



ÍNDICE DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Danielle Martins Cassiano de Oliveira¹; Ricardo Nagamine Costanzi².

1. Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, Brasil (e-mail: danielle.martins.cassiano@gmail.com).
2. Professor Doutor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Londrina, Brasil.

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

A Construção Civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, e, por outro lado, comporta-se como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos. Assim, torna-se necessário que ocorra um crescimento sustentável associado a esse setor. O trabalho propõe uma metodologia para analisar os processos de reciclagem de resíduos da construção civil e demolição (RCD) em desenvolvimento ou usuais. Foi realizada uma análise de reciclo dos resíduos de RCD por meio da proposição de um índice que classifica o processo de reciclagem em excelente, bom, razoável, ruim, inviável. O desenvolvimento deste trabalho foi realizado em 3 etapas. Etapa I: definição e descrição das variáveis utilizadas no índice de reciclagem de resíduos de construção e demolição (IRRCD), etapa II: proposição de um modelo matemático visando avaliar e classificar os processos de reciclagem e reuso do RCD, etapa III: utilização do IRRCD em duas propostas associadas à geração de gesso no município de Londrina-PR. A principal vantagem de aplicar um índice para processos de reciclo de RCD é comparar processos alternativos de reciclagem, bem como facilitar a compreensão da análise do processo.

PALAVRAS-CHAVE: IRRCD, resíduos construção e demolição, reuso.

CONTENTS OF WASTE RECYCLING CONSTRUCTION AND DEMOLITION

ABSTRACT

The Construction is recognized as one of the most important activities for the economic and social development and, on the other hand, behaves as major generator of environmental impacts, either by consumption of natural resources, the modification of the landscape or the generation of waste. Thus, it is necessary that a sustainable growth associated with that sector occurs. This study proposes a methodology to analyze the processes of waste recycling construction and demolition (RCD) in development or usual. An analysis of recycling of residues RCD was developed by a proposing index that sorts the recycling process in excellent, good, reasonable, poor, and impractical. The development of this work was carried out in 3 steps. Step I: definition and description of the variables used in the recycling rate of waste from construction and demolition (IRRCD); step II: propose a mathematical model to evaluate and classify the processes of recycling and reuse of the RCD; step

III: use of IRRCD by two proposals associated with generation of gypsum in Londrina-PR. The main advantage of applying an index to recycle processes of RCD is to compare alternative recycling processes, as well as facilitate understanding of the analysis process.

KEYWORDS: Construction and demolition waste, IRRCD, waste.

INTRODUÇÃO

O aumento de crédito imobiliário no Brasil permitiu um crescimento médio de 8,2% ao ano na cadeia produtiva do setor de construção civil nos últimos anos, que corresponde a 8,9% do produto interno bruto (PORTAL BRASIL, 2014). Esta expansão acarretou em uma maior geração de resíduos de construção civil e de demolição (RCD). Desta forma, denota-se a necessidade de buscar um crescimento sustentável associado a este setor.

A geração de resíduos da construção civil no Brasil tem origem em várias fontes, como a qualidade dos bens e serviços na área de construção da obra, o que gera perda de materiais em forma de entulho, aumentando o volume de resíduos gerados (LEITE, 2001). Os resíduos da construção civil são compostos por restos de argamassa, tijolo, alvenaria, concreto cerâmica, gesso, madeira, metais entre outros (COSTA et al., 2007). De acordo com a resolução CONAMA 307 de 2002 e a CONAMA 431 de 2011, estes resíduos são classificados como: Classe A – resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados; Classe B – resíduos recicláveis para outras destinações; Classe C – resíduos que não possuem tecnologias viáveis para reciclagem e classe D – resíduos perigosos (BRASIL, 2002; BRASIL, 2011).

Os RCD gerados têm aumentado os problemas ambientais, sociais e econômicos na medida em que são descartados legalmente e/ou ilegalmente pelo aumento do consumo de energia e de materiais, bem como causando o esgotamento dos aterros (MARZOUK & AZAB, 2014). A massa de resíduos oriundos da construção e demolição de obras pode ser superior aos resíduos domiciliares, este fato agrava o problema, visto que sua deposição ilegal varia de 20 a 50% do resíduo nas cidades sem política e planejamento de gestão de RCD adequada (JOHN & AGOPYAN, 2000).

Essa destinação incorreta dos RCD pode trazer sérias consequências para a sociedade. Os problemas gerados de acordo com ANDERE & SANTOS (2008) são os altos custos para o sistema de limpeza urbana, saúde pública (ex.: dengue), enchentes, assoreamento e contaminação de cursos d'água, contaminação de solo, erosão, obstrução de sistemas de drenagem urbanos etc.

Diante deste problema é necessário que seja definido um planejamento para fazer a correta destinação dos RCD gerados no sentido de aumentar o reuso e a reciclagem na cadeia produtiva. Neste viés, as tecnologias de reciclagem de RCD têm despertado interesse de pesquisadores e empreendedores pelos seus benefícios ambientais e econômicos (MARZOUK & AZAB, 2014).

Desta forma, a fim de viabilizar as tecnologias de reciclagem e reuso de RCD é importante avaliar as formas e soluções existentes, propostas e em fase de desenvolvimento. Este trabalho possui como objetivo propor uma metodologia para análise de processos de reciclagem aplicados aos RCD. A metodologia foi utilizada para classificação de dois processos: reciclagem de gesso e reaproveitamento de gesso em sistema de compostagem, tendo como cenário o município de Londrina-PR.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise de reciclo dos resíduos de RCD foi realizada por meio da proposição de um índice que classifica o processo de reciclagem dos RCD (IRRCD). A metodologia para desenvolvimento do IRRCD foi realizada em 3 etapas:

Etapa I – Definição e descrição das variáveis a serem utilizadas no IRRCD a partir de literatura científica e de práticas de reciclagem descritas em sistemas de reciclo e reuso de RCD. Foi utilizado como partida para análise de variáveis os aspectos destacados por MARVIM (2000) relativos a viabilidade de reuso e reciclagem do RCD: a) Processamento; b) Transporte; c) Estocagem; d) Custo de disposição; e) Regulamentações; f) Comparação com produtos de mercado g) Gestão Ambiental; h) Impactos ambientais.

Etapa II – Desenvolvimento de discretização de pesos relativos a cada variável. Proposição de modelo matemático para avaliação e classificação de processos de reciclagem e reuso de RCD. Proposição do IRRCD.

Etapa III – Utilização do IRRCD em duas propostas associadas à geração de gesso no município de Londrina-PR. Para determinação da geração de gesso será realizada a metodologia de determinação indireta a partir de dados de geração de RCD de Londrina-PR.

Desta forma, para a determinação da estimada de produção de RCD foi utilizada a equação 1 de ANGULO et al. (2011).

$$RCC = Ac \times \sigma \quad (1)$$

RCC – Resíduo da Construção Civil gerado mês (t/mês)

Ac – área construída por mês (m²/mês)

σ – índice de geração de resíduo na construção civil mensal (t/m²)

Os processos a serem classificados pelo IRRCD são: 1. Reciclagem do gesso; 2. Reaproveitamento do gesso para composição em sistema de compostagem de resíduos orgânicos urbanos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma alternativa para a destinação de resíduos de construção civil e demolição é a reciclagem destes resíduos ou a reutilização na própria obra para o mesmo fim ou como matéria prima para um novo produto. A determinação da qualidade dos resíduos reciclados envolvendo os RCD pode ser realizada por meio de indicadores.

Etapa I

A Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou Eco-92, corrobora a necessidade da produção de sistemas de indicadores e índices para o monitoramento das condições de vida no meio urbano (CNUMAD, 1992). A ANTAC (2003) destaca variáveis importantes para sistemas de reciclagem e aproveitamento de RCD:

(a) o estabelecimento de um processo de reciclagem somente será possível se o reciclador tiver confiança na estabilidade do fornecimento de sua matéria-prima (o resíduo) por período suficientemente longo a amortizar seu investimento.

(b) o desenvolvimento de uma aplicação comercial para um resíduo demandará o conhecimento dos processos internos da empresa que definem as características dos resíduos.

(c) a reciclagem do resíduo exigirá uma mudança na cultura da empresa: o lixo vira um novo produto comercial.

(d) a maximização dos benefícios da reciclagem do resíduo poderá requerer mudanças no processo de produção ou gestão dos resíduos, de forma a aumentar a reciclabilidade o que pode, inclusive, alterar a formulação do produto.

Quanto à observação de normas associadas a sistemas de reciclagem de RCD, podem ser destacadas:

(e) NBR 10007 (ABNT, 2004) apresenta as condições para amostragem do resíduo, em função do seu estado (líquido ou sólido), forma de estocagem, entre outros, para estimar tanto a composição média quanto a variabilidade do resíduo.

(f) NBR 14040 (ABNT, 2001) de ciclo de vida apresenta itens relativos aos impactos gerados e ao desempenho ambiental de um processo e produto.

A partir destas considerações principais associadas com as descritas por MARVIM (2000) foram especificadas as variáveis para formação do IRRCD:

1. Caracterização e Normalização do produto obtido da reciclagem

A caracterização do produto de reciclagem está associada principalmente à variabilidade de composição material, atendimento às normas de qualidade e normas de utilização/função. Ou seja, ao desempenho associado à conformidade com o uso proposto do produto derivado da reciclagem de RCD.

2. Viabilidade econômica

A viabilidade econômica é um fator importante no qual se analisa o período de retorno do investimento realizado para o processo da reciclagem. Deve-se também realizar uma comparação de custo com produtos similares para avaliar se os produtos derivados da reciclagem obtém uma faixa de preço competitiva.

3. Produção do RCD de forma contínua

Neste índice foram considerados os aspectos de variação de produção ao longo do tempo, bem como o aspecto de oferta e demanda. Existe a necessidade de garantir a continuidade temporal na geração de determinado RCD para que a cadeia produtiva possa ser estabelecida no mercado.

4. Forma de Produção do RCD

A forma de produção do resíduo no canteiro de obras pode definir a viabilidade de reciclagem pela característica de segregação e forma de produção do resíduo. Os processos construtivos são importantes para determinação deste índice, pois determinam os tipos de resíduos predominantes, bem como os reciclados de RCD que podem ser aproveitados no sistema construtivo.

5. Desempenho ambiental da cadeia de reciclagem

O desempenho ambiental na cadeia de reciclagem considera os aspectos e impactos ambientais da cadeia produtiva de cada processo de reciclagem de RCD.

6. Educação Ambiental no sistema produtivo

A existência de treinamento, controle e investimento em Educação Ambiental pode modificar outros itens associados a produção do resíduo, bem como interferir na característica do resíduo produzido.

7. Fluxo energético do sistema de reciclo

O fluxo energético do sistema de reciclo é importante como forma de economia de energia em sistemas de reciclo de produto na substituição da matéria-prima e/ou em comparação produtiva com outros produtos similares.

Etapa II

Para definição de pesos, as variáveis foram divididas em grupos de acordo com a sua prioridade de análise quanto ao reciclo e aproveitamento, como mostra o quadro 1.

QUADRO 1 - Variáveis divididas em grupos.

Priorização e Agrupamento	
Grupo 1	
Caracterização do produto de reciclagem do RCD	Viabilidade econômica
Grupo 2	
Produção do RCD de forma/tempo contínuo	Forma de Produção do RCD
Grupo 3	
Desempenho ambiental	Educação ambiental
Grupo 4	
Fluxo energético do sistema de reciclo	

Fonte: Autores.

Esta definição de grupos é um método facilitador para formação de critérios relacionados à importância de cada grupo na cadeia produtiva de reciclo de RCD. Um modelo de índice muito utilizado na área de qualidade de água é o IQA. Desta forma, pode-se realizar a criação do IRRCD variando de 0 a 100. O modelo adotado é similar a forma de cálculo do IQA, que é realizada conforme a equação 2.

$$IRRCD = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (2)$$

IRRCD = Índice de reciclagem de resíduos da construção civil e demolição, varia de 0 a 100.

q_i = número de 0 a 100.

w_i = número de 0 a 1.

Esta equação insere o grau de importância dentre as variáveis na forma do valor w e o valor de q está relacionado ao atendimento do requisito de cada variável.

Pelo fato de w_i ser unitário, este foi dividido pelas 7 variáveis a serem analisadas visando determinar uma fração diferencial máxima entre os grupos

selecionados no quadro 1. Os pesos foram distribuídos de acordo com a importância de cada grupo conforme o quadro 2.

QUADRO 2 - Pesos dos grupos

Pesos
Grupo 1: peso 0,20
Grupo 2: peso 0,16
Grupo 3: peso 0,11
Grupo 4: peso 0,06

Fonte: Autores.

Após a distribuição dos pesos, o produtório foi classificado de acordo com o resultado da Figura 1. O produto da reciclagem é classificado quanto a sua qualidade em excelente, bom, razoável, ruim e inviável.

Faixa	Nível de qualidade	Cor Representativa
90 < IRRCD ≤ 100	Excelente	
70 < IRRCD ≤ 90	Bom	
50 < IRRCD ≤ 70	Razoável	
25 < IRRCD ≤ 50	Ruim	
00 < IRRCD ≤ 25	Inviável	

FIGURA 1 - Classificação do índice de IRRCD.

Etapa III

RCD gerado no Município de Londrina-PR

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA, 2009) a geração de RCD foi de aproximadamente 6.300 t/mês com dados fornecidos pela empresa Kurica Ambiental. No ano de 2009 foram concedidos pela prefeitura 589.800 m² de Habite-se (vide Figura 2).

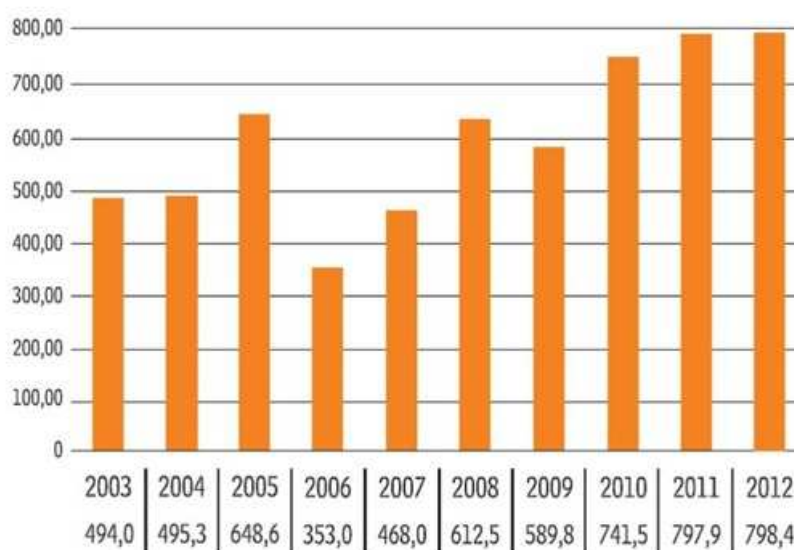


FIGURA 2 – Habite-se concedido pela prefeitura de Londrina.

Fonte: FÓRUM DESENVOLVE LONDRINA (2013).

Desta forma, foi obtido o valor de 0,128 t. de RCD por m² de habite-se para o município de Londrina. Comparando este valor de produção de RCD com o apresentado por PINTO et al. (2008) que é de 0,150 t/m² de área construída, verifica-se a existência de uma diferença de 17%. Outros valores podem ser observados no Quadro 3.

QUADRO 3 – Valores de geração de RCD.

Geração (t./m ²)	0,150	0,08 a 0,09*	0,073*	0,130	0,12
Local	Brasil	Espanha	Florida, EUA	Campinas, SP	Brasília, DF
Autor	Pinto et al. (2008)	Lage et al. (2010)	Cochranet al. (2007)	Silveira (1993)	John (2000)

* Para sistemas construtivos associados a reformas e/ou construção
 Fontes: PINTO et al. (2008), LAGE et al. (2010), COCHRAN et al (2007), SILVEIRA (1993), JOHN (2000).

A geração de resíduos em sistemas construtivos apresentam valores menores devido ao aumento da geração de resíduos por área em processos de demolição. O valor de geração de RCD obtido em Londrina-PR está muito próximo de outros estudos. Assim, a produção anual de RCD de Londrina pode ser observada na Figura 3.

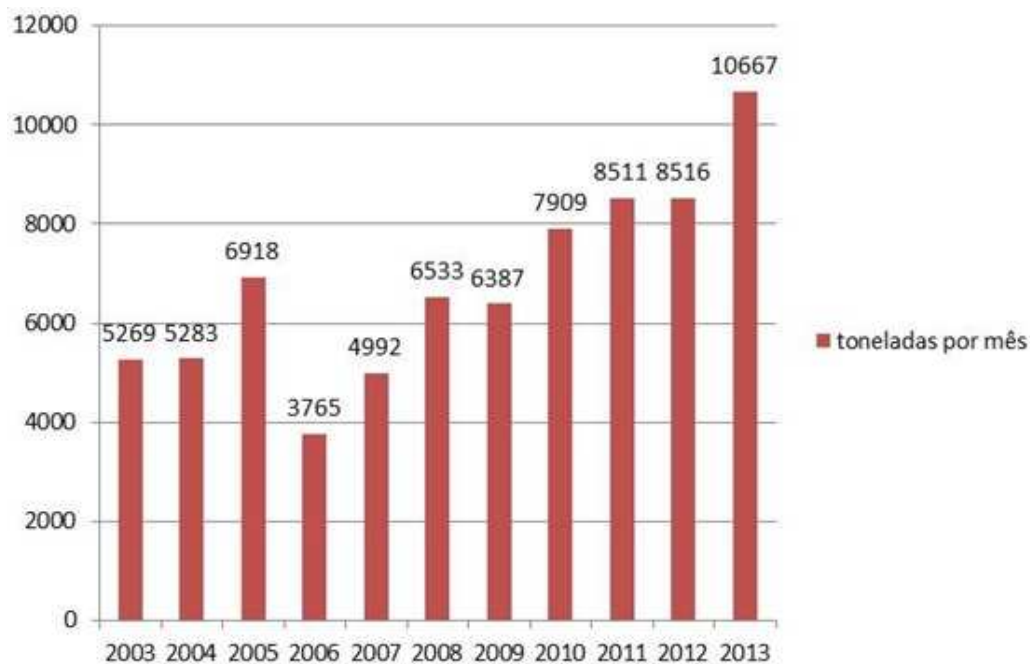


FIGURA 3 – Produção de RCC no município de Londrina.
Fonte: Autores.

Neste índice foram desconsiderados resíduos sólidos urbanos como plástico, solo e material orgânico. Para determinação da produção de gesso (vide Figura 4) foi utilizada a composição de LUCENA (2005), que constatou que os resíduos de construção civil são compostos, principalmente, de tijolos, areias e argamassas (em torno de 80%). São encontrados ainda restos de concreto (9%), pedras (6%), cerâmica (3%), gesso (2%) e madeira (1%).

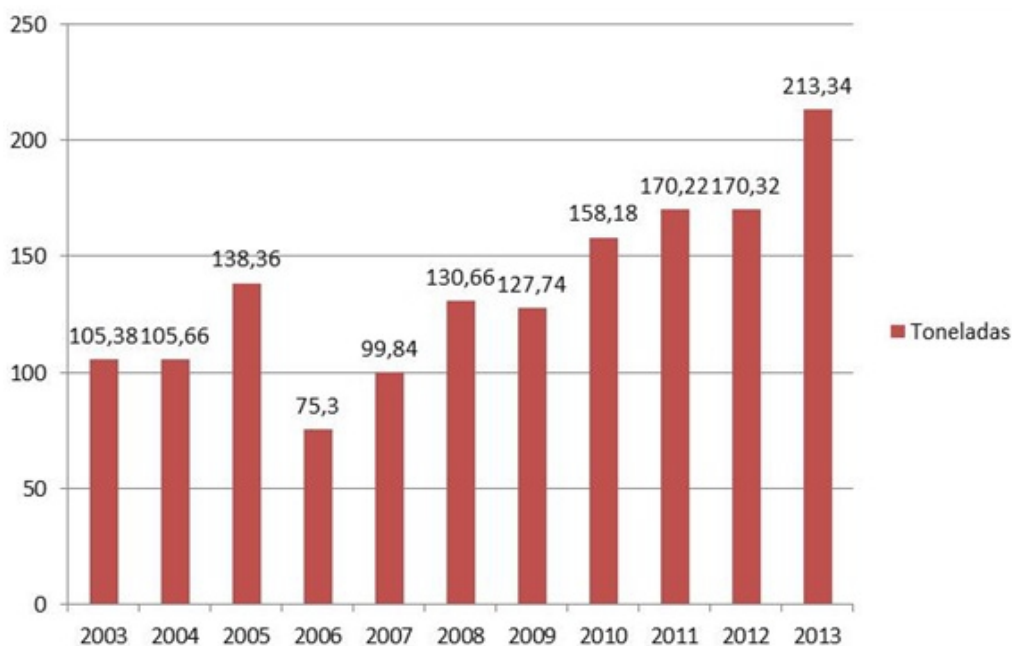


FIGURA 4 – Produção estimada de gesso no município de Londrina-PR.
Fonte: Autores.

Um resíduo gerado pela construção civil e amplamente discutido quanto a viabilidade de reciclagem é o gesso. Fato que pode ser corroborado pela sua modificação recente de classificação no CONAMA 307 de 2002 da Classe C para a Classe B (resolução 431 do CONAMA de 2011). Esta modificação permite sua reciclagem a partir de metodologias propostas. Porém, ainda existe a necessidade de análise para viabilizar as pesquisas e propostas de reciclagem.

Para validar a metodologia de análise de viabilidade de reciclagem de RCD, avaliaram-se duas propostas de reciclagem/reuso de gesso na cadeia produtiva. A primeira proposta de reciclagem de gesso a ser analisada foi realizada em estudos por BUONO et al. (2013) no qual o gesso pode ser utilizado como material para adição em sistemas de compostagem orgânica de resíduos urbanos (vide Figura 5).



FIGURA 5 – Sistema de aproveitamento de gesso em processo de compostagem.
Fonte: BUONO et al. (2013).

Este sistema possui como vantagem o aumento do teor de nitrogênio presente na amostra no composto final. Isto ocorre pela modificação do pH com a adição de gesso no processo de biodigestão aeróbia. A segunda proposta é o reciclo de gesso para matéria-prima na forma de gesso segundo COSTANZI et al. (2010) com desbastamento e retirada de água em sistemas de estufa (vide Figura 6).



FIGURA 6 – Processo de reciclo de gesso.
Fonte: COSTANZI et al. (2010).

Dentre os processos comuns às duas propostas, foi realizado o desbastamento do gesso hidratado para que sua textura fosse similar à forma em pó. Para verificação desta qualidade foram realizados testes segundo a ABNT NBR 13207 (1994) que determina o módulo de finura. Para ambas as amostras processadas o valor deste processo pode ser observado no Quadro 4.

QUADRO 4 – Módulo de finura

Gesso	Módulo de Finura
Marca A	0,472
Marca B	0,5
Marca C	0,275
Resíduo	0,269

Fonte: COSTANZI et al. (2010)

Também, foi determinada a relação de massa unitária, que foi maior que 700 Kg/m³ (ABNT NBR 13207, 1994) para todas as amostras. A massa unitária do resíduo seco de gesso seco após desbaste foi de 797,7 Kg/m³. A partir das variáveis determinadas na proposta do IRRCD e das equações 1 e 2 foram avaliados dois processos alternativos para aproveitamento do gesso gerado na construção civil como resíduo. O quadro 5 apresenta os valores obtidos nestes estudos de caso.

QUADRO 5 – Estudo de caso de reciclagem e aproveitamento de resíduo de gesso.

Variável	Aproveitamento de gesso na Compostagem	q _i	Processo de Reciclo de Gesso	q _i	w _i
1. Caracterização e Normalização do produto obtido da reciclagem	Atende a norma 375 do CONAMA (BRASIL, 2006), porém em não conformidade com Instrução Normativa n. 25 do MAPA de 2009. Isto pode limitar o uso do composto como fertilizante orgânico.	60	Atende parte da NBR 13207 (ABNT, 1994), porém em não conformidade com NBR 12128 (ABNT, 1991). Isto pode limitar a função e trabalhabilidade do gesso.	30	0,2
2. Viabilidade econômica	Vários estudos apresentam período de retorno menores que 2 anos (ATHAYDE JÚNIOR et al., 2009; DIAS, 2011) de sistemas de reciclagem e compostagem de resíduos. Porém para sistemas de compostagem pode ser adotado período de retorno de aproximadamente 5 anos (PIRES, 2011).	60	A viabilidade de reciclagem de gesso neste processo ainda é viável tecnicamente, com a necessidade de diminuição dos custos na fase de secagem.	50	0,2

3. Produção do RCD de forma contínua	A concentração de gesso na cadeia produtiva de compostagem de resíduos orgânicos urbanos foi proposta em proporção adequada ao teor de geração de cada resíduo. Pode ocorrer a necessidade de estocagem momentânea.	85	A Avaliação de demanda e oferta são compatíveis e confiáveis ao longo do tempo na cadeia produtiva do setor.	95	0,16
4. Forma de Produção do RCD	A segregação do gesso é realizada e controlada na maioria das obras de grande e médio porte para evitar aumento de custos de disposição e reciclagem. Este fato ocasiona uma maior segregação do gesso.	80	A segregação do gesso é realizada e controlada na maioria das obras de grande e médio porte para evitar aumento de custos de disposição e reciclagem. Este fato ocasiona uma maior segregação do gesso.	80	0,16
5. Desempenho ambiental da cadeia de reciclagem	Neste processo existe a geração de efluentes líquidos da compostagem, geração de poluentes particulados e possibilidade de atração de vetores. Desta forma, faz-se necessário a instalação de equipamentos para mitigação destes impactos potenciais.	70	Neste processo existe a geração de particulados e uso intensivo de energia. Desta forma, faz-se necessário a instalação de equipamentos e de programas associados a racionalização de energia. Também depende do local devido a matriz energética.	80	0,11
6. Educação Ambiental no sistema produtivo	Em Londrina-Pr, as empresas de grande e médio porte disponibilizam palestras, treinamentos e procedimentos sócio-educacionais para sensibilização dos trabalhadores (PLANO DE CAPACITAÇÃO, 2014). A sensibilização pode ser considerada mais efetiva em agentes associados a processos de compostagem em sistemas urbanos.	80	Em Londrina-Pr, as empresas de grande e médio porte disponibilizam palestras, treinamentos e procedimentos sócio-educacionais para sensibilização dos trabalhadores. Este fato, porém está inacessível para trabalhadores autônomos da construção civil. (PLANO DE CAPACITAÇÃO, 2014).	60	0,11

7. Fluxo energético do sistema de reciclo	Na cadeia logística do gesso inserido na compostagem existe a necessidade de transporte do gesso e desbaste deste antes da mistura. Pode-se considerar um gasto energético de aproximadamente 0,5 MJ/Km/t (BOVOLENTA, 2012) acrescido da energia para desbaste do gesso (7,2 MJ/t)	60	Na cadeia logística do reciclo do gesso existe um gasto energético de aproximadamente 0,5 MJ/Km/t (BOVOLENTA, 2012) acrescido da energia para desbaste (7,2 MJ/t) do gesso mais a energia gasta para secagem.	30	0,06
---	--	----	---	----	------

Avaliação IRRCD

70

56

Fontes: BRASIL (2006), MAPA, (2009), ABNT (1994), ATHAYDE JÚNIOR et al. (2009), DIAS (2011), PIRES (2011), PLANO DE CAPACITAÇÃO (2014), BOVOLENTA, (2012).

A partir da Figura 1 de classificação do IRRCD, o aproveitamento de gesso em sistemas de compostagem pode ser classificado como Bom e a reciclagem de gesso pode ser classificada como razoável. O modelo de cálculo adotado mantém a classificação de processos de reciclagem não conformes em algumas variáveis com valoração relativamente baixa, mesmo que existam variáveis bem avaliadas. Isto pode ser observado na reciclagem do gesso, o qual possui avaliação de 95 em um item, porém possui avaliação equivalente a 30 pontos em outro. A valoração final foi igual a 56. Caso fosse adotado um modelo associado à somatória e pesos a valoração final deste processo seria de 61.

Desta forma, a possibilidade de avaliação comparativa de processos permite a adoção da solução que melhor se adéqua as condições ambientais, estruturais e físico-financeiras de uma localidade. Também, permite melhorar os processos de reciclo de RCD, pois denota as variáveis que necessitam ser melhoradas para viabilizar o processo de reciclo. Este fato é importante principalmente quando existem soluções derivadas da área acadêmica, as quais consideram aspectos técnicos estritos ao invés de considerar variáveis intrínsecas ao processo do reciclo, bem como alternativas diferentes das pesquisadas.

CONCLUSÃO

A viabilidade de tecnologias de reciclagem e reuso de RCD devem ser avaliadas a partir de sistemas de variáveis compatíveis com o setor da construção civil. Desta forma foi desenvolvido o Índice de Reciclagem de processos de RCD (IRRCD), o qual possibilita avaliar comparativamente processos de reciclagem e reuso.

O uso do índice proposto possui como vantagem a facilidade de compreensão e uso a partir da valoração de variáveis dos processos de reciclagem de RCD. Esta avaliação pode ser utilizada na maioria dos processos existentes e em desenvolvimento.

A metodologia desenvolvida denota todo o contexto da cadeia produtiva, ao invés de avaliar apenas a viabilidade técnica de processos de reciclo e reuso. Também possibilita analisar pontualmente quais variáveis necessitam ser melhoradas para viabilizar sistemas de reciclo de RCD. Assim, a geração de um índice de reciclagem de RCD possibilita avaliar a viabilidade técnica, ambiental e econômica de cada solução proposta.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Amostragem de resíduos sólidos - Procedimento: **NBR 10007**, 25p. 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas da pasta – Procedimento: **NBR 12128**, 3p. 1991.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gesso para construção civil – Referências – Elaboração. Procedimento: **NBR 13207**, 2p. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura - Procedimento: **NBR 14040**, 10p. 2001.

ANDERE, P. A. R. & SANTOS, H. I. **Disposição final de resíduos da construção civil – estudo de caso**. 2008.

ANGULO, S. C.; TEIXEIRA, C. E.; CASTRO, A. L.; NOGUEIRA, T. P.. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.16 n^o3 Rio de Janeiro July/Sept. 2011.

ANTAC. **Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**. Editores: Rocha, J. C. e John, V. M.. — PortoAlegre. Coleção Habitare, v. 4, 2003.

ATHAYDE JÚNIOR, G.B.; NOBREGA, C.C.; ONOFRE, F.L.. Usina de reciclagem para resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso da viabilidade econômica para bairros de classe média da cidade de João Pessoa/pb. **II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos**. Barranquilla, 2009.

BOVOLenta, F. C.; BIAGGIONI, M. A. M.; SORANI, L. A.; AMOEDO, D. T.; SCARSO, P. R.; QUEIROZ, D. L.. Análise energética na logística do transporte fluvial do etanol na Hidrovia Tietê-Paraná. **24^o Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore**. Rio de Janeiro, 15 a 19 de Outubro de 2012.

BRASIL. 2002. **Resolução CONAMA n.º 307** - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 17 de julho de 2002.

BRASIL. 2006. **Resolução CONAMA n.º 375** - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 29 de agosto de 2006.

BRASIL. 2011. **Resolução CONAMA n.º 431** - Altera o art. 3^o 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 República Federativa do Brasil de 24 de maio de 2011.

BUONO, L. N.; COSTANZI, R. N.. Experimento de compostagem com adição de resíduo da construção civil. **III Conferência Internacional de Gestão de Resíduos Sólidos**. 2013.

CNUMAD. **Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento**. Agenda 21. Senado Federal, Brasília. 471p. 1992. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/agenda21.pdf>>. Acesso em 10 de agosto de 2014.

COCHRAN, K.; TOWNSEND, T.; REINHART, D.; HECK, H.. Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US. **Waste Management** 27, 921–931, 2007.

COSTA, N.; COSTA Jr., N.; LUNA, M.; SELIG, P.; ROCHA, J. Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise multivariada. **Eng. Sanit. Ambient.**, Dez 2007, vol.12, no.4, p.446-456. ISSN 1413-4152

COSTANZI, R. N.; MAIBUK, L. A. C.; FRIZZO, E.; GAVA, G. P.; CARDOSO, D. L.. Análise de resistência a compressão do gesso reutilizado e reciclado da construção civil. X SIBESA – **Simpósio Italo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2010.

DIAS, M. V.. **Viabilidade de implantação de uma usina de triagem e compostagem de lixo no município de Macaé**. Dissertação. IFET Fluminense. 2011. Fórum Desenvolve Londrina. Manual de Indicadores de Desenvolvimento de Londrina. 92p., 2013.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: **Seminário reciclagem de resíduos sólidos domiciliares**, 2000, São Paulo. **Anais**. São Paulo. 2000. Disponível em: <http://www.observatorioderesiduos.com.br/obsr3df/banco_arquivos/228418683a1ea7af7f68b5cd715893e2.pdf>.

LAGE, I. M., ABELLA, F. M.; HERRERO, C. V.; ORDÓÑEZ, J. L. P.. Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain). **Waste Management** 30 (2010) 636–645.

LEITE, M. A. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Porto Alegre, RS, 2001. 270f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LUCENA, L. F. L.; NEVES, G. A.; NASCIMENTO, J. D.; OLIVEIRA, D. F. Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil no Município de Campina Grande. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4., **Encontro Latino-Americano de Gestão e Economia da Construção**, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, 2005.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. 2009. **Sistema de legislação agrícola Federal**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>. Acesso em: 21/08/2014.

MARVIM, E. (2000). Gypsum Wallboard Recycling and Reuse Opportunities in the State of Vermont. *Waste Management Division. Vermont Agency of Natural Resources*. 42p., Vermont, USA.

MARZOUK, M.; AZAB, S.. Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 82 (2014) 41– 49.

PINTO, T.P. Gerenciamento de resíduos da construção no Brasil. In: **RCD08, Universidade de São Paulo**, São Paulo. Apresentação (CD-ROM). São Paulo, 2008.

PIRES, A. B.. **Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Compostagem Acelerada para Resíduos Sólidos Urbanos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Passo Fundo. 2011. Letra maiúscula no primeiro nome

PLANO DE CAPACITAÇÃO. **Termo de referência para elaboração do projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC)**. SEMA. Londrina-PR. Acesso no [sítio](http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/novo_termo_de_ref_do_pgrcc.rtf) http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_ambiente/gestao%20residuos/novo_termo_de_ref_do_pgrcc.rtf em 23/09/2014.

PORTAL BRASIL. **Indústria da construção civil busca crescimento sustentável**. Publicado em 06/06/2014. Acessado em <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2014/06/industria-da-construcao-civil-busca-crescimento-sustentavel> de 12/09/2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Londrina**. 2009. Acesso em: http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/diagnostico_londrina_completo_corrigido29out09.pdf em 10/06/2014.

SILVEIRA, G.T.R.. **Metodologia de caracterização dos resíduos sólidos como base para uma gestão ambiental**. Estudo de caso: entulhos da construção civil em Campinas/SP. Dissertação de Mestrado. Universidade de Campinas, Campinas, 1993.