

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS**  
**Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica**

MARCIA CRISTINA MOTA  
TEOBALDO ESTEVES GOMES JÚNIOR

**REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE DEMOLIÇÃO  
EM OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: processo de reciclagem da  
usina BR 040 PBH/SLU**

BELO HORIZONTE – MG  
Junho/2018

MARCIA CRISTINA MOTA  
TEOBALDO ESTEVES GOMES JÚNIOR

**REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE DEMOLIÇÃO  
EM OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL : processo de reciclagem da  
usina BR 040 PBH/SLU**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Engenharia de Estrutura e de Construção Civil

**Orientador de Conteúdo:** Prof. Esp. Joubert Paulo Ferreira

**Orientadora de Metodologia:** Prof<sup>a</sup>. Dra. Jocilene Ferreira da Costa

BELO HORIZONTE – MG

Junho/2018

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## TERMO DE ACEITE DO ARTIGO

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha esposa Amanda Nunes Rocha, por ter me dado vários solavancos, puxões de orelha a fim de que não desistisse de terminar este martírio. Por ter tido paciência e carinho na trajetória de meus estudos. Aos meus filhos de quatro patas (Paquita, Leonel e Grey) que estiveram ao meu lado, colo, ombro e pés enquanto redigia este trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço a Deus, ser superior e divino, que nos deu força e saúde para vencer as dificuldades. À FEAMIG, composta por professores, diretores e administradores capazes e dotados de muita empatia, que nos deram a chance de iniciar este trabalho com considerações especiais para sua conclusão. Ao nosso orientador Joubert Paulo Ferreira, pelo enorme suporte prestado, pelo incentivo e força para continuarmos. À professora Jocilene Ferreira da Costa pela oportunidade e apoio. Agradecemos à Gescica Kyara e Enderson Amorim pelo start do tema, o que nos proporcionou a busca pelo aprofundamento desta valiosa pesquisa.*

*“A RECICLAGEM começa primeiro na MENTE,  
recicle a mente.” (Andrea Taiyoo)*

## RESUMO

Um método bem difundido é a reciclagem de materiais como: metais, papel e vidro, no entanto, ainda há pouca abrangência no reaproveitamento dos resíduos de concreto da construção civil. O presente trabalho abordará o processo de reciclagem dos resíduos sólidos de demolição gerados na cidade de Belo Horizonte/MG e região, bem como serão apresentados os benefícios da aplicação deste material em novas obras. Pretende-se identificar através deste estudo, métodos efetivos para o reaproveitamento dos RCCD, transformando-os em insumos ecoeficientes para a cadeia produtiva da construção civil, um exemplo é o trabalho realizado pela SLU/PBH, que possui grande relevância neste setor, no entanto, diante da falta de investimentos, a usina não atende a demanda de resíduos gerados, assim, as empresas da ICC têm um novo mercado a ser explorado, pois a reciclagem e reaproveitamento de RCCD trazem benefícios ambientais, econômicos e sociais. Ao final o leitor terá uma visão crítica e reflexiva quanto ao desenvolvimento do Brasil na seara da construção civil, e quais as possibilidades de preservação do meio ambiente, através da inserção dos insumos e subprodutos gerados no processo de reciclagem e reaproveitamento de RCCD.

Palavras-chave: Reciclagem. Reutilização. Resíduos. Construção. Usina.

## **ABSTRACT**

A very widespread method is the recycling of materials such as metals, paper and glass, however, there is still little scope for reuse of concrete from construction. The present work will address the recycling process of the solid demolition waste generated in the city of Belo Horizonte / MG and region, as well as the benefits of the application of this material in new works. The aim of this study is to identify effective methods for the reuse of RCDs, transforming them into eco-efficient inputs for the productive chain of civil construction. One example is the work carried out by SLU / PBH, which has great relevance in this sector, however, given the lack of investments, the plant does not meet the demand for waste generated, thus, ICC companies have a new market to be explored, since recycling and reuse of RCCD brings environmental, economic and social benefits. In the end, the reader will have a critical and reflective view on the development of Brazil in the field of civil construction, and what are the possibilities of preserving the environment, through the insertion of the inputs and by-products generated in the RCCD recycling and reuse process.

Keywords: Keyword list. Separated by semicolons. Initial capital letter. From three to five keywords.

## LISTA DE IMAGENS

1 RCCD descartado de forma inadequada.....	22
2 RCCD estocado provisoriamente na SLU/PBH – BR 040.....	35
3 Britador.....	36
4 Alimentador vibratório.....	37
5 Grelha vibratória.....	37
6 Pilha de bica corrida.....	38
7 Pilha de rachão.....	39
8 Esteira distribuidora por granulometria.....	39
9 Produção de areia e bica corrida.....	41
10 Brita.....	42
11 Areia.....	42

## LISTA DE TABELAS

1 Estimativa de geração de RCC em alguns países .....	17
2 Cidades brasileiras com maior geração de RCCD.....	33
3 Diâmetro do material e destino no processo de granulometria.....	40
4 Valor comercial dos produtos reciclados.....	43
5 Valor comercial dos produtos industrializados.....	43

## LISTA DE SIGLAS

ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
ERE	Estação de Reciclagem de Entulho
ICC	Indústria da construção civil
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
RCCD	Resíduos da Construção Civil e Demolição
SLU	Superintendência de Limpeza Urbana

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.2 Problema de pesquisa.....	16
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo geral.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Justificativa.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Construção civil.....	19
2.2 Resíduos.....	20
2.2.1 Resíduos da construção civil e demolição.....	21
2.2.2 Destinação de RCCD.....	22
2.3 Reaproveitamento de RCCD.....	23
2.3.1 Processo de reaproveitamento de RCCD.....	24
2.3.2 Superintendência de limpeza urbana.....	24
3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	26
3.1 Pesquisa quanto aos fins.....	26
3.2 Pesquisa quanto aos meios.....	27
3.2.1 Pesquisa bibliográfica.....	28
3.2.2 Pesquisa documental.....	29
3.2.3 Estudo de caso.....	29
3.3 Universo e amostra.....	29
3.4 Formas de coleta de dados.....	30

3.5 Organização de estudo.....	30
3.6 Limitações de pesquisa.....	31
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	32
4.1 Visita técnica.....	32
4.2 Processo de reciclagem de RCCD na SLU/PBH – BR 040.....	34
4.2.1 Recebimento.....	34
4.2.2.Triagem.....	35
4.2.3 Operação de britagem.....	36
4.2.4 Estocagem e expedição.....	40
4.3 Resultados.....	44
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
APÊNDICES.....	52
Apêndice A – Artigo aprovado na Revista Paramétrica.....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da Indústria da Construção Civil (ICC) tem impactado no consumo dos recursos naturais do planeta. Na medida em que o avanço ocorre, demanda uma quantidade significativa de matéria prima e, conseqüentemente, gera-se um grande volume de resíduos sólidos remanescentes. No viés do desenvolvimento sustentável da ICC, esses resíduos devem ser minimizados e reaproveitados na cadeia produtiva. Todavia, a ideia de sustentabilidade ainda não está disseminada de forma abrangente neste setor.

A ICC é uma das bases da economia brasileira com maior relevância no aspecto econômico e social, decorrente a grande demanda de mão de obra para o desenvolvimento do país, o concreto produzido por ela, é o segundo material mais consumido no mundo, ficando atrás somente do consumo de água, além disso, é o conjunto de resíduos sólidos que apresenta maior volume geométrico, de modo que seu descarte demanda espaço físico considerável, sendo este um dos grandes problemas dos centros urbanos.

Perante o impacto ambiental causado pela ICC, o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, por meio da Resolução nº 307, de cinco de julho de 2002. Com o mesmo objetivo, a Lei Federal nº 12.305/2010 regulamentou o gerenciamento de resíduos sólidos bem como as responsabilidades dos geradores e do poder público.

Historicamente, segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil ABRECON (2017), ocorre no ano de 1946, após a II Guerra Mundial, o surgimento do conceito de reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCCD), à época, o entulho das casas e edifícios bombardeados foram britados e reutilizados nas novas construções, visando atender a grande demanda de agregados na reforma das cidades europeias.

Diante desse contexto, o presente trabalho abordará os processos de reaproveitamento dos resíduos sólidos de demolição gerados na cidade de Belo Horizonte/MG e região, e assim, serão apresentados os benefícios da aplicação deste material em novas obras, criando oportunidade para a transformação de uma fonte importante de despesa em faturamento, ou, de redução dos gastos de acondicionamento, minimização do consumo de recursos naturais, energéticos e financeiros, preservando a natureza, diminuindo o impacto ambiental e otimizando processos produtivos.

Assim, pretende-se identificar através deste estudo, métodos efetivos para o reaproveitamento dos RCCD, transformando-os em insumos ecoeficientes para a cadeia produtiva da construção civil.

## 1.2 Problema de Pesquisa

Como a reciclagem e o reaproveitamento, realizado nas Estações de Reciclagem de Entulho (ERE) da SLU/PBH, auxiliam na adequada disposição dos resíduos sólidos de demolição e construção gerados pela ICC (Indústria de Construção Civil) no município de Belo Horizonte/MG e região?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo geral

Analisar o descarte dos resíduos sólidos, em específico, o concreto de demolição gerado nas construções civis das empresas de pequeno porte, e as possibilidades de reciclagem destes materiais remanescentes.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- a) Descrever o atual processo de descarte dos resíduos sólidos de concreto nas obras civis no município de Belo Horizonte/MG;
- b) Identificar os atuais processos para o reaproveitamento dos resíduos sólidos de demolição;
- c) Apresentar possibilidades para viabilizar a aplicação dos resíduos sólidos de concreto e demolição, reciclados e reaproveitados, em novas obras da ICC.

### 1.4 Justificativa

De acordo com John (2001), o maior consumidor de recursos naturais é a construção civil, que causa impacto social e ambiental, sendo necessária a conscientização para a preservação do planeta.

Nesse sentido, um método bem difundido é a reciclagem de materiais como: metais, papel e vidro, no entanto, ainda há pouca abrangência no reaproveitamento dos resíduos de concreto da construção civil. Conforme mostra a tabela 1<sup>1</sup>, o Brasil, dentre os países analisados, é o terceiro maior gerador de RCC.

**TABELA 1: Estimativa de geração de RCC em alguns países**

País	Em milhões t/ano	Quantidade anual		Fonte
		Em	Em	
		kg/habitante/ano		
Suécia	1,2 - 6	136 - 680		Tolstoy, Borklund e Carlson (1998) e EU (1999).
Holanda	12,8 - 20,2	820 - 1.300		Lauritzen (1998), Brossink, Brouwers e Van Kessel (1996) e EU (1999)

Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDF/relatoriopesquisa/120911relatorio\\_construcao\\_civil.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDF/relatoriopesquisa/120911relatorio_construcao_civil.pdf). Acesso em: 5 de maio de 2018 às 17:30.

País	Quantidade anual		Fonte
	Em milhões t/ano	Em kg/habitante/ano	
Estados Unidos	136 - 171	463 - 584	EPA (1998), Peng, Grosskopf e Kibert (1994)
Reino Unido	50 - 70	880 - 1.120	Detr (1998) e Lauritzen (1998)
Japão	99	785	Kasai (1998)
Portugal	3,2 - 4,4	325 - 447	EU (1999) e Ruivo e Veiga (apud Marques Neto, 2009)
Brasil	69	230 - 760	Abrelpe (2011), Pinto (1999), Carneiro et al. (2001) e Pinto e González (2005)

Fonte: IPEA, 2012.

Através da segregação, da destinação correta e da reciclagem, os impactos na natureza poderão ser minimizados, além de proporcionar uma redução dos custos das novas construções, a melhoria da imagem das empresas, a energia incorporada será menor, haverá aumento de racionalidade no uso do espaço físico, e conseqüentemente, a conscientização empresarial da importância de uma conduta ecologicamente correta e sustentável.

Diante das vantagens ambientais, econômicas e sociais da reciclagem e reaproveitamento dos resíduos de concreto da construção civil, o presente trabalho se apresenta como um ganho acentuado para os acadêmicos os quais terão um precedente para continuar os estudos nesta linha de pesquisa, para a sociedade, pois a preservação do meio ambiente beneficia toda a população que contará com o equilíbrio ecológico e para os profissionais da construção civil que poderão economizar financeiramente em suas obras e aumentarão seu faturamento.

Assim, o reaproveitamento dos resíduos do concreto da construção civil pretende ganhar espaço no mercado tornando-se uma prática habitual. Nos próximos capítulos serão apresentados o referencial teórico, base do presente trabalho, a metodologia, os resultados e análises do estudo de caso, e finalmente a conclusão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Referencial teórico é o resumo da bibliografia estudada, tornando-se a base para o desenvolvimento da pesquisa científica. França et al. (2008, p.83) ensinam que o referencial teórico “é a parte conceitual que fundamenta o projeto, relaciona a matéria sobre o tema sob diferentes aspectos e posições, permitindo ao pesquisador maior clareza e segurança na formulação e delimitação do problema pesquisado”.

Assim, no referencial teórico do presente trabalho serão abordados os principais conceitos correlatos ao objetivo da pesquisa, definido como a viabilidade ambiental do reaproveitamento de RCCD.

### 2.1 Construção Civil

A construção civil é a atividade ligada à produção de obras, assim, inclui-se a construção de casas, edifícios, viadutos, estradas, aeroportos, dentre outras.

O Brasil é um país em desenvolvimento, conseqüentemente, demanda novas construções para atender sua evolução, ainda que em tempos de crise, a construção civil é uma área muito dinâmica, ou seja, se relaciona diretamente com a economia do país, Nagalli (2014, p. 05), afirma que:

Nos últimos anos, a construção civil brasileira vem aumentando sua participação na economia nacional. Cerca de 15% do PIB brasileiro é do setor da construção, o que o torna um dos mais importantes ramos de produção do país. (NAGALLI, 2014, p.05)

Dessa forma a ICC gera uma grande quantidade de resíduos sólidos, que acabam por ocasionar problemas de logística, financeiros e ambientais, pois, geralmente é degradado no meio ambiente.

Diante desse cenário, tem-se um impasse, a construção civil possui grande relevância na economia nacional, no entanto, ocupa grande espaço nos centros urbanos e potencialmente pode prejudicar o meio ambiente, sendo assim, uma solução para esse conflito de interesses é a reciclagem e reutilização do RCCD.

Desse modo, serão analisados: o conceito de resíduo, sua representação na construção civil, a atual destinação, e finalmente o reaproveitamento de RCCD.

## 2.2 Resíduos

Resíduos, são materiais sólidos remanescentes gerados pelo e para o ser humano, comumente chamado de lixo, é o caso de embalagens, restos de alimentos, roupas velhas, móveis velhos dentre outros produtos utilizados diariamente pelo homem.

Nas palavras de Nagalli (2014, p.06):

Observa-se que ao longo da história, o homem aumentou sua apropriação dos recursos naturais, e o que antes era restrito a poucas necessidades humanas hoje requer a apropriação de muitos e diversos materiais. Se antes algumas peles e poucos alimentos eram suficientes para a sobrevivência do homem, hoje a sociedade impõe ao indivíduo necessidades de consumo cujos resíduos de produção e uso passa a ser um problema e conseqüentemente objetos de estudo. (NAGALLI, 2014, p.06)

Na área da construção civil não é diferente, o uso de recursos naturais e o descarte excessivo de resíduos sólidos tem se tornado um problema para a sociedade.

### 2.2.1 Resíduos da construção civil e demolição

A Resolução 307/2002 do CONAMA define em seu artigo 2º, inciso II, que os resíduos da construção civil são os provenientes de: construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, dentre outros, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

Além da definição supracitada, o artigo 3º da mesma resolução, classifica os resíduos da construção civil como:

Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos; (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

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

(BRASIL, Resolução 307/2002 do CONAMA, artigo 3º. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>.

Acesso em: 1º de outubro de 2017.)

As definições e classificações dos resíduos da construção civil são importantes para que haja melhor gerenciamento e destinação desses materiais.

### 2.2.2 Destinação dos RCCD

Atualmente, os RCCD são depositados em aterros, terrenos baldios, margens de rios, vias públicas e “bota-foras<sup>2</sup>” irregulares, o que prejudica diretamente a população, pois gera o entupimento de bueiros provocando inundações, propicia o aparecimento de ratos, escorpiões, aranhas e insetos transmissores de doenças, dentre outros problemas, a imagem abaixo é um exemplo de RCCD descartado irregularmente.

Imagem 1 - RCCD descartado de forma inadequada



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

---

<sup>2</sup> O Bota Fora é o material proveniente de escavação a ser retirado, requer licenças do IBAMA E FEEMA, além de cadastro obrigatório da empreiteira naqueles órgãos, para poder se desfazer desse material. Local selecionado para depósito do material excedente resultante da escavação dos cortes. (Fonte: <http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-bota-fora.html>, acesso em 2/05/2018 às 19:27 horas.

De acordo com os ensinamentos de Salgado (2017, p. 90):

Os números divergem bastante, mas mesmo assim são elevados. Estima-se que nos aterros sanitários, onde são depositados os lixos urbanos das grandes cidades, 40% a 60% desse lixo representam material resultante das atividades da construção civil, ou seja, construção, manutenção e demolição. (SALGADO (org.), 2017, p.90)

É possível concluir que o descarte irregular dos resíduos sólidos da construção civil implica em muitos danos, portanto, a reciclagem desses materiais é a forma mais eficaz para reduzir os impactos ambientais, além disso, as construtoras irão economizar e conseqüentemente aumentarão seus lucros, acarretando a expansão no mercado das empresas de demolição.

### 2.3 Reaproveitamento de RCCD

O reaproveitamento de RCCD acontece através da reciclagem e da reutilização, trata-se de processos distintos. De acordo com o artigo 2º, incisos VI e VII da Resolução 307/2002 do CONAMA, na reutilização há uma reaplicação do resíduo sem que haja interferência no material, ou seja, ele não sofrerá nenhuma mudança; por sua vez, na reciclagem, o resíduo que será reaproveitado sofrerá alterações através de procedimentos para sua transformação.

Vilhena (1993, p. 171), ensina que “o entulho de construção compõe-se, de restos e fragmentos de materiais, enquanto o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo, comparativamente ao entulho de construção”.

Uma das formas de reaproveitamento de RCCD é o agregado reciclado, que após passar pelo processo de granulometria poderá substituir a brita e a areia nas novas construções. Outra possibilidade é a utilização dos resíduos de concreto na confecção de tijolos prensados.

### 2.3.1 Processo de reaproveitamento de RCCD

Para que se torne possível o reaproveitamento de RCCD, seja por meio da reciclagem ou da reutilização, faz-se necessário o gerenciamento desses resíduos. Salgado (2017, p. 93), cita que “em toda obra deve ser prevista uma área para a separação dos resíduos da construção”.

O transporte dos resíduos se torna uma etapa muito importante dentro desse processo de reaproveitamento, sobre o tema, Nagalli (2014, p. 128), diz que:

A preocupação com o deslocamento de RCDs vai além dos aspectos ambientais. Afinal, essa logística, se bem executada, organiza a obra, reduz os custos de gerenciamento dos resíduos e as dos riscos dos trabalhadores. Basicamente, ocorrem dois tipos de transporte em uma obra o externo e o interno. O transporte interno acontece no interior dos limites imediatos da obra, enquanto o externo se propõe a levar os resíduos da obra a um destino externo (reciclagem, aterro industrial, coprocessamento etc.). (NAGALLI, 2014, p.128)

Importante salientar que o procedimento de reaproveitamento dos RCCD se inicia no canteiro de obras, separando os resíduos de acordo com suas classificações, para isso o local deve ser organizado, e conseqüentemente facilitará o seu transporte interno e externo.

### 2.3.2 Superintendência de Limpeza Urbana

A Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), autarquia municipal, foi criada em 1973, em Belo Horizonte – MG. Para a elaboração e conclusão da pesquisa, foram acompanhados os processos de recepção, seleção, operação de britagem, estocagem em pilhas e expedição.

A SLU realiza um trabalho de reciclagem de entulho, e de acordo com o site da Prefeitura de Belo Horizonte (2017), as etapas do processo de reciclagem do material são:

Recepção: O material é inspecionado na portaria para verificar sua composição e o grau de contaminação. O material aceito é classificado em:

Classe A – resíduos de peças fabricadas com concreto (lajes, pilares, blocos, pavimentação), argamassas, fibrocimento, pedras ornamentais, sem a presença de impurezas. Destinam-se à preparação de argamassa e concretos não estruturais, utilizados na fabricação de bloquetes para calçamento, blocos de vedação, guias para meio-fio, entre outros.

Classe B – resíduos predominantemente cerâmicos (tijolos, telhas, azulejos etc.). Destinam-se à base e à sub-base de pavimentação de vias, drenos, camadas drenantes e material de enchimento de rip-rap. A parcela rejeitada pela inspeção é destinada ao aterro sanitário de Macaúbas, em Sabará.

Seleção: Os materiais recicláveis são separados manualmente dos rejeitos. Cerca de 90% de todo o material recolhido são utilizados em obras públicas e 10% são vendidos para empresas privadas.

Operação de britagem: Os resíduos são levados pela pá-carregadeira até o alimentador vibratório do britador de impacto e, por gravidade, para a calha simples e ao transportador de correia. Após a britagem, há eliminação de pequenas partículas metálicas ferruginosas pela ação de um eletroímã sobre o material reciclado conduzido pelo transportador de correia.

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

Expedição: É o procedimento realizado com o auxílio de pá-carregadeira, dispondo o material reciclado em veículos apropriados (PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2017).

As Estações de Reciclagem de Entulho de Belo Horizonte estão localizadas nos seguintes endereços: Pampulha - Rua Policarpo Magalhães Viotti, 450, Bandeirantes e Usina BR-040, km 531, Jardim Filadélfia.

A autarquia municipal SLU foi objeto de estudo de caso da presente pesquisa, pois possui número expressivo de materiais reaproveitados, bem como estrutura que contribuirá para explicar quais etapas e os métodos de reciclagem.

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Conforme ensinam Marconi e Lakatos (2003, p.83), metodologia são os métodos e técnicas utilizados para a obtenção das respostas de um problema questionado em uma pesquisa, trata-se do estudo do método.

Sobre método, Marconi e Lakatos (2003, p. 83) explicam que:

[...]o método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo - conhecimentos válidos e verdadeiros -, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. (MARCONI e LAKATOS, 2003, p.83)

Assim, na metodologia foram analisados os fins e meios da pesquisa, universo e amostra, formas de coleta e análise de dados, organização em estudo e quais foram às limitações da pesquisa.

Portanto, a seguir serão apresentados os métodos adotados para solucionar o problema levantado no presente trabalho.

#### 3.1 Pesquisa Quanto aos Fins

Quanto aos fins, ao delinear seus principais objetivos, as pesquisas podem ser classificadas como pesquisa exploratória, pesquisa descritiva e pesquisa explicativa.

Pesquisa exploratória: Tem como característica o conhecimento do problema, tornando-o mais nítido para assim construir as possíveis hipóteses, pois o assunto é desconhecido e nesse momento o estudo não está organizado, Gil (2002, p. 26), ensina que “seu planejamento tende a ser bastante flexível, pois interessa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado”.

Pesquisa descritiva: Seu principal objetivo é relatar as características de um determinado fenômeno ou grupo específico, nas palavras de França *et al* (2008, p. 83), trata-se de “[...] descoberta e observação de fenômenos procurando descrevê-los, classificá-los e observá-los”.

Pesquisa explicativa: A partir dos dados coletados, a pesquisa explicativa apresentará a razão e o porquê dos fenômenos ou grupos estudados.

Quanto aos fins, o presente trabalho utilizou o método de estudos exploratório-descritivos. Nas palavras de Marconi e Lakatos (2003, p. 188), a combinação desses dois métodos:

[...] são estudos exploratórios que têm por objetivo descrever completamente determinado fenômeno, como, por exemplo, o estudo de um caso para o qual são realizadas análises empíricas e teóricas. Podem ser encontradas tanto descrições quantitativas e/ou qualitativas quanto acumulação de informações detalhadas como as obtidas por intermédio da observação participante. Dá-se precedência ao caráter representativo sistemático e, a consequência, os procedimentos de amostragem são flexíveis. (MARCONI e LAKATOS, 2003, p.188)

Através do estudo de caso e pesquisa bibliográfica, pretende-se conhecer quais os benefícios do reaproveitamento de RCCD.

### 3.2 Pesquisa Quanto aos Meios

A pesquisa quanto aos meios, pode ser realizada através de pesquisas bibliográficas, documental, experimental, levantamento de campo, estudo de caso, pesquisa etnográfica, pesquisa-ação, pesquisas mistas, pesquisa participante, pesquisa narrativa, dentre outros.

Tendo em vista que o estudo abordará RCCD será adotado como método de pesquisa quanto aos meios, a pesquisa bibliográfica, documental, levantamento e estudo de caso.

### 3.2.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica é de suma importância para a produção e desenvolvimento da pesquisa, pois, conforme Marconi e Lakatos (2003, p.201), a partir do contato com o material já produzido e disponível, o pesquisador terá uma base do assunto e poderá dar sequência ao seu trabalho.

A pesquisa bibliográfica consiste na leitura de artigos, livros, dissertações, revistas, jornais, ou seja, todo o material escrito e publicado sobre o tema a ser estudado.

Assim, busca-se artigos, livros e dissertações a fim de apresentar o significado de RCCD e os métodos de reaproveitamento desses materiais, anteriormente estudados e quais os benefícios até então apresentados.

### 3.2.2 Pesquisa documental

De acordo com Gil (2017, p. 29), o conceito de documento é “[...] bastante amplo, já que este pode ser constituído por qualquer objeto capaz de comprovar algum fato ou acontecimento”.

Na pesquisa documental, do presente trabalho, o principal enfoque foi à análise da base de dados da SLU/PBH.

Com fundamento nos dados de documentos oficiais a pesquisa terá maior credibilidade, e as hipóteses poderão ser comprovadas ou não, sendo ainda possível, a partir desses dados, a propositura de soluções, bem como deixar novos questionamentos para os próximos pesquisadores.

### 3.2.3 Estudo de caso

O estudo de caso consiste em explorar uma situação real de maneira profunda para que haja conhecimento detalhado sobre uma situação específica.

Gil (2017, p. 34), explica que o estudo de caso “[...] consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos casos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento; tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados”.

O estudo de caso da presente pesquisa foi realizado na Secretaria de Limpeza Urbana de Belo Horizonte/MG, onde também foram levantados dados sobre os processos, procedimentos e a eficiência da reutilização de RCCD.

### 3.3 Universo e Amostra

Marconi e Lakatos (2003, p. 102) lecionam que se entende por universo de uma pesquisa, um determinado grupo que possuem características comuns entre si, já a amostra, após a análise do universo poderá ser classificada como: aleatória simples, estratificada, por conglomerados, por acessibilidade e por tipicidade.

O universo da presente pesquisa consiste no descarte de RCCD na cidade de Belo Horizonte/MG, e a amostra será a estação de reciclagem de entulho da autarquia SLU.

### 3.4 Formas de Coleta e Análise de Dados

A coleta de dados será realizada por meio de pesquisa bibliográfica da literatura disponível em periódicos atuais, pesquisa documental, levantamento e estudo de caso.

A análise de dados coletados pode ser feita de maneira qualitativa, por meio de transcrições verbais, e ou quantitativa, onde os resultados são apresentados por meio de números.

Quando na análise dos dados são utilizados os métodos qualitativos e quantitativos, trata-se de pesquisa de métodos mistos, sobre o tema Gil (2017), explica:

A partir do final da década de 1990, no entanto, passou-se a discutir, a possibilidade e a conveniência da realização de pesquisas e métodos mistos, ou seja, de pesquisas que combinam elementos de abordagem de pesquisa qualitativa e quantitativa com o propósito de ampliar e aprofundar o entendimento e a corroboração dos resultados (JOHNSON. ONWEGBUZIE; TURNER, 2007). (GIL, 2017, p. 40)

Portanto, tendo em vista a pesquisa realizada, utilizou-se o método misto para que sejam alcançadas soluções viáveis, aplicáveis e que beneficie a população, o meio ambiente e as ICC.

### 3.5 Organização de Estudo

A pesquisa foi realizada na cidade de Belo Horizonte – MG, em específico, o estudo de caso foi desenvolvido nas Estações de Reciclagem de Entulho da Secretaria de Limpeza Urbana, localizada na Usina BR-040 - BR-040, km 531, Jardim Filadélfia.

Nas estações, são realizados os trabalhos de reciclagem de RCCD, transformando-os em agregados que substituem a areia e a brita nas construções civis.

### 3.6 Limitações da Pesquisa

As limitações encontradas no decorrer da pesquisa foram: dificuldade para marcar visita na Estação de Reciclagem de Entulho; e dificuldade de realizar entrevistas e pesquisas com os funcionários do departamento de tratamento e disposição de resíduos, do departamento de serviços de limpeza, do departamento de projetos e departamento de planejamento da SLU.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o levantamento de informações, foi realizada visita técnica na SLU/PBH, localizada na BR 040, bem como realizou-se uma entrevista com o chefe de divisão da usina.

### 4.1 Visita Técnica

A visita técnica foi realizada em 4 de abril de 2018, sob a supervisão do Sr. Fernando Augusto Muzzi Ramos, Engenheiro Mecânico, chefe de divisão da SLU há quatro anos e seis meses.

A SLU, criada em 1973, é uma autarquia municipal e tem como principal objetivo, elaborar, controlar e executar atividades direcionadas para a limpeza urbana de Belo Horizonte.

Assim, a SLU presta serviços de coleta seletiva, varrição, capina, aterramento de resíduos, coleta domiciliar de lixo e a reciclagem de entulho, sendo este último objeto de estudo do presente trabalho.

Atualmente a SLU/PBH conta com duas Estações de Reciclagem de Entulho (ERE), com capacidade para receber, aproximadamente, um total de 7.200 toneladas de resíduos por mês. A ERE Pampulha comporta cerca de 2.400 toneladas desses resíduos/mês, e a ERE BR 040, recebe mensalmente, a média de 4.800 toneladas de resíduos/mês, considerando 20 (vinte) dias de operação por mês.

De acordo com a tabela 2<sup>3</sup>, Belo Horizonte, dentre as cidades estudadas, é a terceira cidade brasileira com maior geração de RCCD.

---

<sup>3</sup> Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2010.pdf>. Acesso em: 6 de maio de 2018 às 01:22.

Tabela 2: Cidades Brasileiras com maior geração de RCCD

<b>Cidade</b>	<b>Geração t/mês</b>
<b>São Paulo</b>	372.000
<b>Brasília</b>	160.000
<b>Belo Horizonte</b>	102.000
<b>Curitiba</b>	74.000
<b>Porto Alegre</b>	58.000
<b>Fortaleza</b>	50.000
<b>Salvador</b>	44.000
<b>Florianópolis</b>	33.000
<b>Rio de Janeiro</b>	27.000
<b>Recife</b>	18.000

Fonte: Abrelpe, 2010.

A PBH contava também com uma ERE localizada no bairro Estoril, porém ela foi desativada no ano de 2013. Devido reclamações originadas da vizinhança pela geração de ruídos excessivos, poeira e tráfego intenso na região das instalações. A usina era equipada com máquinas que produziam eco blocos (blocos oriundos da reciclagem dos RCC).

Após fechamento da usina do bairro Estoril, todos os equipamentos de fabricação dos ecoblocos foram destinados para a Usina BR 040, entretanto, não estão em atividade por falta de montagem e manutenção das peças e máquinas.

A unidade localizada na BR 040 tem aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup> (dez mil metros quadrados) é responsável por receber os resíduos da construção civil advindos das Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV) e de particulares. Conta com um total de 23 (vinte e três) funcionários, 02 (dois) são operadores de máquinas, 01 (um) motorista de caminhão, os demais executam funções em todos os procedimentos de reciclagem dentro da usina.

## 4.2 Processo de Reciclagem dos RCCD

O processo de reciclagem dos RCCD possui as seguintes etapas: recebimento, triagem, operação de britagem, estocagem e expedição.

### 4.2.1 Recebimento

A SLU da BR 040 recebe resíduos provenientes, em geral, de grandes fontes geradoras, como por exemplo a ICC e das URPV's, que coletam os RCCD de pequenas construções.

Os resíduos provenientes do descarte irregular de RCCD são levados para a usina após as autuações em flagrante realizadas pela Fiscalização da Prefeitura de Belo Horizonte.

Quando do recebimento do entulho bruto, o mesmo sofre inspeção visual ainda na portaria da Usina onde é verificada a pureza dos resíduos, pois não são aceitos solos, e resíduos do tipo B com porcentagem superior a 10% em sua composição conforme resolução 307/2002 do CONAMA.

Após a verificação, este material permanece armazenado temporariamente em área localizada no pátio de recebimento, para posteriormente ser submetido ao processo de triagem.

O transporte dos materiais para as ERE é realizado, sobretudo, por caminhões poliguindastes e/ou basculantes, veículos pequenos como carros e caminhonetes, e carroças.

Após o recebimento e armazenamento, a próxima etapa a ser realizada é a triagem.

#### 4.2.2 Triagem

Após a verificação realizada no recebimento, o entulho bruto é submetido a um processo manual de triagem. Nesse procedimento são separados os resíduos classe B, os quais são estocados provisoriamente e posteriormente encaminhados para a destinação e/ou disposição final adequada.

Imagem 2 - RCCD estocado provisoriamente



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

A imagem 2, acima, foi fotografada na Usina 040 em Belo Horizonte. Esta, se trata de resíduos de tamanhos diversos que já passaram pela triagem e que estão estocados e preparados para a próxima fase do procedimento da reciclagem.

### 4.2.3 Operação de britagem

Os entulhos brutos e triados são conduzidos até o conjunto britador conforme imagem abaixo, onde realiza-se a quebra e/ou o peneiramento do material, de acordo com as características de cada ERE, obtendo-se os produtos finais.

Imagem 3 - Britador



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Durante o processo de britagem há a eliminação de pequenas partículas metálicas e ferruginosas por meio de um eletroímã instalado na saída do britador.

Os resíduos são transferidos, com auxílio de uma pá carregadeira, para o pré-silo e moega do alimentador vibratório, imagem 4. Formado por duas placas que atuam como um funil, esse equipamento possui contra-pesos que giram em sentidos opostos criando uma vibração durante o transporte da carga.

Imagem 4 - Alimentador vibratório



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

As placas recebem os materiais que possuem granulometrias diferentes, e em decorrência dos movimentos vibratórios realizam a pré-limpeza dos “finos”, pela grelha do fundo da mesa também denominada de grelha vibratória, conforme demonstrado na imagem 5.

Imagem 5: Grelha vibratória



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Depois de passar pela grelha vibratória, os materiais são direcionados por uma calha simples a um transportador de correia para a formação de uma pilha de agregado de bica corrida, conforme imagem abaixo.

Imagem 6 - Pilha de bica corrida



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

No procedimento de dosagem para o Britador de Mandíbulas, o material é britado e continuamente descarregado no transportador de correia que, transfere os resíduos britados limpos de materiais magnetizáveis atraídos pelo extrator de metais, para uma pilha pulmão de reciclado com rachão, como visto na, imagem 7.

Imagem 7 - Pilha de rachão



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Na imagem 8, nota-se a realização do processo de rebitagem e classificação granulométrica na esteira distribuidora por granulometria, imagem 8.

Imagem 8 - Esteira distribuidora por granulometria



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Na rebitagem e classificação granulométrica os resíduos britados na pilha pulmão são “dosados” por uma calha dosadora para o Transportador de Correia que alimenta uma Peneira Vibratória, que por sua vez classifica os materiais recebidos pelo tamanho dos “grãos”, conforme tabela 1, esse processo é chamado de granulometria:

**TABELA 3: Diâmetro do material e destino no processo de granulometria**

<b>Materiais</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Destino</b>
Grãos	menor que 3/6" ( $\emptyset < 3/16"$ → Pó)	Direcionados por um transportador de correia para uma pilha de estocagem.
Grãos	entre 3/16" e 3/8" ( $3/16" < \emptyset < 3/8"$ → brita 0):	Direcionados pelo transporte de correia TC 05 para uma pilha de estocagem.
Grãos	entre 3/8" e 3/4" ( $3/8" < \emptyset < 3/4"$ → brita 1)	Direcionados pelo transportador de correia TC 07 para uma pilha de estocagem.
Grãos	maiores que 3/4" ( $\emptyset > 3/4"$ )	Direcionados por um transportador de correia para o rebitador de cone, e após serem rebitados, são encaminhados novamente para a classificação na peneira vibratória, fechando, dessa forma, o circuito.

Fonte: Os autores (2018).

#### 4.2.4 Estocagem e expedição

Durante o procedimento de granulometria, as máquinas montam pilhas de acordo com o diâmetro de cada grão, conforme figura 9.

Com o auxílio de uma pá carregadeira e caminhões, esse material é estocado no pátio da usina da SLU/PBH.

Imagem 9 - Produção de areia e bica corrida.



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Os materiais produzidos pela SLU são consumidos pela PBH, que utiliza os RCCD reciclados como base e sub-base na pavimentação de ruas, para o aterro de valas, e obras de saneamento. Também podem ser usados para a confecção de blocos, e na construção de gabiões terramesh.

Além disso, o material excedente não utilizado pela PBH é comercializado para pessoas físicas e/ou empresas. A COPASA é uma das empresas que também faz uso do RCCD reciclado em suas obras de saneamento.

Na estação da SLU/PBH, são realizados os trabalhos de reciclagem de RCCD, transformando-os nos seguintes agregados:

a) Material britado comum:

- Bica corrida: diâmetro < 2,0”;
- Rachão: diâmetro < 4,5”.

b) Material britado peneirado:

- Brita 0: diâmetro = 3/16" a 3/8”;

- Brita 1: diâmetro = 3/8" a 3/4", representada pela imagem 10 abaixo;

Imagem 10 - Brita.



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

- Pó/Areia: diâmetro < 3/16" representada pela imagem 11 abaixo.

Imagem 11 - Areia.



Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

O valor de venda dos produtos está fixado na tabela de preço público, atualizado pelo Decreto Nº 16.217, de 26 de janeiro de 2016, publicado no Diário Oficial do Município, tabela 4<sup>4</sup>.

**TABELA 4: Valor comercial dos produtos reciclados**

<b>Produtos</b>	<b>R\$ m3</b>	<b>R\$ ton.</b>
Material britado comum (Bica corrida)	33,75	21,09
Material britado e peneirado (“brita 0”; “brita 1” e finos)	73,39	45,88

Fonte: PBH (2018).

A receita gerada com a venda dos RCCD reciclados fica sob responsabilidade da SLU. A economia gerada pelo uso do material reciclado fica a cargo da SUDECAP, é a empresa da PBH Responsável pela aplicação e uso desses produtos.

Com o objetivo de fazer um comparativo de valores dos materiais reciclados e industrializados, foi realizada uma pesquisa de preços, dos produtos citados na tabela 3, em um depósito de construção civil, de acordo com a tabela 5.

**TABELA 5: Valor comercial dos produtos industrializados**

<b>Produtos</b>	<b>R\$ m3</b>	<b>R\$ ton.</b>
Material britado comum (Bica corrida)	42,50	28,90
Material britado e peneirado (“brita 0”; “brita 1” e finos)	92,75	63,07

Fonte: Os autores (2018).

Como demonstrado nas tabelas acima, os materiais reciclados tem um custo de 26% (vinte e seis por cento) menor em relação ao agregado industrializado.

Embora a SLU não realize testes com o material produzido, os quais são de responsabilidade dos usuários, sabe-se que os agregados produzidos pelas ERE possuem resistência menor que a de um produto industrializado. Isso acontece porque as cerâmicas fazem parte da composição dos materiais

<sup>4</sup>Disponível em:

<https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belohorizonte/decreto/2016/1622/16217/decreto-n-16217-2016-atualiza-a-tabela-de-precos-publicos-de-servicos-extraordinarios-de-limpeza-da-superintendencia-de-limpeza-urbana-de-belo-horizonte-slu>. Acesso em: 20 de maio de 2018 às 21:40.

reciclados, não sendo recomendado, portanto, o uso de RCCD reciclado em construções estruturais.

Por outro lado, como já foi dito, os resíduos da construção civil reciclados são reaproveitados em obras não estruturais, além disso, o custo benefício é um diferencial incontestável.

### 4.3 Resultados

O trabalho realizado pela SLU/PBH é de grande relevância para a preservação do meio ambiente e limpeza das ruas da cidade de Belo Horizonte e região. No entanto, durante a entrevista foi possível constatar a falta de investimento na usina.

A SLU localizada na BR 040 conta com 23 funcionários, e apesar de possuir o maquinário necessário para a reciclagem de RCCD, os portões da usina são fechados ao meio dia, pois não têm condições de receber mais materiais, e apesar do espaço de estocagem ser amplo, há um *déficit* de mão de obra.

Outra informação colhida durante a entrevista foi a ausência de recebimento de RCCD pela SLU, desde nov/2017, devido ao furto dos cabos de alimentação da usina. A falta de segurança é mais um fator decorrente da escassez de investimento.

Consequentemente, há sete meses não são reciclados materiais de construção civil e demolição na usina, deste modo, os resíduos estão nas ruas e os materiais outrora desenvolvidos, que geravam economia e renda para a PBH, não estão sendo produzidos.

Os ecoblocos confeccionados com RCCD, outro produto importante para a preservação do meio ambiente, eram produzidos na ERE do bairro Estoril, mas

desde que esta unidade foi fechada, as máquinas não foram montadas em outra usina, nem mesmo na SLU da BR 040, onde o maquinário está parado e se deteriorando. Importante salientar que a usina possui mais de 10.000 m<sup>2</sup> (dez mil metros quadrados), logo, tem espaço suficiente para a produção desse material.

Caso houvesse mão de obra qualificada suficiente, as máquinas seriam montadas para produzirem eco blocos na unidade da BR 040, possibilitando a geração de renda para a PBH, bem como preservação dos recursos naturais.

Todos esses fatores influenciam diretamente na economia, pois os materiais reciclados são mais acessíveis, economicamente, em relação aos produtos industrializados.

O meio ambiente também é prejudicado, tendo em vista o maior uso de recursos naturais e a deterioração dos RCCD na natureza.

Apesar de a ICC ser importante para o crescimento econômico do país, não se pode esquecer que os recursos naturais são finitos e que os resíduos descartados ocupam espaço físico nas cidades, espaço esse que poderia ser usado na construção de prédios, casas, estradas, dentre tantas outras obras importantes para o contínuo desenvolvimento do Brasil.

Sobre o setor da ICC e a produção de resíduos, Ribeiro e Morelli (2009, p. 64), ensinam que:

O setor da economia que mais emprega no Brasil é o da construção civil. O desempenho da chamada “indústria da construção” é um forte indicador do crescimento do país, à medida que são necessários investimentos em infraestrutura e novas construções para que haja o crescimento.

No entanto, a construção civil também é uma das maiores geradoras de resíduos. Estima-se que, atualmente, 61% do lixo (em massa) produzido pelas cidades brasileiras são provenientes de rejeitos e subprodutos da construção civil. Isso corresponde a uma produção de 90 milhões de toneladas/ano de resíduos (Ribeiro e Morelli, 2009, p.64).

A reciclagem e reutilização de RCCD é um mercado em ascensão potencial gerador de renda, economia para as prefeituras e principalmente para os empresários, de acordo com Ribeiro e Morelli (2009, p. 65):

De 1996, quando o projeto foi iniciado, até hoje, já foram criadas três usinas de reciclagem de resíduos da construção civil em Belo Horizonte. Nos primeiros 11 anos, quase 1 milhão de toneladas de resíduos da construção civil foram processados, transformados em agregado e serviram de matéria-prima para a produção de blocos, meio-fios, bloquetes e como base e sub-base para a pavimentação de vias públicas, numa economia da ordem de R\$ 10 milhões para os cofres públicos neste período (Ribeiro e Morelli, 2009, p.65).

Essa ascensão da reciclagem de RCCD pode aquecer ainda mais o mercado da ICC influenciando diretamente no crescimento do Brasil.

A reciclagem pode começar no próprio canteiro de obras. Se o construtor separar o entulho gerado na construção, será possível selecionar resíduos não contaminados para reciclar, e assim, o produto reciclado terá mais qualidade.

Vilhena (2010, p. 175) em relação ao entulho reciclado no local gerador, explica que:

Em geral, o entulho reciclado nesta modalidade tem sido destinado à utilização de argamassas de alvenaria e concreto, para as quais já há alguns estudos laboratoriais realizados. Estes estudos foram efetuados com traços de argamassa com agregados miúdos de areia natural e reciclada de resíduos de blocos de concreto, tijolos e blocos cerâmicos, verificando-se resultados, em geral, aceitáveis sob o aspecto de resistência e retração. Tais resultados indicam a possibilidade de uso deste tipo de entulho, faltando porém outros dados complementares (Vilhena, 2010, p.175).

Nessa mesma linha de raciocínio, as prefeituras poderiam realizar uma política de incentivo para que a ICC consuma produtos reciclados em suas construções, bem como, que pratiquem no canteiro de obras a separação dos entulhos.

A conscientização para o uso de RCCD reciclado, e a instalação de mais usinas de reciclagem é muito importante para o crescimento econômico do

Brasil, de acordo com o IPEA (2010), o país perde cerca de R\$ 8 bilhões por ano com a falta de reciclagem.

Os benefícios ecológicos são tão importantes quanto os econômicos, segundo o *Green Building Council*, no Brasil, a construção civil é responsável por 1/3 dos gases lançados na atmosfera em todo o mundo. Em porcentagem, isto significa algo em torno de 25% a 30%, sendo assim, um dos setores que mais poluem no planeta.

Há muitos anos se fala sobre consciência ecológica, tendo em vista que a ICC possui grande parcela de participação na poluição do planeta, governantes e construtores devem se atentar para amenizar os prejuízos causados ao meio ambiente, tanto ao retirar matéria prima da natureza, quanto no descarte dos entulhos gerados nas construções.

A reciclagem e reutilização de RCCD é uma iniciativa que minimiza os impactos ambientais causados pela ICC, e, portanto deve ser difundida em todo o Brasil.

## 5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos realizados e após a visita técnica à usina de reciclagem de resíduos da SLU/ PBH BR 040, foi possível concluir que por falta de investimento e remanejamento de equipamento necessário ao trabalho de reciclagem, os RCCD gerados em Belo Horizonte e região não têm recebido destinação adequada, e conseqüentemente tem aumentado danos ambientais, e a sobrecarga dos aterros sanitários.

A sustentabilidade na cadeia produtiva da construção civil tem como objetivos:

- Reduzir a quantidade de retirada de matéria-prima da natureza;
- Proporcionar disposição adequada de resíduos sólidos;
- Diminuir as despesas públicas com resíduos sólidos;
- Reduzir o desperdício de material reutilizável;
- Reduzir a remessa de resíduos da construção civil para aterros;
- Criar produtos opcionais de menor custo;
- Diminuir os riscos e danos ambientais.

O Brasil é um país em desenvolvimento e uma das áreas mais importantes para o crescimento econômico do país é a construção civil. Diante dos benefícios ambientais e financeiros apresentados neste trabalho, a reciclagem e reutilização de RCCD é a melhor opção para que o país continue em ascensão, sem prejudicar o equilíbrio ambiental.

Ante a falta de investimento da PBH nas usinas de reciclagem de RCCD, a ERE não consegue atender toda a demanda de entulho gerado em Belo Horizonte e região, existe uma oportunidade de negócio para o ramo empresarial.

Empresas da ICC têm um mercado a ser explorado na reciclagem de RCCD, com efeito, a reciclagem e reaproveitamento dos resíduos de concreto da construção civil trazem benefícios ambientais, econômicos e sociais

Portanto, diante dos inúmeros benefícios trazidos pela reciclagem e reaproveitamento de resíduos da construção civil, a implantação de mais ERE, a contratação de mais funcionários qualificados, e o incentivo para que empresários atuem no mercado da reciclagem de RCCD, são medidas que se impõem para gerar mais economia, retirar os entulhos das ruas das cidades e principalmente preservar o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério do meio ambiente. **Resolução 307/2002 do CONAMA**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 1º de outubro de 2017.

BRASIL, **Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 1º de outubro de 2017.

BRASIL, **Decreto nº 16.217 de 26 de janeiro de 2016**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belohorizonte/decreto/2016/1622/16217/decreto-n-16217-2016-atualiza-a-tabela-de-precos-publicos-de-servicos-extraordinarios-de-limpeza-da-superintendencia-de-limpeza-urbana-de-belo-horizonte-slu>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

FRANÇA, Júnia Lessa; VASCONCELLOS, Ana Cristina de. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 255p.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2017. 173 p.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção**. In: CARNEIRO, A.P et al. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**. Salvador: EDUFBA; 2001. 312 p.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311p.

LEVY, Salomon Mony; HELENE, P.R.L. **Reciclagem de entulhos na construção civil e a solução política e ecologicamente correta.** Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassa, 1º, Goiânia, Brasil. Agosto 1995 Anais. Goiânia. p. 315-325.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 176.

OLIVEIRA, Cláudio Passos de. **Diagnostico dos resíduos sólidos da construção civil.** Brasília: IPEA, 2012. 42p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911\\_relatorio\\_construcao\\_civil.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf). Acesso em 5 de maio de 2018.

RIBEIRO, Daniel Vêras; MORELLI, Márcio Raimundo. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade.** Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 135p.

SALGADO, Júlio Cesar Pereira. **Mestre de obras: gestão básica para a construção civil.** São Paulo: Érica, 2011. 190p.

SANTOS, Shirley da Cruz dos; PEREIRA, Vera Aparecida. **Gerenciamento de resíduos sólidos em uma indústria de construção de edifícios: estudo de caso.** 2009. 42p. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, Fausto France Pereira da; COSTA, Douglas Pinheiro; OLIVEIRA, Miguel Neiva de. **Verificação do aproveitamento do rejeito derivado da construção civil na usina de reciclagem do Estoril pela SLU/PBH.** 2010. 42p. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

VILHENA, André. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado.** 3 ed. São Paulo: CEMPRE, 2010. 350 p.

## APÊNDICE

### Apêndice A: Artigo aprovado na Revista Paramétrica



ISSN: 2238-3220

#### REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE DEMOLIÇÃO EM OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROCESSO DE RECICLAGEM DA USINA BR 040 PBH/SLU

#### REPRODUCTION OF SOLID WASTE FROM DEMOLITION IN CIVIL CONSTRUCTION WORKS: RECYCLING PROCESS OF USINA BR 040 PBH / SLU

#### RESUMO

Um método bem difundido é a reciclagem de materiais como: metais, papel e vidro, no entanto, ainda há pouca abrangência no reaproveitamento dos resíduos de concreto da construção civil. O presente trabalho abordará o processo de reciclagem dos resíduos sólidos de demolição gerados na cidade de Belo Horizonte/MG e região, bem como serão apresentados os benefícios da aplicação deste material em novas obras. Pretende-se identificar através deste estudo, métodos efetivos para o reaproveitamento dos RCCD, transformando-os em insumos ecoeficientes para a cadeia produtiva da construção civil, um exemplo é o trabalho realizado pela SLU/PBH, que possui grande relevância neste setor, no entanto, diante da falta de investimentos, a usina não atende a demanda de resíduos gerados, assim, as empresas da ICC têm um novo mercado a ser explorado, pois a reciclagem e reaproveitamento de RCCD trazem benefícios ambientais, econômicos e sociais. Ao final o leitor terá uma visão crítica e reflexiva quanto ao desenvolvimento do Brasil na seara da construção civil, e quais as possibilidades de preservação do meio ambiente, através da inserção dos insumos e subprodutos gerados no processo de reciclagem e reaproveitamento de RCCD.

**Palavras-chave:** Reciclagem. Reutilização. Resíduos. Construção. Usina.

---

#### ABSTRACT

A very widespread method is the recycling of materials such as metals, paper and glass, however, there is still little scope for reuse of concrete from construction. The present work will address the recycling process of the solid demolition waste generated in the city of Belo Horizonte / MG and region, as well as the benefits of the application of this material in new works. The aim of this study is to identify effective methods for the reuse of RCCDs, transforming them into eco-efficient inputs for the productive chain of civil construction. One example is the work carried out by SLU / PBH, which has great relevance in this sector, however, given the lack of investments, the plant does not meet the demand for waste generated, thus, ICC companies have a new market to be explored, since recycling and reuse of RCCD brings environmental, economic and social benefits. In the end, the reader will have a critical and reflective view on the development of Brazil in the field of civil construction, and what are the possibilities of preserving the environment, through the insertion of the inputs and by-products generated in the RCCD recycling and reuse process.

**Keywords:** Keyword list. Separated by semicolons. Initial capital letter. From three to five keywords.

#### Correspondência/Contato

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837

CEP 30510-120

Fone (31) 3372-3703

parametrica@feamig.br

http://www.feamig.br/revista

#### Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa

wilsoncosta@feamig.br

Raquel Ferreira de Souza

raquel.ferreira@feamig.br

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da Indústria da Construção Civil (ICC) tem impactado no consumo dos recursos naturais do planeta. Na medida em que o avanço ocorre, demanda uma quantidade significativa de matéria prima e, conseqüentemente, gera-se um grande volume de resíduos sólidos remanescentes. No viés do desenvolvimento sustentável da ICC, esses resíduos devem ser minimizados e reaproveitados na cadeia produtiva. Todavia, a ideia de sustentabilidade ainda não está disseminada de forma abrangente neste setor.

A ICC é uma das bases da economia brasileira com maior relevância no aspecto econômico e social, decorrente a grande demanda de mão de obra para o desenvolvimento do país, o concreto produzido por ela, é o segundo material mais consumido no mundo, ficando atrás somente do consumo de água, além disso, é o conjunto de resíduos sólidos que apresenta maior volume geométrico, de modo que seu descarte demanda espaço físico considerável, sendo este um dos grandes problemas dos centros urbanos.

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de analisar métodos efetivos para o reaproveitamento dos Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCCD), transformando-os em insumos ecoeficientes para a cadeia produtiva da construção civil.

Foi verificado, como a reciclagem e o reaproveitamento, realizados nas Estações de Reciclagem de Entulho (ERE) da SLU/PBH, auxiliam na adequada disposição dos resíduos sólidos de demolição e construção gerados pela ICC no município de Belo Horizonte/MG e região.

Através da segregação, da destinação correta e da reciclagem, os impactos na natureza poderão ser minimizados. Além de proporcionar uma redução dos custos das novas construções, a melhoria da imagem das empresas e a energia incorporada será menor, haverá aumento de racionalidade no uso do espaço físico e, conseqüentemente, a conscientização empresarial da importância de uma conduta ecologicamente correta e sustentável.

Diante das vantagens ambientais, econômicas e sociais da reciclagem e reaproveitamento dos resíduos de concreto da construção civil, o presente trabalho se apresenta como ganho acentuado para os acadêmicos os quais terão precedente para continuar os estudos nesta linha de pesquisa; para a sociedade, pois a preservação do meio ambiente beneficia toda a população que contará com o equilíbrio ecológico e para os profissionais da construção civil que poderão economizar financeiramente em suas obras e aumentarão seu faturamento.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

Referencial teórico é o resumo da bibliografia estudada, tornando-se a base para o desenvolvimento da pesquisa científica. França et al. (2008, p.83) ensinam que o referencial teórico “é a parte conceitual que fundamenta o projeto, relaciona a matéria sobre o tema sob diferentes aspectos e posições, permitindo ao pesquisador maior clareza e segurança na formulação e delimitação do problema pesquisado”. Assim, serão abordados os principais conceitos correlatos ao tema pesquisado.

### **2.1 Construção Civil**

A construção civil denomina a atividade ligada à produção de obras, incluindo-se a construção de casas, edifícios, viadutos, estradas, aeroportos, dentre outras. O Brasil, um país em desenvolvimento necessita de novas construções para atender sua evolução e, ainda que em tempos de crise, a construção civil se relaciona diretamente com a economia do país. Nagalli (2014, p. 05), considera que:

Nos últimos anos, a construção civil brasileira vem aumentando sua participação na economia nacional. Cerca de 15% do PIB brasileiro é do setor da construção, o que o torna um dos mais importantes ramos de produção do país. (NAGALLI, 2014, p.05)

Diante do dinamismo no mercado da construção civil e o crescimento da geração de resíduos sólidos, surgem os impactos indesejáveis nos aspectos ambientais, logísticos e financeiros.

Desse modo, tem-se um impasse: a construção civil possui grande relevância na economia nacional, no entanto, ocupa grande espaço nos centros urbanos e potencialmente pode prejudicar o meio ambiente. Sendo assim, uma solução para esse conflito de interesses é a reciclagem e reutilização do RCCD.

### **2.2 Resíduos da construção civil e demolição**

A Resolução 307/2002 do CONAMA define em seu artigo 2º, inciso II, que os resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil; e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, dentre outros, comumente

chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. O artigo 3º da mesma resolução classifica os resíduos da construção civil como:

Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos; (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

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

(BRASIL, Resolução 307/2002 do CONAMA, artigo 3º. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 1º de outubro de 2017.)

As definições e classificações dos resíduos da construção civil são importantes para que haja melhor gerenciamento e destinação desses materiais.

### 2.3 Destinação dos RCCD

Atualmente, os RCCD são depositados em aterros, terrenos baldios, margens de rios, vias públicas de forma irregular, o que prejudica diretamente a população, pois gera o entupimento de bueiros provocando inundações, propicia a proliferação de ratos, escorpiões, aranhas e insetos transmissores de doenças, dentre outros problemas. De acordo com os ensinamentos de Salgado (2017, p. 90):

Os números divergem bastante, mas mesmo assim são elevados. Estima-se que nos aterros sanitários, onde são depositados os lixos urbanos das grandes cidades, 40% a 60% desse lixo representam material resultante das atividades da construção civil, ou seja, construção, manutenção e demolição. (SALGADO (org.), 2017, p.90)



**Imagem 1 - RCCD descartado de forma inadequada**

Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

O descarte irregular dos resíduos sólidos da construção civil implica em danos, assim, a reciclagem e reutilização de RCCD pode ser considerada alternativa mais eficaz para reduzir impactos ambientais e evitar o acúmulo de entulho nas ruas.

#### **2.4 Reaproveitamento de RCCD**

O reaproveitamento de RCCD acontece através da reciclagem e da reutilização, trata-se de processos distintos. De acordo com o artigo 2º, incisos VI e VII da Resolução 307/2002 do CONAMA, na reutilização há uma reaplicação do resíduo sem que haja interferência no material, ou seja, ele não sofrerá nenhuma mudança; por sua vez, na reciclagem, o resíduo que será reaproveitado sofrerá alterações através de procedimentos para sua transformação.

Vilhena (1993, p. 171) ensina que “o entulho de construção compõe-se de restos e fragmentos de materiais, enquanto o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo, comparativamente ao entulho de construção”.

Uma das formas de reaproveitamento de RCCD é o agregado reciclado, que após passar pelo processo de granulometria poderá substituir a brita e a areia nas novas construções. Outra possibilidade é a utilização dos resíduos de concreto na confecção de tijolos prensados.

### **3 METODOLOGIA**

No presente trabalho foi utilizado o método de estudos exploratório-descritivos. Através da pesquisa bibliográfica e do estudo de caso, buscou-se conhecer quais os benefícios do reaproveitamento de RCCD.

A pesquisa bibliográfica é de suma importância para a produção e desenvolvimento da pesquisa, pois, conforme Marconi e Lakatos (2003, p.201), a partir do contato com o material já produzido e disponível, o pesquisador terá uma base do assunto para dar sequência ao seu trabalho. Para o presente estudo, foram usados: livros, artigos e dissertações.

Acerca do estudo de caso, Gil (2017, p. 34) explica que “[...] consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos casos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. O estudo de caso do presente estudo foi realizado na Secretaria de Limpeza Urbana de Belo Horizonte/MG, onde também foram levantados dados sobre os processos, procedimentos e a eficiência da reutilização de RCCD.

O universo da presente pesquisa consiste no descarte de RCCD na cidade de Belo Horizonte/MG, e a amostra foi realizada na estação de reciclagem de entulho da autarquia SLU localizada na BR 040.

### **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Em 4 de abril de 2018, foi realizada visita técnica na SLU/PBH sob a supervisão do Sr. Fernando Augusto Muzzi Ramos, Engenheiro Mecânico, chefe de divisão da usina há quatro anos e seis meses.

A SLU, criada em 1973, consiste em autarquia municipal e tem como principal objetivo, elaborar, controlar e executar atividades direcionadas para a limpeza urbana de Belo Horizonte, igualmente, a SLU presta serviços de coleta seletiva, varrição, capina, aterramento de resíduos, coleta domiciliar de lixo e a reciclagem de entulho, sendo este último o objeto de estudo do presente trabalho.

Atualmente a SLU/PBH conta com duas Estações de Reciclagem de Entulho (ERE), com capacidade para receber, aproximadamente, um total de 7.200 toneladas de resíduos por mês. A ERE Pampulha comporta cerca de 2.400 toneladas desses resíduos/mês, e a ERE BR 040, recebe mensalmente, a média de 4.800 toneladas de resíduos/mês, considerando 20 (vinte) dias de operação por mês.

A PBH também contava com uma ERE localizada no bairro Estoril, porém essa foi desativada no ano de 2013, devido reclamações originadas da vizinhança pela geração de ruídos excessivos, poeira e tráfego intenso na região das instalações. A usina era equipada com máquinas que produziam eco blocos (blocos oriundos da reciclagem dos RCCD). Todos os equipamentos para fabricação de eco blocos foram destinados para a Usina BR 040, entretanto, não estão em atividade por falta de montagem e manutenção das peças e máquinas.

A usina localizada na BR 040 tem aproximadamente 10.000 m<sup>2</sup> (dez mil metros quadrados) e é responsável por receber os resíduos da construção civil advindos das Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV) e de particulares, e conta com um total de 23 (vinte e três) funcionários: 02 (dois) operadores de máquinas, 01 (um) motorista de caminhão, os demais executam funções em todos os procedimentos de reciclagem dentro da usina.

A SLU da BR 040 recebe resíduos provenientes, das ICC, das URPV, que coletam os RCCD de pequenas construções, e materiais provenientes do descarte irregular de entulho, oriundos das autuações em flagrante realizadas pela Fiscalização da PBH.

Quando do recebimento do entulho bruto, o mesmo sofre inspeção visual, ainda na portaria da Usina, onde é verificada a pureza dos resíduos. Por força da resolução 307/2002 do CONAMA, não são aceitos solos, nem materiais com porcentagem acima de 10% de resíduos do tipo B em sua composição.



**Imagem 2 - RCCD estocado provisoriamente**

Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Estes resíduos permanecem armazenados temporariamente em área localizada no pátio de recebimento, para posteriormente ser submetido ao processo de triagem.

O entulho bruto é submetido ao processo manual de triagem. Nessa fase, os resíduos classe B são separados, estocados e posteriormente encaminhados para a destinação e/ou disposição final adequada.

Os materiais brutos e triados são conduzidos até o conjunto britador conforme imagem 3, onde realiza-se a quebra e/ou o peneiramento do material, de acordo com as características de cada ERE, obtendo-se os produtos finais.



**Imagem 3 - Britador**

Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Os resíduos são transferidos, com auxílio de pá carregadeira, para o pré-silo e moega do alimentador vibratório (imagem 4). Formado por duas placas que atuam como funil esse equipamento possui contrapesos que giram em sentidos opostos criando uma vibração durante o transporte da carga.



**Imagem 4 - Alimentador vibratório**

Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

As placas recebem os materiais que possuem granulometrias diferentes e, em decorrência dos movimentos vibratórios, realizam a pré-limpeza dos “finos”. Pela grelha do fundo da mesa, também denominada de grelha vibratória, conforme demonstrado na imagem 5.



**Imagem 5: Grelha vibratória**

Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Depois da passagem pela grelha vibratória, os materiais são direcionados por calha simples ao transportador de correia para a transformação em uma pilha de agregado de bica corrida.

Na dosagem para o Britador de Mandíbulas, o material é britado e continuamente descarregado no transportador de correia que transfere os resíduos britados limpos de materiais magnetizáveis atraídos pelo extrator de metais para a pilha pulmão de reciclado com rachão, como visto na imagem 6.



**Imagem 6 - Pilha de rachão**

Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

Na imagem 7, nota-se a realização do processo de rebitagem e classificação granulométrica na esteira distribuidora por granulometria.



**Imagem 8 - Produção de areia e bica corrida.**

Fonte: Reproduzida pelos autores (2018).

A partir da reciclagem de RCCD, a SLU/PBH produz bica corrida de diâmetro < 2,0", rachão de diâmetro < 4,5", brita 0, de diâmetro = 3/16" a 3/8", brita 1 de diâmetro = 3/8" a 3/4" e pó/areia de diâmetro < 3/16".

O valor de venda dos produtos permanece fixado na tabela de preço público, atualizado pelo Decreto Nº 16.217, de 26 de janeiro de 2016, publicado no Diário Oficial do Município, o m<sup>3</sup> de bica corrida custa R\$ 33,75 e o m<sup>3</sup> de "brita 0"; "brita 1" e finos, custa R\$ 73,39. Os materiais reciclados possuem um custo 26% (vinte e seis por cento) menor em relação aos agregados industrializados.

Os insumos produzidos pela SLU são consumidos pela PBH, que utiliza os RCCD reciclados como base e sub-base na pavimentação de ruas, para o aterro de valas e obras de saneamento. Também podem ser usados para a confecção de blocos e na construção de gabiões terramesh. Os insumos não utilizados pela PBH são comercializados para pessoas físicas e/ou empresas. A COPASA é usuária do RCCD reciclado em suas obras de saneamento.

Embora a SLU não realize testes com o material produzido, os quais são de responsabilidade dos usuários, sabe-se que os agregados produzidos pelas ERE possuem resistência menor que a de um produto industrializado. Por outro lado, os benefícios do uso de RCCD reciclado em obras não estruturais são incontestáveis.

O trabalho realizado pela SLU/PBH é de grande relevância para a preservação do meio ambiente e limpeza das ruas da cidade de Belo Horizonte e região. No entanto, durante a entrevista foi possível constatar que há falta de investimento na usina.

Com o déficit de mão de obra, o expediente diário de produção é reduzido pela metade, pois a ERE não tem condições adequadas de receber mais RCCD, apesar do espaço de estocagem comportar uma quantidade significativa de resíduos.

Outra informação colhida durante a entrevista é de que há sete meses não são reciclados RCCD na usina da SLU, visto que os cabos de energia foram furtados. A falta de segurança é mais um fator decorrente da escassez de investimentos.

Os ecoblocos confeccionados com RCCD, produto importante para a preservação do meio ambiente, eram produzidos na ERE do bairro Estoril, mas desde que esta unidade foi fechada, as máquinas não foram montadas em outra usina, nem mesmo na SLU da BR 040, onde o maquinário está parado e se deteriorando. Importante salientar que a usina possui espaço suficiente para atender essa demanda.

A reciclagem e reutilização de RCCD é um mercado em ascensão sendo um potencial gerador de renda e economia para as prefeituras, principalmente para os empresários. Ribeiro e Morelli (2009, p. 65), explicam que em 11 anos, RCCD reciclados e reutilizados como “matéria-prima para a produção de blocos, meio-fios, bloquetes e como base e sub-base para a pavimentação de vias públicas, geraram uma economia da ordem de R\$ 10 milhões para os cofres públicos”.

A conscientização para o uso de RCCD reciclado e a instalação de mais usinas de reciclagem são muito importantes para o crescimento econômico do Brasil. De acordo com o IPEA (2010), o país perde cerca de R\$ 8 bilhões por ano com a falta de reciclagem.

Há muitos anos se fala sobre consciência ecológica. Tendo em vista que a ICC possui grande parcela de participação na poluição do planeta, governantes e construtores devem se atentar para amenizar os prejuízos causados ao meio ambiente, tanto ao retirar matéria prima da natureza, quanto no descarte dos entulhos gerados nas construções.

## **5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através dos estudos realizados e após a visita técnica na usina da SLU/ PBH BR 040, foi possível concluir que por falta de investimento e remanejamento de equipamentos, os RCCD gerados em Belo Horizonte e região não têm recebido destinação adequada e, conseqüentemente, tem aumentado danos ambientais e a sobrecarga dos aterros sanitários.

Empresas da ICC têm um mercado a ser explorado na reciclagem de RCCD. Com efeito, a reciclagem e reaproveitamento dos resíduos de concreto da construção civil trazem benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Portanto, diante dos inúmeros benefícios trazidos pela reciclagem e reaproveitamento de resíduos da construção civil, a implantação de mais ERE, a contratação de mais funcionários qualificados e o incentivo para que empresários atuem no mercado da reciclagem de RCCD, são medidas que se impõem para gerar mais economia, retirar os entulhos das ruas das cidades e principalmente preservar o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério do meio ambiente. **Resolução 307/2002 do CONAMA**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 1º de outubro de 2017.

FRANÇA, Júnia Lessa; VASCONCELLOS, Ana Cristina de. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 255p.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2017. 173 p.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311p.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 176.

OLIVEIRA, Cláudio Passos de. **Diagnostico dos resíduos sólidos da construção civil**. Brasília: IPEA, 2012. 42p. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911\\_relatorio\\_construcao\\_civil.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf). Acesso em 5 de maio de 2018.

RIBEIRO, Daniel Vêras; MORELLI, Márcio Raimundo. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 135p.

VILHENA, André. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 3 ed. São Paulo: CEMPRE, 2010. 350 p.

### Unidade Floresta

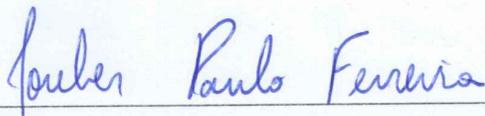
Rua Aquiles Lobo, 524 • Bairro Floresta • CEP 30150-160 • Belo Horizonte • MG  
Telefax (31) 3274-1974 • [www.feamig.br](http://www.feamig.br) • E-mail: [feamig@feamig.br](mailto:feamig@feamig.br)

### Unidade Gameleira

Rua Gastão Bráulio dos Santos, 837 • Bairro Gameleira • CEP 30510-120 • Belo Horizonte • MG  
Telefax (31) 3372-3703 • [www.feamig.br](http://www.feamig.br) • E-mail: [feamig@feamig.br](mailto:feamig@feamig.br)



Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DE DEMOLIÇÃO EM OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROCESSO DE RECICLAGEM DA USINA BR 040 PBH/SLU**, de autoria do(s) aluno(s) **Márcia Cristina Mota e Teobaldo Esteves Gomes Júnior**, aprovado(s) pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Jouberto Paulo Ferreira  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Ms. Wilson José Vieira da Costa  
Membro da Banca

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Ms. Raquel Ferreira de Souza  
Membro da Banca

Belo Horizonte, 02 de Julho de 2018.