



CARACTERIZAÇÃO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO GERADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DE SÃO PAULO

João Alexandre Paschoalin Filho ¹

Eric Brum Lima Duarte ²

RESUMO

A geração de resíduos pela construção civil consiste em um importante problema a ser sanado. Assim, novos modelos de gestão vêm sendo desenvolvidos no intuito de se mitigar o impacto ambiental deste setor. A resolução nº 307 de 5 de julho de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classifica os resíduos de construção civil em diferentes classes em função de suas características, além de apresentar formas de destinação destes de acordo com suas classificações. A resolução CONAMA nº307/2002 destaca ainda que os resíduos de construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei, sendo de responsabilidade do gerador destinar de maneira correta os resíduos produzidos de acordo com sua tipologia, sendo as ações necessárias para tal previstas no Projeto de Gerenciamento de Resíduos da obra. Este trabalho apresenta a caracterização dos resíduos descartados durante as obras de um edifício comercial localizado na cidade de São Paulo e as formas utilizadas para a correta destinação destes. Assim esta pesquisa tem por intuito discutir a problemática da geração e destinação dos resíduos de construção civil apresentando um estudo de caso. Também se observou que o tipo e volume dos resíduos descartados durante o período em estudo podem ser correlacionados com a fase executiva da obra.

Palavras chaves: Resíduos da construção civil, gestão, sustentabilidade.

¹ Professor do Programa de Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho. E –mail: " jalexandre@uninove.br

² Mestre e professor do curso de Engenharia da Universidade Nove de Julho. E –mail: ericbrum@uol.com.br

1 INTRODUÇÃO

Entre os componentes da massa de resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados diariamente, grande parte se deve as atividades ligadas à construção civil. O crescimento deste setor, que é fortemente alavancado pelo panorama econômico e a necessidade de se atender aos *déficits* habitacionais e de infraestrutura, este setor é também responsável por uma forte pegada ambiental, quer seja pela crescente demanda por matérias-primas naturais, ou pela geração de resíduos durante a demolição de edifícios antigos ou execução de novas obras.

Apesar de a construção civil ser considerada como um setor produtivo que causa impactos ambientais significativos, tanto no meio urbano quanto natural, este também consiste em um setor que investe em inovação tecnológica e desenvolvimento de novas ferramentas de gestão e manejo de seus resíduos. Devido aos grandes volumes gerados, os resíduos da construção civil (RCC) têm merecido especial atenção de pesquisadores que buscam não apenas reduzir sua geração, mas também viabilizar a sua reutilização, reciclagem e manejo sustentável, buscando incrementar nestes materiais valor agregado de mercado.

A resolução nº 307 de 5 de julho de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica os resíduos de construção civil em diferentes classes em função de suas características, além de apresentar formas de destinação destes de acordo com suas classificações. Dentre as formas de destinação, a resolução CONAMA nº 307/2002 apresenta alternativas como reuso e reciclagem dos resíduos no próprio canteiro de obras, envio à pontos de entrega voluntária (para o caso de destinação de pequenos volumes), áreas de transbordo e triagem (ATT's), cooperativas de reciclagem, Usinas de Reciclagem de Entulho (URE), aterros licenciados entre outros. Esta resolução também destaca que os resíduos de construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei, sendo responsabilidade do gerador destinar de maneira correta os resíduos produzidos de acordo com sua tipologia, devendo as ações necessárias para tal estarem previstas no Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Obra, que deverá obrigatoriamente abranger outras ações tais como: caracterização

e quantificação dos volumes de resíduos produzidos, triagem, acondicionamento e transporte nas formas previstas pela resolução CONAMA nº 307/2002.

Diante deste contexto, esta pesquisa apresenta a caracterização dos resíduos de construção descartados durante as obras de um edifício comercial localizado na cidade de São Paulo, bem como suas formas de destinação final. Os resíduos Classe A, foram destinados parte para um aterro licenciado localizado na cidade de São Paulo, e parte para uma Usina de Reciclagem de Entulho (URE) situada em Osasco/SP. Os resíduos da Classe B foram destinados integralmente para uma cooperativa de reciclagem localizada próxima a obra em estudo. Também se verificou por meio desta pesquisa que o perfil da massa de resíduos de construção gerada é influenciado pela etapa executiva e método construtivo da obra.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A indústria da construção civil e a geração de resíduos

A construção civil consiste em um dos primeiros setores econômicos a responder a situação econômica de um país. Responsável por empregos diretos e indiretos, a indústria da construção é de grande importância para assegurar a infraestrutura necessária ao crescimento e desenvolvimento de uma nação. No entanto, apesar dos impactos socioeconômicos positivos, a indústria da construção civil é responsável por um intenso consumo de matérias primas naturais, gerando uma grande quantidade de resíduos, que se não forem adequadamente descartados ou manejados, poderão causar sérios impactos ambientais. Diante dessa situação, novas ferramentas de gerenciamento e manejo dos resíduos gerados em obras têm despertado interesses de várias pesquisas conduzidas pelo setor (Cabral *et al.*, 2007, Ângulo *et al.*, 2011 e Ibrahim *et al.*, 2010).

De acordo com Segantini e Wada (2011) a construção civil é uma atividade geradora de grandes volumes de resíduos, tendo como consequência enormes desperdícios de materiais naturais, como areia, pedra, madeira e cimento, entre outros. Silva e Fernandes (2012) apontam que a construção civil consome uma grande quantidade de recursos naturais em sua cadeia produtiva, além de gerar um volume elevado de resíduos; cerca de 40 a 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente nas cidades tem origem no setor da construção civil. Além

dos impactos causados pelo extrativismo, a construção civil também arca com o ônus de impor ao meio ambiente, outras formas de agressão, tais como: poluição do ar, poluição sonora, contaminação de solo etc.

De acordo com dados da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2012) a quantidade *per capita* no Brasil de resíduos de construção civil (RCC) coletada, comparando-se os anos de 2010 e 2011, cresceu aproximadamente 6%, ou seja, de 0,618 kg/hab/dia para 0,656 kg/hab/dia. Este incremento correspondeu a uma massa adicional de 7.195 toneladas/dia recolhida. Na Tabela 1 são apresentadas estimativas de geração de RCC em algumas cidades brasileiras.

Tabela 1: Estimativa de geração de RCC em algumas cidades brasileiras

Cidade/Estado - Ano	Total RCC (t/dia)	Taxa <i>per capita</i> (t/hab.ano)	Autores
São Carlos/SP - 2007	101	0,17	Fagury & Grande (2007)
Rio de Janeiro/RJ - 2007	2877	0,18	Nunes <i>et al.</i> (2007)
Passo Fundo/RS - 2008	101	0,20	Bernardes <i>et al.</i> (2008)
Belo Horizonte/MG -2009	2278	0,92	Costa & Oliveira (2011)
Salvador/BA - 2009	2300	0,31	Evangelista <i>et al.</i> (2010)
Goiânia/GO - 2009	1500	0,42	Silva <i>et al.</i> (2010)
Pelotas/RS - 2012	404	0,12	Tessaro <i>et al.</i> (2012)
Juazeiro do Norte/CE - 2012	100	0,12	Marinho & Silva (2012)
Crato/CE - 2012	67	0,18	Marinho & Silva (2012)

Observa-se na Tabela 1 que a geração *per capita* de RCC nas cidades relacionadas variou entre 0,12 a 0,92 toneladas/hab.ano. Estes números são muito próximos aos estimados por Delongui *et al.* (2011) que sugerem que a geração *per capita* de RCC no Brasil esteja entre 0,23 a 0,76 toneladas/hab.ano com uma média 0,51 toneladas/hab.ano. Oliveira *et al.* (2011) indicam 0,52 toneladas/hab.ano e Malia *et al.* (2011) apresentam uma quantidade *per capita* de 0,50 toneladas/hab.ano.

Pinto e González (2005) e Bernardes *et al.* (2008) mostram que a geração de RCC apresenta-se dividida, em média, em 59% de derivados de reformas, ampliações e demolições e 41% de novas edificações. Carmo *et al.* (2012) afirmam

que 64,1% do RCC produzidos são provenientes de reformas, 18,2% de novas obras, 7,1% de demolições e 10,6% de outras atividades. Segundo Leite *et al.* (2010) e Ângulo *et al.* (2013) o resíduo de construção e demolição (RCC) possui uma grande variedade de materiais em sua composição, derivados das inúmeras atividades construtivas que ocorrem concomitantemente no desenvolvimento de uma obra. De acordo com Ângulo *et al.* (2013) e Lima e Cabral (2013) determinar a composição do RCC é de difícil determinação, pois representa uma equação de inúmeras variáveis, tais como: tipo de obra que será realizada; tipo de materiais empregados; fase da obra; qualidade da mão de obra empregada; emprego de ferramentas de gestão na obra; possibilidade de certificação da obra; região econômica da realização da obra; diferenças regionais do país; técnicas construtivas; rastreabilidade dos resíduos produzidos; implantação de reciclagem e reutilização dos materiais no canteiro.

2.2 Classificação e destinação dos resíduos de construção civil

De acordo com a Resolução nº307 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) de 5 de julho de 2002, os resíduos da construção civil recebem a seguinte denominação:

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

Ainda, segundo a resolução CONAMA nº 307/2002, os resíduos da construção civil podem ser classificados em quatro grupos de acordo com suas características. Em 2004, em complementação à resolução CONAMA nº307/2002, foi elaborada a resolução CONAMA nº 348/2004, na qual foi incluído o amianto como pertencente à classe de resíduos perigosos. O Quadro 1 apresenta a classificação dos resíduos de construção de acordo com a resolução CONAMA nº431/2011, que alterou a classificação apresentada na resolução CONAMA nº307/2002, alterando a classificação do Gesso de Classe C para Classe B.

Quadro 1. Classificação dos resíduos de construção de acordo a resolução CONAMA nº431/2011

Classe	Origem	Tipo de resíduo
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	De pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de operações de terraplenagem. Da construção, demolição reformas e reparos de edificações (componentes cerâmicos, tijolos, blocos, telhas e placas de revestimento, concreto e argamassa).
Classe B	Resíduos recicláveis com outras destinações.	Plásticos, gesso, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.
Classe C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações que permitam a sua reciclagem ou recuperação.	Não especificado pela resolução
Classe D	Resíduos perigosos oriundos de processo de construção.	Tintas, solventes, óleos, amianto.
	Aqueles contaminado, oriundos de demolições, reforma e reparo, enquadrados como classe I na NBR10004.	Clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Anteriormente a promulgação da Resolução nº 307/2002 do CONAMA, o Brasil dispunha da Norma Brasileira NBR 10.004 -“Resíduos Sólidos – Classificação”, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no ano de 1987, que servia de referência quanto à classificação dos resíduos sólidos. Após a entrada em vigor da Resolução CONAMA nº307 a NBR 10.004 de 1987 sofreu uma revisão e foi publicada novamente no ano de 2004 com alterações, complementações e atualizações que vinham de encontro com as questões ambientais e o desenvolvimento sustentável em discussão desde a sua primeira publicação. De acordo com a NBR 10.004/2004, os resíduos da construção civil são classificados como inertes, ou seja, classe II-B, uma vez que estes não apresentam constituintes que quando solubilizados afetem os padrões de potabilidade da água. Além da NBR 10.004, a ABNT publicou as seguintes Normas Técnicas, específicas para resíduos da construção civil, relatadas no Quadro 2.

Quadro 2. Normas Técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) sobre RCC publicadas em 2004.

Norma	Título	Objetivo
NBR 15112	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	<i>Esta Norma fixa os requisitos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos.</i>
NBR 15113	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	<i>Esta Norma fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos da construção civil classe A e de resíduos inertes.</i>
NBR 15114	Resíduos sólidos da Construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação.	<i>Esta Norma fixa os requisitos mínimos exigíveis para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A.</i>
NBR 15115	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.	<i>Esta Norma estabelece os critérios para execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado agregado reciclado, em obras de pavimentação.</i>
NBR 15116	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.	<i>Esta Norma estabelece os requisitos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil.</i>

De uma forma geral, observando-se a Figura 2, verifica-se que as normas publicadas referem-se basicamente às atividades de triagem, destinação, reuso e reciclagem dos resíduos da construção civil, estabelecendo recomendações e padronizações técnicas. Posteriormente, no ano de 2010, a problemática dos resíduos da construção civil no Brasil também foi tratada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da lei nº12.305/2010. Esta política, dentre diversos aspectos, prevê redução da geração de resíduos, propondo a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos a fim de proporcionar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e a

destinação adequada dos rejeitos, além da necessidade de elaboração de planos de gestão de resíduos por agentes públicos e privados. De acordo com o artigo 10º da Resolução CONAMA nº 307/2002, os resíduos da construção civil deverão ser destinados de acordo com o apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Destinação do RCC de acordo com CONAMA nº 307/2002 (2002)

Classe	Destinação
Classe A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

O artigo 5º da resolução CONAMA nº 307/2002 determina que é função dos Municípios e do Distrito Federal a elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Neste plano deverão ser incorporados os seguintes itens: a) Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e b) Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. De acordo com a resolução, é de responsabilidade do município a disponibilização de áreas adequadas para destinação dos resíduos da construção civil, além de ações de fiscalização quanto à deposição inadequada destes resíduos. Em relação ao gerador, o artigo 8º atribui a este a responsabilidade de elaboração de um Projeto de Gerenciamento dos Resíduos de Construção com objetivo estabelecer procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

Os resíduos provenientes das atividades de demolição e construção civil, em função de sua constituição física e volume, podem apresentar dificuldades para a destinação final. Esses não são aceitos em aterros sanitários convencionais e geralmente são acondicionados no meio ambiente urbano sob a forma de caçambas. Embora a responsabilidade pela destinação correta dos resíduos seja do gerador, seja ele público ou privado de acordo com a resolução CONAMA nº 307/2002, não é difícil encontrar geradores que desrespeitam essa determinação, R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 223 – 246. out.2014/mar.2015

causando situações de deposição desse material em vias públicas, terrenos baldios ou a beira de córregos. Essa degradação da paisagem urbana estimula a criação de pequenos lixões a céu aberto que contribuem para a proliferação de vetores de doenças e o entupimento dos sistemas de drenagem (PASCHOALIN FILHO, GRAUDENZ, 2012). Além de prejudicar a saúde coletiva, os efeitos da deposição irregular dos RCC atingem também a esfera econômica e social, pois causam obstrução das redes de drenagem urbana, contribuindo para alagamentos e enchentes e também na exaustão precoce dos aterros (FIGUEIREDO *et al.*, 2011; MÁLIA *et al.*, 2011).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi conduzida durante todo o período da obra, ou seja, entre os meses de Setembro de 2010 e dezembro de 2012, e teve por intuito o levantamento dos volumes de resíduos de construção tipo Classe A e B descartados durante a execução de um edifício comercial localizado na zona Sul da cidade de São Paulo e a indicação da destinação dos resíduos gerados. Os parâmetros apresentados nesta pesquisa foram obtidos durante a implantação do Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção da obra em estudo, obrigatório de acordo com a resolução nº307/2002 do CONAMA, o qual contemplou as seguintes etapas: i) caracterização e quantificação dos resíduos, ii) triagem, iii) formas de acondicionamento, iv) transporte de acordo com as normas técnicas vigentes e, v) destinação de acordo com o estabelecido pela própria resolução. Dessa forma, para a obtenção dos parâmetros necessários a esta pesquisa foram realizados os procedimentos a seguir apresentados.

3.1 Levantamento dos volumes de resíduos descartados e suas destinações

Os volumes de resíduos de construção descartados foram obtidos por meio de consulta às planilhas de Controle de Transporte de Resíduos (CTR) geradas pela fiscalização da obra diariamente, todas as vezes que uma caçamba contendo RCC deixava o canteiro de obras. Por meio destas planilhas puderam ser quantificados os volumes enviados para aterro e os que foram encaminhados para a usina de

reciclagem de entulho (URE) e para a cooperativa de reciclagem. Ressalta-se que a emissão do CTR é obrigatória pela Legislação Federal e Municipal e serve como controle na destinação dos resíduos gerados durante todo o período de obra. O CTR deve ser preenchido no instante da coleta do resíduo no gerador, acompanhar o transporte e conter o registro do recebimento pelo local da destinação. O gerador deverá manter uma via do CTR como comprovação da correta destinação deste. Dessa forma, por meio da consulta às planilhas de CTR geradas foi possível quantificar os volumes de resíduos descartados durante o período em que esta pesquisa foi conduzida, bem como a composição dos resíduos e o local de destinação destes.

Somente com a apresentação do CTR os resíduos poderão ser recebidos nos locais de destino. O CTR deve ser preenchido no instante da coleta do resíduo no gerador, acompanhar o transporte e conter o registro do recebimento pelo local da destinação. O gerador deverá manter uma via do CTR como comprovação da correta destinação deste. O CTR deverá conter as seguintes informações de acordo com as normas NBR 15.112, NBR 15.113 e NBR 15.114: a) Dados do gerador: razão social, nome, CNPJ ou CPF, endereço de coleta e identificação da obra; b) Informações dos resíduos destinados: Volume e peso; c) Dados da empresa transportadora: razão social, nome, CNPJ ou CPF, inscrição municipal, tipo de veículo e placa do veículo utilizado no transporte; d) Dados do destinatário: razão social, nome, endereço de destinação, CNPJ ou CPF. O CTR deverá também ser acompanhado dos carimbos do gerador, do transportador e do destinatário.

Dessa forma, por meio da consulta às planilhas de CTR geradas foi possível quantificar os volumes de resíduos descartados durante o período em que esta pesquisa foi conduzida, bem como a composição dos resíduos e o local de destinação destes.

Os resíduos descartados foram destinados de acordo com as recomendações da resolução CONAMA no 307/2002. Os resíduos da Classe A foram destinados para uma Usina de Reciclagem de Entulho (URE) situada no município de Osasco e para um aterro licenciado situada na cidade de São Paulo. A destinação dos resíduos da Classe B consistiu no envio destes para uma cooperativa de reciclagem também situada em São Paulo, próxima à obra em estudo. A pesquisa se limitou aos resíduos gerados classe A e B, uma vez que os resíduos classe C e D tem tipos de

destinação totalmente diferentes e que não são geralmente apropriados aos aterros de RCC e aos processos de reciclagem de RCC.

3.2 Caracterização da obra em estudo

A obra consiste em um edifício comercial denominado localizado no Bairro Pinheiros, São Paulo/SP e está nos limites da Subprefeitura de Pinheiros. O terreno possui mais de 5.000 m² de área final, sendo que o conjunto edificado possuirá aproximadamente 20.000 m² de área privativa útil para a locação de escritórios de um total construído superior a de 40.000 m². As obras se iniciaram em setembro de 2010 e foram finalizadas em dezembro de 2012.

O edifício foi executado em estrutura mista de concreto e aço com lajes tipo “steel deck” de maneira a proporcionar maior rapidez construtiva e facilidade logística, uma vez que a obra em estudo localiza-se próxima a vias de fluxo intenso de veículos. Dessa forma, a opção em estrutura mista de concreto e aço, além de vantagens técnicas significativas (estrutura mais leve, sistema construtivo mais dinâmico e versátil) também propiciou uma maior facilidade na logística de entrega de suprimentos. A opção pelo sistema executivo misto também consistiu em um fator interessante em alguns aspectos de sustentabilidade, segurança e otimização de recursos. A utilização do aço garantiu à obra um processo construtivo racionalizado em termos de utilização de recursos, ocasionando redução na utilização de materiais convencionais, tais como concreto, madeira, entre outros. O edifício, em sua execução, priorizou a utilização de materiais de construção certificados e recicláveis, implantação de sistemas de maior eficiência energética, controle racional da água e poluição do ar.

O edifício, em sua execução, priorizou a utilização de materiais de construção certificados e recicláveis, implantação de sistemas de maior eficiência energética, controle racional da água e poluição do ar.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resíduos descartados durante o período em estudo foram, em sua maioria, típicos daqueles encontrados em construções prediais, ou seja, resíduos cimentícios, madeiras, papel e papelão, plásticos e metais. Após a geração, os

resíduos Classe A e Classe B passavam por um processo de triagem e armazenamento adequado, para em seguida serem destinados de acordo com as recomendações feitas pela CONAMA nº307/2007. O fluxograma de manejo dos resíduos é apresentado na Figura 1 e a composição do volume total de resíduos Classe B enviado para reciclagem é apresentada na Tabela 2 a seguir.

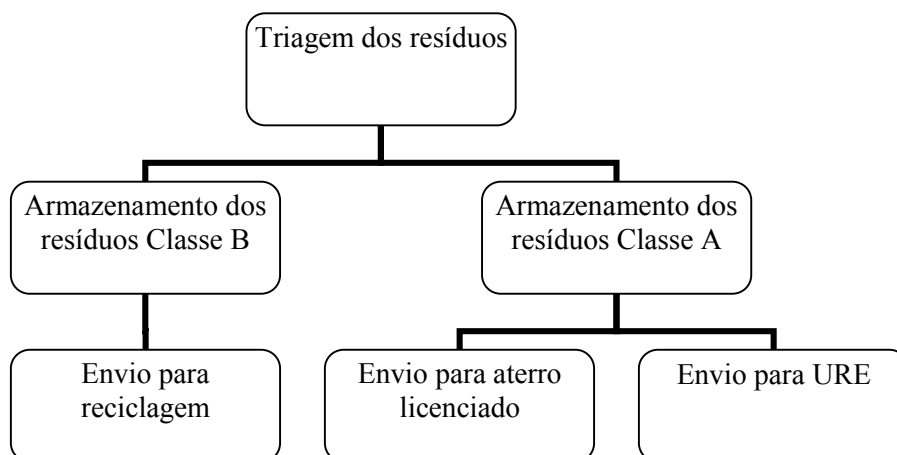


Figura 1. Fluxograma de manejo dos resíduos Classe A e Classe B gerados “in loco”.

Fonte: Os Autores.

De acordo com a Tabela 2, a seguir, nota-se que durante o período compreendido por esta pesquisa, foram destinados para a cooperativa de reciclagem 3.485m³ de resíduos Classe B, dos quais a maior parte consistiu em madeira (79%). Tal fato pode ser justificado uma vez que a madeira foi largamente utilizada em obra para a confecção das fôrmas de concreto, necessárias para a execução da estrutura do edifício, bem como na construção do canteiro de obras, tapumes entre outros.

Tabela 2: Composição gravimétrica do resíduo Classe B enviado para reciclagem.

Tipo de Resíduo	Volume total (m ³)	Porcentagem em volume (%)
Plástico	200	9
Papel e derivados	315	9,0
Madeira	2750	79
Metais	220	6,5
Total	3485	100

Fonte: Os Autores

Os resíduos referentes a plásticos, papéis e derivados, que somados correspondem a 14,7% do volume total descartado correspondem, em sua maior parte, aos resíduos das embalagens dos insumos utilizados na obra. Os resíduos R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 223 – 246. out.2014/mar.2015

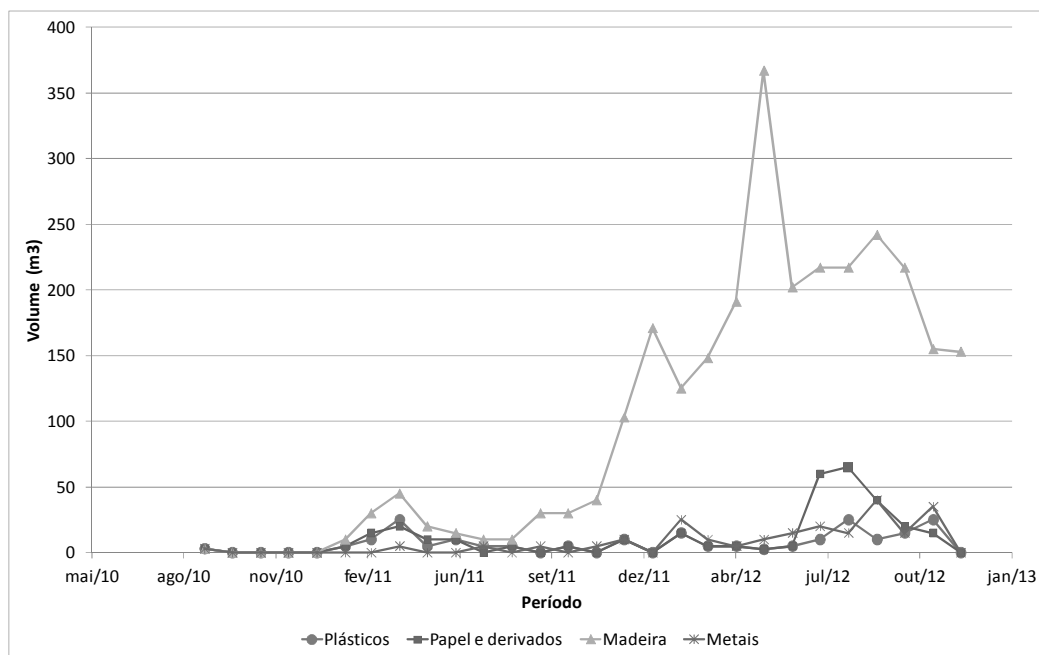


Figura 3. Variação gravimétrica dos resíduos Classe B durante o período da pesquisa.

Fonte: Os Autores

Os comportamentos apresentados pelas Figuras 2 e 3 podem ser correlacionados com o andamento da obra em estudo. Durante os meses de setembro de 2010 a janeiro de 2011 foram realizadas no local as operações de terraplenagem necessárias para regularização do terreno, as quais geralmente produzem baixos volumes de resíduos Classe B, sendo mais comum a ocorrência de resíduos Classe A (principalmente solo). Entre os meses de fevereiro a outubro de 2011 nota-se a predominância no descarte de resíduos de madeira gerados durante a execução do canteiro de obras, instalação de gabaritos e tapumes na obra. A partir de novembro de 2011 até abril de 2012 pode-se verificar um crescimento significativo no descarte de resíduos Classe B, influenciado pelo aumento no consumo de madeira para a execução das fôrmas necessárias às estruturas de concreto armado e instalação da estrutura metálica.

Entre os meses de junho e dezembro de 2012 a obra entrou em período de acabamento, dessa forma, pode-se perceber uma redução dos volumes de madeira descartados, mas um acréscimo de volume nos resíduos referentes a papeis e derivados, ou seja, provenientes das embalagens dos materiais utilizados nesta fase executiva. Os resíduos Classe A não foram separados em função de sua composição, tal como os resíduos Classe B, uma vez que os resíduos descartados foram basicamente cimentícios provenientes das atividades de concretagem das

estruturas e fragmentos de blocos. Na Figura 4 são apresentados os volumes de resíduos Classe A descartados durante o período em estudo.

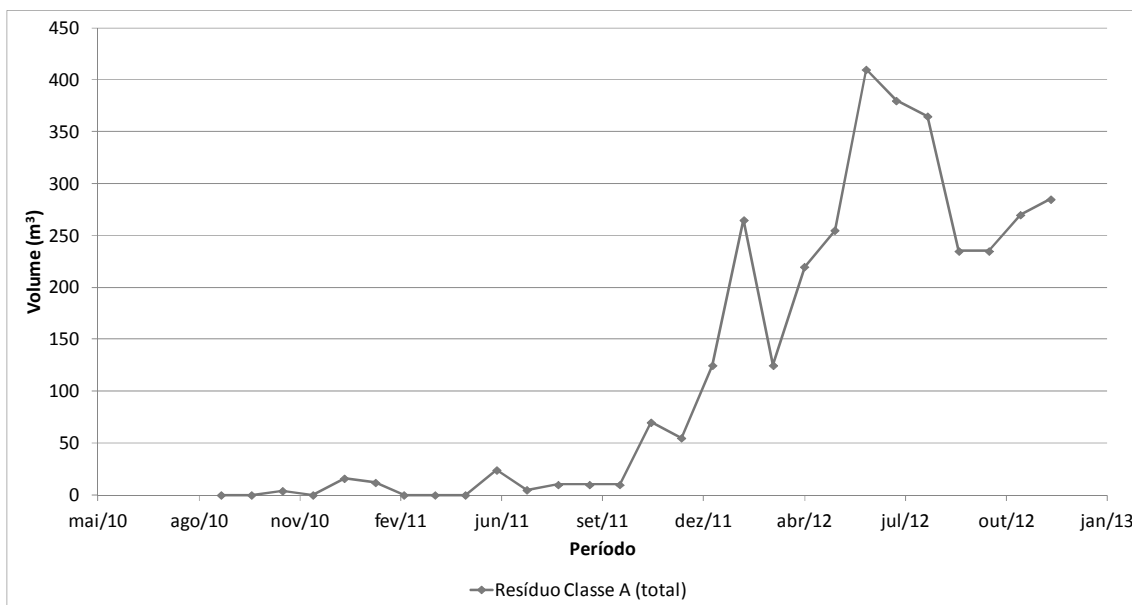


Figura 4. Volumes totais de resíduos Classe A encaminhados para deposição final.

Fonte: Os Autores

De acordo com a Figura 4 nota-se que apesar do período compreendido entre os meses de setembro de 2010 a janeiro de 2011 corresponder a etapa de terraplenagem, onde se esperaria um volume significativo de resíduos Classe A, principalmente solo, os volumes descartados foram baixos. Tal fato pode ser explicado uma vez que o solo proveniente das escavações foi utilizado na regularização do terreno. Dessa forma, o volume proveniente dos cortes de solo, foi utilizado como material de regularização topográfica. Entre os meses de dezembro 2010 e janeiro de 2011 podem ser notados pequenos volumes de resíduos descartados que consistem nos volumes resultantes da limpeza do terreno, tais como restos de vegetação, pedras, entulhos existentes, ou seja, materiais não apropriados para regularização do terreno, sendo estes e enviados para aterro licenciado. Entre os meses de fevereiro à maio de 2011, fase referente a implantação do canteiro de obras, percebe-se que não foram descartados resíduos Classe A. Entre os meses junho e outubro de 2011, fase referente a execução das fundações e canteiro de obras, percebe-se um incremento nos volumes de resíduos Classe A descartados, sendo estes predominantemente compostos por concreto e solo. A partir do mês de outubro, fase referente a execução da estrutura, os volumes

de resíduos Classe A descartados apresentaram tendência de crescimento. A Figura 5 apresenta a destinação dos resíduos Classe A a cada mês, durante o período em estudo por esta pesquisa.

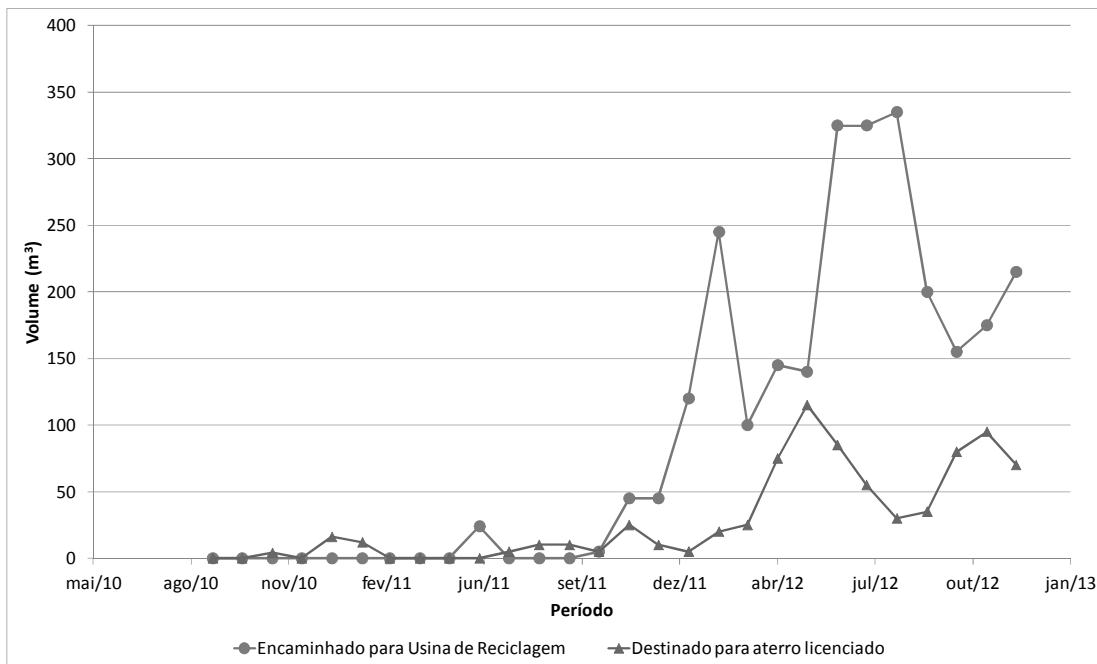


Figura 5. Destinação dos resíduos Classe A gerados durante a obra.

Fonte: Os Autores

De acordo com a Figura 5 nota-se que entre os meses de dezembro de 2010 e janeiro de 2011 os volumes de resíduos Classe A descartados foram enviados para aterro licenciado, ou seja, conforme já comentado anteriormente, os resíduos dispostos neste período consistiram naqueles que não foram utilizados nas obras de terraplenagem (restos de vegetação, pedras e entulhos). No período compreendido entre meses de julho e outubro de 2011, correspondente a fase de execução das fundações e início da estrutura do edifício, percebe-se que os resíduos gerados, em sua maioria solos e restos de concreto, foram também encaminhados para aterro licenciado. Somente a partir de novembro de 2011 é que os resíduos gerados pela execução da estrutura do edifício começaram a ser enviados também para a Usina de Reciclagem de Entulho (URE). A partir de novembro, os resíduos Classe A descartados foram predominantemente enviados para reciclagem em usina. Na Tabela 3 são apresentados os volumes de resíduos Classe A destinados para aterro licenciado e URE entre os anos de 2010 e 2012.

Tabela 3: Volumes de resíduos Classe A destinados para aterro licenciado e URE.

Período	Volume de resíduos destinados (m ³)	
	Aterro licenciado	URE
2010	5	0
2011	120	120
2012	690	2480
Total	815	2600

Fonte: Os Autores

De acordo com a Tabela 3 dentre os resíduos Classe A descartados, o maior percentual foi destinado para à URE, ou seja, de um volume 3415m³ (o que corresponde a cerca de 4.400 toneladas) de resíduos descartados, apenas 24% foram destinados para aterro licenciado, valor correspondente a 815m³ (1.060 toneladas). Tal situação ocorre uma vez que a usina de reciclagem em estudo não apresenta capacidade suficiente para atender toda a demanda da obra, dessa forma, parte dos resíduos tiveram de ser encaminhados para aterros. Em relação à destinação dos resíduos descartados, 100% dos resíduos Classe B foram encaminhados para reciclagem em cooperativas recicladoras. Na Tabela 4 são apresentados os volumes totais de resíduos Classe A e Classe B descartados durante o período de estudo desta pesquisa.

Tabela 4: Volumes totais de resíduos descartados durante o período da obra.

Período	Tipo de resíduo		Volume total de resíduos/período (m ³)
	Classe A (m ³)	Classe B (m ³)	
2010	5	0	5
2011	240	535	775
2012	3170	2950	6120
Total durante a obra			6900

Fonte: Os Autores

Durante todo o período da obra foi destinado um volume total de 6900m³ de resíduos Classe A e Classe B. O ano de 2012, período em que foram realizadas obras de estrutura e acabamento do edifício, consistiu naquele em que foram descartados os maiores volumes de resíduos, ou seja, 89% do volume total de descarte da obra. Em relação aos resíduos Classe A e Classe B, no ano de 2012,

foram descartados 93% e 84,6% respectivamente dos seus volumes totais considerando todo o período da obra.

5 CONCLUSÕES

O setor da construção civil consiste em um importante gerador de resíduos sólidos quando comparado aos demais setores produtivos. Os resíduos de construção e demolição gerados diariamente por essa indústria compõem grandes percentuais na massa de resíduos sólidos urbanos (RSU) em diversos municípios brasileiros. Este fato pode ser atribuído à grande expansão deste ramo da economia, à necessidade constante de matéria prima, ao grande desperdício durante as obras e à falta de políticas públicas e objetivas que considerem esta situação como um problema a ser resolvido. Dessa maneira, este trabalho ressalta a importância da adoção, por parte do setor da construção civil, de ferramentas de gestão sustentáveis, que visem a incorporação da variável ambiental no setor, prevendo dentre outras ações, a destinação apropriada dos resíduos produzidos em obra de acordo com suas características.

Os resíduos gerados na obra tiveram sua destinação final realizada de acordo com o preconizado pela resolução CONANA nº307/2002. A maior parte dos resíduos descartada, tanto Classe A como Classe B, foi destinada à Usina de Reciclagem ou cooperativa. Ressalta-se também que os volumes de resíduos descartados foram influenciados pelo tipo de processo executivo escolhido para a obra (estrutura mista de aço e concreto) e pela fase executiva em que foram aferidos os volumes, sendo que esta característica deve ser levada em consideração durante a fase de contratação dos serviços de transporte e destinação dos resíduos.

A reciclagem consiste em uma importante alternativa no manejo dos resíduos gerados pela construção civil, pois permite que estes sejam reinseridos na cadeia produtiva, podendo ser utilizados na própria obra sob diferentes maneiras (novos materiais de construção, regularização topográfica entre outros), proporciona ganhos econômicos, pois reduz os custos de transporte, destinação e aquisição de materiais, além de reduzir o impacto ambiental causado pelo setor, uma vez que reduz a necessidade por extração de matéria prima natural.

A utilização das planilhas de CTR (Controle de Transporte de Resíduos) consiste em uma importante ferramenta de fiscalização e controle dos resíduos gerados em obra. Por meio destas planilhas pode-se aferir os volumes de resíduos descartados, a classificação e composição destes e sua destinação.

O controle dos volumes de resíduos gerados, sua classificação e correta destinação consiste em importante ferramenta de gestão, pois esta além de ser parte das exigências de entidades de certificação verde (LEED, AQUA, etc.), também é de grande importância na incorporação da variável ambiental no setor da construção civil.

CHARACTERIZATION AND DESTINATION OF CONSTRUCTION WASTES GENERATED DURING CONSTRUCTION OF A COMMERCIAL BUILDING LOCATED IN THE CITY OF SÃO PAULO

ABSTRACT

The generation of solid wastes by civil construction consists an important problem to be solved . Thus, new management tools are being developed in order to mitigate the environmental impact caused by this economic sector . The Resolution nº 307 of 5 July 2002 published by the National Environmental Council (CONAMA) ranked the construction wastes into different classes according to their characteristics and presents ways to dispose these according to their classification . The CONAMA nº307/2002 also highlights that construction wastes can't be dumped of in areas such as water bodies , vacant lots and areas protected by law. The disposal of this kind of waste is responsibility of the generator, who may provide ways for correctly disposal of the produced wastes according to their classification . This paper presents the characterization of the discarded wastes during construction of a commercial building, located in the city of São Paulo and the forms used for the proper disposal of these. Thus, this research aims to discuss the problem of generation and disposal of construction wastes presenting a study of a case. It was also noted that the type and volume of waste disposed during the period under study may be correlated with the executive phase of the work

Key words: construction waste management, sustainability.

REFERÊNCIAS

ÂNGULO, S.C.; JOHN, V. M.; ULSEN, C.; KAHN, H.; MUELLER, A. Separação óptica do material cerâmico dos agregados mistos de resíduos de construção e demolição. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.13, n. 2, p. 61-73, abr. / jun. 2013.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 3, n. 2, p. 223 – 246. out.2014/mar.2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 4p.

_____. NBR 15112: Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos – Áreas de Transbordo e Triagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004. 7p.

_____. NBR 15113: Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004. 12p.

_____. NBR 15114: Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de Reciclagem – Diretrizes para Projeto, Implantação e Operação. Rio de Janeiro, 2004. 7p.

_____. NBR 15115: Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de Camadas de Pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004. 10p.

_____. NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos, Rio de Janeiro, 2004. 12p.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, São Paulo, Brasil, 116p, 2012.

ANGULO, S. C., TEIXEIRA, C. E., CASTRO, A. L., & NOGUEIRA, T. P. Resíduos de construção civil: avaliação de métodos de quantificação. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, n. 3, pp. 299-306. 2011.

ASSUNÇÃO, L. T., CARVALHO, G. F., & BARATA, M. S. Avaliação das propriedades das argamassas de revestimento produzidas com resíduos da construção e demolição como agregado. Exacta, 5 (2), pp. 223-230. 2007.

BERNARDES, A.; THOMÉ, A.; PRIETTO, P. D. M.; ABREU, A. G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, jul. /out. 2008.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 02/04/2014.

CABRAL, A. E. B.; SCHALCH, V.; DAL MOLIN, D. C. C.; RIBEIRO, J. L. D. Modelagem da resistência à compressão de concretos produzidos com agregados reciclados de RCC. Revista Minerva, São Carlos, v. 4, n. 1, p. 75-84, 2007.

CARMO, D. S.; MAIA, N. S.; CÉSAR, C. G. Avaliação da tipologia dos resíduos de construção civil entregues nas usinas de beneficiamento de Belo Horizonte. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v. 17, n. 2, p. 187-192, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE: Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 de julho de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/-index.cfm>.

_____. Resolução 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. Diário Oficial da União nº 158, Brasília, DF, de 17 de agosto de 2004, Seção 1, página 70. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>

_____. Resolução nº. 431, de 25 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/-index.cfm>.

COSTA, W. V. G. da; OLIVEIRA, E. A. Estudos e análises dos impactos da segregação de resíduos sólidos de obras em Belo Horizonte. Revista Construindo, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 30-36, jan. / jun. 2011.

DELONGUI, L.; PINHEIRO, R. J. B.; PEREIRA, D. S.; SPECHT, L. P.; CERVO, T. C. Panorama dos resíduos da construção civil na região central do Rio Grande do Sul. Revista Teórica e Prática na Engenharia Civil, Rio Grande, n. 18, p. 71-80, nov. 2011.

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

FAGURY, S. C.; GRANDE, F. M. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCC)- Aspectos gerais da gestão pública de São Carlos (SP). Exacta. São Paulo. V.5, n1, p.35-45. 2007.

FIGUEIREDO, S. S.; SILVA, C. G.; NEVES, G. A. Durabilidade de tijolos solo-cal incorporados com resíduos de demolição da construção civil. REM: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v.64, n.3, p.273-279, jul. / set. 2011.

FERRAZ, A. L.; SEGANTINI, A. A. Engenharia Sustentável: Aproveitamento de resíduos de construção. In: Anais...5th Encontro de Energia no Meio Rural. Campinas. 2004.

IBRAHIM, A. R. B.; ROY, M. H.; AHMED, Z. U.; IMTIAZ, G. Analyzing the dynamics of the global construction industry: past, presente and future. Benchmarking: An International Journal, v. 17, n. 2, p. 232-252, 2010.

KRALJ, D. Innovative systemic approach for promoting sustainable innovation for zero construction waste. Kybernetes, v. 40, n1/2, p. 275-289, 2011.

LEITE, R. A.; PANDOLFO, A.; GOMES, A. P.; CORRÊA, R.; PANDOLFO, L. M.; MARTINS, M. S. Usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição do município de Passo Fundo (RS): avaliação da viabilidade econômica. RECEN, Guarapuava, v.12, n. 1, p. 107-129, jan. / jun. 2010.

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

MÁLIA, M.; BRITO, J.; BRAVO, M. Indicadores de Resíduos de Construção e Demolição para Construção Residenciais Novas. Revista Ambiente Construído, v. 11, n. 3, p. 117-130, jul. / set. 2011.

MANFRENATO, J. W. S.; ESGUÍCERO, F. J.; MARTINS, B. L. Implementação de usina para reciclagem de resíduos da construção civil como ação para o desenvolvimento sustentável-estudo de caso. In: XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Anais...Rio de Janeiro, 12p. 2008.

MARINHO, J. L. A.; SILVA, J. D. Gerenciamento dos resíduos da construção e demolição: diretrizes para o crescimento sustentável da construção civil na região metropolitana do Cariri cearense. Revista E-tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 5, n. 1, p. 102-119, 2012.

MARQUES NETO, J. C.; SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição: Estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho, n. 36, p. 41-50, 2010.

MELO, A., GONÇALVES, A., MARTINS, I. Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal). *Resources, Conservation and Recycling*, v. 15 n.55, pp. 1252– 1264, 2011.

MESQUITA, A. S. G. Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. *Revista HOLOS*, Natal, v. 2, n. 1, p. 58-65, mai. 2012.

NUNES, K., MAHLER, C., & VALLE, R. Reverse logistics in the Brazilian construction industry. *Journal of Environmental Management* (90), p 3717–3720. 2009.

NUNES *et al.* Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities. *Waste Management*, n.27, n. 11, p.1531-1540, 2007.

OLIVEIRA, M. E. D.; SALES, R. J. M.; OLIVEIRA, L. A. S.; Diagnóstico da geração e da composição dos RCC de Fortaleza/CE. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 16, n. 3 p. 219-224, jul. / set. 2011.

PASCHOALIN FILHO, J, A; GRAUDENZ, G, S. Destinação irregular de resíduos de construção e demolição (RCC) e seus impactos na saúde coletiva. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v.6, n.1, p 127-142, 2012.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J. L. Manejo e Gestão de Resíduos de Construção Civil – Volume 1 – Manual de Orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. 196 p. Brasília: Caixa, 2005.

RICCI, G. Estudo das características mecânicas do concreto compactado com rolo com agregados reciclados de construção e demolição para pavimentação. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo. 2007.

SANTOS, E. C. Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCC-R) em estruturas de solo reforçado. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia, São Carlos. 2007.

SEGANTINI, A. A. S.; WADA, P. H. Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. *Acta Scientiarum Technology*, V.33, n.2, p.179-183, 2011.

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

SILVA, W. M.; FERREIRA, R. C.; SOUZA, L. O.; SILVA, A. M. Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição e sua utilização como base, sub-base e

mistura betuminosa em pavimento urbano em Goiânia-GO. Revista Brasileira de Ciência Ambientais, n. 15, p. 1-9, mar. 2010.

TAM, V. W. Y. Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries. Journal of Cleaner Production, v. 17, n. 2, p. 688-702, 2009.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr. / jun. 2012.