁻¹)	3 200 - 21.900	3 200 - 14.400	79
Sólidos totais fixos (mg. L ⁻¹)	630 - 20.000	630 - 5.000	60
Sólidos totais voláteis (mg. L ⁻¹)	2 100 - 14 500	2 100 - 8.300	74
Sólidos suspensos totais (mg. L ⁻¹)	5 - 2.800	5 - 700	68
Sólidos suspensos voláteis (mg. L ⁻¹)	5 - 530	5 - 200	62
Ferro (mg L ⁻¹)	0,01 - 260	0,01 - 65	67
Manganês (mg. L ⁻¹)	0,04 - 2,6	0,04 - 2,0	79
Cobre (mg. L ⁻¹)	0,005 - 0,6	0,05 - 0,15	61
Níquel (mg. L ⁻¹)	0,03 - 1,1	0,03 - 0,5	71
Cromo (mg L ⁻¹)	0,003 - 0,8	0,003 - 0,5	89
Cádmio (mg L ⁻¹)	0 - 0,26	0 - 0,065	67
Chumbo(mg. L ⁻¹)	0,01 - 2,8	0,01 - 0,5	64
Zinco (mg L ⁻¹)	0,01 - 8,0	0,01 - 1,5	70

Fonte: Souto e Povinelli, 2007 citado por Gomes, 2009

*FVMP: Frequência de ocorrência dos valores mais prováveis

O percolado gerado é um dos fatores de maior limitação para a disposição de resíduos orgânicos sobre o solo, uma vez que sua migração, desde a superfície do terreno até o lençol freático, pode transportar uma série de compostos químicos e agentes biológicos e poluir os mananciais de águas superficiais ou subterrâneas.

2.6.2 Metais traço presentes no percolado

De acordo com Gomes (2009), a grande variabilidade de embalagens (ferrosas ou não) dispostas pós-uso em aterros sanitários são a principal fonte de metais, como níquel, cobre, chumbo, mercúrio e zinco, encontrados no percolado. Para Oliveira (2004), o plástico é a principal fonte de cádmio; o chumbo e o cobre estão presentes em quantidades representativas em metais ferrosos; e o papel aparece como outra fonte significativa de chumbo.

A concentração de metais como Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} e Cd^{2+} pode ser elevada em aterros jovens, devido ao ambiente ácido que permite a solubilização dos íons metálicos. Com o passar do tempo, o pH tende a aumentar e essas concentrações tendem a diminuir. A solubilidade de metais em percolados de RSU depende do pH, potencial redox, da solubilidade das espécies de metais presentes, da concentração dos agentes complexantes (ácidos húmicos) e da força iônica da solução (Gomes, 2009).

Um dos grandes problemas dos metais traço é sua capacidade de formar complexos organometálicos por reações de complexação com as moléculas orgânicas. A formação desses complexos facilita o transporte de metais e a mobilidade de diversos contaminantes orgânicos.

Na Tabela 2.8 apresentam-se alguns íons, que podem ser transportados pelo líquido que percola a massa de resíduos e suas possíveis fontes.

Tabela 2.8 - Íons presentes em percolado de RSU e suas possíveis fontes.

Íons	Fontes
Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	Material orgânico, entulhos de construção e casca de ovo
PO ₄ ³⁻ , NO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻	Material orgânico
Cu ²⁺ , Fe ²⁺ , Sn ²⁺	Material eletrônico, latas e tampas de garrafas
Hg ²⁺ , Mn ²⁺	Pilhas comuns e alcalinas e lâmpadas fluorescentes
Ni ²⁺ , Cd ²⁺ , Pb ²⁺	Baterias recarregáveis (celular, telefones sem fio e automóveis)
Al ³⁺	Latas, utensílios domésticos, cosméticos e embalagens laminadas em geral
Cl ⁻ , Br ⁻ , Ag ⁺	Tubos de PVC, negativos de filmes e raio x
As ³⁺ , Sb ³⁺ , Cr ⁶⁺	Embalagens de tintas, vernizes e solventes orgânicos

Fonte: IPT, 2000

2.6.3 RCD em barreiras químicas para metais traço e correção da acidez do solo

Os RCD são constituídos, segundo Ângulo (2005), por cerca de 90% de frações de natureza mineral (concreto, argamassa, rocha, solo e cerâmicas).

Lima (1999), ao analisar a constituição química dos RCD, concluiu que os compostos de maior abundância são: SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, Ca(OH)₂, NaOH, KOH, TiO₂, P₂O₅ e CaCO₃. Sabe-se que o produto que contém como “princípio ativo” óxido, hidróxido, carbonato ou silicato de cálcio e, ou magnésio pode ser utilizado na correção de acidez (Amaral e Anghinoni, 2001), sendo, portanto, útil na neutralização da acidez de solo ou de líquidos.

De acordo com Carvalho *et al.* (2006), a presença de uma camada de RCD na base das pilhas de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários pode funcionar como barreira química para metais traço presentes no chorume gerado por estes resíduos.

Moreira (2008) e Moreira *et al.*, (2010) analisaram a influência dos RSU e RCD nos parâmetros de transporte de metais traço presentes no percolado de RSU. Os autores concluíram que, apesar de os RCD não apresentarem a mesma capacidade de retenção que os RSU, ressaltaram o potencial de seu uso em aterros sanitários como barreira química para metais traço.

Sousa (1998) recomenda o uso dos RCD como base de pilhas de RSU, que podem, inclusive, substituir a calagem, prática recomendável na criação de barreira química para contaminantes em aterros sanitários. O autor encontrou menores concentrações de metais traço em amostras de solo coletados abaixo das células-base do Aterro Sanitário de Belo Horizonte, onde os RSU foram depositados sobre uma camada de RCD, do que nas amostras de solo coletadas em áreas que não receberam este resíduo.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 A gestão dos RCD no Município de Viçosa – MG

Nos itens 3.1.1 a 3.1.4, apresentam-se a caracterização do município estudado, a estrutura metodológica desenvolvida para a realização do diagnóstico da geração, transporte e disposição dos RCD, e a proposição de diretrizes para implantação de um plano de gerenciamento integrado desses resíduos.

No fluxograma da Figura 3.1 ilustra-se a sequencia da metodologia adotada relativa à Proposta de gestão dos RCD em Viçosa – MG.

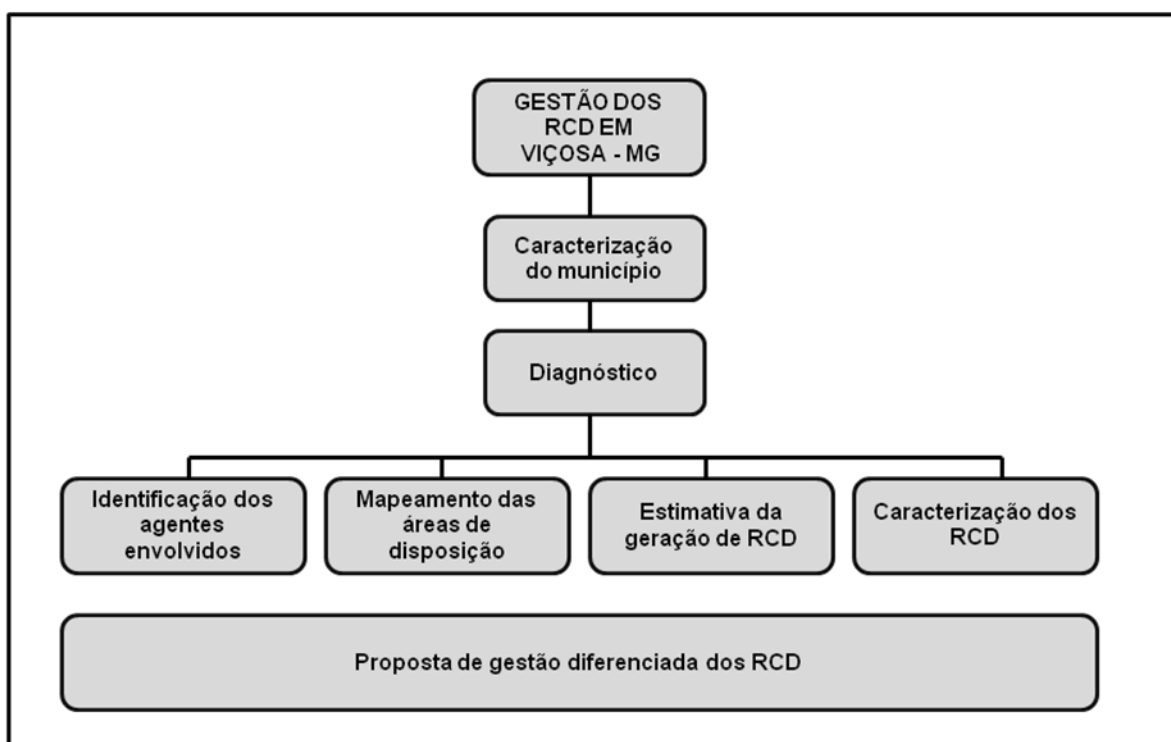


Figura 3.1: Sequencia de atividades propostas.

Por fim, no item 3.1.5 apresenta-se a metodologia adotada para a realização dos ensaios de equilíbrio em lote para avaliar o comportamento sortivo dos resíduos de construção e demolição.

3.1.1 Caracterização da área em estudo

O Município de Viçosa está situado na região da Zona da Mata de Minas Gerais, entre as Serras da Mantiqueira, do Caparaó e da Piedade. Possui área de aproximadamente 300 km², encontra-se a uma altitude de 649 m e tem como coordenadas geográficas o paralelo de 20°45'14'', latitude S, e o meridiano de 42°52'54'', longitude W. Limita-se ao norte com os Municípios de Teixeiras e Guaraciaba, ao sul com Paula Cândido e Coimbra, a leste com Cajuri e São Miguel do Anta e a oeste com Porto Firme.

O clima é do tipo tropical de altitude com chuvas durante o verão e temperaturas amenas e média anual de 19,4°C. O índice médio pluviométrico anual é de 1221,4 mm (ALMG, 2011).

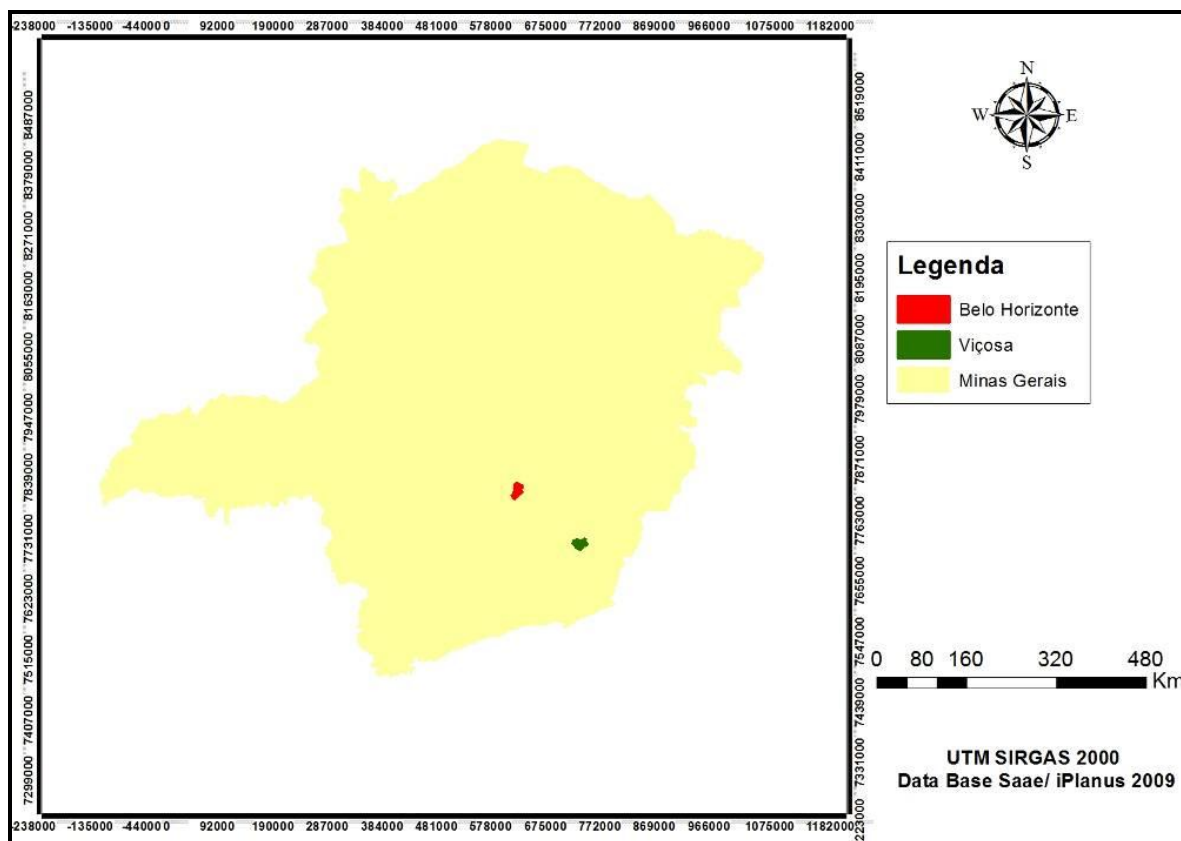
O município está inserido na Bacia do Rio Doce, e o principal curso d'água é o Ribeirão São Bartolomeu, afluente do Rio Turvo Sujo. A região se caracteriza por ter elevadas declividades (com 85% do seu relevo montanhoso), vale fechado, restando poucas áreas passíveis de ocupação (ALMG, 2011).

Os solos predominantes na região são: Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico e Cambissolo háplico Tb distrófico. Embora de baixa fertilidade, sua constituição física permite a atividade agrícola, desde que se use manejo adequado.

Quanto à infraestrutura dos sistemas de esgoto e abastecimento de água, 98% da população do município é atendida com água tratada e 88% com rede de esgoto (SAAE, 2011).

O município está estrategicamente próximo de alguns dos principais centros consumidores do país e a eles interligado por vias asfaltadas, fatores importantes na logística empresarial. Dista 225 km de Belo Horizonte (Figura 3.2), 360 km do Rio de Janeiro, 410 km de Vitória e 650 km de São Paulo.

Dispõe de uma pista de pouso para pequenas aeronaves, em fase de expansão (Prefeitura Municipal de Viçosa, 2009).



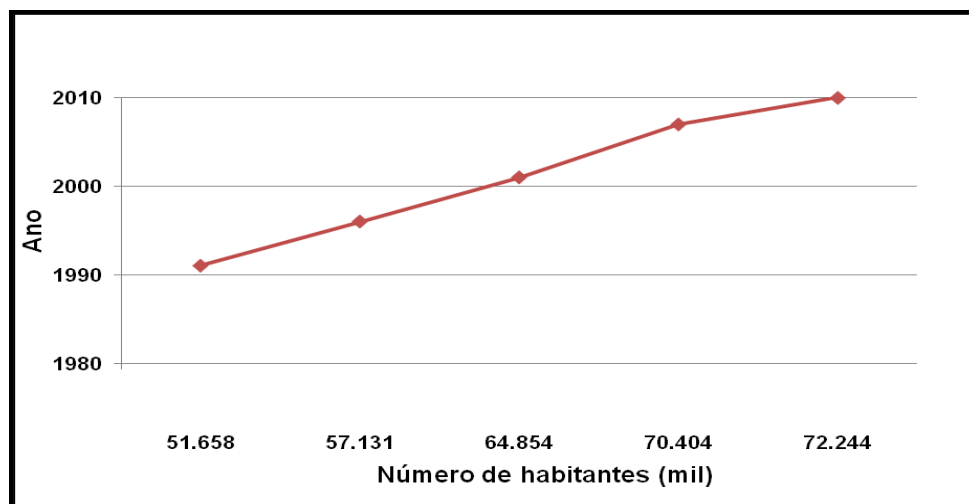
Fonte: Google Maps, 2011

Figura 3.2: Mapa do Município no Estado de Minas Gerais com a localização do Município de Viçosa em relação à capital do Estado de Minas Gerais.

É um dos municípios da Zona da Mata do estado de Minas Gerais que apresenta vantagens competitivas para investimentos em função de suas condições geográficas, ambiente inovador e disponibilidade de capital humano qualificado. Com uma população de 72.244 habitantes (IBGE, 2010), predominantemente urbana, trata-se de uma cidade essencialmente universitária, com destaque para a Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O município de Viçosa teve um crescimento acelerado nas últimas décadas. Entre os anos de 1991 e 2010, a população cresceu aproximadamente 40% (Figura 3.3). Destaca-se um aumento significativo do número de estudantes em

Viçosa, a partir do ano 2000, quando foram criados novos cursos na UFV e três universidades particulares.



Fonte: IBGE, 2010

Figura 3.3: Crescimento populacional de Viçosa entre os anos de 1991 a 2010.

A prestação de serviços é a atividade mais importante para a economia do município. A UFV, com ensino, pesquisa e extensão, é responsável pela absorção de parcela relevante do serviço público da cidade. Em relação à atividade industrial, a construção civil se distingue por ser responsável por aproximadamente 22% do PIB.

As constantes expansões da UFV com novos cursos e postos de trabalho, têm demandado a construção de novas moradias e a ampliação e melhoria da prestação de serviços. A crescente especulação imobiliária, a verticalização e a pressão sobre a infra-estrutura urbana têm favorecido o crescimento desordenado da cidade. Grande parte das construções é, de alguma forma, irregular, por desobedecer à legislação ou por desrespeitar o direito da vizinhança, e sem cadastro na Prefeitura Municipal de Viçosa (PMV). Observam-se construções que desrespeitam as leis vigentes de uso e ocupação do solo, que não atendem a itens como área máxima construída, área mínima permeável, inclinação máxima do terreno, distâncias mínimas de cursos d'água e edificações, entre outros. Com isso, a disposição de RCD em

locais inapropriados cresce em número e volume no município, que não possui infra-estrutura própria para destinação desses materiais, e nem dispõe de um plano integrado de gerenciamento de RCD nos padrões dispostos na Resolução CONAMA 307/2002.

Existem quatro empresas e treze áreas de aterros de RCD, licenciadas pelo DEMA/SEMAD, com anuência do CODEMA, para serviços de remoção de terra e entulhos no município, de acordo com levantamento realizado na Secretaria de Meio Ambiente do Município, nos meses de maio e novembro de 2010. Entre as áreas licenciadas, uma pertence à Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Em relação aos depósitos clandestinos, dados anteriores a este trabalho apontam para a existência de pelo menos seis aterros com problemas. Os mais graves referem-se à localização em área de preservação permanente, falta de isolamento, presença de fissuras, mistura de RCD com lixo urbano e ao carreamento de materiais para os cursos d'água.

Em função da ausência de informações sobre o gerenciamento dos RCD como, geração, composição, disposição e outros, torna-se necessário realizar um diagnóstico detalhado da atual gestão dos RCD no município.

3.1.2 Situação atual dos RSU no município de Viçosa

No que se refere aos resíduos sólidos urbanos, em dezembro de 2009, a Câmara Municipal de Viçosa aprovou a Lei Municipal Nº2002/09, que transferiu os serviços de limpeza urbana para o Sistema Autônomo de Água e Esgoto – SAAE. A partir de janeiro de 2010, essa autarquia assumiu os serviços de limpeza urbana, incluídos os serviços de varrição de ruas, coleta de RSU e a operação do aterro de resíduos urbanos e da usina de triagem.

Atualmente, o município produz, aproximadamente, 50 toneladas por dia de RSU, que são coletados diariamente, em diferentes horários, nos diversos bairros. A coleta - realizada por dois caminhões compactadores com capacidade de 15m³ e três caminhões basculantes, dos quais um é exclusivo da coleta seletiva - compreende os resíduos domiciliares, comerciais e

públicos, sendo os resíduos de serviços de saúde de responsabilidade de empresa terceirizada (UFV/FEAM, 2010).

O aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos de Viçosa está em fase de licenciamento ambiental. A usina de triagem de resíduos opera com mão de obra da ACAMARE, associação formada, em parte, por antigos catadores de ruas e do lixão. De acordo com o SAAE (2011), apesar de a usina ter capacidade em operar 50 t dia^{-1} , somente 10% desse total, ou seja, 5 t dia^{-1} são efetivamente triados.

3.1.3 Diagnóstico da situação dos RCD no município de Viçosa

O diagnóstico teve como finalidade fornecer subsídios para elaboração e implantação de um programa municipal de gerenciamento desses resíduos, conhecer suas variáveis, avaliar a dimensão do problema e as alternativas para uma proposta de gestão ambiental sustentável.

Para a realização deste diagnóstico, foi necessário conhecer, inicialmente, a situação da gestão e buscar orientação quanto ao método de pesquisa documental a ser seguido, com base em consultas junto à administração pública municipal, e em reuniões realizadas na Secretaria de Meio Ambiente do Município de Viçosa - SEMAD, a partir do segundo semestre de 2009.

No diagnóstico da situação dos RCD no município de Viçosa, a caracterização quantitativa forneceu a dimensão da geração dos RCD, enquanto que a qualitativa apontou para a direção do possível potencial de aproveitamento desses resíduos.

Nesse contexto, o diagnóstico fundamentou-se na investigação dos aspectos relacionados à geração (quantitativa e qualitativa) dos resíduos de construção e demolição em Viçosa; a caracterização dos agentes envolvidos no processo, considerando sua intensidade de atuação e suas limitações de ação, e a avaliação da disposição final desses resíduos.

A) Identificação dos agentes envolvidos no processo de geração, transporte e destinação final dos RCD

- Agentes geradores: Foram identificados os principais responsáveis pela geração de volumes significativos: executores de reformas, ampliações e demolições, e construtores de edificações novas, residenciais, institucionais e comerciais.
- Agentes coletores: Foram identificados os principais agentes envolvidos no processo de coleta e transporte desses resíduos, bem como os equipamentos utilizados (caminhões com guindastes e caçambas estacionárias, caminhões caçambas, caminhonetes e carroças de tração animal); percursos realizados; preços vigentes; total de veículos em operação; e viagens realizadas.

A planilha que foi utilizada em campo neste levantamento é apresentada no Anexo 2.

B) Estimativa da geração de resíduos de construção e demolição na área urbana

O cálculo da provável geração de RCD teve por base a metodologia desenvolvida por Pinto (1999), que foi adaptada para a realidade do Município de Viçosa.

De acordo com Pinto e Gonzalez (2005), o levantamento de dados deve ser realizado pelo tempo que for necessário para que as variações conjunturais da atividade construtiva decorrentes de desequilíbrios da economia, bem como das ocorrências sazonais que influenciam o ritmo construtivo (período de chuvas mais intenso, por exemplo) sejam diluídas na amostragem. Dessa forma, no presente trabalho, foram computados dados compreendendo o período um ano, de forma a abranger as variações sazonais.

Apresenta-se, em seguida, uma síntese dos indicadores utilizados para estimar a geração de RCD:

➤ *E₁ - Estimativa da geração de RCD a partir das atividades construtivas licenciadas*

Para obtenção desse indicador foram utilizados os registros do Instituto de Planejamento Municipal de Viçosa – IPLAM, referentes à aprovação de projetos de edificação (alvarás de construção).

Com base nos alvarás, calculou-se a área média anual de edificações novas. Excluem-se os dados relativos às reformas, ampliações e demolições, uma vez que estas foram computadas no próximo item, bem como aqueles relativos à geração na UFV, que tem um indicador próprio. Utilizou-se a taxa de geração de resíduos de construção de 150 kg. m⁻² (Pinto, 1999), baseada nas seguintes estimativas:

- Massa estimada para edificações predominantemente por processos convencionais = 1.200 kg. m⁻²;
- Perda média de materiais nos processos construtivos, em relação a massa de materiais utilizadas no canteiro de obra = 25%;
- Percentual de perda de materiais, removido como entulho, no decorrer da obra = 50%.

O valor de E₁ é calculado admitindo-se 26 dias por mês.

Partindo do pressuposto que o número de projetos aprovados e não concretizados é muito pequeno, aplicou-se a taxa sobre a área total da construção licenciada.

➤ *E₂ - Estimativa da geração de RCD gerados em reformas, ampliações e demolições*

Essas informações foram obtidas, mês a mês, junto aos agentes coletores organizados na forma de empresas que atuam na cidade.

Foram realizadas reuniões com cada proprietário e/ ou representante das empresas, em que foi solicitada a realização de levantamento mensal dos volumes coletados, apenas para os RCD gerados em reformas, ampliações e demolições, por um período de um ano. Foi entregue a cada proprietário um

modelo de planilha a ser seguido e, mensalmente, foi mantido contato com as empresas para coleta dos dados.

O valor de E_2 é calculado admitindo-se 26 dias por mês.

➤ E_3 - *Estimativa da geração de RCD em obras da Universidade Federal de Viçosa*

Este indicador foi obtido com funcionários da Universidade Federal de Viçosa que trabalham diretamente com o transporte dos RCD gerados na instituição, por um período de um ano.

O valor de E_3 é calculado admitindo-se 22 dias por mês.

➤ E_t - *Estimativa total da geração de RCD em Viçosa*

A estimativa total de geração, E_t , é definida pela soma das parcelas anteriores. Conhecido o valor de E_t é possível calcular a taxa de geração de RCD por habitante em um ano.

C) *Identificação de pontos de descarte clandestinos e das áreas de disposição de RCD*

➤ *Identificação dos pontos de descarte clandestino*

Para estudar os pontos de deposição irregular, delimitou-se uma área que incluiu os bairros situados na zona urbana do Município de Viçosa. Para fins didáticos, esses bairros foram divididos em três zonas (norte, sul e central), descritos como segue:

- Norte: Júlia Mola, Inácio Martins, João Braz, Violeira, Zig-zag, Silvestre, Violeira, Recanto da Serra, Inconfidência, Cidade Nova, Distrito Industrial, Nova Era, Barrinha, São José, Arduino Bolivar, São José, Boa Vista, Vau Açú, Residencial Silvestre, Colônia Vaz de Melo e Parque do Ipê;

- Sul: Bom Jesus, Estrelas, Romão dos Reis, Monte Verde, Rua Nova, Quincas Guimarães, Vila Alves, Nova Viçosa, Conceição, Sagrada Família, Acamari;
- Central: Santa Clara, Maria Eugênia, São Sebastião, União, Morada do Sol, Betânia, Centro, Belvedere, Bela Vista, Fátima, Ramos, Clélia Bernardes, Vale do Sol, Fuad Chequer, João Mariano, Sagrado Coração de Jesus, Vereda do Bosque, J.K., Santo Antonio, Lourdes.

Entre os meses de agosto de 2010 e fevereiro de 2011, diversas rotas pelos bairros do município, previamente definidas, foram percorridas para identificar pontos clandestinos de descarte. Esses pontos foram identificados visualmente por meio de fotografias digitais e georreferenciados com uso de um GPS Modelo map ® 60 CSx da Garmin.

➤ *Identificação das áreas de disposição de RCD*

É comum encontrar diversos bota-foras operando simultaneamente em um mesmo município. Para auxiliar a identificação e caracterização das áreas licenciadas e clandestinas existentes em Viçosa, foram utilizados os registros (relatórios e fotografias) do banco de dados do Instituto de Planejamento e Meio Ambiente - IPLAM e da Secretaria de Meio Ambiente – SEMAD da Prefeitura Municipal de Viçosa - PMV.

Com base nessas informações, realizou-se um levantamento de campo para identificar, localizar e mapear os bota-foras em operação no início do ano de 2011; inclusive os irregulares, com vistas à sua futura extinção ou recuperação e utilização, de forma que venham a estar inseridos num plano integrado de gestão. Da mesma forma que na identificação dos pontos de deposição clandestina, essas áreas foram identificadas por meio de fotografias digitais e georreferenciadas.

➤ *Elaboração de mapas temáticos da disposição dos RCD no Município de Viçosa*

Mapas dos pontos de descarte clandestinos (deposições irregulares) e de bota-foras de RCD foram elaborados com o auxílio do software Arcgis 9.3©, utilizando-se as informações referentes à base cartográfica planialtimétrica em meio digital, em escala de 1:2000 (SAAE/*iPlanus*, 2009).

Previamente à geração dos mapas, converteu-se o banco de dados SAAE/*iPlanus* (2009), referenciado em SAD69 para SIRGAS2000. Utilizaram-se os seguintes parâmetros oficiais na conversão determinados pelo IBGE: $\Delta X(m) = -67,35$; $\Delta Y(m) = +3,88$ e $\Delta Z(m) = -38,22$.

Elaborou-se a delimitação da área de preservação permanente (APP) de curso d'água que, segundo a Resolução CONAMA 303/2002, constitui-se na área situada em faixa marginal medida a partir do nível mais alto, com largura de 30 metros, para corpos d'água de até 10 metros de largura, para a sobreposição das áreas de descartes clandestinos e bota-foras de RCD com a APP de curso d'água.

D) Amostragem para determinação da composição gravimétrica dos RCD coletados no Município de Viçosa – MG (percentual de cada material nos RCD) e para caracterização química, física, físico-química e mineralógica

O procedimento utilizado na caracterização dos RCD foi adaptado de metodologias encontradas na literatura: IPT (2000), Ulsen (2006) e Neto (2004) e fundamentou-se na separação e pesagem dos materiais amostrados, de acordo com as seguintes etapas:

- i. Selecionou-se 4 caçambas estacionárias de 5m³, de origens diferentes, que foram desviadas do seu itinerário e conduzidas para o campo experimental do DEC-UFV;
- ii. Coletou-se 5 amostras de 18 litros de cada caçamba, dando origem a uma amostra de 90 litros por caçamba, e acomodá-las sobre lona. Na coleta, retirou-se uma parcela do fundo, uma do centro, duas das laterais e uma do topo de cada caçamba;

- iii. Da pilha única de 360 litros amostrados, após a homogeneização, utilizou-se 180 litros (aqui considerados como amostra representativa) para a determinação da composição gravimétrica e da massa unitária ou massa específica aparente;
- iv. Separaram-se os materiais por tipo;
- v. Mediu-se a massa total de resíduos amostrados,
- vi. Determinou-se a massa específica aparente.

Uma ilustração das atividades desenvolvidas na caracterização dos RCD é apresentada na Figura 3.4.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.4: Caracterização dos RCD: (a) caçamba de RCD; (b) 5 Latões de 18L por caçamba; (c) RCD dispostos na lona antes da homogeneização; (d) Pesagem por tipo de RCD.

Para caracterização física, química, físico-química e mineralógica das amostras os seguintes procedimentos foram realizados:

- Executou-se as etapas i) e ii) definidas anteriormente na caracterização da composição física;
- Colocou-se as 4 amostras de 90 litros sobre uma lona, formando uma pilha única de 360 litros, que foi homogeneizada o máximo possível;
- Da pilha única de 360 litros, formou-se 10 pilhas secundárias, onde se coletou as porções aleatoriamente;
- Selecionou-se quatro pilhas, entre as dez, representativas dos resíduos coletados (aproximadamente 150L). Removeu-se, de cada uma, materiais como lata, ferro, vidro, etc. e formar uma única pilha;
- Triturou-se o material remanescente em moinho;
- Quarteou-se o material triturado, até se obter uma amostra de cinco litros e enviou-se ao laboratório para análise (*Ver item 3.1.5 A*)

3.1.4 Proposta para uma gestão diferenciada de Resíduos da Construção Civil para o Município de Viçosa, MG

As ações e diretrizes a serem adotadas para a estruturação de um sistema de gestão sustentável dos RCD foram descritas com base em uma avaliação da legislação municipal que se propõe a identificar lacunas existentes em relação à adequação à legislação vigente, nos níveis estadual e nacional.

Foram priorizadas as soluções de reutilização e reciclagem ou, quando inevitável, adotadas alternativas de aterros de resíduos como indicado na Resolução CONAMA 307/02.

As ações e diretrizes foram desenvolvidas com base no fluxograma apresentado na Figura 3.5:

coleta e caracterização química e bioquímica do percolado que irá compor a solução contaminante utilizada.

A.1) Coleta dos RCD

Utilizaram-se duas amostras de resíduos de construção e demolição coletados na Usina de Reciclagem Estoril, em Belo Horizonte – MG e uma no município de Viçosa - MG. O material que chega à usina é classificado visualmente em dois tipos, de acordo com sua cor e origem, e são dispostos e processados separadamente, conforme a Figura 3.6:

- *Classe A (cinza)*: Resíduos de peças fabricadas com concreto, argamassas, fibrocimento, pedras ornamentais, sem impurezas;
- *Classe B (vermelho)*: Resíduos predominantemente cerâmicos (tijolos, telhas, azulejos, etc.).



(a)



(b)

Figura 3.6: RCD reciclados na Usina de Estoril em Belo Horizonte – MG: (a) RCD Classe A - cinza e (b) RCD Classe B – vermelho.

Coletaram-se as amostras de RCD de pontos escolhidos aleatoriamente nas pilhas de resíduos processados, baseando-se no procedimento de amostragem descrito no *Plano de Amostragem de RCD para caracterização física, química, físico-química e mineralógica (Item 3.1.2 D)*.

A.2) Caracterização dos RCD

Para a caracterização dos RCD foram realizados ensaios de granulometria e massa específica dos sólidos, análise mineralógica, pH em água e em KCl (1:2,5) e concentração de metais (Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} e Ca^{2+}).

➤ *Peneiramento e massa específica dos sólidos*

Os ensaios de peneiramento da fração grosseira e determinação da massa específica dos sólidos foram realizados de acordo com as normas técnicas ABNT NBR-7181/84 e ABNT NRB-6508/84, respectivamente, no Laboratório do Geotecnia do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa.

➤ *Análise mineralógica*

As análises mineralógicas das amostras de RCD, passadas na peneira N° 10 (2mm), foram realizadas no Laboratório de Mineralogia do Departamento de Solos da UFV por difratometria de raios x (DRX). Empregou-se radiação $CoK\alpha$ na faixa entre 4 a $69^{\circ}2\theta$, com tensão de 40KV e corrente de 30mA.

➤ *pH*

Determinou-se a leitura de pH em água e KCl de acordo com o método de Defelipo e Ribeiro, 1997, descrito a seguir:

pH em água: Colocou-se 10 cm^3 de TFSA num frasco de 50 mL e adicionou-se 25,0 mL de H_2O . Agitou-se a amostra com bastão de vidro por 1,0 min ou usar o agitador horizontal por 5,0 min a 200 rpm. Deixou-se em repouso por 30 a 60 min. Agitou-se cada amostra antes de mergulhar o eletrodo na suspensão homogeneizada e procedeu-se a leitura do pH em potenciômetro devidamente calibrado com soluções-padrão de pH 4,0 e 7,0.

pH em KCl 1,0 mol/L: Procedeu-se da mesma maneira descrita no parágrafo anterior, substituindo a água pela solução de KCl 1,0 mol/L.

- *Concentração de metais (Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} e Ca^{2+}).*

A concentração de metais foi determinada por meio de digestão nitro perclórica de acordo com Jordão et al., 2000, descrito a seguir:

- Pesou-se 50,0 mg de resíduos em um béquer;
- Adicionou-se 10 mL de HNO_3 a 65% e levar para aquecimento em chapa, a 300 °C, até quase secura;
- Adicionou-se 2 mL de $HClO_4$ a 70% e 10 mL de HF a 40%;
- Repetiu-se a última operação duas vezes, aquecendo até quase secura, e finalizou-se com adição de 5 mL de HCl 37%;
- Retirou-se o bequer da chapa aquecedora e deixar esfriar;
- Passou-se em papel filtro e aferir em balão de 25 mL;
- Determinou-se a concentração de metais no filtrado em espectrofotômetro de absorção atômica

B) Coleta e caracterização do percolado

B.1) Coleta do percolado

O percolado foi coletado diretamente da tubulação de entrada da lagoa de estabilização no Aterro de Resíduos Sólidos do Município de Viçosa – MG, após um longo período de chuvas, no final do mês de março de 2011 (Figura 3.7). A área é utilizada há aproximadamente 15 anos e em grande parte deste período funcionou como um lixão.

A coleta manual foi realizada por meio de um recipiente de plástico com capacidade para 18L, amarrado a uma corda. O percolado foi filtrado grosseiramente *in loco*, para a retirada das partículas maiores, e transferido

para recipientes de polietileno - previamente descontaminados em laboratório com solução HNO_3 a 10% e água deionizada e ambientados com o percolado no local da coleta - devidamente etiquetados e tampados.



(a)

(b)

Figura 3.7: (a) Coleta do percolado na lagoa de estabilização do aterro de resíduos sólidos urbanos do Município de Viçosa – MG; (b) Detalhe da tubulação de entrada da lagoa de estabilização, local onde foi coletado o percolado de RSU.

Para preservá-las, as amostras coletadas para análise de metais traço foram submetidas a um processo de acidificação, em campo, com HNO_3 até que se atingisse um valor de pH menor do que dois (APHA, 1995) e foram, posteriormente, acondicionadas em geladeira a 4°C até serem encaminhadas ao laboratório (Marins et al., 1992).

As demais amostras, utilizadas para a caracterização do percolado, foram encaminhadas diretamente para o Laboratório de Matéria Orgânica da Universidade Federal de Viçosa.

B.2) Caracterização do percolado

Análises de alcalinidade, pH, condutividade elétrica, DQO, DBO, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, série de sólidos, temperatura e metais (Zn^{2+} , Cd^{2+} ,

Cu²⁺, Pb²⁺, Ni²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺, Cr³⁺, Mn²⁺ e Ca²⁺) foram realizadas para caracterizar o percolado.

➤ *Alcalinidade*

A alcalinidade foi determinada pelo método volumétrico com detecção potenciométrica. Inicialmente, titulou-se uma amostra de 200 mL com H₂SO₄ até atingir pH de 5,75 e calculou-se a alcalinidade parcial. Titulou-se a mesma amostra até o pH 4,3 e calculou-se a alcalinidade intermediária. A alcalinidade total foi dada pela soma das alcalinidades parcial e intermediária.

➤ *pH, Condutividade elétrica e temperatura*

A condutividade elétrica, pH e temperatura foram determinados *in situ* utilizando-se um medidor de campo modelo *pH/CON/T°C 10 meter WATERPROOF*.

Em data anterior ao uso do equipamento, realizou-se a calibração de pH e condutividade elétrica com solução padrão de calibração próprio do medidor, seguindo as orientações contidas no manual do equipamento.

➤ *Demanda química e bioquímica de oxigênio*

Para a determinação da DBO, adotou-se o método do refluxo contínuo, que consiste em fazer a digestão da amostra em solução fortemente ácida e com excesso de dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇). Após a digestão, o remanescente de K₂Cr₂O₇ que não foi reduzido foi titulado com sulfato ferroso amoniacal para determinação da quantidade de dicromato consumida (APHA, 1995).

Para quantificar a DBO utilizou-se o método iodométrico, que consiste em colocar uma amostra do percolado em um frasco de volume conhecido, vedado e completamente cheio, e incubar sob temperatura de 20°C, por 5 dias. A quantidade de oxigênio dissolvido (OD) foi medida no início do ensaio e após 5 dias. A DBO foi dada pela diferença entre os valores inicial e final de OD (APHA, 1995).

- *Concentração de metais (Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Ni^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Mn^{2+} e Ca^{2+}).*

Inicialmente, foram adicionados 5 mL de solução nítrico-perclórica para cada 5mL de amostra. As amostras foram, então, colocadas em tubos e levadas para um bloco digestor. Após a digestão, as amostras foram colocadas em balões volumétricos de 25 mL e completadas com água deionizada, para determinação das concentrações de metais no espectrofotômetro de absorção atômica.

- *Nitrogênio total*

Pipetaram-se 5mL da amostra para um tubo e adicionaram-se reagentes responsáveis pela digestão. Colocou-se o tubo para aquecer no bloco digestor em temperatura de até 360 ° C até que se completou-se a digestão da amostra.

Após a digestão, colocou-se o destilado em um erlenmeyer de 125 mL contendo a solução indicadora de ácido bórico até que se completaram-se aproximadamente 75 mL e titulou-se o produto final com H_2SO_4 0,02 mol_c. L⁻¹ padronizado. Preparou-se um branco com água destilada e procedeu-se da mesma forma.

- *Série de sólidos*

- *Sólidos Totais, Fixos e Voláteis*

A concentração de sólidos totais foi obtida pela pesagem da amostra remanescente após secagem, em estufa, sob uma temperatura de 103-105° C.

A amostra remanescente da secagem a 103-105° C foi queimada em mufla a 550-560° C. Os sólidos remanescentes dessa queima são os fixos, enquanto a diferença de peso representa os voláteis (Matos, 2004a).

- *Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Suspensos Fixos, Sólidos Suspensos Voláteis e Sólidos Dissolvidos Totais*

A amostra foi filtrada, sob vácuo, em funil e pré-pesada e identificada. Parte do material ficou retida no filtro, a que passou foi denominada sólido dissolvido (SDT).

Para determinação dos sólidos suspensos totais (SST), o filtro e a fração retida foram deixados em estufa a 105 ° C por uma hora e, em seguida, novamente traço. Foi realizada a diferença de pesos para a determinação dos SST. Na determinação dos sólidos suspensos fixos (SSF), levou-se o filtro em mufla, a 550° C, por uma hora. Pesou-se novamente e se obteve os SSF. A diferença entre os SST e os SSF é o peso correspondente aos sólidos suspensos voláteis (Matos, 2004a).

C) Ensaio de equilíbrio em lote

C.1) *Preparo da solução contaminante*

Foram realizados dois ensaios de equilíbrio em lote.

➤ Ensaio 1

Foram preparadas 10 soluções multiespécie com concentrações distintas para cada metal em estudo (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+}). Essas soluções foram compostas pelo percolado coletado no aterro de resíduos de Viçosa e enriquecidas com sais de nitratos até atingir a concentração desejada.

Neste ensaio, tomou-se como solução base a de número 6, que foi estabelecida multiplicando-se por mil vezes o valor lido para cada metal do percolado bruto. A partir desta solução, as outras nove foram determinadas multiplicando-se ou dividindo-se os valores da concentração base por dois. As concentrações de metais lidas nas soluções após preparo são apresentadas na Tabela 3.1.

Tabela 3.1- Concentração de metais nas soluções contaminantes para o Ensaio 1.

Solução	Metais			
	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺
-----mg.L ⁻¹ -----				
1	675,2	819,2	16	2729,6
2	337,6	409,6	8	1364,8
3	168,8	204,8	4	682,4
4	84,4	102,4	2	341,2
5	42,2	51,2	1	170,6
6	21,1	25,6	0,5	85,3
7	10,55	12,8	0,25	42,65
8	5,28	6,40	0,13	21,33
9	2,64	3,20	0,06	10,66
10	1,32	1,60	0,03	5,33

➤ Ensaio 2

Optou-se por realizar o segundo ensaio com mesma faixa e concentração para todos os metais. Neste ensaio, definiram-se 12 novas soluções para realização do ensaio de Equilíbrio em Lote. Para definição das novas soluções multiespécie observaram-se os resultados do ensaio anterior e as concentrações utilizadas por Jesus (2009) (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Concentração de metais nas soluções contaminantes preparadas para o Ensaio 2.

Solução (pH)	Metais			
	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Pb ²⁺
	-----mg.L ⁻¹ -----			
1	5	5	5	5
2	25	25	25	25
3	50	50	50	50
4	75	75	75	75
5	100	100	100	100
6	200	200	200	200
7	400	400	400	400
8	600	600	600	600
9	800	800	800	800
10	1000	1000	1000	1000
11	1500	1500	1500	1500
12	2000	2000	2000	2000

C.2) Descrição do ensaio de Equilíbrio em Lote

O ensaio de equilíbrio em lote foi realizado nos três grupos de RCD em estudo: *Classe A (cinza); Classe B (vermelho) e nos RCD coletados no Município de Viçosa.*

Inicialmente as amostras de resíduos foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas em peneira n°10 (2 mm de abertura). A razão solo: solução adotada foi de 1: 20, para diferentes valores de concentrações de soluto na solução. A massa de resíduo utilizada foi corrigida em função da umidade higroscópica das amostras.

Em tubos de centrífugas com capacidade de 50 mL, graduados e com tampa, foram pesadas as amostras e adicionadas as soluções.

Foram realizadas três repetições e um branco para cada solução. O branco consiste em um tubo de centrífuga que contém apenas a solução, sem adição

de resíduo, e que também é colocado para agitar, sendo utilizado para verificar a quantidade de metal que pode ficar aderida ao frasco.

Os tubos de centrífuga foram levados para a mesa agitadora por 24 horas. Após a agitação, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos, numa centrífuga com capacidade para 16 tubos. O sobrenadante foi filtrado em papel filtro rápido e recolhido em frasco plástico e acondicionado em geladeira até a leitura dos metais por espectrofotometria de absorção atômica.

Foram realizadas a leituras de pH nas soluções multiespécies após o preparo e nas amostras de RCD após o ensaio.

Aos resultados obtidos, expressos em concentração de equilíbrio versus massa de soluto adsorvida normalizada em relação à massa de solo (C_e versus S), ajustaram-se as isotermas de Langmuir e Freundlich. Para adequação aos dois modelos realizou-se a linearização dos dados para obtenção dos parâmetros de sorção. A massa de soluto adsorvida por massa de solo (S) do metal foi calculada utilizando-se a Equação (3.1).

$$S = \frac{(C_0 - C_e) V_l}{m_s} \quad (3.1)$$

em que:

C_0 é a concentração inicial do metal;

C_e a concentração de equilíbrio do líquido sobrenadante;

V_l o volume da solução adicionada;

m_s a massa de solo seco.

A isoterma de Freundlich (Equação 3.2) é descrita a seguir:

$$S = K_f C_e^\varepsilon \quad (3.2)$$

em que K_f e ε são constantes determinadas empiricamente.

O Modelo de Langmuir é representado pela Equação 3.3:

$$S = \frac{S_m b C_e}{1 + b C_e} \quad (3.3)$$

em que, S_m ($M M^{-1}$) é a capacidade de adsorção máxima; b é um parâmetro que representa a energia de ligação ($L^3 M^{-1}$); e C_e é a concentração de equilíbrio do soluto.

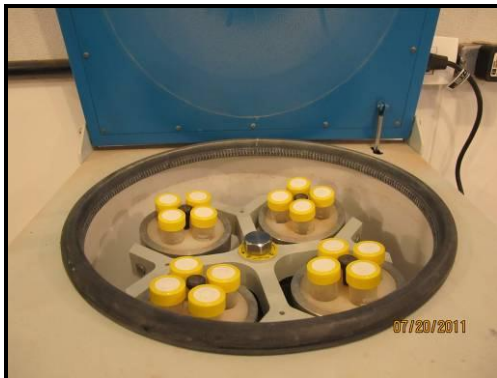
Um resumo da sequencia de atividades para realização do Ensaio de Equilíbrio em Lote é apresentado na Figura 3.8.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.8: Ensaio de equilíbrio em lote: (a) Soluções preparadas para o ensaio; (b) Tubos de centrifuga colocados na mesa agitadora por 24 horas; (c) Centrifugação das amostras por 10 minutos; (d) Amostras antes e após a centrifugação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnóstico da situação atual dos RCD do Município de Viçosa

Segue o diagnóstico da situação dos RCD em Viçosa, MG, considerando-se as informações: quantitativos gerados; a identificação e caracterização dos agentes envolvidos nas etapas de geração, remoção, recebimento e destinação final; e os diversos impactos que efetivamente resultam de tais atividades, o que permite que posteriormente sejam definidas e priorizadas as soluções adequadas para este município.

4.1.1 Identificação dos agentes envolvidos no processo de geração, transporte e destinação final dos RCD

Nas Figuras 4.1 e 4.2 apresentam-se a provável origem dos RCD gerados no Município de Viçosa – MG, nos anos de 2009 e 2010, respectivamente. Em 2009, observa-se que 91% das obras licenciadas correspondem às novas edificações, consideradas neste percentual as construções acima de 300 m² e os outros 9% distribuem-se entre reformas, ampliações, demolições e pequenas obras (até 300 m²). Em 2010, observa-se que o percentual de novas edificações cai para 86% e o das reformas e ampliações aumentam para 10% e as demolições e pequenas obras correspondem a 2% cada. Os dados apresentados referem-se apenas às obras licenciadas pelo Instituto de Planejamento Municipal de Viçosa – IPLAM nesse período.

Os valores apresentados na Figuras 4.1 e 4.2 divergiram dos valores citados por Maia et al. (2009), descritos a seguir: RCD originados de reformas, demolições e ampliações 59%, residências novas 20% e edificações novas acima de 300m² 21%. Contudo, a porcentagem de RCD originada em obras de menor porte em Viçosa-MG, como pequenas construções e reformas,

certamente é maior do que a apresentada, uma vez que grande parte dessas obras permanece na informalidade, e são licenciadas apenas quando autuadas pelo órgão municipal competente e, ou pelo Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura.

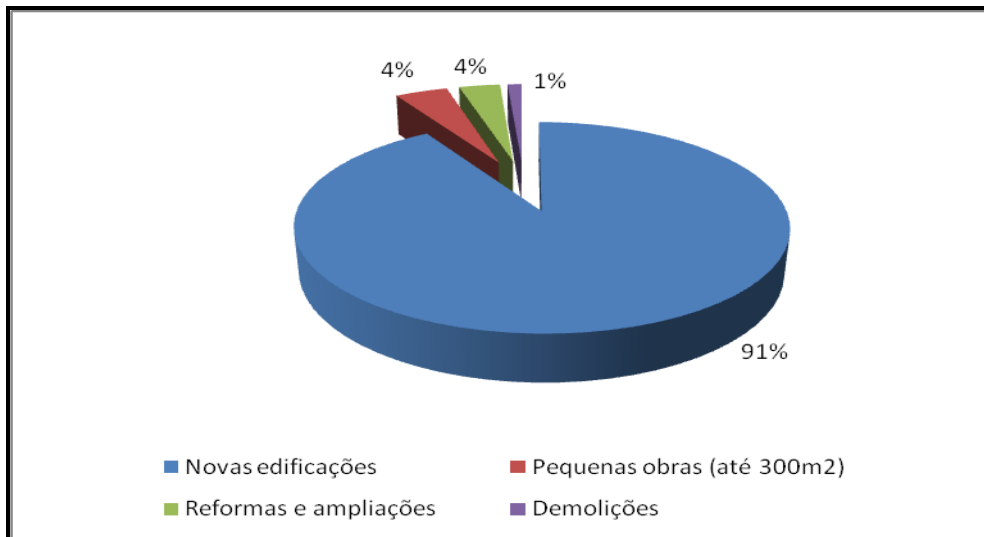


Figura 4.1: Provável origem dos RCD no Município de Viseu no ano de 2009, baseada nas obras licenciadas.

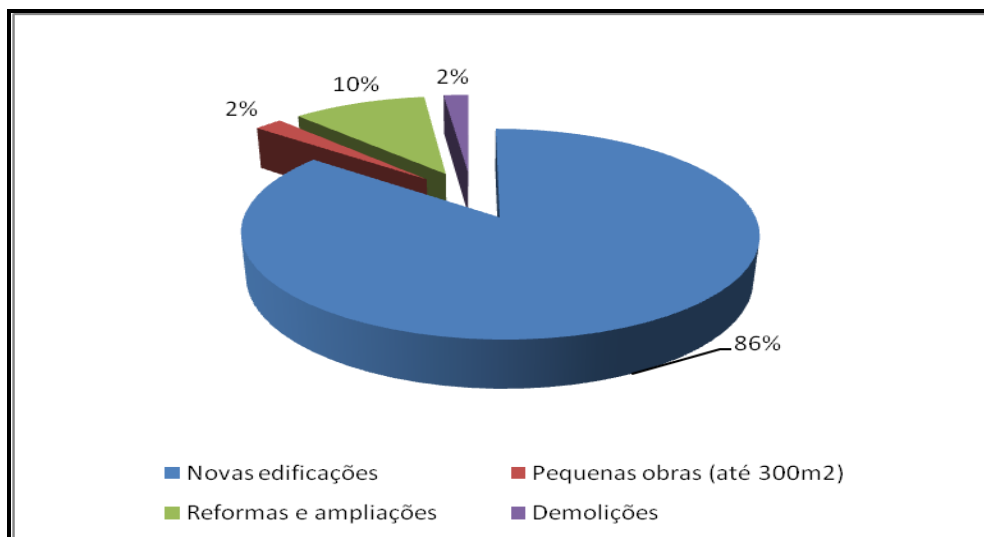


Figura 4.2: Provável origem dos RCD no Município de Viseu no ano de 2010, baseada nas obras licenciadas.

Como mencionado anteriormente, existem quatro empresas que administram aterros licenciados de RCD, conhecidos como bota-foras, atuando na remoção de RCD em Viçosa. As características gerais desses agentes encontram-se na Tabela 4.1

Tabela 4.1 - Características gerais dos agentes coletores de RCD regularizados atuantes no Município de Viçosa, MG, no ano de 2010.

Agente coletor	A	B	C	D
Tempo de atuação (anos)	9	14	Não informado	9
Caminhões	2	2	5	2
Caçambas estacionárias	28	35	Não utiliza	Não utiliza
Capacidade volumétrica (m ³ . viagem ⁻¹)	5	5	6 a 7	6
Carga típica (ton)	6	6	9	9
Percurso típico (km)	10 a 12	10	10 a 20	5
Faixa de preço (R\$)/por viagem	60,00	60,00 a 70,00	50,00	45,00 a 60,00

De acordo com a Tabela 4.1, apenas dois dos agentes coletores regularizados trabalham com caçambas estacionárias. Os demais realizam apenas a coleta dos RCD no local, que são dispostos diretamente em caminhões caçambas.

Geralmente, as caçambas estacionárias permanecem nas obras por, no máximo, 2 ou 3 dias, já que períodos maiores podem acarretar problemas como o preenchimento excessivo da caçamba, disposição de outros tipos de resíduos, e a ação de catadores de recicláveis, entre outros.

O gráfico da Figura 4.3, com os valores percentuais de RCD e de solo, foi construído a partir de dados referentes aos volumes transportados pelas empresas, no período de maio a dezembro de 2010. Os percentuais de solo, superiores em relação aos de RCD em praticamente todas as empresas, referem-se às atividades de movimentação de terra. Observa-se que a

empresa C trabalha, quase que exclusivamente, com movimentação de terra no período pesquisado.

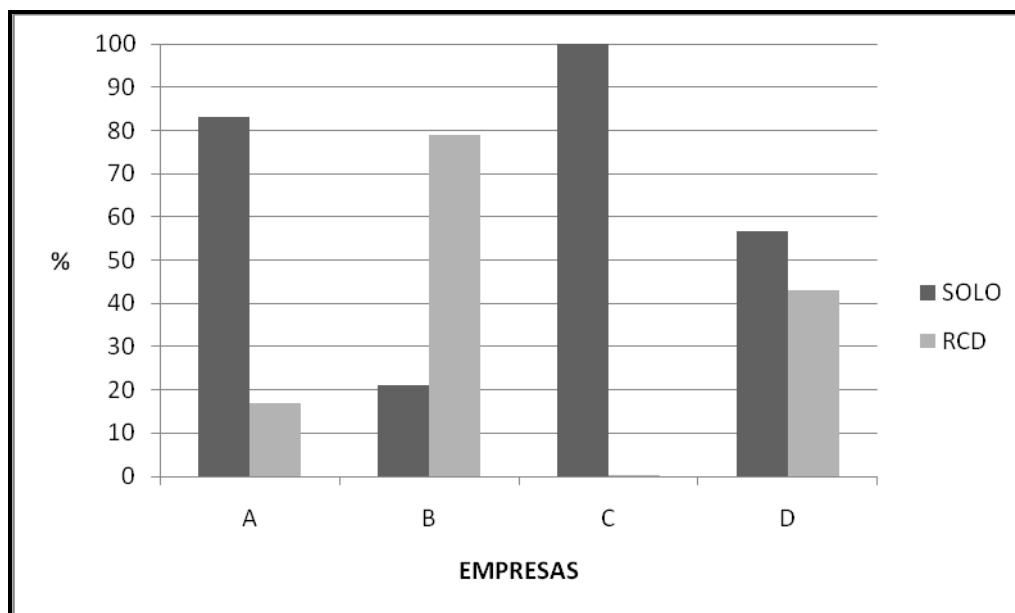


Figura 4.3: Distribuição, em porcentagem, do transporte de RCD e solo pelas empresas.

Como não existem pontos regularizados para o descarte de pequenos volumes, coletores informais, como os carroceiros, dispõem os RCD em pontos da cidade. A criação de locais autorizados para esse descarte por parte da administração municipal poderia representar uma economia ao município, pois diminuiria o custo com medidas emergenciais ou “*gestão corretiva*”. Outro ponto a se considerar é a possibilidade de formalização dos carroceiros e de sua incorporação em programas de gestão desses resíduos com a criação desses pontos.

Como as informações relativas aos coletores informais são contraditórias, não foi possível precisar o número de carroceiros atuando nesse setor e os volumes transportados.

Segundo Pinto (1999) a gestão corretiva está presente em grande parte dos municípios brasileiros, de forma repetitiva, custosa, não tem resultados positivos e é profundamente ineficiente.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho no campo, observaram-se iniciativas tomadas pelo SAAE, como a remoção dos RCD dispostos em passeios públicos e a colocação de placas de alerta (Figura 4.4). Contudo, verificou-se a persistência de deposições nestes locais, levando a acreditar que essas iniciativas, se realizadas de forma isolada, em geral, não surtem efeito. Possivelmente, para que sejam eficazes, é necessário que estas ações estejam inseridas num plano municipal de gestão dos RCD, e que sejam realizadas concomitantemente com outras, como campanhas de conscientização e de educação ambiental.



Figura 4.4: Placa de alerta proibindo a disposição de RSU e RCD.

4.1.2 Estimativa da geração de resíduos de construção e demolição na área urbana

Como descrito no capítulo 3, utilizaram-se três indicadores para estimar a massa e o volume dos RCD gerados. Essa estimativa foi obtida por meio de levantamentos realizados no período de junho de 2010 a maio de 2011, compreendendo um período de um ano.

Na Tabela 4.2 encontram-se discriminadas, mês a mês, as áreas licenciadas para construção em Viçosa, nos anos de 2009, 2010 e 2011 até maio. Observa-se um aumento de aproximadamente 40% no total de área licenciada entre os anos de 2009 e 2010, compatível com o aumento do número de obras em andamento no município.

O crescimento anual das áreas licenciadas para construção no município indica tendência de desenvolvimento urbano, fato que tem contribuído para o incremento na geração de RCD e demonstra a urgência na adoção de soluções definitivas para a gestão dos RCD em Viçosa.

Tabela 4.2 - Áreas licenciadas para construção nos anos de 2009, 2010 e 2011.

Mês	Áreas licenciadas (m ²)					
	2009		2010		2011	
	Novas edificações	Reformas, ampliações e demolições	Novas edificações	Reformas, ampliações e demolições	Novas edificações	Reformas, ampliações e demolições
Janeiro	8.391,02	0,00	10.279,44	335,96	10.353,31	610,25
Fevereiro	928,40	0,00	15.871,68	51,00	8.060,53	1.335,65
Março	398,5	0,00	13.708,67	0,00	27.863,91	600,00
Abril	20.209,27	3.103,03	10.648,07	1.055,82	7.603,72	0,00
Maio	10.552,18	403,42	9.174,41	392,00	4.617,38	0,00
Junho	7.094,29	778,00	4.815,93	311,42	-	-
Julho	19.073,42	104,72	29.177,78	16.227,29	-	-
Agosto	11.214,28	0,00	16.751,15	500,08	-	-
Setembro	13.621,64	0,00	5194,04	750,00	-	-
Outubro	2.895,92	0,00	11.907,94	0,00	-	-
Novembro	12.142,46	605,73	1.932,53	0,00	-	-
Dezembro	7.151,10	335,53	17.221,83	864,5	-	-
Total	113.672,48	5.330,43	146.683,47	20.488,07	58.498,85	2.545,9
Total (%)	95,52	4,48	87,74	12,26	95,83	4,17
Áreas licenciadas por ano (m²)	119.002,91		167.171,54		61.044,75	

*Não estão inclusos os alvarás de movimentação de terra

Para o cálculo do primeiro indicador, foram levadas em conta somente as áreas relativas as novas edificações aprovadas pelo Instituto de Planejamento Municipal de Viçosa, a partir de junho de 2010, quando se iniciou o levantamento de todos os indicadores.

No período de junho de 2010 a maio de 2011 foram expedidos 103 alvarás de construção para novas edificações, totalizando 145.500,05 m². A provável geração dos RCD pelo indicador das áreas licenciadas é apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Provável geração de resíduos de construção civil por novas edificações (E₁).

Total de área licenciada (m ² . ano ⁻¹)	145.500,05
Taxa de geração (t. m ⁻²)	0,15
Provável geração (t. mês ⁻¹)	1.818,75
Provável geração (E ₁) (t. dia ⁻¹)	69,95

Quanto à geração de resíduos provenientes de reformas, ampliações e demolições foram utilizados os dados obtidos das empresas coletoras de RCD no município, em igual período de tempo (Tabela 4.4). Para este indicador não foram contabilizadas as viagens exclusivas relativas à movimentação de terra.

Tabela 4.4 - Provável geração de resíduos de construção civil por reformas, ampliações e demolições (E₂).

Volume total coletado (m ³)*	10.719
Volume coletado (m ³ . mês ⁻¹)	893,25
Volume coletado (m ³ . dia ⁻¹)	34,36
Provável geração (t. mês ⁻¹)	1.071,9
Provável geração (E ₂) (t. dia ⁻¹)	41,23

* Período de junho de 2010 a maio de 2011

Os valores gerados na UFV são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Provável geração de resíduos de construção civil em obras da Universidade Federal de Viçosa (E_3).

Volume coletado ($m^3 \cdot mês^{-1}$)	50
Volume coletado ($m^3 \cdot dia^{-1}$)	1,92
Provável geração ($t \cdot mês^{-1}$)	60
Provável geração (E_4) ($t \cdot dia^{-1}$)	2,30

Nas estimativas E_2 e E_3 , utilizou-se a massa unitária de $1,2 t \cdot m^{-3}$ proposta por Pinto (1999) e Pinto e González (2005).

Na Tabela 4.6 apresenta-se a provável geração dos RCD no município de Viçosa – MG (E_t) e a taxa de geração de RCD por habitante por dia.

Não foi possível computar dados relativos à disposição clandestina de RCD, uma vez que o SAAE não realizava a coleta regular dessas deposições no período em que a pesquisa foi realizada.

Tabela 4.6 - Provável geração dos RCD no município de Viçosa – MG (E_t) e a taxa de geração de RCD por habitante.

E_1 ($t \cdot dia^{-1}$)	69,95
E_2 ($t \cdot dia^{-1}$)	41,23
E_3 ($t \cdot dia^{-1}$)	-
E_4 ($t \cdot dia^{-1}$)	2,30
E_t ($t \cdot dia^{-1}$)	113,48
População (mil habitantes)	72.244
Taxa de geração ($Kg \cdot (hab. ano)^{-1}$)	490,11
Taxa de geração ($Kg \cdot (hab. dia)^{-1}$)	1,57

Na Tabela 4.7 apresentam-se valores de geração total de RCD e de taxa de geração *per capita* em municípios brasileiros. Os valores encontrados neste estudo, $113,48 t. dia^{-1}$ e $1,57 Kg. (hab. dia)^{-1}$, se mostram elevados mesmo quando comparados com os de outros municípios de mesmo porte, como por exemplo, Catanduva e Votuporanga (Neto, 2009), em razão do acelerado crescimento imobiliário do Município de Viçosa.

Tabela 4.7 - Provável geração total de RCD e a taxa de geração *per capita* em municípios do interior de São Paulo.

Municípios / Ano do levantamento	População (mil)	Provável geração (ton.dia ⁻¹)	Taxa de geração kg. (hab. dia) ⁻¹	Referência
São Carlos (SP) (2001)	197	380,73	1,93	Neto (2004)
São J. do Rio Preto (SP) (2009)	412	1267,48	3,08	Neto (2009)
Catanduva (SP) (2009)	112	150,20	1,34	Neto (2009)
Votuporanga (SP) (2009)	83	115,73	1,40	Neto (2009)
Fernandópolis (SP) (2009)	65	81,78	1,26	Neto (2009)
Blumenau (SC) (2002)	272	441,92	1,62	Sardá (2003)

De acordo com Pinto (2009a), nos municípios brasileiros, a média de geração de RCD por habitante é de $500 kg.(hab.ano)^{-1}$, compatível com o valor de $490,11 kg.(hab.ano)^{-1}$ obtido para Viçosa neste trabalho.

4.1.3 Identificação das áreas de disposição de RCD e pontos de descarte clandestinos

As áreas irregulares de descarte, vistas como solução para o destino de pequenos volumes de RCD, somadas ao esgotamento dos “bota-foras” decorrente do contínuo descarte de grandes volumes, geram impactos

inevitáveis em todo o espaço urbano, já que são plenamente visíveis e comprometem a qualidade ambiental e a paisagem local. É o caso dos prejuízos nas condições de tráfego de pedestres e de veículos, drenagem superficial e obstrução de córregos, multiplicação de vetores de doenças e outros efeitos (Neto, 2004).

Na Figura 4.5 e na Tabela 4.8 encontram-se os principais pontos de deposição irregular de RCD, geralmente de pequenos volumes, localizados dentro do limite urbano do município, identificados e mapeados neste trabalho.

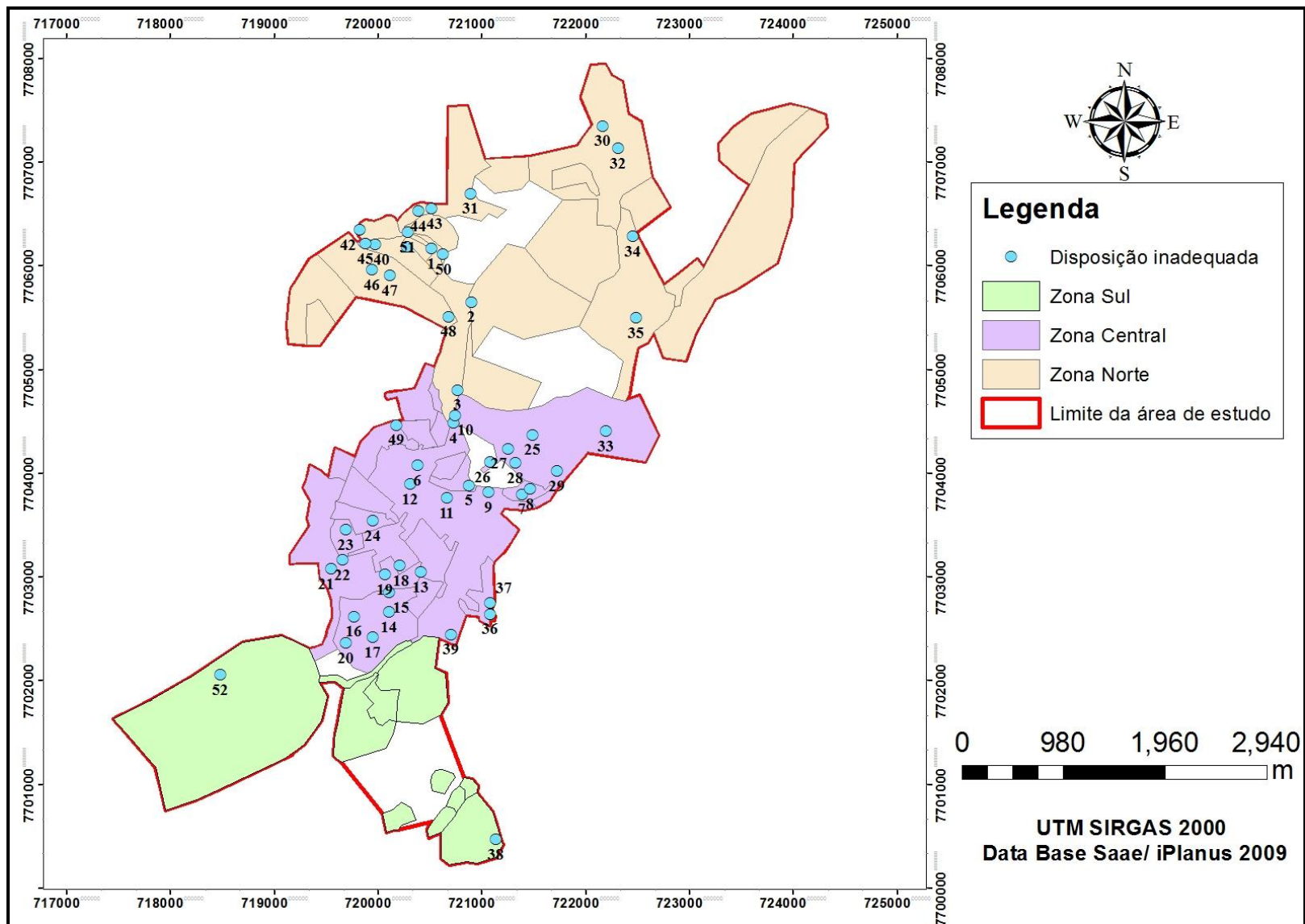


Figura 4.5: Pontos de descarte clandestinos de RCD na área urbana do Município de Viçosa.

Tabela 4.8 - Pontos de descarte clandestinos de RCD (deposições irregulares) no Município de Viçosa.

PONTO	LOCAL	BAIRRO	COORDENADAS (UTM)	Observação
1	Rua Jacob Lopes de Castro	Nova Era	E 720.509 N 7.706.162	Terreno baldio
2	Rua Jacob Lopes de Castro	Nova Era	E 720.899 N 7.705.650	Terreno baldio
3	Rua Jacob Lopes de Castro	Nova Era	E 720.767 N 7.704.803	Próximo a córrego
4	Avenida Brasil	Sto. Antônio	E 720.728 N 7.704.481	Terreno baldio
5	Avenida Brasil	Belvedere	E 720.875 N 7.703.883	Terreno baldio
6	Rua Dr. Brito	Centro	E 720.379 N 7.704.077	Passeio/terreno baldio
7	Rua Sebastião Ferreira Silva	Belvedere	E 721.387 N 7.703.795	Passeio/terreno baldio
8	Rua Otávio da Silva Araújo	Belvedere	E 721.465 N 7.703.850	Passeio/terreno baldio
9	Rua Paulo Mário del Giudice	Centro	E 721.064 N 7.703.815	Passeio/terreno/estrada
10	Rua dos Passos	Centro	E 720.739 N 7.704559	Passeio
11	Travessa Tancredo Neves	Centro	E 720.663 N 7.703.763	Próximo a córrego
12	Rua Dona Gertrudes	Centro	E 720.305 N 7.703.894	Terreno/próximo ao córrego
13	Rua José Almeida	Ramos	E 720.413 N 7.703.046	Terreno baldio
14	Rua Helio Estanciola	Fátima	E 720.102 N 7.702.663	Terreno baldio/Boca de lobo
15	Rua Zé da Tata	Fátima	E 720.103 N 7.702.852	Terreno baldio
16	Travessa Curvelo	Fátima	E 719.770 N 7.702.617	Passeio/terreno/rua
17	Rua Vinícius Moraes	Fátima	E 719.950 N 7.702.420	Passeio/terreno/estrada
18	Rua Clóvis C. Castro	Lourdes	E 720.204 N 7.703.107	Passeio/terreno/estrada
19	Rua Adesílio Bicalho	Santa Clara	E 720.067 N 7.703.021	Terreno baldio
20	Rua Vinícius de Moraes	Fátima	E 719.687 N 7.702.364	Terreno baldio/passeio
21	Rua Juscelino Kubitschek	Clélia Bernardes	E 719.550 N 7.703.077	Terreno baldio
22	Rua Horácio Borges	Santa Clara	E 719.659 N 7.703.162	Demolição
23	Rua. Dr. Felicíssimo	Betânia	E 719.692 N 7.703.457	Terreno baldio
24	Rua. Márcio Araújo	JK	E 719.947 N 7.703.541	Terreno baldio/passeio
25	Rua Violeta Souza Carmo	Santo Antonio	E 721.488 N 7.704.369	Rua
26	Rua Luiz Beherin	Santo Antonio	E 721.078 N 7.704.104	Terreno baldio

Tabela 4.8 (Continuação) - Pontos de descartes clandestinos de RCD (deposições irregulares) no Município de Viçosa.

PONTO	LOCAL	BAIRRO	COORDENADAS (UTM)	Observação
27	Rua Mariquinha Maciel/ Rua Vereador Almiro	Santo Antonio	E 721.252 N 7.704.237	Terreno baldio/passeio
28	Rua Vereador Almiro Pontes,	Santo Antonio	E 721.325 N 7.704.101	Terreno baldio/passeio
29	Rua Joaquim Policarpo	Santo Antonio	E 721.720 N 7.704.018	Passeio
30	Rua Maria Lustosa Ferreira	Silvestre	E 722.165 N 7.707.3452	Terreno baldio
31	Rua Antônio Faustino	Silvestre	E 720.888 N 7.706.669	Passeio
32	Rua José Inácio Vargas	Silvestre	E 722.311 N 7.707.132	Terreno baldio
33	Rua Araponga	Santo Antônio	E 722.193 N 7.704.406	Demolição
34	Rua Cristóvão Colombo	João Braz	E 722.454 N 7.704.280	Passeio
35	R. Santa Luzia	João Braz	E 7202.486N 7.705.496	Terreno baldio
36	Rua do Pintinho	Bela Vista	E 721.077 N 7.702.642	Praça
37	Rua do Pintinho	Bela Vista	E 721.074 N 7.702.748	Terreno baldio
38	Rua Alves	Vila Alves	E 721.132 N 7.700.473	Próximo a córrego
39	Rua José dos Santos	Centro	E 720.703 N 7.702.445	Passeio/terreno/rua
40	Rua Dona Petrolina	São José	E 719.968 N 7.706.205	Demolição
41	Rua Dona Petrolina	São José	E 720.280 N 7.706.179	Passeio
42	Rua do Contorno	Amoras	E 719.824 N 7.706.348	Demolição
43	Rua Gumercindo Iglesias	Vau-Açu	E 720.511 N 7.706.548	Passeio
44	Rua Gumercindo Iglesias	Vau-Açu	E 720.384 N 7.706.526	Passeio
45	Rua Dona Petrolina	São José	E 719.873 N 7.705.214	Terreno baldio
46	Rua Francisco de Souza Fortes	Cidade Nova	E 719.940 N 7.705.960	Passeio
47	Rua Francisco de Souza Fortes	Cidade Nova	E 720.113 N 7.705.904	Terreno baldio
48	Rua Francisco de Souza Fortes	Cidade Nova	E 720.680 N 7.705.510	Passeio
49	Rua das Arábias	São Sebastião	E 720.177 N 7.704.464	Terreno baldio
50	Rua Aristeu Fernantes	Boa Vista	E 720.624 N 7.706.109	Terreno baldio
51	Rua Boa Vista	Boa Vista	E 720.285 N 7.706.320	Terreno baldio
52	Rua Agenor Pires Dantas	Nova Viçosa	E 718.447 N 7.702.055	Terreno baldio

De modo geral, observaram-se deposições irregulares distribuídas em toda área de estudo, com a exceção da Zona Sul, em que se verificaram apenas dois pontos. Destaca-se, principalmente, a zona central, onde foram encontradas trinta e uma deposições. Na zona norte identificaram-se dezenove deposições. Ressalta-se que grande parte de obras em andamento no município estão situadas nesta área (Figura 4.5).

Nos pontos de descarte clandestino é comum encontrar outros tipos de resíduos, como podas, RSU e outros não inertes. À administração municipal cabe a limpeza e a recuperação dessas áreas, implicando em custos econômicos e sociais que poderiam ser evitados com a definição, por parte da prefeitura, de locais para disposição de pequenos volumes. Nas Figuras 4.6 a 4.10 ilustram-se com fotografias alguns desses pontos, descritos na Tabela 4.8.

Por trazerem menos incômodo, já que não geram odor, os RCD aparentemente são mais tolerados pela população que, muitas vezes, nem percebe sua presença. Todavia, pontos de descarte irregulares podem provocar impactos no meio urbano como, impedir o tráfego nas ruas e passeios, transformar-se em pontos de acúmulo de lixo, poluir os mananciais, contaminar o solo, provocar deslizamentos, poluir visualmente, provocar a proliferação de vetores de doenças e obstruir os sistemas de drenagem.



Figura 4.6: (a) Disposição de RCD em terreno baldio na Rua Jacob Lopes de Castro, Bairro Nova Era; (b) Disposição de RCD em terreno baldio na Avenida Brasil, Bairro Santo Antônio ; (c) e (d) Disposição de RCD em passeio público e em terreno baldio, respectivamente, na Rua Dr. Brito, Bairro Centro.

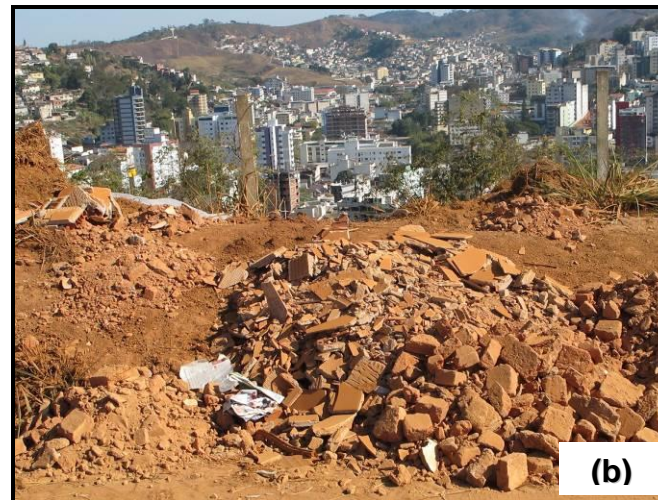


Figura 4.7: (a) e (b) Disposição de RCD na Rua Paulo Mário Del Giudice, Bairro Centro; (c) Disposição de RCD em terreno baldio próximo a um corpo d'água na Travessa Tancredo Neves, Bairro Centro ; (d) Disposição de RCD em terreno baldio na Rua Dona Gertrudes, Bairro Centro.



Figura 4.8: (a) Disposição de RCD em passeio público na Rua Vereador Almiro Pontes, Bairro Santo Antônio; (b) Disposição de RCD na Travessa Curvelo, Bairro Fátima ; (c) Demolição inacabada e disposição de RCD em terreno na Rua Araponga, Bairro Santo Antônio; (d) Demolição inacabada na rua Horácio Borges, Bairro Santa Clara.



Figura 4.9: (a) e (b) Disposição de RCD em praça pública na Rua do Pintinho, Bairro Bela Vista; (c) Disposição de RCD em passeio público na Rua José dos Santos, Bairro Centro; (d) Demolição inacabada e disposição de RCD em terreno na Rua do Contorno, Bairro Amoras.



Figura 4.10: (a) e (b) Disposição de RCD em passeio público na Rua Gurmecindo Iglesias, Bairro Vau-Açu; (c) Disposição de RCD em terreno baldio na Rua Dona Petrolina, Bairro São José; (d) Disposição de RCD em terreno baldio na Rua Boa Vista, Bairro Boa Vista.

Em Viçosa, a exemplo de outros municípios, a maior parte dos RCD é descartada, atualmente, em “bota-foras”, de modo geral, exclusivos da iniciativa privada.

No levantamento documental inicial, verificou-se que diversas áreas possuíam licença para servir como aterro de RCD com anuência do Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente – CODEMA. Contudo, no decorrer da pesquisa, diversas dessas licenças não foram renovadas em razão, principalmente, do não atendimento às condicionantes constantes na licença e, também, pela má utilização da área por parte das empresas, que não seguiram as especificações descritas no projeto aprovado.

Alguns dos aspectos relativos ao licenciamento dessas áreas foram apresentados quando da avaliação da legislação vigente.

Mapearam-se todos os aterros de RCD dos quais se tomou conhecimento, considerando-se como licenciados aqueles que em algum momento da pesquisa possuíam licença. Alguns dos aterros estavam desativados, devido à falta de licença para funcionamento.

Na Figura 4.11 encontram-se os resultados do levantamento e na Tabela 4.9 constam algumas considerações sobre cada área e, ou seu licenciamento. Foram identificadas vinte e duas áreas de aterros de RCD (Figura 4.11), sendo que apenas treze possuem licença. Nota-se que os bota-foras 1, 2, 3, 4, 5, 12, 14, 15, 21 e 22 situam-se na zona rural, tendo sido necessário ampliar o limite de estudo, anteriormente restrito à área urbana.

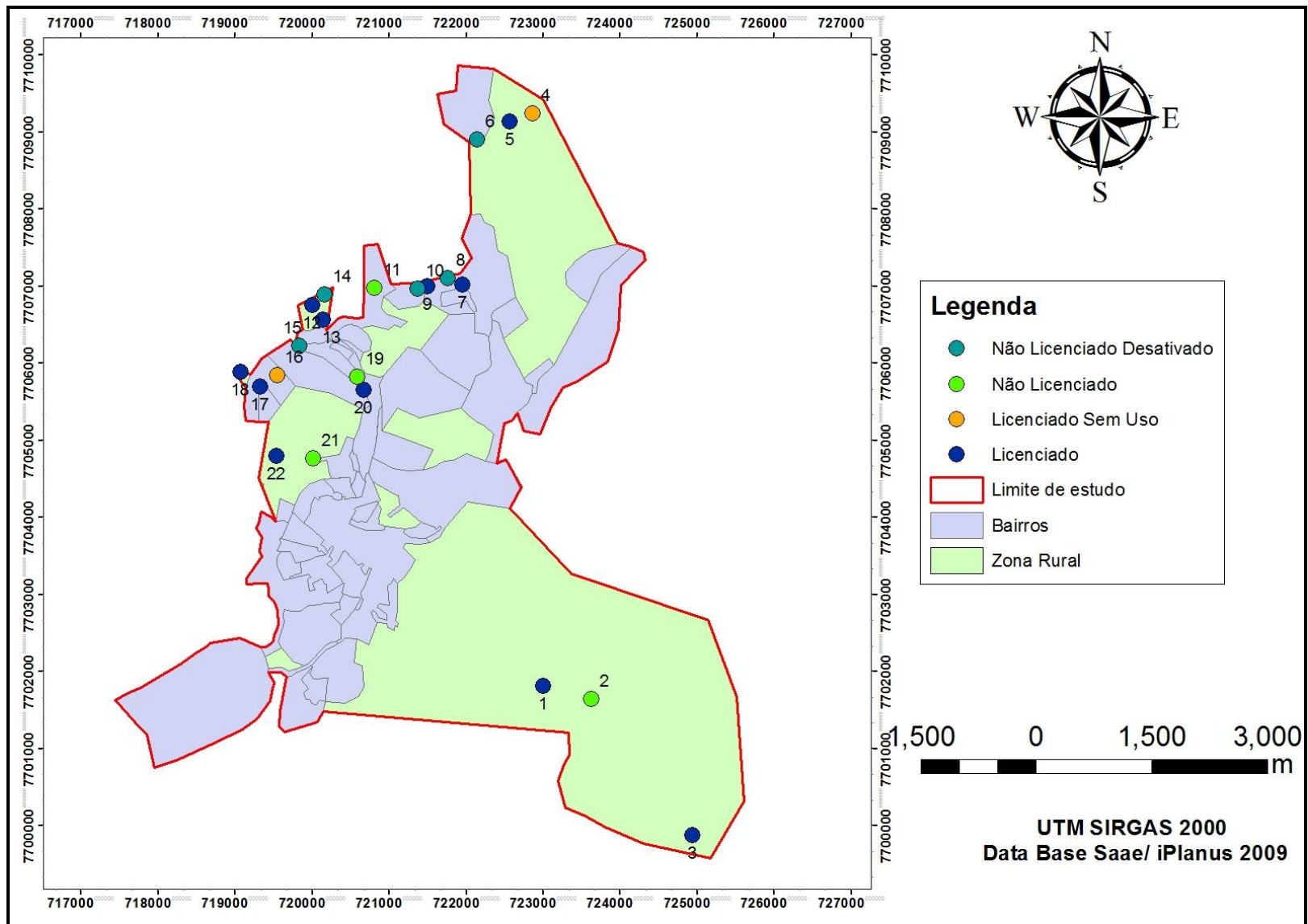


Figura 4.11: Mapeamento dos aterros de RCD (bota-foras) do Município de Viçosa – MG.

Tabela 4.9 - Levantamento das áreas de disposição de RCD (bota-foras) existentes no Município de Viçosa – MG.

PONTOS	IDENTIFICAÇÃO	COORDENADAS	SITUAÇÃO	OBSERVAÇÕES
1	Vila Dona Chiquinha, Campus da UFV	E 723.002 N 7.7018.14	Licenciado	Volume licenciado: 12.000m ³ , equivalente a 60% da capacidade do aterro. Condicionantes: Elaboração de relatório semestral; Comprovação de averbação de reserva legal da propriedade na renovação da licença.
2	Pedreira, Campus da UFV	E 723.630 N 7.701.644	Não licenciado	RCD dispostos na área em pilhas.
3	Sítio Bom Sucesso	E 724.941 N 7.699.874	Licenciado	Volume licenciado: 103.364,00m ³ . Validade: 18 meses. Condicionante: averbação de reserva legal da propriedade no prazo de 1 ano.
4	Sítio Santiago, BR120, zona rural	E 722.863 N 7.709.238	Licenciado	Volume licenciado: 40.000m ³ , equivalente a 60% da capacidade do aterro; Condicionantes: Elaboração de relatório semestral; Comprovação de averbação de reserva legal da propriedade na renovação da licença. No momento da visita verificou-se que a área não está em uso.
5	BR120, Novo Silvestre	E 722.572 N 7.709.133	Licenciado	Existe um processo aprovado pelo CODEMA (0014/2010) para autorização de encerramento de aterro de resíduos; A área não está em uso; verificou-se presença de vegetação em toda a área e ausência de disposição de RCD.
	BR120	E 722.863 N 7.709.238	Não licenciado	Atualmente embargado. Área revegetada.
7	Rua Mizael Lustosa, Bairro Silvestre	E 721.955 N 7.707.022	Licenciado	Volume licenciado: 26.631,42 m ³ Validade: 5 meses
8	Rua Mizael Lustosa, atrás do bota-fora 7	E 721.955 N 7.707.101	Não licenciado	Área com acesso restrito, localizada em propriedade privada.
9	Mizael Lustosa, Fazenda Lustosa, Silvestre	E 721.497 N 7.706.999	Licenciado	Validade da licença: 6 meses Licença para encerramento de Área A (volume: 3.216 m ³) e utilização de Área B (volume: 5.304 m ³). Condicionante: Implantação de Contenções
10	Rua Mizael Lustosa, Silvestre	E 721.375 N 7.706.972	Não licenciado	Aparentemente desativado
11	Comunidade dos Marques	E 720.816 N 7.706.978	Não licenciado	Irregular. Iniciou-se a deposição no local durante a obra da construção de ponte. Para evitar a disposição de RCD, a área foi cercada pela prefeitura

Tabela 4.9 (Continuação) - Levantamento das áreas de disposição de RCD (bota-foras) existentes no Município de Viçosa – MG.

PONTOS	IDENTIFICAÇÃO	COORDENADAS	SITUAÇÃO	OBSERVAÇÕES
12	Sítio Ponte do Rio Turvo	E 720.009 N 7.706.790	Licenciado	Volume licenciado: 37.925,30m ³ Validade: 6 meses; Condicionantes: Comprovação de averbação de reserva legal da propriedade Deverá solicitar junto ao IEF autorização para supressão de árvores.
13	Sítio Colônia Vaz de Melo	E 720.140 N 7.706.561	Licenciado	Volume licenciado: 69.298,31m ³ Validade: 18 meses; Deverá solicitar junto ao IEF autorização para remoção de moitas de bambu.
14	Próximo a ponte dos Portugueses	E 720.169 N 7.706.889	Não licenciado	Desativado
15	Colônia Vaz de Melo	E 719.837 N 7.706.228	Não licenciado	Desativado. Área foi embargada por oferecer risco de atingir APP
16	Colônia Vaz de Melo - Barrinha	E 719.547 N 7.705.846	Licenciado	Volume licenciado: 30.000m ³ , equivalente a 60% da capacidade do aterro; Condicionantes: Elaboração de relatório semestral; Disposição apenas de RCD gerados em Viçosa, uma vez que a empresa solicitante pertence à Canaã – MG;
17	Colônia Vaz de Melo, Zona Rural	E 719.330 N 7.705.694	Licenciado	Volume licenciado: 7.800 m ³
18	Colônia Vaz de Melo - Barrinha	E 719.079 N 7.705.888	Licenciado	Volume licenciado: 66.000 m ³ Validade: 12 meses Condicionante: Implantação de Contenção; Comprovação de averbação de reserva legal no prazo de 1 ano.
19	Rua Santa Cruz, Cidade Nova	E 720.585 7.705.824	Não Licenciado	Irregular, na beira do rio, intervenção em APP
20	Chácara Vera Cruz (9 Cruzes)	N 720.585 7.705.824	Licenciado	Volume licenciado: 64.000m ³ ; Validade: 36 meses; Condicionante: Averbação de reserva legal da propriedade no prazo de 1 ano.
21	Vale do Sol	E 720.020 7.704.765	Não licenciado	Irregular, disposição de RCD na entrada da área
22	Fazenda Texas	E 719.537 N 7.704.797	Licenciado	Volume licenciado: 24.772,16 m ³ ; Validade: 6 meses; Renovação condicionada à apresentação de projeto com de contenção da saia do aterro e comprovação de averbação de reserva legal da propriedade.

Diversas irregularidades foram identificadas nos bota-foras, tanto nos levantamentos de campo quanto nos relatórios de fiscalização elaborados pelo Departamento de Extensão e Meio Ambiente - DEMA, de acordo com a Deliberação Normativa do Conselho Municipal de Defesa e Conservação do Meio Ambiente – CODEMA, DN CODEMA 06/2006, no que diz respeito às normas específicas para o licenciamento ambiental de atividades de movimentação de terras e afins, bem como nos projetos aprovados. Destacam-se:

- A ausência de revegetação nas áreas encerradas;
- A ausência de drenagem, que resulta no acúmulo de água na massa de resíduos;
- RCD dispostos na entrada das áreas;
- A falta de cercamento total da área, o que permite a entrada de pessoas não autorizadas e animais;
- A falta de sinalização na entrada da área;
- Portão sem tranca;
- Plataformas com altura elevada e taludes com inclinações superiores a 45°;
- O comprometimento das contenções das plataformas dos RCD, com ameaça de rompimento;
- A ausência de compactação;
- A presença de pontos de erosão;
- A intervenção em APP pelo descumprimento de distâncias mínimas em relação aos corpos d'água;
- A disposição de RCD em pilhas sem o manejo adequado (espalhamento e compactação);
- A presença de injúrias em árvores (anelamento), comprometendo sua vitalidade;

- O não uso de equipamentos de proteção individual por parte dos funcionários;
- A falta de controle de particulados (poeira);
- A disposição de RCD misturados ao solo, quando deveriam ser dispostos de forma segregada; aplicável quando proposto em projeto aprovado;
- A presença de restos de poda, gesso, resíduos orgânicos, materiais recicláveis misturados ao entulho;
- A ausência de área de triagem de resíduos, com a finalidade de armazenar temporariamente os resíduos recicláveis; aplicável quando proposto em projeto aprovado;
- A presença de animais;
- A presença de carcaças de animais;
- Ausência e fiscalização;
- Outras.

De acordo com a Norma ISO 14001/1996, que classifica impacto ambiental como qualquer modificação do meio ambiente adversa ou benéfica que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização (Klein, 2002), algumas das irregularidades mencionadas se traduzem em impactos negativos ao meio ambiente. Entre elas, citam-se as intervenções, não autorizadas, em área de preservação permanente – APP, devido à disposição inadequada de RCD, em que se descumpra a distância mínima aos corpos d'água.

Para visualizar as intervenções em APP, apresentadas na Figura 4.12, elaborou-se uma rede de drenagem a partir das Figuras 4.5 e 4.11, da hidrografia que consta na base de dados SAAE/iPlanus (2009) e do modelo digital de elevação.

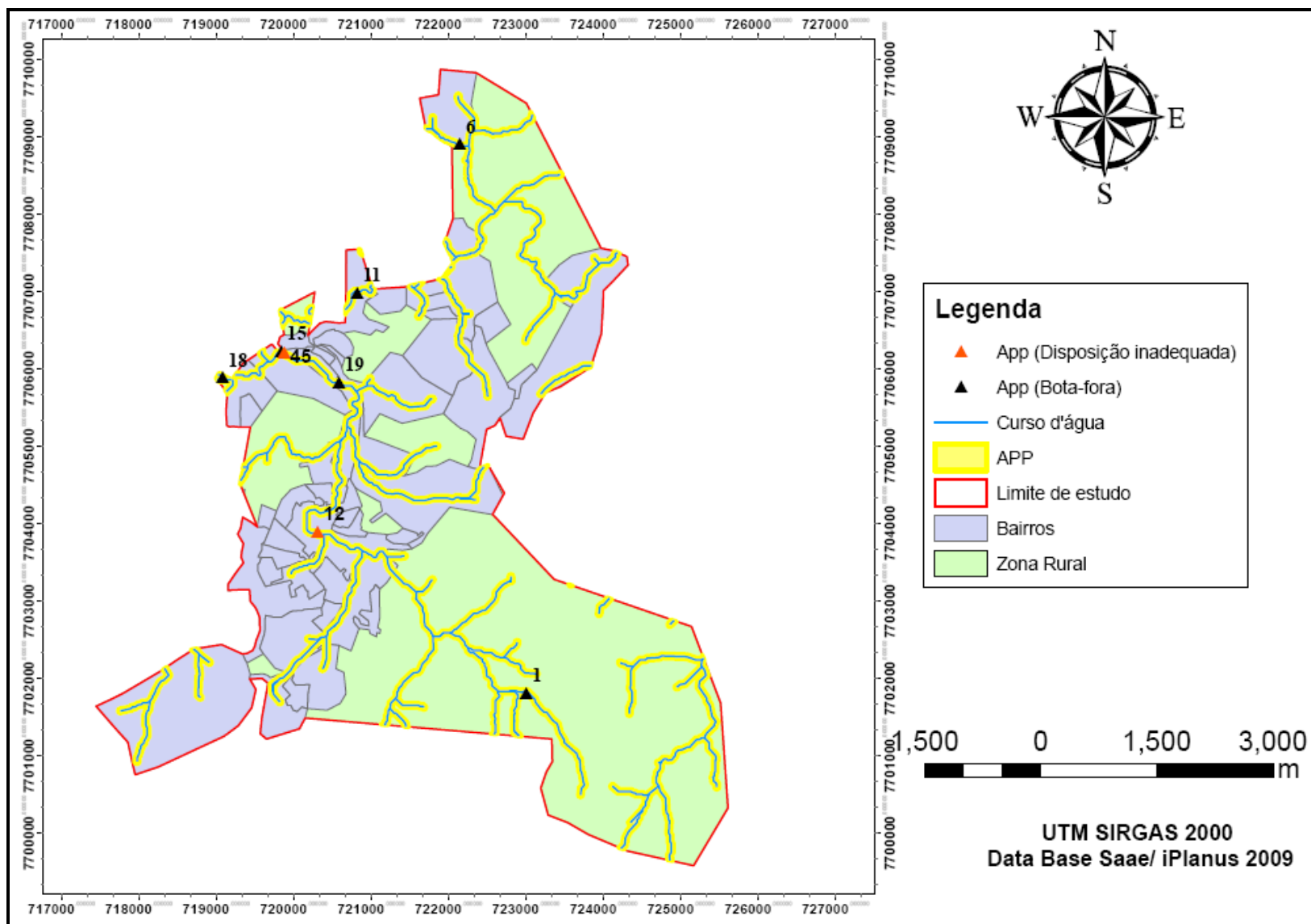


Figura 4.12: Bota-foras com intervenção em APP de curso d'água.

Na Figura 4.13, ilustram-se algumas dessas intervenções. No primeiro caso (Figuras 4.13a, 4.13b), o bota-fora clandestino da Comunidade dos Marques (Tabela 4.9 ponto número 11) surgiu com deposições irregulares de RCD, próximo à obra de construção de uma ponte nesta comunidade. Por ser uma área isolada, os resíduos foram simplesmente acumulados em grande quantidade no local. Atualmente, a área encontra-se cercada pela prefeitura para impedir novas deposições.

Outra área, ilustrada nas Figuras 4.13c e 4.13d situa-se no meio urbano, na Rua Santa Cruz, no bairro Cidade Nova (Tabela 4.9 ponto número 19). Neste local, houve a deposição de terra e de RCD a apenas dois metros de um curso d'água. Não existe qualquer forma de proteção ao corpo hídrico, que se encontra, em parte, aterrado e sem vegetação, com risco iminente de assoreamento. Nas Figuras 4.13c e 4.13d é possível visualizar, também, um interceptor de esgoto do SAAE parcialmente soterrado.

Não foi possível identificar a origem dos RCD dispostos nessas e em outras áreas irregulares. Pode-se afirmar que iniciativas de fiscalização por parte da administração municipal, foram observadas no decorrer deste trabalho. Contudo, a frequência com que estas ações têm sido realizadas não é suficiente para evitar que maiores danos sejam causados ao meio ambiente.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 4.13: Bota-foras clandestinos: (a) e (b) Comunidade dos Marques; (c) e (d) Rua Santa Cruz, Bairro Cidade Nova.

De forma geral, as irregularidades relacionadas com a má operação dos botaforas (Figuras 4.14, 4.15, 4.16) foram as que se repetiram com maior frequência e são consideradas as grandes responsáveis pela degradação dessas áreas.

Como a recuperação das áreas impactadas pode demandar um alto investimento, o ideal é que seja realizada o mais breve possível, uma vez que, na medida em que as inadequações aumentam, em número e em dimensão, o custo das medidas mitigadoras se eleva em maiores proporções.

Verificou-se no campo que em diversas das estradas rurais havia pontos de deposições de volumes consideráveis de RCD, conforme ilustrado na Figura 4.17. As características dessas deposições, em que os RCD são, possivelmente, transportados por veículos automotores, sugerem uma ação clandestina por parte de empresas ou indivíduos.

No cenário apresentado, as questões de ordem ambiental se transformam em questões econômicas e sociais, e são cada vez mais cobradas aos municípios por parte dos órgãos ambientais e do ministério público.

Por sua vez, a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, estabelece um prazo para que os municípios elaborem seus planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos, que entre outros requisitos mínimos exigidos, devem contemplar soluções eficazes na coleta, transporte e destinação final de seus resíduos sólidos, que englobam os RCD.



Figura 4.14: Disposição de RCD e solo em pilhas sem manejo adequado. Verifica-se presença de materiais recicláveis e gesso junto aos resíduos.



Figura 4.15: Plataformas de RCD elevadas e taludes com grandes inclinações e sem contenção adequada.



Figura 4.16: Pontos de erosão, devido à ausência de compactação adequada; e presença de resíduos de gesso, que deveriam ter destinação específica.



Figura 4.17: Margens de estradas rurais do Município de Viçosa: Grande quantidade de RCD dispostos em vários pontos.

4.1.4 Determinação da composição gravimétrica dos RCD do Município de Viçosa – MG (*percentual de cada material nos RCD*)

Na Tabela 4.10, apresenta-se a composição gravimétrica, em massa e percentagem, dos RCD gerados no Município de Viçosa.

Tabela 4.10 - Composição gravimétrica, em massa e percentagem, dos RCD gerados no Município de Viçosa – MG.

Material	Massa (kg)	Percentual (%)
Areia/solo	78,40	44,41
Argamassa	31,80	18,01
Concreto	27,00	15,29
Cerâmica	24,00	13,60
Gesso	8,06	4,57
Pedra	2,37	1,34
Cerâmica polida	2,10	1,19
Madeira	1,33	0,75
Ferro	1,09	0,62
Papel	0,22	0,12
Orgânico	0,13	0,07
Plástico	0,02	0,01
Vidro	0,00	0,00
Total	176,52	100

Observa-se que elevada porcentagem (92,65%) corresponde aos resíduos classe A: concreto (15,29%), argamassa (18,01%), cerâmica (13,60%), areia/solo (44,41%) e pedra (1,34%), material passível de ser reutilizado ou reciclado como agregado.

A presença de areia/solo (44,41%) evidencia a prática de disposição de solo misturado aos RCD, quando preferencialmente deveria ser disposto de forma segregada.

A massa específica aparente dos RCD calculada no levantamento foi de $0,98 \text{ t.m}^{-3}$, abaixo dos valores normalmente utilizados para o cálculo da geração de RCD e dos valores propostos por Pinto (1999) ($1,2 \text{ t. m}^{-3}$); Pinto e González (2005) ($1,2 \text{ t. m}^{-3}$) e Sapata (2002) ($1,08 \text{ t. m}^{-3}$ para empresas formais e $1,39 \text{ t. m}^{-3}$ depósitos irregulares) e acima do valor determinado por Neto (2004) ($0,60 \text{ t. m}^{-3}$).

Na Tabela 4.6, os resultados apresentados foram determinados a partir do valor de massa específica unitária de $1,2 \text{ t. m}^{-3}$. Ao se substituir esse valor pelo determinado nesta pesquisa ($0,98 \text{ t.m}^{-3}$), os resultados passam a ser de $105,50 \text{ t. dia}^{-1}$ para a provável geração; de $1,46 \text{ Kg. (hab. dia)}^{-1}$ para a taxa de geração; e de $455,65 \text{ kg.(hab.ano)}^{-1}$ para a média de geração de RCD. Os novos resultados comparados aos anteriores mostram não existir alteração significativa nas estimativas e, por isso, optou-se por manter os resultados apresentados na referida tabela.

4.1.5 - Proposta para uma gestão diferenciada de Resíduos da Construção Civil para o Município de Viçosa, MG

Dentro de uma perspectiva de gestão integrada dos RCD, são propostas ações e diretrizes técnicas para uma gestão diferenciada desses resíduos, no Município de Viçosa, com base nas disposições da Resolução CONAMA 307/2002.

Ressalta-se que a presente proposta não busca esgotar o tema, nem abordar todos os aspectos relativos à elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PIGRCC), uma vez que a maioria das diretrizes e ações depende de diversos fatores externos, além de informações que só estão disponíveis ao órgão municipal. A intenção deste trabalho é contribuir com a proposição de medidas que, se colocadas em

prática, constituam um avanço em relação à atual gestão dos RCD no município.

Apresentam-se, em seguida, as ações e diretrizes técnicas que compõe a nova proposta de gestão dos RCD em Viçosa.

A) Implantação de pontos de recebimento de pequenos volumes de RCD e redes de manejo de grandes volumes.

Pelo disposto nas diretrizes gerais da Resolução 307/2002, é responsabilidade do município assumir a solução para o problema dos pequenos volumes, quase sempre mal dispostos, bem como o disciplinamento da ação dos agentes envolvidos com os grandes volumes de resíduos.

➤ Pequenos volumes

Em Viçosa, a Lei Municipal nº 1.609/2004 estabelece como responsabilidade da Prefeitura providenciar áreas para a disposição de RCD para os prestadores de serviços com carroças de tração animal, o que durante o decorrer da pesquisa visualizou-se não acontece.

Dessa forma, a adoção por parte da administração municipal de unidades de recebimento de pequenos volumes poderá solucionar este problema, além de incluir os carroceiros, do ponto de vista social, como parceiros na gestão dos RCD no município. Essas instalações poderiam funcionar, ao mesmo tempo, como pólos irradiadores e organizadores de fluxos de transporte e armazenamento temporário de RCD.

A captação de pequenos volumes tem que ser organizada de forma a atender toda a área urbanizada, com a instalação de pontos voluntários de recebimento de RCD nos bairros, em áreas públicas, privadas ou alugadas. O ideal é que sejam utilizados locais já mapeados, como os atuais pontos de deposições irregulares.

Na Figura 4.18 foi proposta a locação de unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV's) privilegiando o aproveitamento de terrenos já

utilizados para deposição clandestina de RCD. A princípio, sugere-se a instalação de apenas uma unidade de recebimento de pequenos volumes (URPV) experimental na Zona Central.

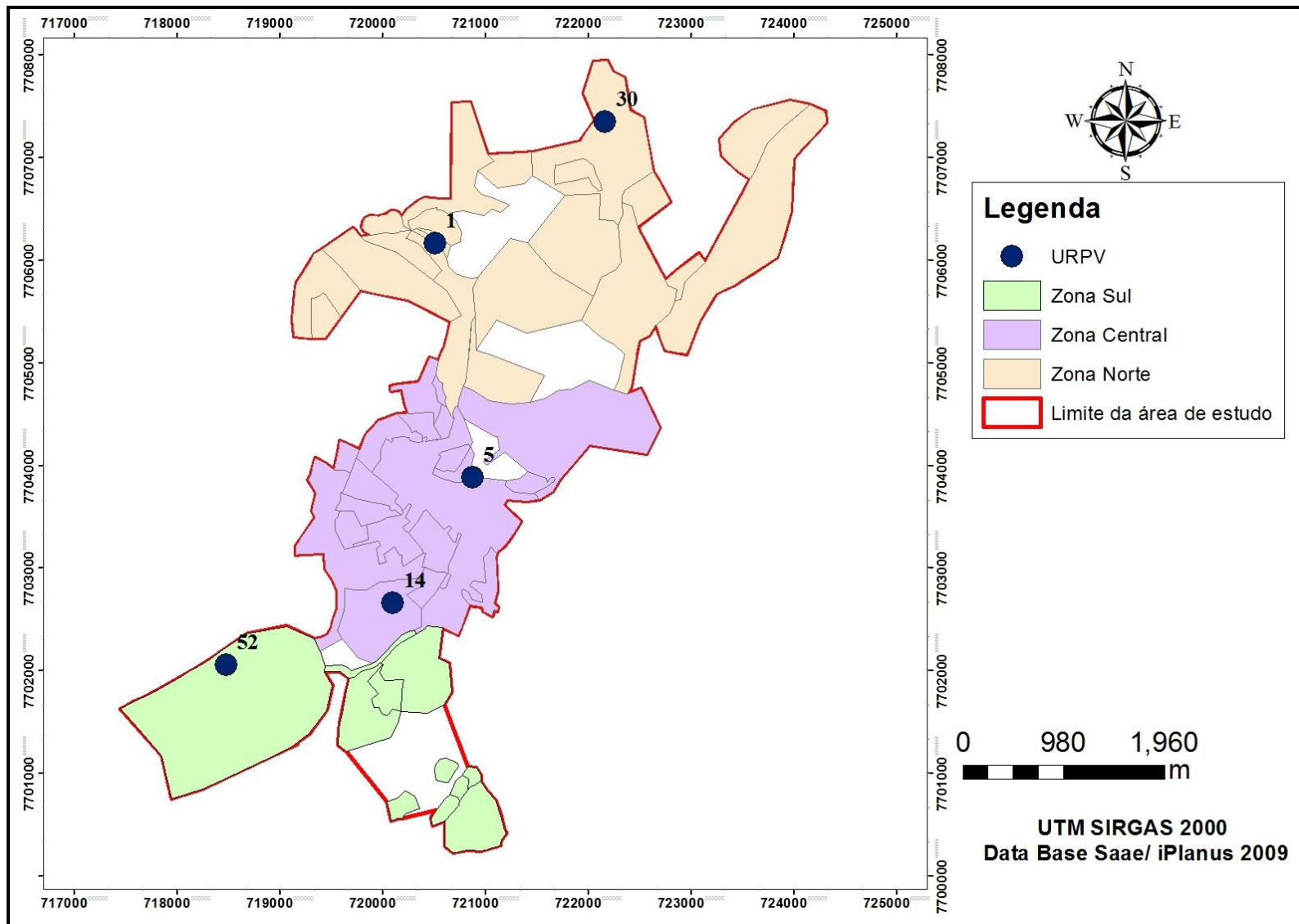


Figura 4.18: Localização de unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV's) de RCD.

A capacidade de recebimento deverá ser estabelecida no PIGRCC do Município de Viçosa. Propõe-se um volume máximo de 1,0 m³ por dia, por prestador de serviço. Nessas unidades, não deverá ser permitido o descarte de qualquer outro tipo de resíduos além dos de construção e demolição. Deverá ser implantado um sistema de controle de recebimento dos RCD, para supervisionar a coleta e a disposição dos RCD por transportador.

Como ocorre no Município de Belo Horizonte (SINDUSCON, 2008), os pontos de recebimento de pequenos volumes poderão receber solicitações de serviços de remoção e transporte de volumes de até 1m³ de RCD, encaminhando-as a carroceiros credenciados. Esses pontos, sempre que viável, também poderão funcionar como local de entrega voluntária de papel, vidro, metal e plástico, devidamente separados.

Propõe-se que a implantação dessas unidades deva ocorrer de forma gradativa, concomitante com a recuperação dos locais de disposição irregular e ações de fiscalização, aliadas à orientação educacional, de modo a despertar na população o compromisso com o correto descarte dos RCD.

Dessa maneira, a implantação desses pontos de recebimento deverá obedecer aos seguintes parâmetros e aspectos descritos pelo SINDUSCON (2008) e Pinto e González (2005):

- Privilegiar o aproveitamento de terrenos com disposição irregular de RCD;
- Respeitar os limites impostos por barreiras físicas, como sistema viário e cursos d'água;
- Isolar a área com cerca viva em seus limites;
- Diferenciar os espaços para a recepção dos resíduos que tenham que ser triados (RCD, resíduos volumosos, resíduos passíveis de reciclagem), para que a remoção seja realizada por circuitos de coletas;

- Aproveitar desníveis existentes ou criar platôs para a disposição de RCD diretamente em caçambas estacionárias;
- Garantir espaços para as manobras dos veículos, inclusive aqueles que ficarão responsáveis pela remoção posterior dos resíduos armazenados;
- Identificar, por meio de placa de sinalização, a finalidade do equipamento público, como o local correto para o descarte dos RCD e de resíduos volumosos;
- Executar obras civis mínimas, como sanitário e guarita;
- Manter continuamente um funcionário na área.

Na implantação das URPVs em Viçosa, se não for viável utilizar os terrenos já inventariados (Figura 4.18), é importante que a prefeitura selecione novos locais que atendam, preferencialmente, todos os parâmetros e aspectos citados. Devem-se estabelecer horários alternativos de recebimento para evitar que o trânsito seja prejudicado.

Na Figura 4.19 é apresentada a URPV de Castelo, em Belo Horizonte, com a finalidade de ilustrar a estrutura mínima necessária para instalação deste equipamento público.



(a)



(b)

Figura 4.19: Estrutura da URPV de Castelo em Belo Horizonte – MG: (a) Detalhe da entrada, com portão, guarita e cerca viva; (b) Detalhe da plataforma para facilitar o descarte de RCD e outros materiais. Pequena área construída ao fundo e área livre manobra de veículos.

➤ Grandes volumes

As áreas de manejo de grandes volumes devem ser operadas, sempre que possível, pelos agentes privados responsáveis pela geração e coleta da maior parte dos resíduos.

É importante estabelecer parcerias com os agentes coletores e construtoras, para constituir uma estrutura de gestão compartilhada em que, eventualmente, possa haver a cessão de áreas públicas para instalação de usinas de reciclagem, considerando-se os termos estabelecidos pelas leis vigentes no município.

Na impossibilidade de formação de parcerias, deve-se incentivar a ação direta dos agentes privados, por exemplo, com a realização de licitação para a operação de áreas públicas para triagem, reciclagem e disposição de RCD.

No Município de Viçosa, devido ao seu porte, as diversas funções dessas instalações (triagem, reciclagem de resíduos Classe A e aterro) podem estar concentradas em um mesmo local, em áreas da periferia da zona urbana. Os projetos dessas instalações devem seguir as especificações expressas nas normas técnicas da ABNT e o local deverá atender as exigências da legislação ambiental municipal e estadual para licenciamento dessas áreas.

Na Tabela 4.11, apresentam-se algumas especificações em relação à área demandada aproximada para a implantação de locais de manejo de resíduos. A capacidade instalada proposta teve por base a estimativa diária média de geração apresentada na Tabela 4.6, admitindo-se que aproximadamente dois terços dos RCD gerados no município fossem enviados para a área.

Tabela 4.11 - Área demandada para o manejo de resíduos.

Fase do processo	Capacidade (m ³)	Área demandada (m ²)
Triagem	70	1.100
Reciclagem de RCD classe A	40	3.000

Fonte: Adaptado de Pinto e González, 2005

Espera-se que, por meio de uso dos instrumentos legais, a administração municipal de Viçosa crie incentivos para que as empresas que atuam nesse setor tenham interesse em formar parcerias na instalação de uma unidade de tratamento dos RCD no município. Essa obra poderia funcionar como uma unidade piloto.

B) Incentivos à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo

Para incentivar e criar condições para os agentes privados a se adequarem à nova proposta de gestão, a administração municipal deverá incluir incentivos como:

- Criar a obrigatoriedade de consumo de agregados reciclados em determinados tipos de obras públicas;
- Facilitar o acesso a alternativas tecnológicas adequadas para a destinação ou tratamento de resíduos mais problemáticos;
- Apoiar na obtenção de financiamentos para investimento nessas áreas;
- Facilitar o acesso a alternativas tecnológicas para aplicações dos RCD reciclados, bem como incentivar pesquisas relativas a aplicações desses resíduos;
- Criar incentivos para as empresas que fazem a segregação de RCD na fonte;
- Criar cursos gratuitos de capacitação com certificação.

C) Ações educativas com vistas a reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação e adequada destinação

Deverá ser realizado um plano de ações educativas que tenha como finalidade principal a orientação de todos os agentes envolvidos.

Para os trabalhadores da construção civil, essas ações têm como objetivos sensibilizar, mobilizar e educar ambientalmente, visando atingir metas de

minimização, reutilização e segregação dos RCD na origem, bem como seu correto acondicionamento, armazenamento e transporte.

Deverá ocorrer a divulgação massiva sobre a correta disposição dos RCD no município, em especial entre os pequenos geradores e coletores, com informações sobre a localização das unidades de recebimento voluntário e dos serviços que estas unidades prestam, definindo claramente o volume máximo que poderá ser removido e transportado por carroceiros ou pequenos transportadores cadastrados. Deverá ser também estimulada, por meio de campanhas de educação, a formação de parcerias com lojistas, igrejas, centros comunitários, escolas entre outros.

No caso dos grandes geradores e coletores, as ações educativas devem ser direcionadas e visar promover seu contato com novas alternativas para redução e valorização de resíduos.

D) Ações de orientação, fiscalização e de controle dos agentes envolvidos

Após a criação de condições para a correta gestão dos RCD pela administração municipal e pelos agentes privados, deverá ser implantado um sistema de fiscalização eficiente.

Deverá ser formada uma equipe que ficará responsável exclusivamente pela fiscalização dessas áreas. Não deverão ser utilizados fiscais de outros órgãos municipais, que possuam somente um conhecimento superficial do modelo de gestão em fase de implantação, pois é necessário um acompanhamento direto e intensivo, durante e após a fiscalização, visando à orientação técnica e o esclarecimento de dúvidas dos agentes envolvidos na gestão.

O sistema de fiscalização deverá ser revisto a partir da definição precisa das competências e regras para atuação dos geradores, coletores, receptores e, inclusive, gestores municipais e estabelecidas, para a infração de cada regra, as penalidades previstas, que permitirão o disciplinamento desses agentes.

A fiscalização em um primeiro momento terá um papel de orientação para que a transformação para o novo sistema de gestão ocorra de forma ordenada. Posteriormente, deverá garantir o pleno funcionamento do conjunto de ações.

Ações complementares poderão ter papel importante no sucesso da proposta de gestão, entre elas a formação de uma equipe permanente de gestão dos RCD que envolvam os órgãos competentes; a criação de um programa de capacitação de carroceiros; e a capacitação de funcionários de construtoras de médio e grande porte, que atuariam como multiplicadores de boas práticas visando à redução na geração dos RCD, entre outras atribuições.

4.1.6 Avaliação da retenção de metais traço por RCD por meio de ensaios de equilíbrio em lote

A) Caracterização dos RCD

Na Figura 4.20 e na Tabela 4.12, apresentam-se os resultados do peneiramento, realizada apenas para o material grosseiro, e a massa específica dos sólidos dos RCD.

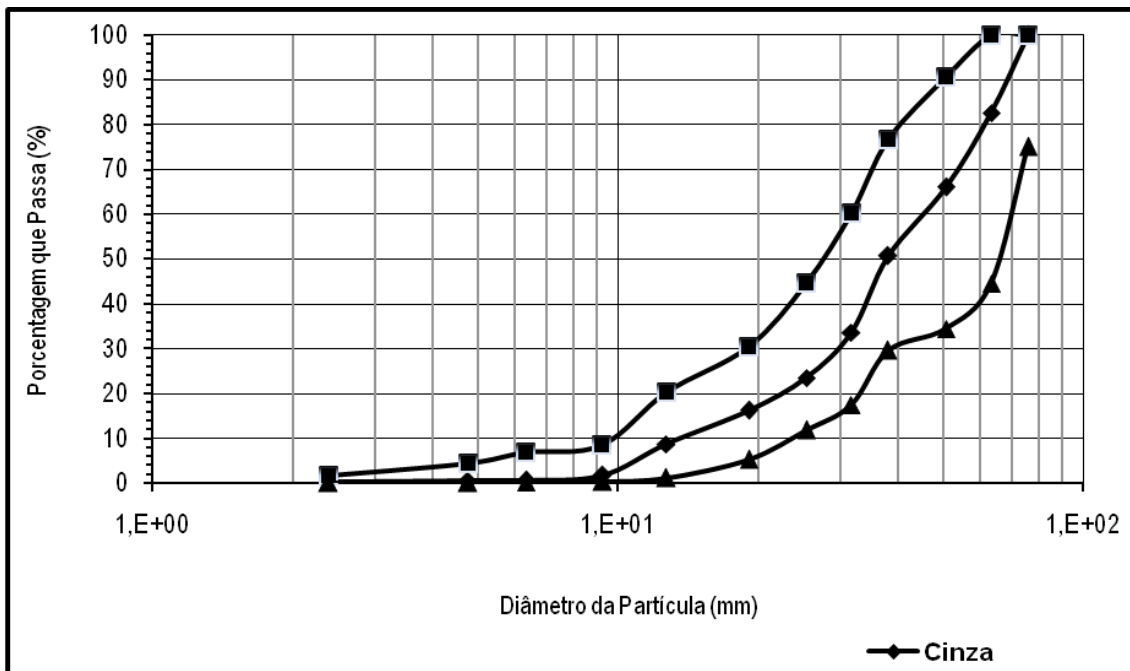
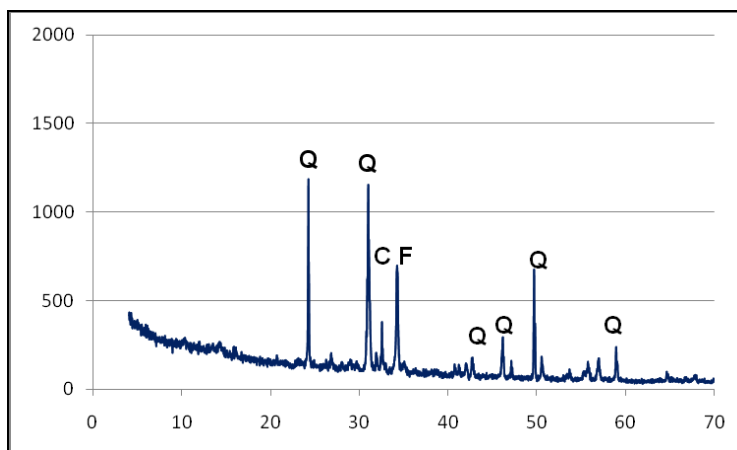


Figura 4.20: Peneiramento da fração grosseira dos RCD.

Tabela 4.12 – Massa específica dos sólidos dos RCD.

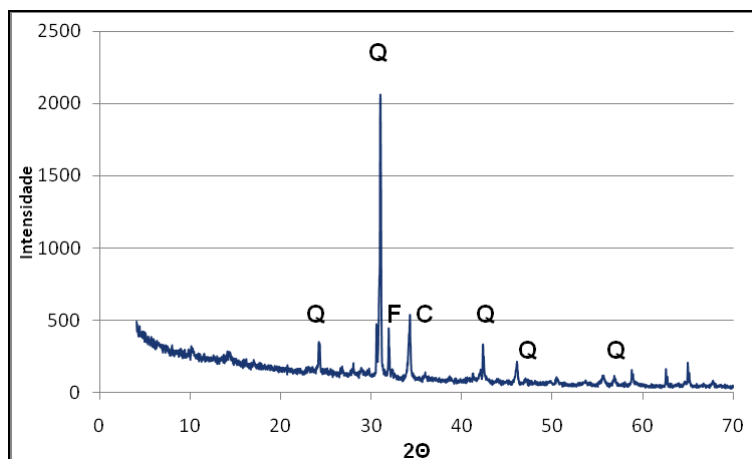
RCD	Massa específica (g.cm ⁻³)
Cinza	2,60
Vermelho	2,65
Viçosa	2,70

A composição da fração mineral dos RCD é variável, pois é uma mistura de componentes construtivos como concretos, argamassas, cerâmicas, rochas naturais, entre outros e depende da origem do material (Ângulo, 2005). Nos difratogramas (Figuras 4.21, 4.22 e 4.23), nota-se a predominância do quartzo em todas as amostras analisadas. Observa-se a coerência dos resultados da análise mineralógica com os valores de massa específica dos sólidos apresentados na Tabela 4.12, em que os resultados obtidos coincidem ou se aproximam da massa específica dos sólidos para o quartzo que é 2,65 g.cm⁻³.



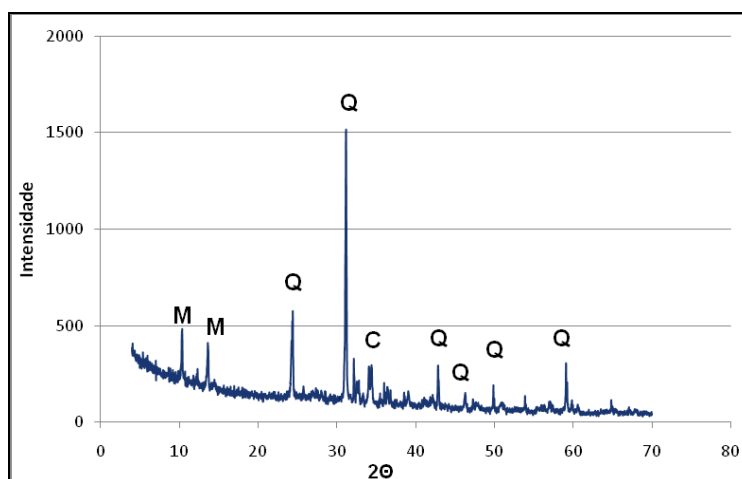
(Q – quartzo; C – calcita; F – Feldspato)

Figura 4.21: Mineralogia da amostra de RCD Cinza.



(Q – quartzo; C – calcita; F – Feldspato)

Figura 4.22: Mineralogia da amostra de RCD Vermelho.



(Q – quartzo; C – calcita; M – Montmorilonita)

Figura 4.23: Mineralogia da amostra de RCD Viçosa.

Na Tabela 4.13, apresentam-se as leituras de pH em água, KCl e o Δ pH calculado. Observa-se que em todas as amostras o pH foi elevado (alcalino). Estes resultados eram esperados, uma vez que os RCD normalmente são ricos em material carbonático. Os valores mais elevados de pH foram determinados nos RCD de Viçosa, provavelmente devido à presença de gesso descartado junto aos resíduos.

Tabela 4.13 – Leituras de pH em água, KCl e Δ pH nas amostras de RCD de Viçosa, cinza e vermelho.

Amostra	pH em água	pH em KCl	Δ pH
RCD - Viçosa	11,3	11,1	-0,2
RCD - Cinza	9,3	8,3	-1,0
RCD - Vermelho	8,5	7,9	-0,6

A determinação do Δ pH, apesar de não estabelecer a quantidade de cargas negativas ou positivas, possibilita identificar a carga líquida predominante na amostra (Matos, 2004b). O valor de Δ pH negativo, determinado em todas as amostras, demonstra a predominância de cargas negativas nos resíduos, predominando a tendência de adsorção de cátions.

As concentrações de metais traço determinadas nas amostras são apresentadas na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 – Concentração de metais traço nas amostras de RCD de Viçosa, cinza e vermelho.

Metal	Amostras		
	RCD - Viçosa	RCD - Cinza	RCD - Vermelho
Concentração em mg. kg ⁻¹			
<i>Zn</i> ²⁺	0,43 ± 0,01	1,76 ± 0,43	1,79 ± 0,09
<i>Cd</i> ²⁺	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00
<i>Cu</i> ²⁺	0,15 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,13 ± 0,01
<i>Pb</i> ²⁺	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Ni</i> ²⁺	0,16 ± 0,01	0,12 ± 0,00	0,12 ± 0,00
<i>Mg</i> ²⁺	37,32 ± 1,10	24,81 ± 0,46	26,03 ± 1,05

Fe^{3+}	207,74 ± 9,91	106,75 ± 5,95	137,32 ± 12,21
Cr^{3+}	0,36 ± 0,01	0,23 ± 0,04	0,19 ± 0,02
Mn^{2+}	2,74 ± 0,12	2,88 ± 0,05	2,80 ± 0,19
Ca^{2+}	569,00 ± 17,16	716,19 ± 113,75	627,79 ± 71,39

Média de três repetições ± desvio padrão

Moreira (2008) determinou as seguintes concentrações de metais traço nos RCD que analisou: $Zn^{2+} = 0,00 \text{ mg. kg}^{-1}$; $Cd^{2+} = 2,68 \text{ mg. kg}^{-1}$; $Cu^{2+} = 14,80 \text{ mg. kg}^{-1}$; $Pb^{2+} = 12,62 \text{ mg. kg}^{-1}$; $Mg^{2+} = 392,63 \text{ mg. kg}^{-1}$; $Ni^{2+} = 18,30 \text{ mg. kg}^{-1}$; $Fe^{3+} = 10.053,11$; $Cr^{3+} = 41,80 \text{ mg. kg}^{-1}$; $Mn^{2+} = 392,00 \text{ mg. kg}^{-1}$. Valores superiores, com a exceção do Zn^{2+} , aos determinados para os RCD apresentados na Tabela 4.14. Ressalta-se que em seu trabalho Moreira (2008) analisou RCD coletados de uma área de disposição de RCD, que foram triturados, aparentemente, sem prévia separação. Dessa forma, é possível que maiores concentrações possam estar relacionadas à presença de materiais ricos em metais traço, com, por exemplo, solventes e tintas; materiais ferrosos; entre outros.

Verificaram-se também diferenças nas concentrações de metais entre os três tipos de RCD analisados neste trabalho. Mais uma vez é importante observar a variabilidade dos RCD, que sofrem influência, entre outros fatores, da sua constituição e origem.

B) Caracterização do percolado

Na Tabela 4.15, apresenta-se a caracterização do percolado gerado no Aterro de resíduos de Viçosa – MG.

Com base nos resultados determinados na Tabela 2.7, que estabelecem valores de faixa mais provável de concentração das variáveis químicas presentes em percolados em aterros de resíduos brasileiros, se observou que apenas as variáveis nitrogênio total, nitrato, sólidos totais, sólidos totais voláteis, manganês e níquel, não se enquadraram nas faixas estabelecidas.

Sabe-se, entretanto, que o percolado pode apresentar significativa variabilidade em sua composição, dependendo do tipo de resíduo aterrado, tempo de decomposição, clima, estação do ano, entre outros fatores. Se a mesma análise tivesse sido realizada na época seca, seriam esperadas concentrações mais elevadas do que as apresentadas.

Tabela 4.15– Caracterização do percolado do Aterro de Viçosa – MG.

Variável	Valor
pH	8,19
Alcalinidade total (mg de CaCO ₃)	1286,00
Condutividade (µS. cm ⁻³)	6293,00
DBO (mg. L ⁻¹ de O ₂)	50,40
DQO (mg. L ⁻¹ de O ₂)	370,00
Ntotal (mg. L ⁻¹ de N)	426,25
N – amoniacal (mg. L ⁻¹ de N)	7,73
Nitrato (mg. L ⁻¹ de N)	3,70
Oxigênio dissolvido (mg. L ⁻¹)	0,70
Sólidos totais (mg. L ⁻¹)	1386,20
Sólidos totais fixos (mg. L ⁻¹)	932,20
Sólidos totais voláteis (mg. L ⁻¹)	454,00
Sólidos sedimentáveis (mg. L ⁻¹)	1,00
COT	77,52
Temperatura (°C)	27,50
Cádmio (mg. L ⁻¹)	0,0005
Cálcio (mg. L ⁻¹)	59,26
Chumbo (mg. L ⁻¹)	0,0853
Cobre (mg. L ⁻¹)	0,00
Cromo (mg. L ⁻¹)	0,00
Ferro (mg. L ⁻¹)	2,26

Magnésio (mg. L ⁻¹)	19,10
Manganês (mg. L ⁻¹)	0,0211
Níquel (mg. L ⁻¹)	0,03
Zinco (mg. L ⁻¹)	0,0256

C) Determinação do pH nas amostras utilizadas no ensaio de equilíbrio em lote

Nas Tabelas 4.16 e 4.17, apresentam-se as leituras de pH realizadas nas soluções multiespécies preparadas; e nas amostras de RCD e branco após os ensaios 1 e 2, respectivamente. No ensaio 1, o pH medido nas amostras variou de próximo à neutralidade a básico. No ensaio 2, observou-se o decréscimo no valor de pH na medida em que as concentrações dos metais nas soluções preparadas aumentaram.

Tabela 4.16 – pH da solução contaminante preparada e branco das amostras de RCD após o ensaio 1.

Amostras	RCD			Solução preparada	Branco
	Cinza	Vermelho	Viçosa		
pH					
1	7,0±0,0 ¹	6,9±0,9	7,0±0,1	6,7	7,0
2	7,0±0,1	6,9±0,1	7,8±0,8	7,0	7,2
3	7,5± 0,0	6,4± 0,4	7,5± 0,3	7,3	7,0
4	7,7±0,0	7,7±0,2	7,7±0,2	7,6	7,7
5	7,8±0,1	7,5±0,4	7,6±0,0	7,9	7,7
6	7,5±0,1	7,5±0,1	7,6±0,0	8,0	7,4
7	7,5±0,1	7,6±0,3	7,5±0,1	8,1	7,7
8	8,0±0,3	7,5±0,3	7,5±0,2	8,1	7,3
9	7,5±0,2	7,5±0,2	7,6±0,1	7,9	7,9
10	7,6±0,1	7,3±0,5	7,6±0,6	8,0	7,7

¹ Média ± desvio padrão

Tabela 4.17 – pH da solução contaminante preparada e branco das amostras de RCD após o ensaio 1.

Amostras	RCD			Solução preparada	Branco
	Cinza	Vermelho	Viçosa		
	pH				
1	7,7±0,2 ¹	7,7±0,0	7,6±0,1	7,9	7,8
2	7,3±0,1	7,7±0,1	7,7±0,2	7,5	7,6
3	7,2± 0,3	7,7± 0,1	7,5± 0,1	7,6	7,5
4	7,3±0,2	7,6±0,1	7,4±0,16	7,4	7,4
5	7,2±0,3	7,4±0,1	7,4±0,1	7,4	7,4
6	7,0±0,1	7,1±0,1	7,4±0,1	7,2	7,2
7	6,9±0,1	6,9±0,1	7,3±0,2	6,8	6,8
8	6,8±0,1	6,8±0,1	7,2±0,1	6,8	6,8
9	6,3±0,2	6,3±0,2	6,8±0,1	6,0	6,0
10	6,1±0,1	6,2±0,1	6,5±0,1	6,1	6,1
11	6,1±0,1	6,1±0,1	6,6±0,1	6,2	5,9
12	5,8±0,1	5,8±0,1	6,1±0,1	5,6	5,6

¹ Média ± desvio padrão

C) Ensaio de equilíbrio em lote

A relação existente entre as concentrações dos solutos adsorvidos na fase sólida e as existentes na solução do solo pode ser expressa por meio de isotermas de equilíbrio entre as duas fases. Os modelos de Langmuir e Freundlich são tratamentos matemáticos dados às isotermas de adsorção, que têm sido utilizados com frequência para descrever a adsorção de diferentes elementos químicos pela fase coloidal do solo. Portanto, aos resultados obtidos nos ensaios de equilíbrio em lote nos três tipos de RCD estudados, expressos em concentração de equilíbrio *versus* massa de soluto adsorvida normalizada em relação à massa de solo (C_e *versus* S), ajustaram-se as isotermas de Langmuir e Freundlich, cujas expressões matemáticas encontram-se nas Equações 3.1 a 3.3.

Em seguida, apresentam-se os resultados obtidos nos Ensaio 1 e 2, respectivamente.

C.1) Ensaio 1

Os parâmetros de Freundlich e Langmuir e o coeficiente de determinação (R^2) para a sorção do Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} pelos RCD cinza, vermelho e de Viçosa, relacionados ao primeiro ensaio, são apresentados na Tabela 4.18.

Tabela 4.18 – Parâmetros de Freundlich e Langmuir determinados no Ensaio 1 para a sorção do Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} nos RCD cinza, vermelho e de Viçosa.

RCD	Freundlich			Langmuir		
	K_f	ε	R^2	S_m	b	R^2
Manganês						
<i>Cinza</i>	0,0004	0,5717	0,9033	0,0005	3,0383	0,9638
<i>Vermelho</i>	0,0005	0,5493	0,8722	0,0006	2,7385	0,9378
<i>Viçosa</i>	0,0005	0,7292	0,739	-	-	-
Zinco						
<i>Cinza</i>	0,0007	0,6759	0,8509	0,0018	0,7329	0,9833
<i>Vermelho</i>	0,0007	0,6311	0,8423	0,0018	0,7311	0,9786
<i>Viçosa</i>	0,0021	0,5193	0,8739	0,0049	1,1722	0,9491
Cádmio						
<i>Cinza</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Vermelho</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Viçosa</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chumbo						
<i>Cinza</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Vermelho</i>	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Viçosa</i>	0,0064	0,6335	0,9939	0,0018	23,6350	0,9820

K_f , ε = parâmetros de ajuste das curvas para o Modelo de Freundlich

b = Coeficiente relacionado com a energia de ligação ($L \text{ mg}^{-1}$)

S_m = Capacidade máxima de adsorção (mg mg^{-1})

ND = Não foi possível determinar

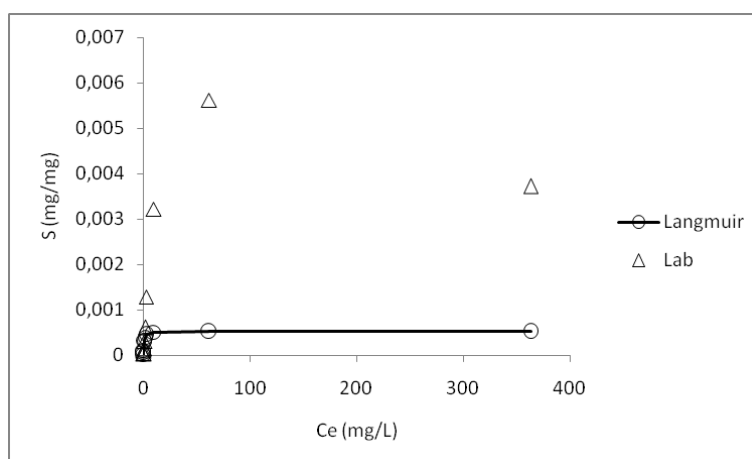
Nas Figuras 4.24 a 4.26, apresentam-se as isotermas de sorção de Freundlich e Langmuir determinadas para Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} , quando possível.

i) Manganês

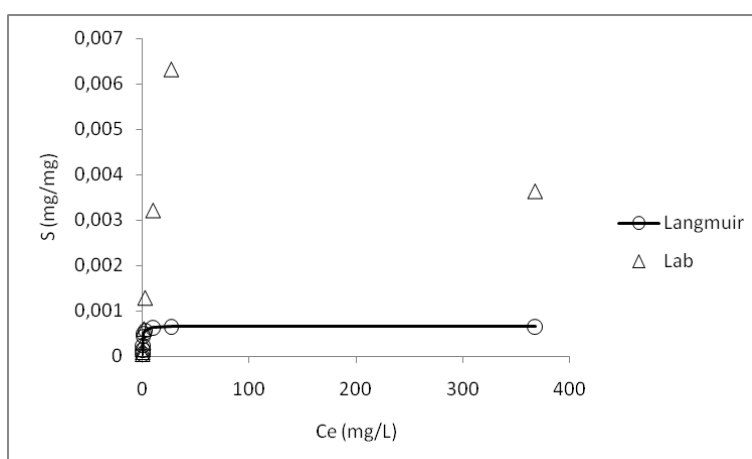
Com base nos resultados mostrados na Tabela 4.18, o modelo de Langmuir foi o que melhor ajustou os resultados dos ensaios para os RCD cinza e vermelho.

Verifica-se que, com o aumento da concentração de equilíbrio, a sorção praticamente se estabiliza em torno de $0,0005 \text{ mg} \cdot \text{mg}^{-1}$ nos dois tipos de RCD.

Em relação aos RCD de Viçosa, tanto o modelo de Langmuir quanto o de Freundlich não ajustaram os resultados experimentais.



(a) Cinza



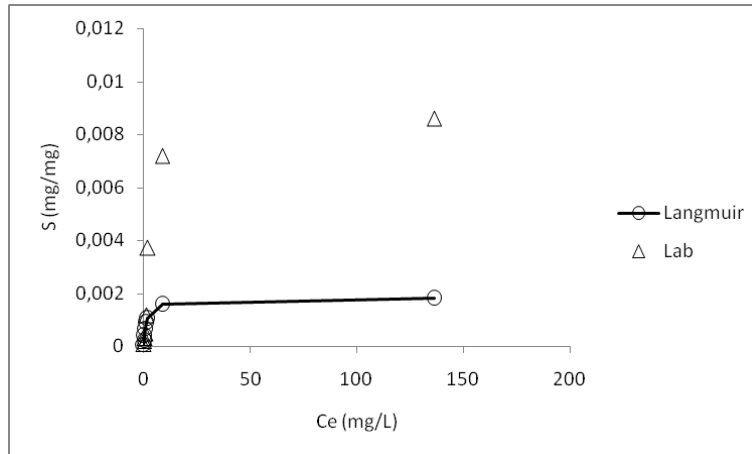
(b) Vermelho

Figura 4.24: Isotermas de sorção do ensaio 1 para o Mn^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza e (b) vermelho.

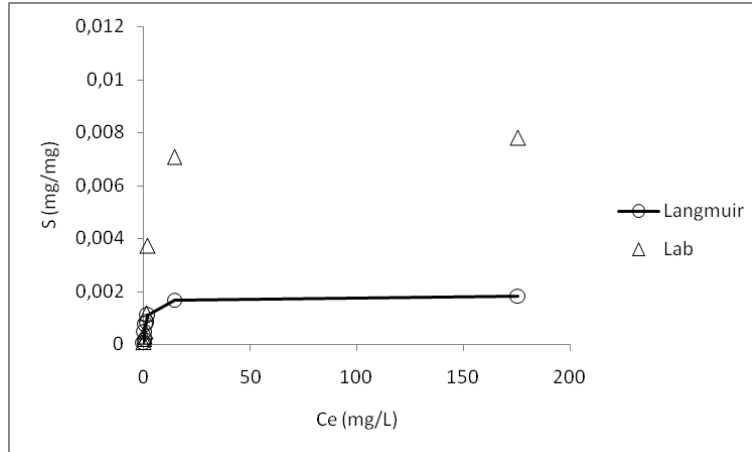
ii) Zinco

Da mesma forma que para o Mn^{2+} , a isoterma de Langmuir foi a que melhor se ajustou aos resultados experimentais para o Zn^{2+} , em relação aos três tipos de RCD ensaiados.

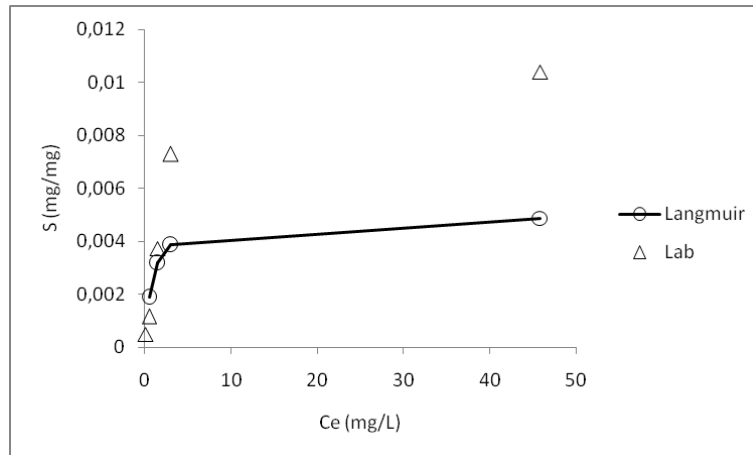
Verifica-se praticamente o mesmo comportamento nos RCD cinza e vermelho.



(a) Cinza



(b) Vermelho



(c) RCD Viçosa

Figura 4.25: Isotermas de sorção do ensaio 1 para o Zn^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.

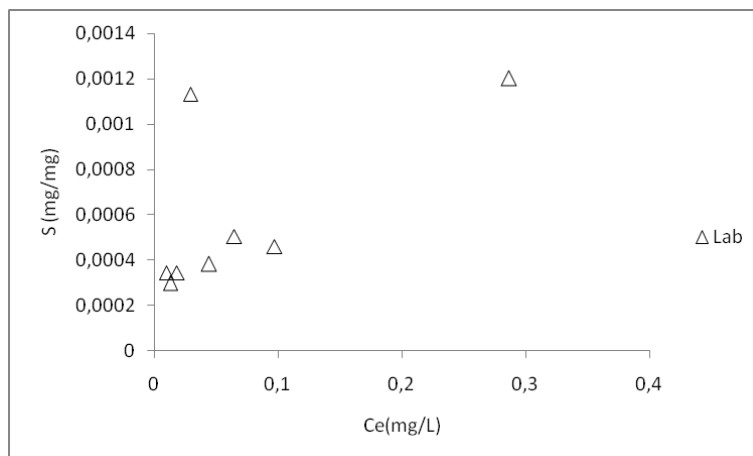
iii) Cádmio

Não foi possível traçar a curva $S \times C_e$ para este metal, pois ele não foi detectado na maioria das leituras iniciais, presume-se que tenha sido precipitado devido ao caráter básico do pH das soluções conforme apresentado Tabela 4.16.

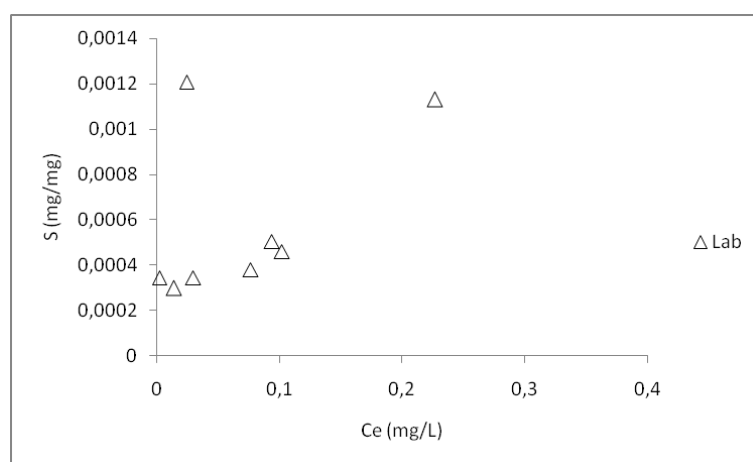
iv) Chumbo

Também não foi possível traçar a curva $S \times C_e$ para o Pb^{2+} para os RCD cinza e vermelho, já que os resultados experimentais ficaram bastante dispersos.

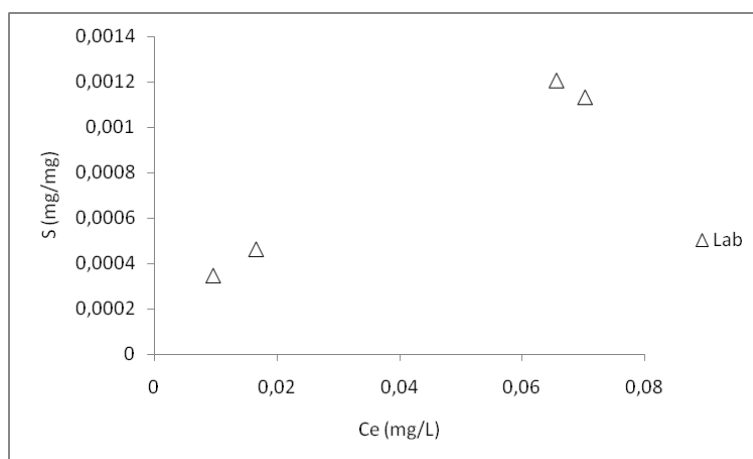
No ensaio com os RCD de Viçosa (Figura 4.28c) só se detectaram quatro leituras, devido às baixíssimas concentrações de equilíbrio, não tendo sido possível ajustar isotermas aos resultados.



(a) Cinza



(b) Vermelho



(c) RCD Viçosa

Figura 4.26: Isotermas de sorção do ensaio 1 para o Pb^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.

No ensaio 1, não foi possível definir a seqüência de sorção dos metais para cada um dos três tipos de resíduos. O pH básico do percolado contribuiu para a precipitação dos sais de nitratos nas soluções, influenciando os resultados, não tendo sido possível estabelecer um padrão de comportamento de sorção neste ensaio.

C.2) Ensaio 2

Na Tabela 4.19, apresentam-se os parâmetros de Freundlich e Langmuir e os coeficientes de determinação (R^2) para a sorção do Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} pelos RCD cinza, vermelho e de Viçosa, relacionados ao segundo ensaio.

Tabela 4.19 – Parâmetros de Freundlich e Langmuir determinados no ensaio 2 para a sorção do Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} nos RCD cinza, vermelho e de Viçosa.

RCD	Freundlich			Langmuir		
	K_f	ε	R^2	S_m	b	R^2
Manganês						
<i>Cinza</i>	7,564E-6	0,9436	0,7689	ND	ND	ND
<i>Vermelho</i>	3,17E-06	1,1112	0,9803	ND	ND	ND
<i>Viçosa</i>	8,52E-05	0,6850	0,8333	ND	ND	ND
Zinco						
<i>Cinza</i>	0,0003	0,5180	0,8062	ND	ND	ND
<i>Vermelho</i>	0,0003	0,4159	0,7474	ND	ND	ND
<i>Viçosa</i>	0,0003	0,4136	0,7809	0,0045	0,1313	0,8662
Cádmio						
<i>Cinza</i>	0,0004	0,4646	0,7297	ND	ND	ND
<i>Vermelho</i>	0,0007	0,2524	0,8736	0,0020	0,7907	0,7358
<i>Viçosa</i>	0,0009	0,4379	0,7622	ND	ND	ND
Chumbo						
<i>Cinza</i>	5,94E-05	1,2975	0,8219	ND	ND	ND
<i>Vermelho</i>	3,20E-05	0,8398	0,8444	ND	ND	ND
<i>Viçosa</i>	0,0001	1,5622	0,8576	ND	ND	ND

K_f , ε = parâmetros de ajuste das curvas para o Modelo de Freundlich
 b = Coeficiente relacionado com a energia de ligação ($L \cdot mg^{-1}$)
 S_m = Capacidade máxima de adsorção ($mg \cdot mg^{-1}$)
 ND = Não foi possível determinar

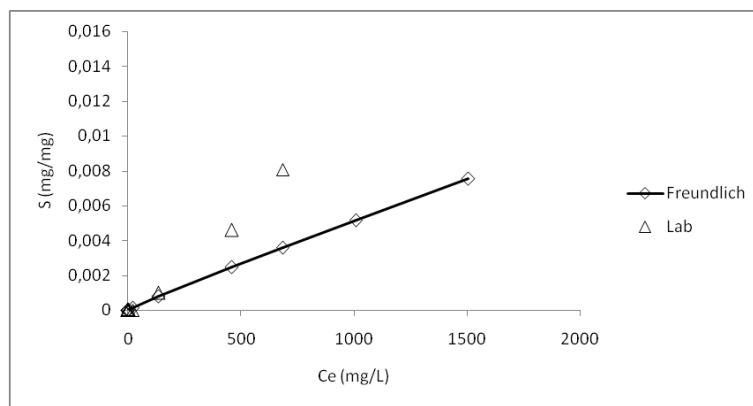
O modelo de Freundlich foi o que melhor representou a sorção dos metais aos RCD, apesar de o ajuste não ter sido satisfatório, refletindo-se em baixos coeficientes de determinação.

Nas Figuras 4.27 a 4.30, apresentam-se as isotermas de sorção de Freundlich e Langmuir determinadas para Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} , quando possível.

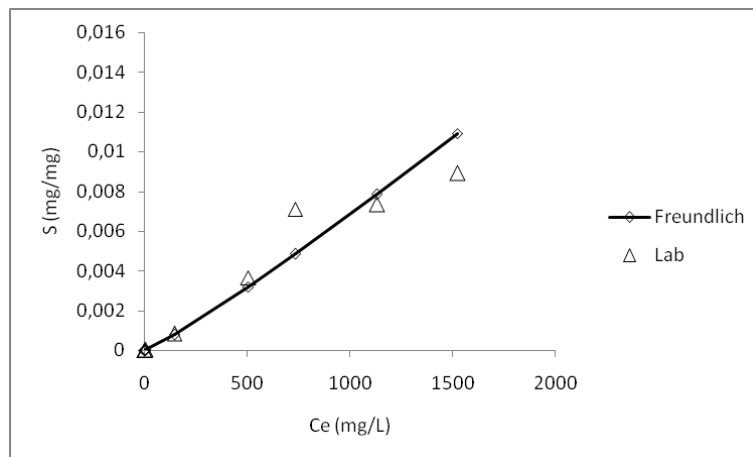
i) Manganês

Com base nos resultados mostrados na Tabela 4.19, o modelo de Freundlich foi o que melhor ajustou os resultados dos ensaios para os três tipos de RCD, entretanto, com baixos valores do coeficiente de determinação para os RCD cinza e Viçosa.

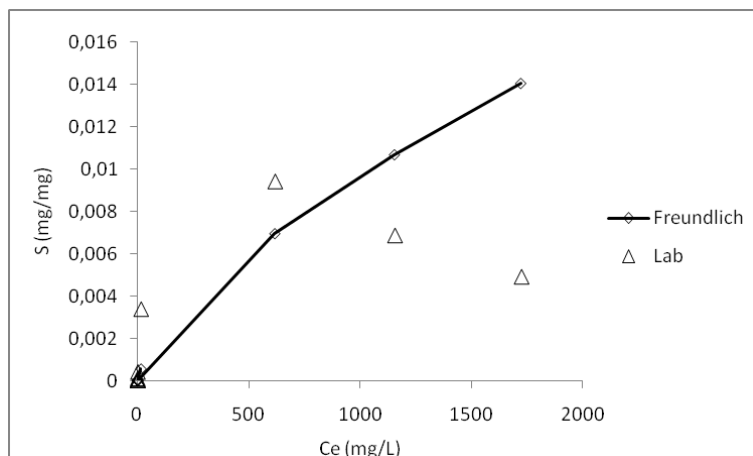
Analogamente ao que ocorreu no Ensaio 1, isotermas de sorção com a mesma tendência foram determinadas para os RCD cinza e vermelho, em que a sorção aumenta com o crescimento da concentração de Mn^{2+} .



(a) Cinza



(b) Vermelho

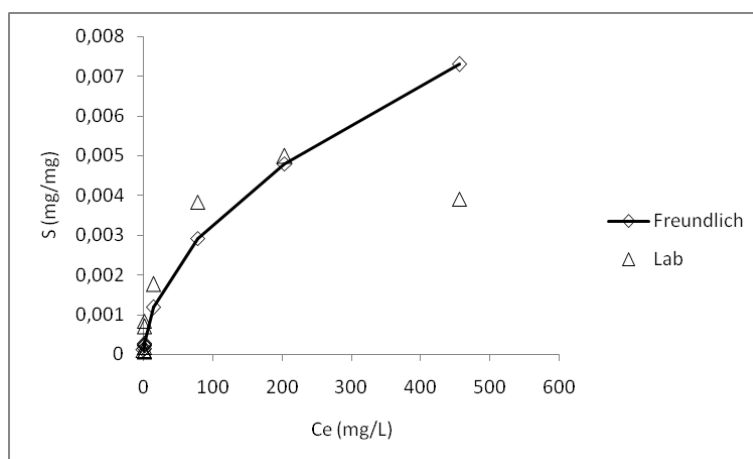


(c) RCD Viçosa

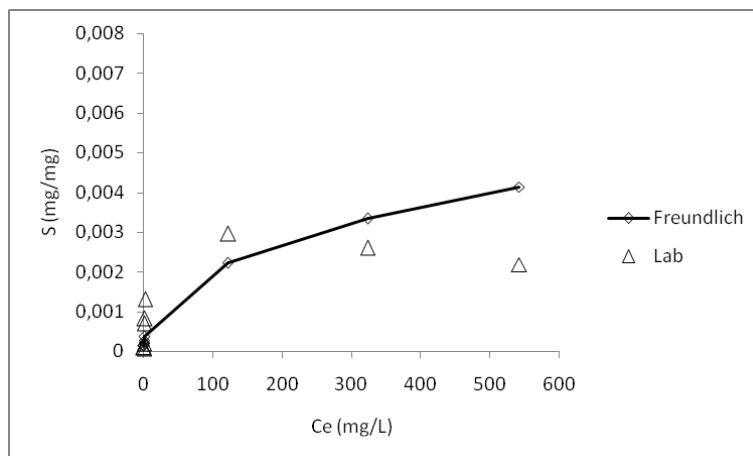
Figura 4.27: Isotermas de sorção do ensaio 2 para o Mn^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.

ii) Zinco

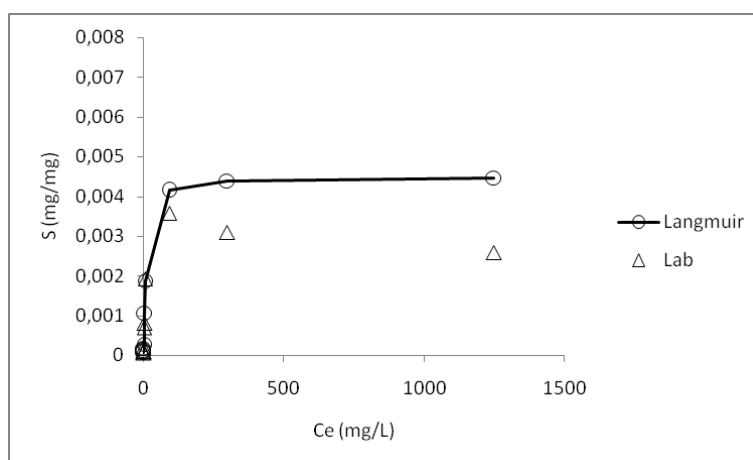
O modelo de Freundlich foi o que melhor ajustou os resultados dos ensaios para os RCD cinza e vermelho. Em relação aos RCD de Viçosa, o melhor ajuste foi proporcionado pela isoterma de Langmuir. Em todos os casos, entretanto, os ajustes se mostraram pouco satisfatórios.



(a) Cinza



(b) Vermelho

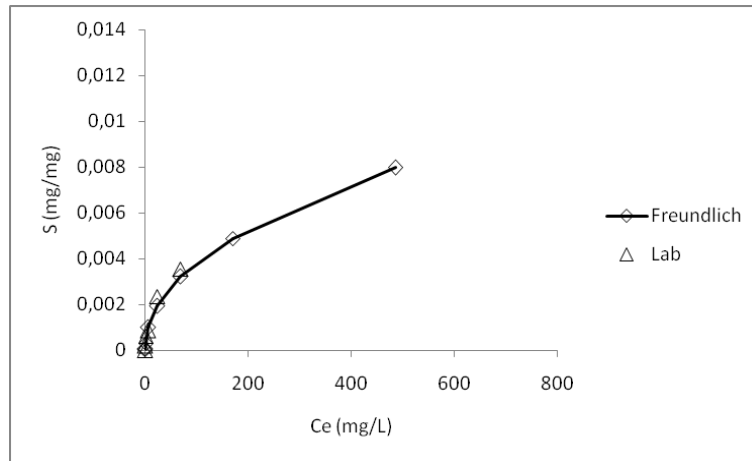


(c) RCD Viçosa

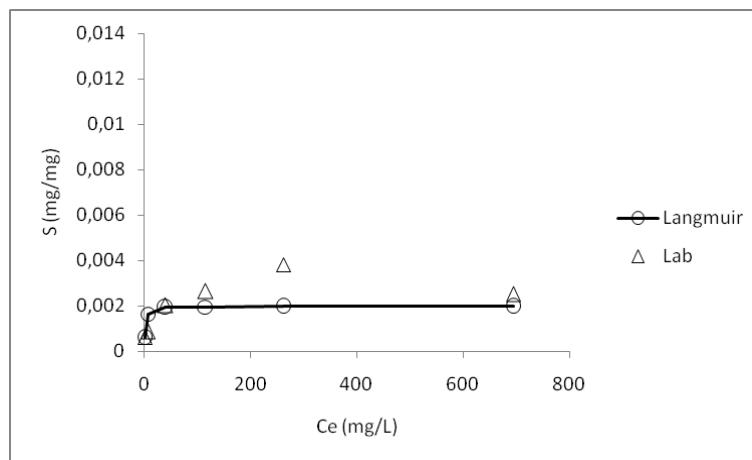
Figura 4.28: Isothermas de sorção do ensaio 2 para o Zn^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.

iii) Cádmio

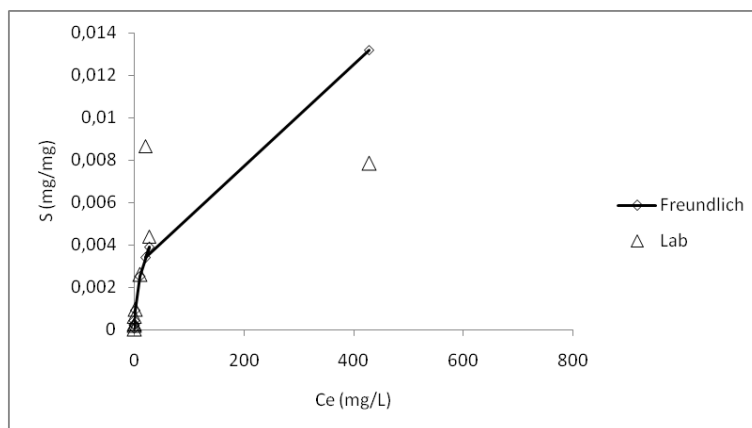
Em relação ao Cd^{2+} , o modelo de Freundlich foi o que melhor ajustou os resultados dos ensaios para os RCD cinza e de Viçosa. Em relação aos RCD vermelho, o melhor ajuste foi proporcionado pela isoterma de Langmuir. Em todos os casos, entretanto, os ajustes se mostraram pouco satisfatórios.



(a) Cinza



(b) Vermelho

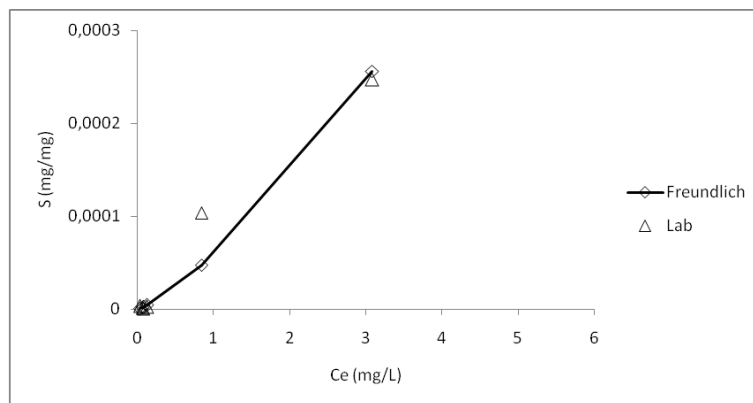


(c) RCD Viçosa

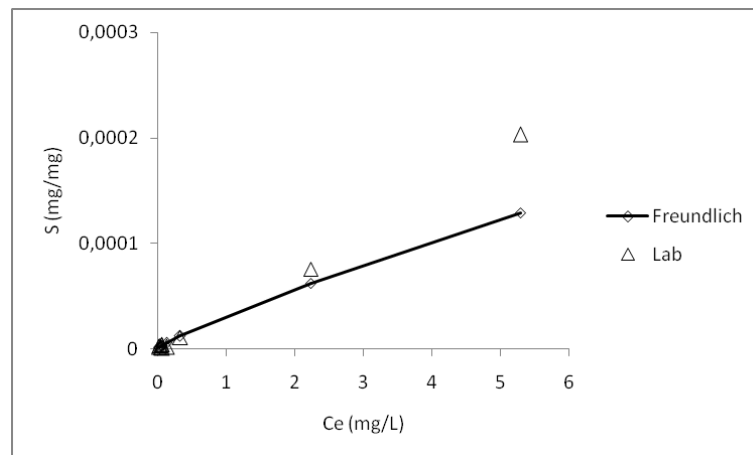
Figura 4.29: Isotermas de sorção do ensaio 2 para o Cd²⁺ nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.

iv) Chumbo

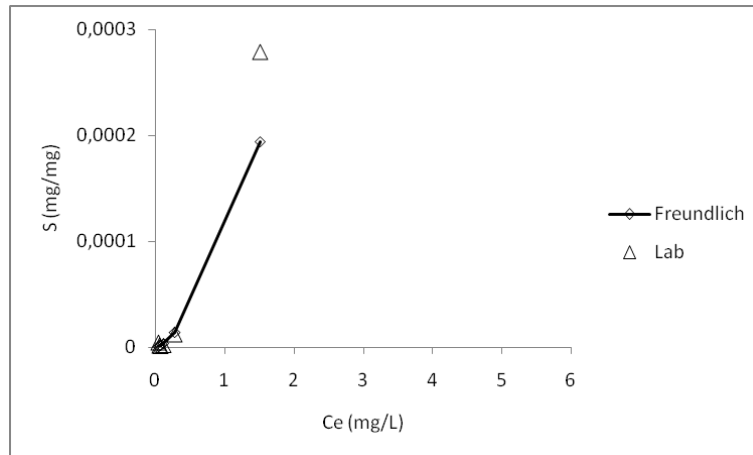
O modelo de Freundlich foi o que melhor ajustou os resultados experimentais. Entretanto, devido as baixas leituras de concentração de equilíbrio, não se pode afirmar que a isoterma de Freundlich traçada na Fig. 4.32 represente o comportamento sortivo dos RCD em relação ao Pb^{2+} para valores mais elevados de C_e .



(a) Cinza



(b) Vermelho



(c) RCD Viçosa

Figura 4.30: Isotermas de sorção do ensaio 2 para o Pb^{2+} nas amostras de RCD: (a) Cinza, (b) vermelho e (c) Viçosa.

Na Figura 4.31 apresenta-se um resumo das isotermas de Freundlich referentes aos resultados experimentais da sorção por metal (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+}) para cada tipo de RCD (cinza, vermelho e Viçosa).

Verificou-se que, para mesmas faixas de concentração de equilíbrio, os RCD de Viçosa foram os que mais sorveram Mn^{2+} e Cd^{2+} . Já o Zn^{2+} foi mais sorvido pelos RCD cinza.

Quanto ao Pb^{2+} , nas soluções multiespécies, foram detectadas baixíssimas concentrações iniciais (C_0) (Equação 3.1) deste metal em relação às concentrações estabelecidas para cada solução. Fato semelhante foi relatado por Moreira et al. (2009), que observou que em virtude da alta concentração de cloreto no percolado de RSU (450 mg. L^{-1}), ao se adicionar chumbo ocorria sua precipitação na forma de cloreto de chumbo ($PbCl_2$), tendo sido necessário adicionar Pb^{2+} em excesso para obtenção da concentração desejada.

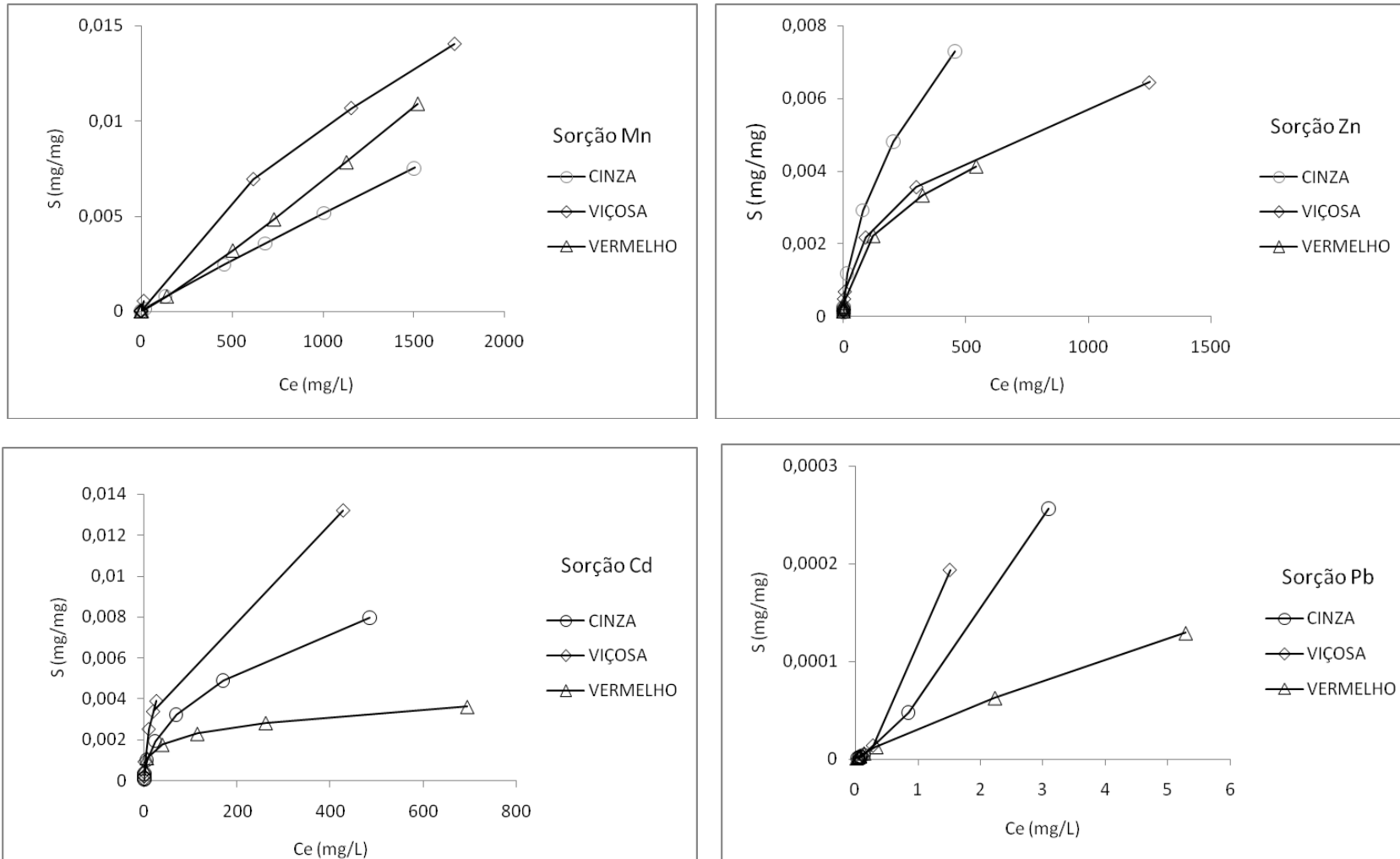


Figura 4.31: Isotermas de Freundlich: Sorção por metal (Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+}) para cada tipo de RCD (cinza, vermelho e de Viçosa).

De modo geral, os modelos de Freundlich e, ou de Langmuir não ajustaram satisfatoriamente os resultados experimentais. Alguns dos fatores que podem ter concorrido para este comportamento são discutidos no que se segue

Na preparação das soluções multiespécies, a adição dos sais de nitratos ao percolado pode ter provocado a formação de precipitado na superfície das soluções (Figura 4.32). Isso se deve ao valor elevado do pH do percolado, que permitiu a ocorrência de reações químicas com os metais, removendo-os das soluções na forma de precipitados não solúveis.



Figura 4.32: Preparo das soluções. À esquerda tem-se apenas o percolado de RSU e à direita percolado com adição de sais de nitrato.

Outra possibilidade é que, em meio alcalino, parte dos íons da solução tenham sido complexados pela matéria orgânica presente no percolado, representada pela DQO, DBO e COT, apresentadas na Tabela 4.14.

Não se pode descartar a possibilidade de imprecisões nas leituras das concentrações dos metais pelo equipamento de absorção atômica, bem como, nas diluições realizadas, que foram necessárias, devido à extrapolação de alguns valores de concentrações nas curvas padrão.

De forma geral, pode-se afirmar que, nas condições do presente experimento, os RCD de Viçosa e cinza foram os que tiveram melhor comportamento sortivo, sendo estes dois resíduos os que apresentaram pH mais elevado (Tabela

4.12). Provavelmente, a presença de carbonatos e hidróxidos, que são componentes constituintes do cimento, nos RCD cinza e de gesso nos RCD de Viçosa, contribuíram para a melhor sorção de metais nestes resíduos.

CONCLUSÕES

Tendo em vista a inexistência de dados referentes ao gerenciamento de resíduos de construção civil e demolição em Viçosa, realizou-se um diagnóstico detalhado da geração, transporte e disposição de RCD no município e sugeriu-se uma proposta diferenciada de gestão dos RCD. Dessa pesquisa extraem-se as seguintes conclusões:

1) Em relação aos agentes envolvidos na geração e transporte de RCD:

- ✓ A provável origem dos RCD (em 2009 e 2010) em Viçosa, com base nas obras licenciadas, é de:
 - 91 % em 2009 e 86% em 2010 para novas edificações;
 - 4 % em 2009 e 2% em 2010 para pequenas obras;
 - 4 % em 2009 e 10% em 2010 para reformas e ampliações;
 - 1 % em 2009 e 2% em 2010 para demolições;
- ✓ Observou-se um aumento de aproximadamente 40% no total de áreas licenciadas, entre os anos de 2009 e 2010, compatível com o aumento do número de obras em andamento no município.
- ✓ Existem quatro empresas que administram aterros de RCD licenciados, atuando no transporte de RCD em Viçosa;
- ✓ Informações relativas aos coletores informais são contraditórias, assim, não foi possível precisar o número de carroceiros atuando nesse setor e os volumes transportados.

2) Em relação à estimativa de geração de RCD:

- ✓ Os valores encontrados para a *geração diária de RCD* ($113,48 \text{ t. dia}^{-1}$) e a *taxa de geração per capita* ($1,57 \text{ Kg. (hab. dia)}^{-1}$) são elevados quando comparados com os de outros municípios de mesmo porte. Este fato pode ser atribuído à grande demanda, no momento, por novas moradias, no município;
- ✓ A média de geração de RCD por habitante encontrada foi de $490,11 \text{ kg. (hab. ano)}^{-1}$.

3) Em relação aos pontos de descarte clandestinos e áreas de disposição de resíduos no município:

- ✓ Mapearam-se cinquenta e dois pontos de deposição clandestina na zona urbana do município;
- ✓ Mapearam-se vinte e duas áreas de disposição de resíduos no município, sendo apenas treze licenciadas;
- ✓ Diversas irregularidades estão relacionadas com a má operação dos bota-foras e são as maiores responsáveis pelos impactos ambientais;
- ✓ Por meio de um mapa elaborado de rede de drenagem, observou-se a intervenção de alguns bota-foras em APP;
- ✓ Identificaram-se em diversas estradas rurais de Viçosa pontos de deposições de volumes consideráveis de RCD, possivelmente, transportados por veículos automotores, o que sugere uma ação clandestina por parte de empresas ou indivíduos.

4) A *proposta para uma gestão diferenciada de Resíduos da Construção Civil para o Município de Viçosa, MG*, que não buscou esgotar o tema, nem abordar todos os aspectos relativos à elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PIGRCC), teve como medidas principais:

- ✓ A proposição da implantação de pontos de recebimento de pequenos volumes de RCD e redes de manejo de grandes volumes;
- ✓ A execução de mapa de locação de unidades de recebimento de pequenos volumes privilegiando o aproveitamento de terrenos já utilizados para deposição clandestina de RCD;
- ✓ Incentivar a reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
- ✓ Promover ações educativas com vistas a reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação e adequada destinação;
- ✓ Promover ações de orientação, fiscalização e de controle dos agentes envolvidos.

Outros aspectos abordados foram a determinação da composição física dos RCD gerados, com base nas recomendações da Resolução CONAMA N.º 307/2002, e a avaliação da capacidade de retenção de metais traço pelas partículas mais finas dos RCD, por meio de ensaios de equilíbrio em lote, tendo em vista sua possível utilização como barreira química. Desta etapa da pesquisa, conclui-se que:

5) Em relação à determinação da composição gravimétrica da amostra de RCD de Viçosa - MG:

- ✓ Elevada porcentagem (92,65%) de RCD corresponde aos resíduos classe A, passíveis de serem reutilizados ou reciclados como agregados;
- ✓ A presença de areia/solo (44,41%) evidencia a prática de disposição de solo misturados aos RCD;
- ✓ A massa específica aparente dos RCD calculada é de $0,98 \text{ t.m}^{-3}$.

6) Em relação à sorção de Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} e Pb^{2+} pelas partículas mais finas dos RCD estudados

a) Ensaio 1:

- ✓ O modelo de Langmuir foi o que melhor ajustou os resultados experimentais. Em alguns casos não foi possível ajustar nenhum dos dois modelos aos resultados dos ensaios.
- ✓ Não foi possível definir a sequência de adsorção dos metais para cada um dos três tipos de resíduos;
- ✓ Os baixos valores na leitura da concentração inicial de alguns metais sugere que pode ter ocorrido sorção e, ou precipitação.

b) Ensaio 2:

- ✓ Mn^{2+} : o modelo de Freundlich foi o que melhor ajustou os resultados experimentais para os três tipos de RCD, entretanto, com baixos valores do coeficiente de determinação para os RCD cinza e de Viçosa.
- ✓ Zn^{2+} : o modelo de Freundlich foi o que melhor ajustou os resultados dos ensaios para os RCD cinza e vermelho, enquanto que para os RCD de Viçosa, o melhor ajuste foi proporcionado pela isoterma de Langmuir. Em todos os casos, os ajustes se mostraram pouco satisfatórios.
- ✓ Cd^{2+} : da mesma forma, o modelo de Freundlich foi o que melhor ajustou os resultados experimentais para os RCD cinza e de Viçosa. Em relação aos RCD vermelhos, o melhor ajuste foi proporcionado pela isoterma de Langmuir. Em todos os casos, entretanto, os ajustes se mostraram pouco satisfatórios.
- ✓ Pb^{2+} : Como só se dispunha de leituras para valores baixos da concentração de equilíbrio, não se pode afirmar que a isoterma de Freundlich represente o comportamento sortivo dos RCD em relação ao Pb^{2+} , para valores mais elevados de C_e .

c) No experimento como um todo:

- ✓ Verificou-se que, de modo geral, as isotermas de Freundlich e Langmuir não refletiram bem a sorção dos metais estudados aos RCD;
- ✓ O pH elevado do percolado possibilitou a ocorrência de reações químicas com os metais, removendo-os das soluções na forma de precipitados não solúveis;
- ✓ É possível que, em meio alcalino, parte dos íons da solução tenha sido complexada pela matéria orgânica presente no percolado;
- ✓ Devem ser consideradas as possibilidades de imprecisão nas leituras das concentrações e nas diluições;
- ✓ Nas condições do presente experimento, os RCD de Viçosa e cinza foram os que tiveram comportamento sortivo mais significativo.

Para prosseguimento da etapa experimental da pesquisa sugere-se:

- ✓ Realizar novos ensaios de equilíbrio em lote, com faixas de concentrações iguais para os metais em análise, aumentando os valores das concentrações de metais nas soluções multiespécies;
- ✓ Utilizar soluções preparadas a partir do percolado de RSU e, em paralelo, fazer o mesmo experimento substituindo o percolado por água deionizada, a fim de verificar possíveis diferenças na sorção dos metais aos RCD;
- ✓ Coletar percolados de aterros de resíduos sólidos novos
- ✓ A cada dez leituras realizadas, propõe-se a leitura de soluções, uma para cada metal, com concentrações conhecidas, para garantir a precisão dos resultados.

7) Considerações finais

O intuito deste trabalho foi o de contribuir com a proposição de medidas que, se colocadas em prática, constituam um avanço em relação à atual gestão dos RCD no Município de Viçosa – MG. Espera-se que as informações levantadas e analisadas possam subsidiar tomadas de decisões, em especial do poder público municipal, na melhoria do gerenciamento dos RCD, e em atendimento às legislações ambientais.

Grande parte das informações descritas neste trabalho é fruto de uma exaustiva pesquisa junto aos órgãos municipais e iniciativa privada, que só foi viável devido à permissão de acesso às informações, áreas de disposições e documentos. Alguns contratemplos foram observados durante a pesquisa, devido à burocracia a ser seguida em alguns momentos, eventual mudança de funcionários que ocupavam cargos nas empresas e nos órgãos municipais, entre outros. Por vezes foi necessário, praticamente, retornar ao ponto inicial da pesquisa, e reestabelecer a cooperação com alguns dos novos agentes envolvidos.

Nesse contexto, recomenda-se que, para eventuais novos trabalhos desta natureza, antes do início das atividades sejam estabelecidos, entre todos os agentes envolvidos no processo (pesquisadores, empresas e poder municipal), termos de cooperação, sendo interessante a realização de reuniões com todos durante o decorrer da pesquisa. Além disso, seria importante o envolvimento das empresas de construção civil atuantes no Município de Viçosa.

Por fim, é importante ressaltar que as informações geradas nesta pesquisa, como deposições, estimativas de geração, empresas atuantes no setor, entre outras, referem-se ao período da pesquisa e a utilização destas informações requer atualização.

REFERÊNCIAS

- ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (1999). *Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio*. São Paulo-SP. ABCP, ET- 35. 51p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). *ABNT: NBR 10004/2004 – Resíduos sólidos: Classificação*.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). *ABNT: NBR 15112/2004 – Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação*.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). *ABNT: NBR 15113/2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos volumosos – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação*.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). *ABNT: NBR 15114/2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação*.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). *ABNT: NBR 15115/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos*.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). *ABNT: NBR 15116/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos*.

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 7181/84 *Solo: análise granulométrica conjunta*. Rio de Janeiro.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). NBR 6508/84. *Solo: Determinação da massa específica aparente*. Rio de Janeiro.
- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (2011). *Panorama dos Resíduos Sólidos 2011*. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm. Acesso em: julho de 2012.
- AFFONSO, F.J.A. (2005) *Caracterização de agregados reciclados de resíduos da construção e demolição (RCD) para uso em camadas drenantes de aterros de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação de mestrado. 160p.
- ALGARVIO, D.A.N. (2009) *Reciclagem de resíduos de construção e demolição: Contribuição para controlo do processo*. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa. Dissertação de mestrado. 92p.
- ALMG - ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS (2011). *Municípios mineiros*. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/home/index.html>. Acesso em: maio de 2011.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. (2001) *Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcáreo no sistema de plantio direto*. Pesquisa agropecuária brasileira. V. 36, nº 4, p. 695-702.
- ÂNGULO, S. C. (2005) *Caracterização de Agregados de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados e a Influência de suas Características no Comportamento Mecânico dos Concretos*. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado. 149 p.

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater* - 19^o ed. New York, APHA, AWWA, WPCR.
- ASTM International (2008). *Standard test method for 24 – h Batch- type Measurement of Contaminant Sorption by Soils and Sediments*. 4p.
- AZEVEDO, G.O.D.; KIPERSTOK, A.; MORAES, L.R. (2006). *Resíduos da construção civil em Salvador: Os caminhos para uma gestão sustentável*. Engenharia Sanitária e Ambiental, V. 11, nº 1, p. 65-72.
- BOSCOV, M.E. (2008). *Geotecnia Ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 248p.
- BRASIL (2010). *Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*.
- BRASIL (1998). *Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente; e dá outras providências*.
- CÂMARA MUNICIPAL DE VIÇOSA. *Lei Municipal nº 1.609/2004. Dispõe sobre a regulamentação dos serviços de remoção de entulhos com caçambas e outros meios de transportes e dá outras providências*.
- CÂMARA MUNICIPAL DE VIÇOSA Lei Municipal nº 1.523/2002. *Institui o Código de Meio Ambiente para o Município de Viçosa e dá outras providências*.
- CÂMARA MUNICIPAL DE VIÇOSA Lei Municipal nº 1.420/2000. *Institui a Lei de Ocupação, Uso do Solo e Zoneamento do Município de Viçosa*.
- CARNEIRO, F.P. (2005). *Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife*. João pessoa: Universidade Federal da Paraíba. Dissertação de mestrado. 160p.

- CARVALHO, A.L. (2006). *Efeitos da recirculação do percolado sobre a qualidade do efluente do lixo doméstico de diferentes idades*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Tese de doutorado. 116p.
- CARVALHO, A.L.; MASTOS, A.T.; HAMAKAWA, P.J.; AZEVEDO, R.F. (2006). *Produção de percolados por resíduos sólidos urbanos de diferentes idades, na presença de resíduos da construção civil e sob recirculação*. Revista Engenharia na Agricultura. V. 14, nº 2, p. 131-138.
- CASSA, J. C.; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S. (2001). *Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: projeto entulho bom*. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 312p.
- CODEMA - CONSELHO MUNICIPAL DE DEFESA E CONSERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE Deliberação Normativa. Nº 06/2006 - *Dispõe sobre normas específicas para licenciamento ambiental para a atividade de movimentação de terra e afins e dá outras providências*.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 348, de 17 de agosto de 2004. *Altera a Resolução CONAMA Nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res04/res34804.xml>. Acesso em: Jul/2009.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 307, de 05 de julho de 2002. *Dispõe sobre a gestão dos resíduos da construção civil*. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: Jul/2009.
- DEPA - DANISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2007) *Waste statistics 2005. Environmental review n. 6*, 69p.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (2011). *Building – Related Construction and demolition material amounts*, 60p.

- FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (2008). *Plano de Gerenciamento Integrado de resíduos de construção civil*. Belo Horizonte – MG.
- FERRAZ, A.L.N. e SEGANTINI, A.A.S. (2004). *Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento*. Disponível em: www.ppgec.feis.unesp.br. Acesso em: julho/2009.
- GOMES, L.P. (2009). *Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras*. PROSAB: Rio de Janeiro/ABES. 360p.
- GOOGLE MAPS (2011). *Mapa de Viçosa e Belo Horizonte no Estado de Minas Gerais*. Disponível em: <https://maps.google.com/maps?hl=pt-PT&tab=ll>. Acesso em: março de 2011.
- GUTIERREZ, K.G (2006). *Remoção de metais pesados de percolados de percolado submetido à recirculação em células de resíduo sólido urbano*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de mestrado. 87p.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2010). *“Contagem da população”*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>.
- IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (2000). *Lixo Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado*. Coordenação: Maria Luiza de D’Almeida e André Vilhena. São Paulo: IPT/CEMPRE, 370p.
- ISO 14001:1996. *Sistemas da gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso*.
- JESUS, S.C. *Estudo in situ e em laboratório da mobilidade de metais pesados em solo*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Tese de doutorado. 149p.

- JORDÃO, C.P.; ALVES, N.M.; PEREIRA, J.L.; BELLATO, C.R.; ALVAREZ, V.H. (2000) *Adsorção de íons cu^{2+} em latossolo vermelho-amarelo húmico*. Química Nova, Vol.23, Nº. 1, p.5-11.
- KARPINSKI, L.A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; GUIMARÃES, J.; KUREK, J.; PANDOLFO, L.; GUIMARÃES, J. (2009). *Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem Ambiental*. Porto Alegre: ediPUCRS.
- KARPINSKI, L.A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; GUIMARÃES, J.; PANDOLFO, L.; KUREK, J.; ROJAS, J.W.J. (2008). *Gestão de resíduos da construção civil: uma abordagem prática no Município de Passo Fundo – RS*. Estudos tecnológicos, v.4, nº 2; 69-87.
- KARPINSKI, L.A. (2005) *Proposta de gestão dos resíduos da construção civil para o Município de Passo Fundo – RS*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo. Dissertação de mestrado. 160p.
- KLEIN, S.E.S. (2002) *Diretrizes de gestão ambiental na indústria da construção civil de edificações*. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau. Dissertação de mestrado. 90p.
- LEITE, F.C. (2007). *Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduos sólidos da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado. 216p.
- LEITE, M. B. (2001). *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. 270p.
- LEITE, J.C. (2000). *Estudos laboratoriais de percolação em colunas de misturas de solos lateríticos compactadas: Equipamentos e ensaios*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos. Tese de Doutorado. 223p.

- LEVY, S.M. (2001) *Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Tese de doutorado. 208p.
- LIMA, J.A.R (1999). *Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduos de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas de concreto*. São Paulo: Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado. 240p.
- MAIA, A.L.; MACHADO, F.M.; FREITAS, F.A.M.; SILVA, L.M.C.; SANTOS, R.R.D.; FERREIRA, R.H. (2009) *Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil – PGIRCC*. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro. 44 p.
- MALHEIRO, P. (2008) *Setenta por cento dos resíduos de construção e demolição sem paradeiro*. *Água & Ambiente – O jornal de negócios do ambiente*.
- MARINS, R.V.; PAULA FILHO, J.; MAIA, S.R.R.; LACERDA, L.D.; MARQUES, W.S. (2004) *Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira*. *Química Nova*, Vol.27, Nº. 5, p.763-770.
- MATOS, A. T. (2004) (a) *Práticas de qualidade do meio físico ambiental*. Roteiro de aula prática ENG 647 (Qualidade do Meio Físico Ambiental). Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental. UFV, Viçosa – MG. 64p.
- MATOS, A.T. (2004) (b) *Qualidade do meio físico ambiental*. Caderno didático nº 33, ENG 647. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 167p.
- MIRANDA, L.F.R.; ÂNGULO, S.C.; CARELI, E. D. (2009). *A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, V.9, n.1, p. 57-71, jan-mar.

- MIRANDA, L.F.R. (2000). *Estudos de fatores que influem na fissuração de revestimentos com argamassas com entulho reciclado*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado. 190p.
- MOREIRA, D.A.; MARTINEZ, M.A.; SOUZA, J.A.R; MATOS, A.T.; REIS, C.; BARROS, F.M. (2010) *Fatores de retardamento e coeficientes de dispersão-difusão de metais pesados em resíduos da construção civil*. Taubaté: Ambiente e Água, Vol.5, Nº. 2, p.77-86.
- MOREIRA, D.A.; MARTINEZ, M.A.; SOUZA, J.A.R; MATOS, A.T.; BATISTA, R.O.. (2009). *Parâmetros de transporte de metais pesados em resíduos sólidos urbanos Viçosa*. Engenharia na Agricultura, Vol.17, Nº.4, p.317-322
- MOREIRA, D.A. (2008). *Remoção de metais pesados do percolado de aterro sanitário usando resíduos sólidos urbanos e de construção civil*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Tese de doutorado. 76 p.
- MOTTA. R.S. (2005) *Estudo laboratorial de agregados reciclado de resíduo da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado. 161p.
- NETO, J. da C.M (2009) *Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI_15)*. São Carlos: Universidade de São Carlos. Tese de doutorado. 669p.
- NETO, J. da C.M (2004) *Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil*. São Paulo: RIMA, 162p.
- OLIVEIRA (2004). *Avaliação da qualidade da água subterrânea a jusante do depósito de resíduos municipais de Botucatu – SP. Determinação de alguns parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário*. Botucatu: Universidade Estadual Paulista. Tese de doutorado.
- PEREIRA, S.C.M. (2007). *Desenvolvimento de uma sistemática de ação para*

elaboração de planos de gerenciamento integrado de resíduos sólido domiciliares. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de mestrado. 143p.

PINTO, T.P. (2009) (a). *Resíduos da construção civil – Nova legislação permite rápido avanço para normas técnicas e novas soluções*. Disponível em: www.ietsp.com.br. Acesso em: julho/2009.

PINTO, T.P. (2009) (b). *Gerenciamento de resíduos*. Revista Construção Mercado. São Paulo, n.91, p. 16-17.

PINTO, T. P. (2005) (a). *Resíduos da Construção Civil: Soluções Sustentáveis para um grave problema urbano – Novas Normas, Legislação e soluções*. São Paulo: Informações e Técnicas.

PINTO, T.P. (2005) (b). *Gestão Ambiental dos Resíduos da Construção Civil: A experiência do SINDUSCON – SP*. São Paulo, 48p.

PINTO, T.P. e GONZÁLEZ, J.L.R. (2005). *Manejo e gestão de resíduos da construção civil*. Brasília: CAIXA, 167p.

PINTO, T.P. (1999). *Metodologia para a gestão diferenciada dos resíduos sólidos da construção urbana*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 218p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VIÇOSA (2009). *Prefeitura Municipal de Viçosa: A cidade*. Disponível em: www.vicosa.mg.gov.br. Acesso em: julho/2009.

PROSAB - PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO (2003). *Resíduos Sólidos urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte*. Coordenador: Armando José Castilho Junior. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 280p.

REGINATTO (2009). *Comportamento reativo e hidráulico de um Solo residual compactado com adição de Cimento para aplicação em barreiras Impermeáveis de aterros de resíduos sólidos*. Passo Fundo: Universidade

de Passo Fundo. Trabalho de conclusão de curso de engenharia Ambiental. 94p.

REGGIO, A.; OHASHI, T. (2008) *Novo panorama para resíduos de construção e demolição (RCD)*. Revista Areia e Brita, São Paulo, V. 44, p. 26-27.

RUIVO, J.; VEIGA, J. (2004). *“Resíduos de Construção e Demolição: Estratégia para um Modelo de Gestão”*. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Trabalho final de curso – Engenharia do Ambiente. 77p.

SAAE - SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO (2011). O SAAE. Disponível em: <http://www.saaevicosa.com.br/portal/?p=1479#>. Acesso em: Abril de 2011.

SAAE/iPlanus - SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO/iPlanus Engenharia e Sistemas (2009). *Base cartográfica*. Projeto Viçosa digital.

SANTOS, E.C.G; PALMEIRA, E.M. *Estruturas de solo reforçados e resíduos de construção e demolição reciclados*. Disponível em: www.revistafundacoes.com.br/pdf/revista%2006/FOG6_geo_amb.pdf. Acesso em: março de 2011.

SAPATA, S.M.M. *Diagnóstico e proposta para gerenciamento do resíduo de construção civil no Município de Maringá – PR*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de mestrado. 203p.

SARDÁ, M.C. (2003) *Diagnóstico do resíduo da construção civil gerado no Município de Blumenau-sc. Potencialidades de uso em obras pública*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de mestrado. 144p.

SIMÕES, C.A. (2009). *Estudo da rede de gerenciamento de pequenos volumes de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: uma análise espacial com o apoio do geoprocessamento*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de mestrado, 122p.

- SINDUSCON - SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL (2008). *Gerenciamento de resíduos da construção civil*. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 72p.
- SIRKIS, A. *A ecologia urbana e o poder local*. Rio de Janeiro: Ondazul, 1999. 324p.
- SOUSA, H.A.; (1998). *Estudo da contaminação ambiental na área do aterro sanitário da BR-040, da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (MG)*. Ouro Preto: UFOP. Dissertação de mestrado.147p.
- TÉCHNE (2005). *Reciclagem: uso de resíduos da construção*. São Paulo: Editora Pini. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/126/imprime62005.asp>. Acesso em: julho de 2009.
- ULSEN, C. (2006). *Caracterização tecnológica de resíduos de construção e demolição*. São Paulo: USP. Dissertação de mestrado. 200p.
- UFV/FEAM - Universidade Federal de Viçosa/Federação Estadual do Meio Ambiente, MG (2010). *Relatório do projeto Estruturador Resíduos Sólidos - Minas Sem Lixões* (relatório interno).
- ZORDAN, S.E (2009) *Entulho da indústria da construção civil*. São Paulo: PCC-EPUSP. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acesso em: julho de 2009.

ANEXO 1



**PREFEITURA MUNICIPAL DE VIÇOSA - MG
SECRETARIA MUNICIPAL DE AGRICULTURA E
MEIO AMBIENTE**

***TERMO DE REFERENCIA - AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE
ÁREA COMO BOTA FORA POR PRESTADOR DE SERVIÇOS DE
CAÇAMBA E OUTROS MEIOS DE TRANSPORTE***

Considerando que as Atividades de movimentação de terra deverão obedecer ao disposto na Lei Municipal 1.609/2004 que dispõe sobre a regulamentação dos serviços de remoção de entulhos com caçambas e outros meios de transportes e dá outras providências e na Deliberação Normativa CODEMA 06/2006 que dispõe sobre normas específicas para licenciamento ambiental para a atividade de movimentação de terra e afins e dá outras providências.

Considerando que de acordo com a Lei 1.609/2004, Art. 4º, parágrafo 1º “A Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente, com anuência prévia do CODEMA, deverá emitir parecer sobre o (s) local (is) apresentado (os) pela empresa ou pessoa física, informando as condições de uso e manejo do mesmo”.

Considerando que de acordo com DN CODEMA 06/2006, Art. 3º - “Para execução da atividade de movimentação de terra o empreendedor deverá observar as determinações estabelecidas pelo IPLAM e pelo DEMA”.

Esse Termo de Referência não pretende esgotar todas as questões relativas aos impactos ambientais da implantação de projetos de parcelamento do solo urbano. Cabe à empresa responsável por sua elaboração justificar a exclusão de alguns itens previstos bem como a inclusão de outros considerados importantes para a discussão e avaliação da qualidade ambiental do empreendimento.

Para emissão de autorização para deposição de terra em área de Bota Fora por prestadores de serviços, devidamente inscritos na Secretaria Municipal de Fazenda (Lei 1.609/2004, Art. 3º), independente do volume de terra a ser depositado, é necessário a apresentação dos seguintes documentos:

1 - Dados da empresa prestadora de serviço de remoção que irá utilizar a área

Nome e endereço do (s) Proprietário (s)
Endereço da empresa
CNPJ da empresa
Cópia do Alvará de Localização e funcionamento

2 - Dados da área de Bota Fora

Nome e endereço do (s) Proprietário (s)
Endereço do Aterro (Bota Fora)
Título de propriedade da área ou comprovante de posse

Averbação de Reserva Legal, em caso de propriedade rural
Certidão Negativa de Débitos de IPTU
Declaração assinada pelo proprietário do terreno a ser utilizado como bota fora autorizando sua utilização

3 - Projeto do Bota Fora

- a. Memorial descritivo da área em que conste dentre outras informações, a capacidade física do terreno, ou seja, vida útil do bota fora
- b. Cartografia básica
 - i. Planta de situação da área do Bota Fora;
 - ii. Seções transversais - tipo do terreno.
 - iii. Levantamento planialtimétrico da área, com curvas de nível de 1 em 1 m (Referência de Nível).
- c. Plano de Controle de Erosões na área do Bota Fora, contemplando medidas de contenção da terra, proteção de nascentes, cursos d'água e lagoas existentes no local e seu entorno de acordo com o Art.10º da DN CODEMA 06/2006 - *“É obrigatória adoção de medidas de proteção de todos os corpos d'água passíveis de serem impactados pela atividade de remoção de terra (...)”*;
- d. Plano de monitoramento abordando obras destinadas a contenção de encostas e drenagem pluvial as quais deverão ser executadas antes e durante o aterramento da área;
- e. Proposta de revegetação e paisagismo a ser adotado na área do Bota fora ao final de sua vida útil.

4 - Anotação de Responsabilidade técnica do (s) profissional (is) responsável (is) pelos estudos e projetos apresentados e pelo monitoramento da área.

Após abertura de processo no IPLAM com a apresentação da documentação acima citada, o DEMA realizará vistoria *“in loco”* e emitirá parecer, encaminhando em seguida o referido processo ao CODEMA para anuência.

A Autorização para que o prestador de serviços utilize a área do Bota Fora será emitida em três vias, as quais serão assinadas pelo proprietário do terreno, pelo prestador de serviços, pelo Chefe do DEMA/SEAMA e pelo Presidente do CODEMA.

Chefe do Departamento de Meio Ambiente da
Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente
(DEMA/SEAMA)

ANEXO 2

FICHA DE INSPEÇÃO

EMPRESA:

Tempo de atuação:

Equipamentos utilizados	Capacidade volumétrica (m ³ / viagem)	Carga típica (t/ viagem)	Percurso (km)	Faixa de preço (viagem)	Número total de veículos

Meses	Número de viagens mensais (número de caçambas)	Reformas, ampliação e demolição (número de caçambas)
Junho		
Julho		
Agosto		
Setembro		
Outubro		
Novembro		
Dezembro		
Janeiro		
Fevereiro		
Março		
Abril		
Maio		