

III-322 – QUANTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL BENEFICIADOS EM UMA USINA DE RECICLAGEM

Cícero Antonio Antunes Catapreta⁽¹⁾

Eng. Civil (PUC-MG), Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte/MG, Professor Adjunto do Instituto UNA/MG de Tecnologia (UNATEC), Brasil.

Gustavo Ferreira Simões

Eng. Civil (UFMG), Mestre e Doutor em Engenharia Civil (PUC-Rio), Professor Associado do Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia da UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Heuder Pascele Batista

Eng. Civil, Mestre em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG), Gerente do Depto. de Trat. e Disposição Final de Resíduos da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, MG, Brasil.

Joaquim da Costa Pereira

Eng. Eletricista (PUC-MG). Gerente da Divisão de Reciclagem da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, MG, Brasil.

Marcelo Lucinda Durço

Estudante de Graduação do curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário UNA/MG.

Endereço⁽¹⁾: Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU/BH. Departamento de Tratamento e Disposição Final de Resíduos. Rodovia BR 040 – Km 531 – Jardim Filadélfia - Belo Horizonte – MG. Brasil - Tel: (31) 3277-9808 – e-mail: catapret@pbh.gov.br.

RESUMO

A Construção Civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas, ao mesmo tempo, configura-se como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. Logo, a reciclagem deve ser considerada como uma das premissas para alcançar um desenvolvimento sustentável, sendo que, do ponto de vista da cadeia produtiva da construção civil, o reaproveitamento e o processamento dos resíduos gerados nesse setor é uma das maneiras de se minimizar os impactos ambientais que podem decorrer, caso estes sejam dispostos de forma inadequada. Verifica-se, ainda, que a reciclagem dos resíduos da construção civil – RCC tem-se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade, seja minimizando os impactos ambientais ou reduzindo os custos com o manejo destes e gerando receitas. O desenvolvimento de novos materiais, à base de resíduos reciclados, precisa ser feito de maneira criteriosa, levando-se em consideração a matéria prima a ser utilizada na confecção destes para garantir a obtenção de produtos adequados, a serem inseridos no mercado. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar dados e informações relacionadas à reciclagem de RCC em uma das Estações de Reciclagem de Belo Horizonte, buscando quantificar e classificar os resíduos, que são beneficiados, e avaliar suas principais características e potencial de reaproveitamento. O trabalho demonstra o potencial de reciclagem dos resíduos de construção civil gerados em Belo Horizonte, principalmente, considerando que aproximadamente 92% dos RCC destinados ao processamento nessa unidade de fato transformam-se em insumos.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, Resíduos Sólidos, Resíduos de Construção Civil.

INTRODUÇÃO

A retomada do crescimento econômico brasileiro nos últimos anos tem propiciado uma melhora, ainda que de forma e intensidade diferenciadas, dos mercados de trabalho em diversas regiões brasileiras. Nesse contexto, o setor da construção civil tem sido uma das áreas mais beneficiadas, principalmente, devido a uma série de políticas e estímulos governamentais.

Por outro lado, este aumento no ritmo da construção civil tem gerado um aumento significativo na geração de resíduos de construção civil (RCC). Como uma grande parte das obras não possuem gerenciamento e controle da destinação desses resíduos, estes acabam sendo dispostos em locais inadequados, em margens de córregos,

terrenos baldios etc., comprometendo a qualidade ambiental, provocando diversos impactos ambientais e comprometendo a saúde pública local.

Assim, os municípios devem promover ações que levem ao correto gerenciamento dos RCC nos canteiros de obras, incluindo a redução da geração, segregação, reuso e correta destinação que possibilite a reciclagem.

O reaproveitamento e/ou a reciclagem dos RCC tem-se mostrado viável e muitos municípios brasileiros já operam com sucesso centrais de reciclagem destes resíduos, produzindo agregados utilizados, predominantemente, em pavimentação.

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo quantificar e classificar, assim como apresentar dados e informações relacionados à reciclagem de resíduos de construção civil que são beneficiados nas Estações de Reciclagem de RCC de Belo Horizonte e avaliar suas principais características e potencial de reciclagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Belo Horizonte o qual está localizado na região central do Estado de Minas Gerais, com uma população estimada em 2,5 milhões de habitantes. O trabalho foi dividido em três etapas: na primeira etapa, buscaram-se informações sobre a geração e quantidade reciclada, com o objetivo de avaliar a eficiência do sistema de beneficiamento existente. Na segunda etapa, foi realizada a classificação dos RCC conforme Resolução CONAMA nº 307 (CONAMA, 2002). Por fim, na terceira etapa, foi identificado quanto de cada tipo de agregado é produzido nas Estações de Reciclagem de RCC de Belo Horizonte.

CONTEXTUALIZAÇÃO/JUSTIFICATIVA

A construção civil no município de Belo Horizonte, seguindo a atual tendência nacional, apresenta-se em franca expansão, sendo uma das principais atividades econômicas do município na atualidade (2012). No entanto, o gerenciamento desses resíduos ainda é um desafio para a municipalidade, uma vez que a quantidade gerada é bastante elevada.

A prática mais observada em relação à destinação dos resíduos da construção civil no município é a de não segregação, seguida, na maioria, das vezes, da destinação informal e aleatória, ficando a decisão sobre a localização do destino final a cargo da empresa transportadora. Em Belo Horizonte, basicamente, a destinação dos resíduos é realizada de 5 formas:

- Disposição irregular em áreas inadequadas (terrenos baldios, margens de vias e rodovias etc.);
- Em áreas de disposição licenciadas (aterros de inertes);
- Em áreas autorizadas (bota-fora);
- Aterro Sanitário¹ e;
- Estações de reciclagem.

No entanto, há que se considerar que, mesmo não atingindo os objetivos almejados, o município de Belo Horizonte vem tratando o problema do manejo de RCC de forma exemplar há anos, antes da elaboração e implantação da legislação atual (Resolução nº 307 do CONAMA), tendo sido uma das primeiras cidades a implantar Estações de Reciclagem e criar unidades de recebimento de pequenos volumes.

Recentemente, também, estabeleceu legislação municipal que instituiu um sistema de gestão sustentável de resíduos da construção civil e resíduos volumosos - SGRCC –, complementado com um Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – PMRCC e, passou a exigir que as empresas geradoras de RCC, públicas ou privadas, responsáveis pela execução de obras de edificações, na fase de licenciamento, apresentem e implementem seus respectivos Planos de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PBH, 2012).

¹ RCC que não são passíveis de reciclagem, em função de grande quantidade de outros resíduos (RSU) misturados.

IDENTIFICAÇÃO DA QUANTIDADE GERADA E RECICLADA (BENEFICIADA)

Com a finalidade de identificar a quantidade de RCC gerada e beneficiada no município de Belo Horizonte, foi realizado levantamento de dados junto à Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte.

AMOSTRAGEM

Amostras representativas dos agregados de RCC foram coletadas na Unidade de Reciclagem localizada na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos BR 040 (CTRS BR 040) de Belo Horizonte (Figuras 1 e 2). Esta unidade é a maior das três existentes em Belo Horizonte e possui capacidade nominal² de processar 50 t/h de RCC. Mais detalhes sobre as Estações de Reciclagem de Belo Horizonte podem, ser encontradas em Catapreta *et al.* (2008).



Figura 1 – Unidade de reciclagem de RCC – Unidade BR 040



Figura 2 - Conjunto de esteiras e britador da Unidade de Reciclagem de RCC

PRODUTOS GERADOS

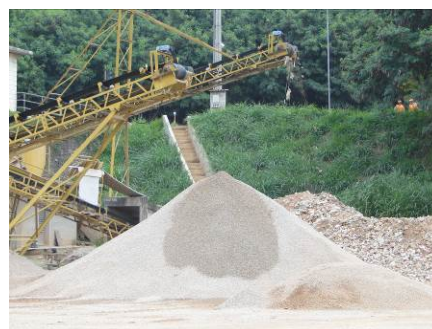
A quantidade de produtos ou subprodutos gerados constou da avaliação percentual de quais agregados são produzidos ao longo do processo de beneficiamento dos RCC nas estações de Reciclagem de Belo Horizonte. Os agregados são classificados em conformidade com os materiais que são passíveis de ser obtidos nas Estações, que são: material equivalente à bica corrida³, finos ($D < 3/16''$), britas 0 ($3/16'' < D < 3/8''$) e 1 ($3/8'' < D < 3/4''$) e areia (pó de brita) ($2'' < D$) (MAQBRIT, 2006) (Figura 3).

² A capacidade nominal se refere àquela fornecida pelo fabricante.

³ Material de composição granulométrica variada, sem graduação definida, geralmente composto de pedra britada, pedrisco e pó-de-pedra, obtido diretamente do britador, sem separação por peneiramento.



Areia (pó de brita) ($2'' < D$)



Brita 0 ($3/16'' < D < 3/8''$)

Figura 3 - Materiais gerados na reciclagem de RCC

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Os resíduos foram classificados nas classes A, B, C e D, conforme a resolução CONAMA Nº 307 e suas alterações⁴, cuja descrição é apresentada a seguir:

- I. Classe A - são os 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;
- II. Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
- III. Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- IV. Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

RESULTADOS

Quanto à **quantidade gerada** de RCC no município, estima-se que esta seja na ordem de 40% da massa total de RSU. No período compreendido entre 1996 (implantação da 1ª Unidade de Reciclagem) e 2012, foram recicladas mais de 1,4 milhão de toneladas de RCC. Nas Figuras 4 e 5, pode ser observada a quantidade total de RCC reciclado pelas unidades existentes, entre os anos de 1996 e 2012.

⁴ Resolução CONAMA nº 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
 Resolução nº 431, de 24 de maio de 2011: Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso
 Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012, Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002,



Figura 4 - Quantidade de RCC recebida e reciclada pela SLU (1996 a 2012)

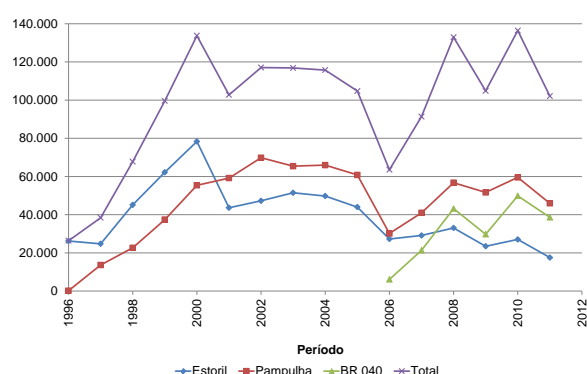


Figura 5 - Quantidade de RCC reciclada, por Unidade de Reciclagem (1996 a 2012)

Nas Tabelas 1 a 2 pode ser observada a quantidade de RCC encaminhada para processamento nas Estações de Reciclagem de Belo Horizonte, e respectivos percentuais de aproveitamento e de rejeitos do processo, nos anos de 2011 e 2012.

Tabela 1 - Total de resíduos de construção civil processados e reciclados em 2011, em massa (t)

Discriminação		Período												TOTAL	
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
Recepção de RCC	t	7.645	7.946	8.700	12.301	9.200	9.370	7.422	8.287	8.947	7.951	5.064	9.281	102.115	100%
	%	7,5	7,8	8,5	12,0	9,0	9,2	7,3	8,1	8,8	7,8	5,0	9,1	100,0	
Material Reciclado Total	t	7.654	8.735	5.516	10.416	9.780	5.867	5.513	6.409	8.352	7.521	6.747	9.625	92.135	90,2%
	%	8,3	9,5	6,0	11,3	10,6	6,4	6,0	7,0	9,1	8,2	7,3	10,4	100,0	
Material Reciclado Obtido	t	6.807	7.969	4.907	9.800	9.003	5.215	4.999	5.961	7.832	6.941	6.369	8.956	84.759	83,0%
	%	8,0	9,4	5,8	11,6	10,6	6,2	5,9	7,0	9,2	8,2	7,5	10,6	100,0	
Rejeitos	t	726	656	522	528	666	559	440	384	446	497	324	574	6.323	6,2%
	%	11,5	10,4	8,3	8,4	10,5	8,8	7,0	6,1	7,1	7,9	5,1	9,1	100,0	
Estoque	t	1.085	460	3.972	3.373	817	4.340	2.696	2.794	1.788	1.505	-719	1.031	23.142	22,7%
	%	4,7	2,0	17,2	14,6	3,5	18,8	11,7	12,1	7,7	6,5	-3,1	4,5	100,0	
Eficiência	%	88,9	91,2	89,0	94,1	92,1	88,9	90,7	93,0	93,8	92,3	94,4	93,0	92,0	-

Tabela 2 - Total de resíduos de construção civil processados e reciclados em 2012, em massa (t)

Discriminação		Período												TOTAL	
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
Recepção de RCC	t	8.467	8.404	8.170	7.889	9.822	10.060	11.220	9.083	6.372	7.925	7.709	8.998	104.117	100%
	%	8,3	8,2	8,0	7,7	9,6	9,9	11,0	8,9	6,2	7,8	7,5	8,8	102,0	
Material Reciclado Total	t	3.933	7.311	6.770	6.411	8.653	7.955	10.073	8.998	6.245	9.085	5.403	7.655	88.491	85,0%
	%	4,3	7,9	7,3	7,0	9,4	8,6	10,9	9,8	6,8	9,9	5,9	8,3	96,0	
Material Reciclado Obtido	t	3.422	6.740	6.336	5.970	8.011	7.351	9.373	8.504	5.663	8.599	4.718	7.182	81.868	78,6%
	%	4,0	8,0	7,5	7,0	9,5	8,7	11,1	10,0	6,7	10,1	5,6	8,5	96,6	
Rejeitos	t	438	490	372	378	551	517	600	424	499	416	587	406	5.677	5,5%
	%	6,9	7,7	5,9	6,0	8,7	8,2	9,5	6,7	7,9	6,6	9,3	6,4	89,8	
Estoque	t	5.096	2.137	2.366	2.394	2.405	3.241	2.586	1.370	1.019	138	3.078	2.436	28.267	27,1%
	%	22,0	9,2	10,2	10,3	10,4	14,0	11,2	5,9	4,4	0,6	13,3	10,5	122,1	
Eficiência	%	87,0	92,2	93,6	93,1	92,6	92,4	93,1	94,5	90,7	94,7	87,3	93,8	92,5	-

Em relação ao **beneficiamento** dos RCC, das 102.115 t encaminhadas para processamento, em 2011, cerca de 90,2% (92.135 t) foram de fato recicladas e transformadas em insumos. O processo gerou cerca de 6.323 t (6,2%) de rejeitos diversos (papeis, plásticos, vergalhões etc.), restando 23.142 t (22,7%) em estoque para reciclagem. A eficiência obtida no processo de foi de 92%, podendo ser considerado satisfatório (Tabela 2).

Em 2012, apesar da quantidade encaminhada para reciclagem ter pouco superior à de 2011, os resultados observados foram, relativamente, semelhantes, tendo sido recicladas cerca de 88.491 t (85%) gerando cerca de 5.677 t (5,5%) de rejeitos diversos. A eficiência obtida no processo de foi de 92,5%, demonstrando regularidade na operação dessa unidade (Tabela 2).

Cumprir destacar que a quantidade de RCC processada nas Estações de Reciclagem somente não é maior, devido à capacidade de processamento dessas unidades.

Quanto à **classificação** dos RCC, foram analisadas 16 amostras, totalizando aproximadamente 83 t de resíduos. A amostragem constou da escolha de veículos de carga que aportava a Unidade de Reciclagem da BR 040 e que eram escolhidos, aleatoriamente.

Como pode ser observado na Tabela 3, a maior parte dos resíduos gerados é classificada como A, que representou 99,289% do total de resíduos amostrados. Em sequência, os resíduos classe B apresentaram um percentual de 0,638%, o resíduos classe C = 0,072 e D = 0,001%.

Estes dados indicam que os resíduos que aportam a esta Unidade de Reciclagem de RCC em estudo, possuem elevado potencial de reciclagem. Na Figura 3 podem ser observadas algumas etapas da caracterização dos RCC.

Quanto à avaliação dos **produtos** gerados, os resultados indicam que dos resíduos que são encaminhados para a reciclagem, 40% seriam bica corrida, 30% brita 0, 30% brita 1 e 10% pó de brita (areia grossa).

Tabela 3 - Classificação dos RCC que aportam as Estações de Reciclagem de Belo Horizonte

Amostra	Peso da Amostra	Classificação												
		A	B										C	D
			Plásticos	Papéis	Metais	Vidros	Madeiras	Tecido	Fios	Pneu	Outros	Resíduos Verdes		
1	4.769	4.560	1,09	0,08	206,40	-	1,01	-	-	-	-	-	-	-
2	5.773	5.720	4,26	8,60	21,10	-	17,70	0,80	0,15	0,20	-	-	-	0,44
3	4.905	4.860	18,30	15,10	1,70	-	8,70	1,00	-	-	-	-	-	-
4	5.640	5.610	3,50	1,60	9,10	-	15,50	0,72	-	-	-	-	-	-
5	3.921	3.920	-	-	-	-	1,26	-	-	-	-	-	-	-
6	4.731	4.730	-	-	1,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	5.582	5.550	3,40	1,90	13,20	0,40	12,80	0,60	-	-	-	-	-	-
8	5.459	5.450	8,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	5.215	5.210	-	-	4,20	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-
10	6.724	6.720	3,10	-	-	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-
11	5.678	5.620	2,30	0,11	54,00	-	0,20	-	-	-	0,20	1,40	-	-
12	5.627	5.620	2,00	1,70	2,90	-	0,40	-	-	-	-	-	-	-
13	5.040	4.980	11,50	3,50	13,90	-	30,80	-	-	-	-	-	-	-
14	4.786	4.780	4,80	0,10	0,60	-	-	0,20	-	-	-	-	-	-
15	3.451	3.390	-	0,40	-	-	-	-	-	-	-	-	60,20	-
16	5.963	5.950	1,60	0,30	7,00	-	3,60	-	-	-	-	-	-	-
Total	83.262	82.670	64,35	33,39	335,12	1,50	91,97	3,32	0,15	0,20	0,20	1,40	60,20	0,44
Mínimo	3.451	3.390	1,09	0,08	0,60	0,40	0,20	0,20	0,15	0,20	0,20	1,40	60,20	0,44
Máximo	6.724	6.720	18,30	15,10	206,40	0,60	30,80	1,00	0,15	0,20	0,20	1,40	60,20	0,44
Média	5.204	5.167	5,36	3,04	27,93	0,50	9,20	0,66	0,15	0,20	0,20	1,40	60,20	0,44



(a) Chegada



(b) Descarga



(c) Espalhamento



(d) Triagem



(e) Triagem



(f) Pesagem

Figura 3 – Caracterização dos RCC

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU, pelo apoio na realização dos trabalhos; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, pelo contínuo apoio financeiro.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, conclui-se o potencial de reciclagem dos RCC gerados em Belo Horizonte é elevado, principalmente, considerando que, aproximadamente, de 92% dos RCC enviados à reciclagem de fato transformam-se em insumos. Destaca-se também a regularidade que vem sendo demonstrada na operação da Unidade de Reciclagem de RCC, alcançando índices semelhantes no período avaliado.

Por fim, destaca-se que o percentual reciclado ainda é baixo, mas coloca Belo Horizonte em destaque quanto ao manejo de RCC, principalmente considerando as diversas ações que são realizadas no município, dentro de um *Programa de Reciclagem de Entulho*, que vem sendo conduzido desde os anos 90, e que inclui alternativas para a coleta/recolhimento e disposição adequadas desses resíduos, com alternativas para seu reaproveitamento, buscando, através do manejo diferenciado, da correção dos problemas ambientais decorrentes da deposição indiscriminada de entulho pela malha urbana e a valorização econômica desses resíduos através do processo de reciclagem e sua utilização em várias obras públicas gerenciadas pela prefeitura de Belo Horizonte e com significativa redução do custo final das obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CATAPRETA, C. A. A., PEREIRA, J. C., ALMEIDA, A. H. Avaliação do desempenho das usinas de reciclagem de resíduos de construção civil de Belo Horizonte, Brasil. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária AIDIS, 31, 2008, Santiago/Chile. Anais...Santiago: AIDIS, 2008;
2. CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução N° 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (Alterada pelas Resoluções 348, de 2004, n° 431, de 2011, e n° 448/2012). Brasil: CONAMA, 2002.
3. SLU – SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA. Relatório de Custos de Atividades de Limpeza Urbana – Dezembro de 2011. Belo Horizonte: SLU, 2012;
4. MAQBRT. Manual de operação e manutenção – Unidade de Reciclagem de Entulhos de Construção civil. São Paulo, 2006.
5. PBH – Prefeitura de Belo Horizonte. Lei n° 10.522, de 24 de agosto de 2012. Institui o Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - SGRCC - e o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos - PMRCC, e dá outras providências. DOM – Diário Oficial do Município: Belo Horizonte/MG, 2012.