

CORRELAÇÃO PARA ESTIMATIVA DA GERAÇÃO SEGREGADA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

CORRELATION FOR WASTE SEGREGATION GENERATION OF ESTIMATED CONSTRUCTION

Tatiani Sobrinho Del Bianco¹
Tainá Caionara de Oliveira²
Camilo Freddy Mendoza Morejon³
Jandir Ferrera de Lima⁴
Otmar Plec⁵

Resumo: O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil (RCC), para o qual é importante a estimativa dos tipos e quantidades de RCC, gerados nos municípios. Desse modo, o objetivo do trabalho foi o desenvolvimento de uma correlação para a estimativa (global e segregada) do potencial de geração de RCC. Foi considerado como elemento de estudo três tipos de construções (casa, sobrado e prédio) e por meio da especificação das matérias primas, dos produtos e da eficiência de aproveitamento, em cada uma das atividades/etapas do processo de construção civil, bem como com auxílio dos balanços totais e parciais de massa, complementados com dados dos alvarás e dados coletados/monitorados junto as empresas construtoras da cidade de Toledo-PR, foi possível sistematizar a relação que existe entre as quantidades de materiais utilizados e as quantidades e tipos de RCC gerados. O resultado do trabalho foi quatro correlações para a estimativa global e segregada de RCC, a primeira para casas, a segunda para sobrados, a terceira para prédios e uma quarta com os valores médios. Este último com um fator de geração global de RCC de 160 kg/m² e fatores para a estimativa da composição segregada dos RCC o qual é composto de 23 tipos. Finalmente essas correlações foram aplicadas para a estimativa de geração total e segregada de RCC no Município de Toledo-PR, no qual se evidencia o potencial econômico de cada um dos componentes dos RCC (43.899,84 t/ano).

Palavras-chave: Gestão de Resíduos, Desenvolvimento Regional, Construção Civil, Potencial Econômico dos Resíduos.

¹ Doutoranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, e-mail: tatiani.sdelbianco@gmail.com.

² Mestranda em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, e-mail:tainakaionara@hotmail.com.

³ Doutor em Engenharia Mecânica (2003), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, e-mail: camilo_freddy@hotmail.com.

⁴ Desenvolvimento Regional (Ph.D.) pela Universidade do Québec(UQAC)/Canadá, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, e-mail: jandir.lima@unioeste.br.

⁵ Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Pesquisador na Empresa Biogás Motores Estacionários Ltda, e-mail: otmarplec@yahoo.com.br.

Abstract: The National Environmental Council (CONAMA) establishes guidelines, criteria and procedures for the management of construction waste (RCC), for which it is important to estimate the types and amounts of RCC generated in the municipalities. Thus, the objective was the development of a correlation to estimate (global and secreted) the potential RCC generation. It was considered as study element three types of buildings (house, townhouse and building) and by specifying the raw materials, products and utilization efficiency in each of the activities / steps in the construction process, as well as aid of total balances and mass partial, supplemented with data from permits and data collected / monitored with the construction companies of the city of Toledo-PR, it was possible to systematize the relationship between the quantities of materials used and the quantities and types of RCC generated. The result of the study was four correlations to global and segregated estimate of RCC, the first for houses, the second for houses, the third for buildings and a fourth with the average values. The latter having an overall generation factor RCC 160 kg / m and factors secreted to estimate the composition of the CCR which is composed of 23 types. Finally these correlations were applied to estimate total and secreted generation of RCC in the city of Toledo-PR, which highlights the economic potential of each of the components of the RCC (43899.84 t / year).

Keywords: Waste Management, Regional Development, Construction, Economic Potential of Waste.

1 INTRODUÇÃO

No atual panorama de desenvolvimento econômico, as diversas atividades produtivas localizadas na área urbana e rural são responsáveis pela crescente geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Esses resíduos, quando não tratados corretamente, originam sérios problemas ambientais. O cenário para os próximos anos, como consequência do crescimento da população, somado ao processo de ocupação de áreas urbanas, aumento das atividades industriais e devido ao crescimento acentuado dos bens de consumo industrializados, é preocupante.

Dentre todas as atividades produtivas, a construção civil é reconhecida como uma das mais importantes para o desenvolvimento econômico e social. No entanto, esta é também a atividade com grande potencial de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, quer pela geração de resíduos ou pela modificação da paisagem devido à disposição inadequada dos Resíduos da Construção Civil (RCC). Desse modo, essa atividade tem como desafio conciliar sua expansão com condições que conduzam ao desenvolvimento sustentável consciente e menos agressivo ao meio ambiente (PINTO, 2005).

Na construção civil, a geração de RCC se dá em grande parte pelo desperdício de materiais nas construções antes, durante e depois da sua execução. Há também a perda de materiais no recebimento, transporte e armazenamento, bem como as relacionadas aos projetos, com falta de definições e detalhamentos, qualidade dos materiais utilizados e baixa qualificação da mão-de-obra. Além do mais, a cadeia produtiva da construção civil é responsável por uma quantidade considerável de resíduos de construção e demolição (RCD) que são descartados em encostas de rios, vias e logradouros públicos, criando locais de depósitos irregulares nos municípios, os chamados de bota-foras. Dentre tantas consequências negativas, esses resíduos comprometem a paisagem, invadem pistas, dificultam o tráfego, a drenagem urbana, além de propiciar a atração de resíduos não inertes, com

multiplicação de vetores de doenças e degradação de áreas, o que conseqüentemente afeta a qualidade de vida da sociedade como um todo.

Desse modo, o objetivo do trabalho foi o desenvolvimento uma correlação para a estimativa (global e segregada) do potencial de geração de RCC com base de dados indiretos. Foram considerados como elementos de estudo três tipos de construções (casa, sobrado e prédio) e por meio da especificação das matérias primas, dos produtos e da eficiência de aproveitamento, em cada uma das atividades/etapas do processo de construção civil, bem como com auxílio dos balanços totais e parciais de massa, complementados com dados dos alvarás e dados coletados/monitorados junto as empresas construtoras da cidade de Toledo-PR, foi identificada a relação que existe entre as quantidades de materiais utilizados e as quantidades e tipos de RCC gerados, bem como a sua posterior aplicação para a estimativa de GRCC para o município de Toledo-PR, para os anos 2010 e 2012.

2 DESENVOLVIMENTO

A quantidade de RCC, gerado nas regiões urbanas, pode ser superior à dos resíduos sólidos domiciliares. Embora as estimativas brasileiras sejam escassas e os números apontam para uma produção anual entre 220 a 670 kg/habitante. Devido à grande quantidade de RCC gerada, surge inconseqüentemente a disposição ilegal, que pode ocorrer de 20 a 50% dos resíduos gerados nas cidades, sem política adequada para essa destinação (Dantas, 2011).

De acordo com Instituto de Ensino Tecnológico – IETEC (2012), no ranking do desperdício, a construção civil aparece em segundo lugar, sendo responsável por 33% do total de resíduos gerados no Brasil, perdendo apenas para a agricultura (35%). Entretanto, juntamente com a grande importância da indústria da construção civil, como alavancadora para o desenvolvimento social e econômico do país, este setor também vem, na mesma intensidade, gerando impactos negativos para o meio ambiente.

Todas as etapas do processo construtivo (extração da matéria prima, produção de materiais, construção, utilização e demolição) causam impactos que afetam direta ou indiretamente a qualidade de vida dos indivíduos, seja nos aspectos de saúde, segurança e o bem-estar da população, bem como nas atividades sociais e econômicas, condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. Esse setor ainda promove diferentes alterações ou impactos no sistema ambiental, dentre os quais pode-se destacar a utilização de grandes quantidades de recursos naturais, poluição atmosférica, consumo de energia e a geração de resíduos (JÚNIOR, 2007).

No Brasil, a principal ação efetiva em termos legais, para a superação de problemas ambientais gerados pelos setores ligados à construção civil, foi à criação da Resolução nº307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2002, que definiu responsabilidades, deveres e um novo sistema de gestão, o qual obriga os geradores a reduzir, reutilizar, reciclar, tratar e dispor os resíduos de construção e demolição (RCD). Tal resolução define diretrizes para que os municípios e o Distrito Federal tenham instrumentos para desenvolver e programar políticas de gestão local sob a forma de planos integrados de gerenciamento. Segundo os quais, o objetivo é identificar responsabilidades dos grandes geradores e apresentar alternativas para o descarte de RCC de pequenos geradores, ao mesmo tempo, em que visa disciplinar a ação dos agentes envolvidos desde a geração até a disposição final. Dessa forma, a união entre o empresariado, o poder público e a sociedade civil é de suma importância para o cumprimento desta resolução.

Segundo Costa (2012), a composição dos RCC encontrados por diversas pesquisas para algumas cidades brasileiras é basicamente composta pelos materiais cimentícios (concreto e argamassa) e materiais cerâmicos foram os que apresentaram maior participação na composição dos RCC descartados. Desta forma, verificou-se que parcelas significativas na composição dos resíduos são passíveis de reciclagem. Enquanto que em países desenvolvidos, onde as atividades de renovação de edificações, infraestrutura e espaços urbanos são mais intensas, os resíduos provenientes de demolições apresentam maior participação no computo total dos RCC.

Diante disso, evidenciou-se que há na literatura dados que disponibilizam um valor referente à geração total média de RCC, porém, foi constatada a falta de dados inerentes à composição dos RCC que permita a estimativa da geração de RCC de forma segregada. Outro agravante é a falta de estudos recentes para a estimativa de geração de RCC, pois o último que se reporta na literatura é de Pinto (1999) com o fator global de geração de RCC de 150 kg/m².

Por outro lado Pinto (1999) observou que a disponibilidade de dados com relação à geração de resíduos da construção civil no Brasil, só acontece para a construção residencial em edifícios, não havendo ainda estudo sistemático sobre a intensidade das perdas em outros tipos de construção (reformas, autoconstruções, construções industriais, obras viárias, entre outros). Desse modo, torna-se importante ressaltar que a construção empresarial, no cenário atual, tem cada vez menos espaço para a convivência com o elevado percentual de perdas de materiais e com o desperdício de recursos naturais não renováveis, tanto por causa das determinações tanto de interesses econômicos quanto ambientais, que é verificado dentro e fora das obras.

De acordo com Cavalcanti (1995) *apud* Battistelle *et al.* (2006), a geração padrão de resíduos é composto basicamente por: 64% de argamassa; 30% de componentes de vedação (tijolos e blocos); 6% de outros materiais (concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos). Sendo que desse total é possível reutilizar 90% do entulho (argamassas, e componentes de vedação), como agregado na produção de componentes da construção e argamassas.

Segundo a Norma Brasileira de Regulamentação –NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), os resíduos da construção civil podem ser classificados quanto à periculosidade, segundo cinco critérios: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Com base nesses critérios, os resíduos podem ser: Classe I – Perigosos: quando suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas que podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente; Classe II-A – Não Inertes: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos Classe I ou de resíduos Classe II-B. São aqueles que podem ter propriedades,

tais como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; Classe II-B – Inertes: não apresentam, após teste de solubilização, concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto os padrões de cor, turbidez, sabor e aspecto.

Já o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, define os resíduos sólidos de acordo com a seguinte classificação: Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, produzidas nos canteiros de obras; Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros; Classe C - são os 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; e, 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.

Segundo Pinto (1999), a exemplo dos países desenvolvidos, onde as atividades de renovação de edificações, infraestrutura e espaços urbanos são mais intensas, em vários municípios e capitais brasileiras também prevalecem os resíduos das demolições. De maneira geral, existe a dificuldade em estabelecer estimativas de geração, tratamento e disposição final para as regiões e também em nível nacional, bem como o total de investimentos, em unidades monetárias, gastos à realização da obra. Segundo o autor, parte da dificuldade se justifica pelas ressalvas feitas nas pesquisas referenciadas por órgão oficiais, no tocante à disponibilidade de dados. Estas também destacam a diferente participação dos municípios nas diferentes regiões do país, dado fato de que o número de municípios que respondem à pesquisa não ser proporcional ao total de municípios de cada região.

De acordo com Formoso et al. (2009), para reduzir as perdas na construção de edificações é necessário conhecer sua natureza e identificar suas principais causas. Assim, essas podem ser classificadas como de controle, natureza e origem. Tais classificações sugerem o cenário e as

mudanças a serem implantadas, pois, não se pode afirmar que existe, para cada material, um percentual único de perdas que pode ser considerado inevitável para todo o setor. As perdas por controle podem ser classificadas de duas formas: inevitáveis e evitáveis. Dito isto, as perdas inevitáveis (ou perda natural) correspondem a um nível aceitável de perdas, que é identificado quando o investimento necessário para sua redução é maior que a economia gerada. Já as perdas evitáveis acontecem quando os custos de ocorrência são substancialmente maiores que os custos de prevenção, sendo consequência de um processo de baixa qualidade, no qual os recursos são empregados inadequadamente.

As perdas por sua natureza englobam nove categorias, sendo estas: perdas por superprodução; perdas por substituição; perdas por espera; perdas por transporte; perdas no processamento em si; perdas no movimento e perdas pela elaboração de produtos defeituosos. As perdas segundo sua origem, em geral ocorrem e podem ser identificadas durante a etapa de produção. Contudo, sua origem pode estar tanto no próprio processo de produção quanto nos processos que o antecedem como a fabricação de materiais, preparação dos recursos humanos, projeto, suprimentos e planejamento.

Os índices de perdas cumprem um importante papel de indicadores de desempenho dos processos produtivos e, como tal, podem ser empregados para diferentes finalidades. A utilização mais comum dada aos índices de perdas de materiais na construção civil tem sido apenas chamar a atenção para o baixo desempenho global do setor construção em termos de qualidade e produtividade (FORMOSO et al., 2009).

Diferente do autor supracitado, Grohmann (1998) afirma as formas de desperdício dividem-se em: desperdício de materiais e desperdício de mão-de-obra. Os desperdícios de materiais englobam os entulhos e os materiais incorporados à obra. O desperdício de materiais incorporados à obra refere-se ao excesso de materiais utilizados que, ao final da obra, não são percebidos ou pouco se percebe. Enquanto que desperdício de mão-de-obra refere-se ao tempo empregado pelos trabalhadores em atividades que não incorporam valor ao produto final e que podem, facilmente, ser reduzidos ou eliminados sem

causar nenhum prejuízo. Englobam: tempo de espera, de retrabalho e de transporte.

De maneira geral, existe a dificuldade em se estabelecer estimativas de geração, tratamento e disposição final para as regiões e também em nível nacional. Parte da dificuldade se justifica pelas ressalvas feitas nas pesquisas referenciadas por órgão oficiais, no tocante à disponibilidade de dados. Estas também destacam a diferente participação dos municípios nas diferentes regiões do país, dado fato de que o número de municípios que respondem à pesquisa não ser proporcional ao total de municípios de cada região. Outra dificuldade em estabelecer alguma estimativa sobre a geração de RCC encontra-se no fato de que as informações disponíveis foram obtidas por meio de metodologias diferentes. No caso de levantamento da caracterização dos RCC, verificou-se ainda, que não há controle ou padronização sobre as formas adotadas para estimar a geração de resíduos da construção civil. No caso das pesquisas feitas por órgãos oficiais, grande parte do levantamento é feito por declaração das informações, alguns municípios não respondem às pesquisas disponibilizadas e outros respondem parcialmente (IPEA, 2011).

Nesse contexto, após ter sido identificada a carência de dados atuais inerentes tanto à geração global quanto a geração segregada dos RCC, o objetivo dessa pesquisa foi realizar um estudo prospectivo detalhado em três tipos de construções (casa, sobrado e prédio) para identificar uma correlação capaz de possibilitar a estimativa da geração total e segregada dos resíduos da construção civil. Após a comparação com dados da literatura e correspondente validação foi aplicada essa correlação no Município de Toledo-PR para estimar o potencial (total e segregado) de geração de RCC. A importância do conhecimento dos RCC, previamente qualificados e quantificados, após uma coleta diferenciada pode ter uma grande variedade de aplicações, dentre as quais cabe destacar a aplicação nos processos de fabricação de reboco e outros, substituindo os agregados naturais.

Assim, apesar das técnicas de reutilização, serem simples, contribuem diretamente para a redução dos resíduos que seriam dispostos em aterros de RCC, bem como, com a preservação do meio ambiente, através da

conservação dos recursos naturais. De forma geral, os materiais reciclados provenientes de RCC podem ser aplicados em diversos produtos como concreto não armado de baixo consumo, argamassa de assentamento, fabricação de pré-moldados de concreto, blocos, meios-fios, etc.

3 METODOLOGIA

Para atender aos objetivos propostos, a metodologia contemplou a execução de cinco etapas: a) a discriminação/caracterização das matérias primas e dos produtos utilizados nos processos construtivos; b) o estudo das atividades/etapas inerentes aos processos construtivos e correspondente determinação da eficiência de aproveitamento dos materiais; c) a realização de balanços totais e parciais de massa, para quantificar a relação que existe entre as matérias primas, produtos e resíduos gerados; d) o desenvolvimento de um banco de dados; e, e) o tratamento dos dados e sistematização dos resultados.

A discriminação e a caracterização das matérias primas e demais produtos utilizados nos processos construtivos, bem como o estudo das atividades e etapas inerentes aos processos construtivos foi realizado com base nos dados técnicos disponíveis na literatura (Morejon et al., 2013) e complementado com pesquisa de campo junto as empresas construtoras do Município de Toledo-PR. Desta forma foram explicitados os tipos de materiais e as suas proporções para a preparação das diversas misturas comuns (concreto, massa para reboco, chapisco, cal fino, por exemplo) utilizadas nas construções. Para determinar a eficiência de aproveitamento dos materiais foi realizado um acompanhamento, no local da obra, nos processos de preparação e aplicação correspondente as diversas etapas contempladas nos processos construtivos. Com isso foi possível quantificar as matérias primas, insumos e complementos para cada uma das etapas da construção (fundações, pilares, vigas, lajes, paredes, rebocos internos/externos, contrapiso, piso etc.) e as quantidades dos respectivos resíduos gerados em cada etapa.

Para quantificar a relação que existe entre as matérias primas, produtos e resíduos gerados (em cada uma das etapas dos processos

construtivos) foram realizados balanços totais e parciais de massa. Nesses cálculos foram atribuídas eficiências de aproveitamento dos materiais e após a organização dos dados em fluxogramas foram implementados numa planilha eletrônica Excel. Esta etapa compreendeu o desenvolvimento de um banco de dados, no qual foi incorporada em todas as etapas comuns dos processos construtivos, a formulação inerente a matérias primas, produtos e resíduos. Na sequência, foi implementada a lógica dos cálculos para apresentar resultados consolidados, por meio do qual foi possível identificar o potencial de geração de resíduos, a composição dos resíduos e a determinação do fator de geração de resíduos. Para todos os cálculos a pesquisa considerou três tipos de construção (casa (de 63,7m² – 229m²), sobrado (230m² - 1.313m²) e prédio (acima de 1.314m²)).

Na figura 1 foi apresentado como exemplo, o resultado do estudo qualitativo e quantitativo de uma das etapas comuns a todo processo de construção civil (preparação da massa para 1m² de reboco com espessura de 0,01m). De acordo com a figura os elementos de entrada são o cimento (1 kg), areia média (10,50 kg), cal hidratada (2,83 kg) e água. Os elementos de saída são a massa para reboco (14 kg) e os correspondentes resíduos, os quais são discriminados em cimento (0,15 kg), areia grossa (1,58 kg), cal (0,43 kg), restos de massa (0,72 kg), embalagem de cimento (0,3 kg), e embalagem de cal (0,2).

Figura 1: Desenvolvimento da Correlação de MP X RCC – 2014



Fonte: Resultados da Pesquisa, a partir dos alvarás registrados na Prefeitura Municipal de Toledo – PR, 2014.

Nos cálculos foram atribuídas eficiências de aproveitamento de cada um dos insumos utilizados, por exemplo, para os casos do cimento utilizado na preparação da massa de reboco, areia grossa e cal foi de 85%. Desta forma, 15% do cimento (0,15kg), 15% da areia (1,58 kg) e 15% da cal (0,43 kg) correspondem aos resíduos gerados na preparação da massa. Na fase de aplicação 5% do total de massa (0,72kg) representou a perda do produto.

De forma análoga foi realizado o desenvolvimento de uma correlação para preparação e aplicação de materiais inerentes as outras etapas/atividades comuns dos processos construtivos (parede externa, parede interna, concreto para laje, massa para chapisco, massa para emboço, massa de reboco, massa para piso, contrapiso, massa pra estrutura, fundação, material para estrutura e telhado, piso cerâmico e acabamentos). Após a implementação de todas as correlações, numa planilha eletrônica Excel, foi sistematizado o mecanismo de cálculo para determinar os fatores de estimativa (global e segregada) do potencial de geração de RCC.

Após o desenvolvimento da correlação e comparação com os dados da literatura foi aplicado, como teste, no Município de Toledo-PR que possuía uma população de 119.313 habitantes (IBGE, 2010). Para tanto, foram pesquisadas as metragens da área construída e tipo de construção junto a Prefeitura Municipal e Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA), e o resultado foi a obtenção da estimativa do potencial de geração global e segregada de RCC correspondente ao ano de 2010, 2012 e 2014.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção foram apresentados os resultados para os cálculos da pesquisa nos três tipos de construção (casa (de 63,7m² – 229m²), sobrado (230m² - 1.313m²) e prédio (acima de 1.314m²)), durante o ano de 2014 e, como consolidação dos resultados, foram apresentados os valores médios e uma aplicação metodológica para o município de Toledo-PR, para os anos 2010, 2012 e 2014.

4.1 Estimativa de geração de RCC das casas construídas em 2014

Na tabela 01 foi apresentada a estimativa de geração segregada dos resíduos da construção civil do município de Toledo-PR, durante o ano de 2014. A partir da análise dos dados apresentados na Tabela pode-se comprovar que, na construção de casas (63,7 m² - 229 m²) gerou-se 350 toneladas de RCC. Esse total é composto segregadamente por 23 tipos de resíduos (cimento, areia, pedra, cal hidratada, massa, tijolo, lajota, cerâmica, argamassa, massa de rejunte, telha, cumeeira, massa corrida, cal fino, tinta, lixas, cabos para fio condutor, fios, madeira-pontaleta, impermeabilização, pregos, sacos de papel e sacos e baldes plásticos). O potencial de geração de RCC da construção de casas apresenta um fator de GRCC de 143.6 kg/m².

Tabela 1: Geração de RCC da construção de casas em Toledo-PR em 2014.

Resíduo	kg	%
Cimento	28.755.97	8.214
Areia	140.683.57	40.187
Pedra	15.178.68	4.336
Cal hidratada	20.497.70	5.855
Massa de reboco	92.625.62	26.459
Tijolo	35.352.98	10.099
Lajota	0.00	0.000
Cerâmica	1.003.70	0.287
Argamassa	802.96	0.229
Massa rejunte	6.69	0.002
Telha	6.903.40	1.972
Cumeeira	1.269.01	0.363
Massa corrida	0.00	0.000
Cal fino	368.10	0.105
Tinta	38.66	0.011
Lixa	0.00	0.000
Cabos p/fios cond	2.34	0.001
Fios	13.53	0.004
Madeira - Pontaleta	4.202.78	1.201
Impermeabilização	2.50	0.001
Pregos	438.18	0.125
Sacos de Papel	3.096.88	0.885
Sacos + Baldes Plásticos	182.80	0.052
TOTAL RESÍDUO (kg)	350	100
FATOR de GRCC (kg/m²)	143.63	

Fonte: Resultados da Pesquisa, a partir dos alvarás registrados na Prefeitura Municipal de Toledo – PR, 2014.

Conforme a análise da Tabela permitiu inferir, os percentuais significativos de desperdício se concentraram nos resíduos de areia com 140.683,57 kg (40,1%), massa 92.625,62 kg (26.4%), tijolo 35.352,98 kg (10%), cimento 28.755,97 kg (8.21%), cal hidratada 20.497,70 kg (5.85%), e pedra 15.178,68 (4.33%). Os demais resíduos representaram 5.24%.

Na Tabela 02 foi apresentada o resultado da estimativa de geração de RCC do total de sobrados construídos em 2014. Conforme mostra a tabela, a estimativa de GRCC foi de 97.4 toneladas de RCC, gerando um fator de GRCC de 179.4 kg/m².

Tabela 2: Geração de RCC da construção dos sobrados em Toledo-PR em 2014.

Resíduo	Kg	%
Cimento	9.466.54	9.713
Areia	37.532.34	38.509
Pedra	6.157.22	6.317
Cal hidratada	4.278.81	4.390
Massa de reboco	26.055.00	26.733
Tijolo	6.538.77	6.709
Lajota	2.444.30	2.508
Cerâmica	475.49	0.488
Argamassa	380.39	0.390
Massa rejunte	3.17	0.003
Telha	1.305.42	1.339
Cumeeira	239.97	0.246
Massa corrida	61.19	0.063
Cal fina	76.00	0.078
Tinta	5.78	0.006
Lixa	4.87	0.005
Cabos para fio condutor	1.64	0.002
Fios	3.97	0.004
Madeira - Pontaleta	1.774.78	1.821
Impermeabilização	0.59	0.001
Pregos	146.63	0.150
Sacos papel	68.85	0.071
Sacos + baldes Plásticos	804.27	0.825
TOTAL RESÍDUO (kg)	97.465.05	100
FATOR de GRCC (kg/m²)		179.47

Fonte: Resultados da Pesquisa, a partir dos alvarás registrados na Prefeitura Municipal de Toledo – PR, 2014.

Conforme a análise dos dados da Tabela 02, o total de sobrados construídos em 2014, foram responsáveis pela geração de 97.4 toneladas. Esse total corresponde a 23 tipos de resíduos segregados, dos quais, os mais significativos foram os restos de areia 37.532,34 kg (38.5%), massa 26.055 kg (26.7%), cimento 9.466,54 kg (9.71%), tijolo 6.538,77 kg (6.70%), pedra 6.157,22 (6.31%), cal hidratada 4.278,81 (4.39%) e restos de lajota 2.444,30 (2.50%).

Na Tabela 03 foi apresentada o resultado da estimativa de geração de RCC do total de prédios construídos, na cidade de Toledo-PR, em 2014. Conforme tabela, em 2014 foram gerados 19.9 toneladas de RCC, fazendo um fator de geração de RCC de 157.2 kg/m².

Tabela 3: Geração de RCC da construção de prédios em Toledo-PR em 2014.

Resíduo	kg	%
Cimento	1.861.33	9.341
Areia	8.026.98	40.282
Pedra	1.183.93	5.941
Cal hidratado	1.064.98	5.344
Massa de reboco	5.548.68	27.845
Tijolo	1.369.68	6.873
Lajota	353.84	1.776
Cerâmica	86.41	0.434
Argamassa	69.13	0.347
Massa rejunte	0.58	0.003
Telha	51.68	0.259
Cumeeira	9.50	0.048
Massa corrida	9.91	0.050
Cal fino	21.43	0.108
Tinta	2.69	0.014
Lixa	0.79	0.004
Cabos para condutor	0.51	0.003
Fios	0.57	0.003
Madeira - Pontaleta	70.27	0.353
Impermeabilização	0.85	0.004
Pregos	34.21	0.172
Sacos papel	178.37	0.895
Sacos + baldes plásticos	16.28	0.082
TOTAL RESÍDUO (kg)	19.927	100
FATOR de GRCC (kg/m²)	157.27	

Fonte: Resultados da Pesquisa, a partir dos alvarás registrados na Prefeitura Municipal de Toledo – PR, 2014.

Os resultados (composição com valores segregados em 23 tipos de RCC) mostram que, os mais significativos foram os restos de areia 8.026,98 (40.2%), restos de massa 5.548,68 (27.84%), cimento 1.861,33 (9.34%), restos de tijolo 1.369,68 (6.87%), pedra 1.183,93 (5.94%) e restos de lajota 353,84 (1.77%).

Vale destacar que a estimativa de geração de RCC nas casas foi maior que nos demais tipos de construções, possivelmente pelo fato de que nesse tipo de construção há um alto grau de informalidade quanto aos seus executores, enquanto que nos demais tipos de construções há, na grande maioria dos casos, o acompanhamento por um engenheiro responsável e corpo técnico qualificado.

A partir da estimativa geral e segregada dos RCC de casa, prédio e sobrado, baseados nos alvarás expedidos pela Prefeitura Municipal de Toledo foi possível identificar a trajetória do potencial de GRCC durante os biênios de 2010, 2012 e 2014, que foi apresentado na Tabela 04. Conforme a análise dos dados da Tabela demonstra-se, que houve um “boom” imobiliário em 2010 e 2012. A partir de 2013, havendo um excedente de construções iniciou-se uma trajetória de queda no total de RCC gerados, de acordo com a metragem dos imóveis construídos e liberados nos alvarás disponibilizados pela Prefeitura do Município de Toledo-PR, em 2014.

Observou-se em 2012, houve um aumento de 21.2% do de resíduos gerados pelas construções do município de Toledo, considerando a média entre as construções de casas, sobrados e prédios, em comparação com os resultados do ano 2010. Em 2014 verificou-se uma queda de 1.40% da GRCC no mesmo. Tal situação pode, em parte, ser explicada de acordo com os dados utilizados para as estimativas, correspondem aos dados das metragens constantes nos alvarás liberados em cada ano de referência. Dessa forma, supõe-se inicialmente que, apesar de verificar empiricamente o alto número de construções no município, os dados apresentados na Tabela 5 correspondem à realidade das construções finalizadas e liberadas à moradia.

Outro fator que pode explicar a queda na quantidade de construções de Toledo deve-se ao fato de que atualmente o mercado imobiliário esteja em

estado de retração, pois há no município uma grande quantidade de imóveis finalizados ainda disponíveis para venda, dependendo, em muitos casos, da liberação de financiamentos e/ou subsídios governamentais, desacelerando assim a capacidade de absorção dos imóveis acabados e injetar no mercado uma nova demanda, impulsionando o crescimento do número de construções, no momento.

Tabela 4: Média de Geração de Resíduos Segregados da Construção Civil no município de Toledo - PR 2010-2012-2014

Resíduo	2010	2012	2014	%
Cimento	3.381.93	4.100.16	4.042.48	9.089
Areia	14.450.20	17.519.03	17.638.54	39.659
Pedra	2.147.78	2.603.91	2.460.16	5.532
Cal hidratada	1.882.28	2.282.02	2.311.20	5.197
Massa de reboco	9.978.36	12.097.49	12.013.77	27.012
Tijolo	2.515.33	30.49.51	3.510.75	7.894
Lajota	661.14	801.55	635.04	1.428
Cerâmica	157.92	191.46	179.12	0.403
Argamassa	126.34	153.17	143.29	0.322
Massa rejunte	1.05	1.28	1.19	0.003
Telha	178.24	216.09	529.37	1.190
Cumeeira	32.76	39.72	97.31	0.219
Massa corrida	18.08	21.92	16.68	0.038
Cal fino	37.11	44.99	43.09	0.097
Tinta	4.41	5.35	4.52	0.010
Lixa	1.44	1.75	1.33	0.003
Cabos para fios condutor	0.85	1.04	0.73	0.002
Fios	1.12	1.36	1.60	0.004
Madeira – Pontalete	223.31	270.73	500.21	1.125
Impermeabilização	1.29	1.56	0.83	0.002
Pregos	60.33	73.14	66.31	0.149
Sacos papel	276.08	334.71	274.33	0.617
Sacos + baldes plásticos	72.41	87.79	142.19	0.320
TOTAL RESÍDUO (kg)	36.209.86	43.899.84	44.475.19	100
FATOR de GRCC (kg/m²)		160.12		

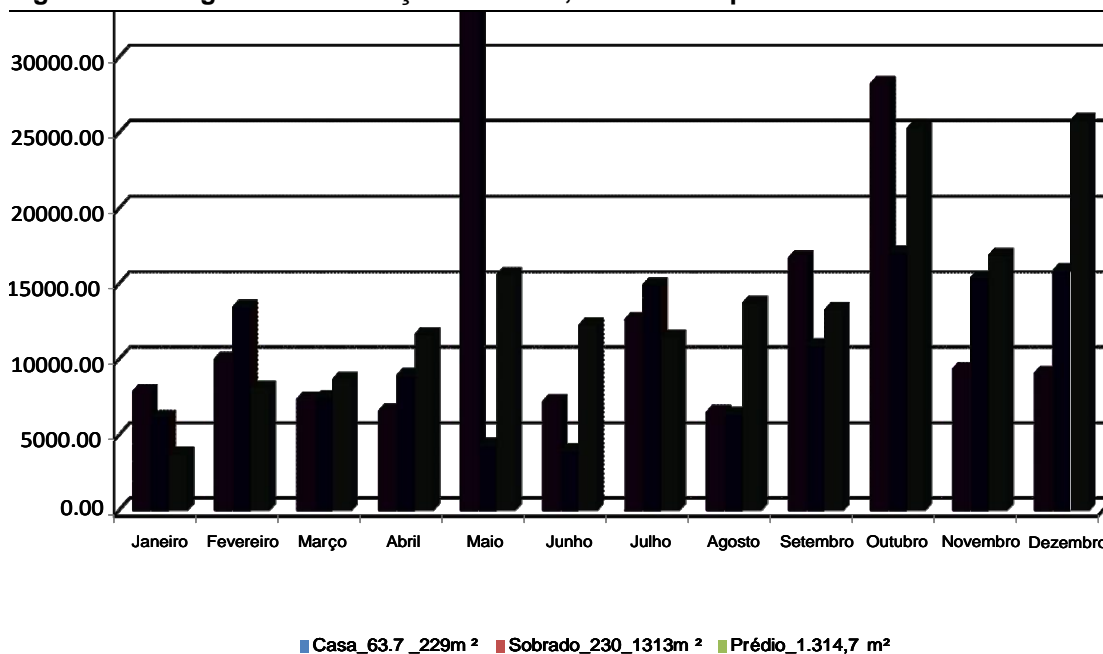
Fonte: Resultados da Pesquisa, a partir dos alvarás registrados na Prefeitura Municipal de Toledo – PR, 2014.

Durante o ano de 2014 foram construídas casas que totalizaram 155.255,93m² de construção que geraram 350 toneladas de RCC, sobrados com área total de 124. 906,45 m² que geraram cerca de 97,4 toneladas de

RCC e, prédios com área total construída de 166.581.67 m², que geraram 19.9 tonelada de RCC fazendo um total de 467.4 toneladas de RCC. Conforme foi possível perceber, todos os resíduos segregados identificados nos tipos de construções do município de Toledo apresentaram elevação seguida de queda no montante total geral, nos biênios 2010-2012-2014, respectivamente. Os maiores índices foram observados nos valores médios dos resíduos de areia (39,9%), restos de massa (27,5%), restos de cimento (9,34%), restos de tijolo (6,94%), pedra (5,93%), cal hidratada (5,20%) e restos de lajota (1,83%).

Dito isto, identificou-se que os 23 resíduos segregados apresentaram os mesmos índices de aumento do potencial de geração, quando comparados os anos 2012 e 2010 e queda do mesmo em 2014. Dessa forma, em 2012, houve um aumento de 21.2% do total da geração de resíduos segregados das construções em Toledo-PR, quando comparado com o ano 2010 e queda de 49.1% do total de RCC segregado gerado no município, em 2014. Diante desse cenário, foi apresentada na Figura 2 a distribuição e conseqüente sazonalidade das construções durante os meses do corrente ano.

Figura 2: Metragem da construção de casas, sobrados e prédios em Toledo- PR – 2014



Fonte: Resultados da Pesquisa, a partir dos alvarás registrados na Prefeitura Municipal de Toledo – PR, 2014.

Conforme a figura permite inferir, a construção no município de Toledo oscila intensamente durante o ano de 2014, de tal forma que foi possível identificar que os picos das construções ocorreram durante os meses de maio, outubro e dezembro. Dentre os três tipos de analisados (casa, sobrado e prédio), as casas foram as que apresentaram o maior índice de construção, seguida de prédios e sobrados. As casas construídas corresponderam a 155.255,93 m², os prédios somaram 166.581,47, e, os sobrados por sua vez somaram, ao fim de 2014, aproximadamente 124.906,46m².

5 CONCLUSÃO

A pesquisa evidenciou a carência de correlações para estimativa de geração total e segregada de RCC e o único fator global, para a estimativa de geração de RCC (150 kg/m²), data de 1999. Com relação à composição dos RCC, nos dados da literatura, ainda prevalecem às composições gerais reportando 64% de argamassa, 30% de componentes de vedação (tijolos e blocos) e 6% de outros materiais (concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos) o qual confirmou a necessidade de correlações atualizadas para a estimativa global e segregada de RCC.

Isto posto, o presente estudo resultou em quatro correlações diferenciadas para a estimativa global e segregada de RCC, a primeira para casas, a segunda para sobrados, a terceira para prédios e uma quarta com os valores médios. Este último com um fator de geração global de RCC de 160 kg/m² e fatores para a estimativa da composição dos RCC o qual é composto de 23 tipos de resíduos da construção civil (39,9% de areia, 27,55% de massa, 9,34% de cimento, 6,94% de tijolo, 5,93% de pedra, 5,19% de cal hidratada, 1,82% de lajota, 0,76% de sacos de papel, 0,61% de madeira-pontaletes, 0,49% de telha, 0,43% de cerâmica, 0,34% de argamassa, 0,20% de sacos e baldes plásticos, 0,16% de pregos, 0,10% de cal fino, 0,012% de tinta, 0,09% de cumeeira, 0,05% de massa corrida, 0,004% de impermeabilização 0,004% de lixas, 0,003% de fios, 0,003% de massa de rejunte e 0,002% de cabos para fio condutor).

Da mesma maneira, a correlação aqui apresentada pode também ser utilizada em outros municípios, haja vista que conforme a metodologia e o processo de execução das etapas da mesma demonstraram a correlação quanto a geração dos RCC, bem como a demonstração dos tipos e quantidade de resíduos da construção civil segregados por ela apresentados, está condicionada exclusivamente a metragem das construções realizadas pelo município em estudo. Diante desses resultados infere-se que a ferramenta desenvolvida deve auxiliar no atendimento dos objetivos propostos na Resolução Conama que visa a gestão otimizada de RCC em áreas urbanas e rurais.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 10.004, 2004. Disponível em:

<http://www.ccs.ufrj.br/images/biosseguranca/CLASSIFICACAO_DE_RESIDUOS_SOLIDOS_NBR_10.004_ABNT.pdf>. Acesso em: 17/10/2012.

BATTISTELLE, R. A. G.; FREITAS, P. N. P.; SANTOS, M. F.; MIYAZATO, T.; RIBEIRO, S. - **Estudo de caso: quantificação dos Resíduos de Construção e Demolição Gerados na Cidade de Bauru/SP**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006. Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1050.pdf. Acesso em: 13/01/2012.

COELHO, R.M.P. – **Reciclagem e desenvolvimento sustentável no Brasil** – Belo Horizonte: Editora Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleos, 2009. 340 p.

Costa, R. V. G. - **Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa**. João Pessoa: [s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/pos/ppgecam/images/arquivos/dissertacoes/2010/26-2010.pdf>. Acesso em 17/10/2012.

DANTAS, T.R. – **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção civil (RCC) no município de Angicos – (RN)**: UFERSA, 2011. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/arquivos/Tialison%20Rom%C3%A3o%20Dantas.pdf>. Acesso em 17/10/2012.

FORMOSO, C.T.; CESARE, C.M.; LANTELME, E.M.V; SOIBELMAN, L. - **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor** - Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~possite/procel_1s2009/areas/arquivos/tecnologia/t

extoT7.pdf. Acesso em 10 de jul. de 2013.

GROHMANN, M. Z. **Redução do desperdício na construção civil:** levantamento das medidas utilizadas pelas empresas de santa maria. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art302.pdf. Acesso em 20 de Jul. de 2014.

INSITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - (IPEA) - Programa de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional – PNPd- **RELATÓRIO III - RELATÓRIO PRELIMINAR DA SITUAÇÃO ATUAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL (RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL) – JULHO DE 2011.** Disponível em: http://www.cress-mg.org.br/arquivos/reciclagem/relatorio_preliminar_da_situa%C3%A7%C3%A3o_atual_dos_residuos_s%C3%B3lidos_no_brasil.pdf. Acesso em 20 de Janeiro de 2013.

MOREJON, C. M. F.; BIANCO, T. S. D.; LIMA, J. F.; PLEC, O.- **Diagnóstico Ambiental Inerente a Gestão de Resíduos da Construção Civil na Cidade de Toledo-PR.** Anais do 4º International Workshop Advances In Cleaner Production, Indianapolis, SP. Maio de 2013.

PAIVA, P. A. - **A reciclagem na construção civil:** como economia de custos - Disponível em: periodicos.unifacel.com.br/index.php/rea/article/download/185/37. Acesso em 10 de jul. de 2014.

PALIARI, J. C., SOUZA; U.E.L - **Metodologia para coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios** - São Paulo : EPUSP, 1999. 20 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/242). Disponível em: <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BT242.pdf>. Acesso em 10 de jul. de 2014.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** São Paulo, 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf>. Acesso em 21 de junho de 2014.

PIOVEZAN JÚNIOR, G. T. A.; Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria. 2007. 76 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/diss_gilson_tadeu.pdf. Acesso em 10 de jul. de 2014.

RESOLUÇÃO 307 - CONAMA - Resíduos da Construção Civil - Lei Federal.
Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>.
Acesso em 17/10/2012.

ROMEIRO, A. R. - **Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico:** rumo a uma economia dos Ecossistemas. Disponível em:
<http://www.eco.unicamp.br/index.php/textos>. Texto para Discussão.
IE/UNICAMP, Campinas, n. 159, maio 2009.

Avaliação e contabilização de impactos ambientais/Ademar Ribeiro Romeiro (Org.) – Campinas, SP: Editora da UNICAMP - Campinas, SP, 2004. 399 p.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A. C.; AGIPYAN, V. - **Perdas de materiais nos canteiros de obras:** a quebra do mito. Qualidade na Construção, São Paulo, v. 13, p. 10 - 15. Disponível em:
<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Produtividade/Perdas%20Revista%20Qualidade.pdf>. Acesso em 10 de jul. de 2014.

Enviado em: 31 ago. 2016

Aceito em: 30 nov. 2016

Editor responsável: Alysso Ramos Artuso