

Investimentos em Ativos Imobilizados Para Instalação de Usina de Reciclagem de Resíduos de Construção Civil de Médio Porte da Zona Leste de São Paulo

João Alexandre Paschoalin Filho¹

Ana Cristina de Faria²

Gisele Waldtraud Mathes Orcioli Pires³

Eric Brum de Lima Duarte⁴

Resumo

Novas ferramentas de gerenciamento e manejo dos resíduos gerados em obras têm despertado interesse e sido objeto de várias pesquisas conduzidas pelo setor da Construção Civil. Dentre estas, destaca-se a reciclagem, uma vez que proporciona a redução dos volumes descartados e a necessidade de aquisição de matéria-prima natural, ocasionando ganhos econômicos significativos e redução do impacto ambiental. Este trabalho estima os investimentos em ativos imobilizados necessários para instalação de uma Usina de Reciclagem de Entulho, (URE) de médio porte a ser localizada na zona Leste da cidade de São Paulo, trazendo também comparações entre preços de comercialização de agregados naturais e reciclados produzidos em URE e jazidas pesquisadas nos municípios de São Paulo, Guarulhos e Osasco, no intuito de se estabelecer um comparativo entre ambos e demonstrar a vantagem econômica de aquisição do reciclado. Para tal, esta pesquisa, qualitativa e exploratória, apresenta um estudo de caso em que foram realizadas visitas técnicas a usinas de mesmo porte e entrevistas com gestores, de forma a se identificar investimentos indispensáveis a implantação

¹ Doutor em Engenharia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Mestre em Engenharia pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras (Ufla). Professor do Programa de Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho (Uninove). jalexandre@uninove.br

² Doutora e mestre em Controladoria e Contabilidade pela Universidade de São Paulo (FEA/USP). Graduada em Ciências Contábeis pela Universidade São Judas Tadeu. Professora do Programa de Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho (Uninove). anacfaria@uol.com.br

³ Engenheira civil e mestranda do Programa de Mestrado em Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho (Uninove). giseleorcioli@terra.com.br

⁴ Engenheiro civil e mestre em Gestão Ambiental e Sustentabilidade da Universidade Nove de Julho (Uninove). ericbrum@uol.com.br

da URE em estudo. Os resultados obtidos demonstraram a grande demanda da Zona Leste de São Paulo em relação a reciclagem de resíduos de construção, atestando a viabilidade da usina estudada. Observou-se também que os preços de comercialização dos agregados reciclados nas URE pesquisadas foram inferiores aos agregados naturais, demonstrando a viabilidade econômica de sua utilização.

Palavras-chave: Construção civil. Resíduos. Usinas de reciclagem.

INVESTMENTS IN TANGIBLE ASSETS FOR IMPLEMENTATION OF MEDIUM SIZE PLANT FOR CIVIL CONSTRUCTION WASTE RECYCLING AT EAST REGION OF THE CITY OF SÃO PAULO

Abstract

New tools for management of waste generated by the Civil Construction have attracted attention and been the subject of several surveys conducted by this industry. Among these, recycling can be highlighted, as it provides the reduction of discarded volumes and the need to purchase natural raw material, resulting in significant economic gains and reduced environmental impact. This paper estimates the investments necessary to implement a medium-sized waste recycling plant to be located at east side of the city of São Paulo. This paper also brings comparisons between market prices of natural aggregates and recycled wastes produced by recycling plants and mines located in the cities of São Paulo, Guarulhos and Osasco, in order to establish a comparison between the two. To this end, this qualitative exploratory study presents a case study, in which they were technical visits to same-sized mills and quarries, desk research and interviews with managers in order to identify items essential for implementation of the plant under study. The results showed that the demand in the East Zone of São Paulo presents regarding the recycling of construction waste, confirming the viability of the studied plant. It was also observed that the market prices of recycled aggregates in the surveyed plants were lower than natural aggregates, demonstrating the economic feasibility of its use

Keywords: Civil construction. Solid wastes. Recycling plants.

A Construção Civil, conforme a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (Câmara..., 2015) consiste em um dos primeiros setores econômicos a responder pela situação econômica de um país. Responsável por inúmeros empregos diretos e indiretos, este setor produtivo configura-se de grande importância para assegurar a infraestrutura necessária ao crescimento e desenvolvimento de uma nação (Karpinski et al., 2009).

Na visão de Ibrahim et al. (2010), a indústria da Construção Civil é uma peça-chave na economia de um país, ou seja, para que haja crescimento e desenvolvimento é necessária a construção de uma infraestrutura adequada para estimular a Economia. De acordo com pesquisa conduzida pela Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção – Abramat –, mencionada pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a cadeia produtiva da Construção Civil representou, em 2009, aproximadamente 8,3% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e empregou mais de dez milhões de pessoas (Câmara..., 2010).

Esta indústria também desempenha um importante papel na evolução do Produto Interno Bruto (PIB) do país, pois a cada R\$ 1,00 investido na construção são gerados R\$ 1,88 na economia como um todo, ou seja, um percentual de 88% maior que o inicial aplicado (Construbusiness, 2012). Este multiplicador é muito significativo e explica a grande geração de emprego e renda encadeada por este ramo. A cada R\$ 1 milhão investido na Construção Civil, são gerados 70 empregos formais diretos na Economia (Construbusiness, 2012).

Apesar dos impactos socioeconômicos positivos, no entanto, 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 obra têm despertado interesse e têm sido alvo de várias pesquisas conduzidas pelo setor (Cabral et al., 2007; Ibrahim et al., 2010; Ângulo et. al., 2011).

A dinâmica da economia brasileira tem gerado novos desafios para as municipalidades, destacando-se àqueles ligados à geração diária de grandes volumes de resíduos sólidos urbanos (RSUs), dentre os quais grande parte constitui-se em resíduos produzidos pela Construção Civil (Karpinski et al., 2009). Morais (2006) complementa com dados relativos a algumas cidades brasileiras de médio e grande porte, nas quais a massa de Resíduos de Construção Civil (RCCs), em porcentual, varia entre 41% a 70% da massa total de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs). Tal situação retrata um aspecto paradoxal, pois, ao se promover, por meio de obras civis, a melhoria das condições urbanísticas de um local, também se promove o aumento da demanda por matérias-primas naturais, e, por consequência, a geração de resíduos e impactos ao meio ambiente (Paschoalin Filho et al., 2014).

No ano de 2002, no Brasil, entrou em vigor a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama (Conselho..., 2002), primeiro instrumento legal que fixou prazos para as administrações municipais elaborarem e instituírem planos de gestão para os RCCs, além de estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos, de forma a minimizar os impactos ambientais.

Dessa forma, no intuito de diminuir o impacto ambiental causado pela geração de RCCs nas atividades da Construção Civil, a utilização de Usinas de Reciclagem de Entulho (UREs) constitui-se em uma alternativa interessante, pois representa o ponto de partida para a transformação do resíduo gerado pelas atividades de construção em matéria-prima para novas obras, reduzindo impactos ambientais e custos de transporte e destinação, além de aumentar a vida útil de aterros licenciados (Kralj, 2011; Paschoalin Filho et. al., 2014).

Diante desse contexto, a questão que norteia esta pesquisa é: Quais os investimentos em Ativos Imobilizados a serem realizados na instalação de uma Usina de Reciclagem de Entulho de médio porte na Zona Leste da cidade de São Paulo? Para responder a esta questão, o objetivo deste trabalho é mensurar os referidos investimentos por meio da condução de pesquisa,

realizada junto a fornecedores de equipamentos, e entrevistas com gestores de UREs localizadas na Grande São Paulo, de maneira a se identificar itens indispensáveis para o estabelecimento da usina em estudos.

Foram também pesquisados os preços de comercialização de agregados reciclados em diferentes granulometrias praticados por UREs localizadas nos municípios de São Paulo, Guarulhos e Osasco, de forma a se constatar a diferença de preços entre estes agregados e os convencionais, advindos de jazidas e pedreiras da Região Metropolitana de São Paulo.

Revisão da Literatura

Investimentos em Ativos Imobilizados

Em termos contábeis, o Ativo Imobilizado faz parte do Ativo Permanente no Balanço Patrimonial e, conforme o Comitê de Procedimentos Contábeis – CP 27 – (2009),

Ativo imobilizado é o item tangível que: (a) é mantido para uso na produção ou fornecimento de mercadorias ou serviços, para aluguel a outros, ou para fins administrativos; e (b) se espera utilizar por mais de um período. Correspondem aos direitos que tenham por objeto bens corpóreos destinados à manutenção das atividades da entidade ou exercidos com essa finalidade, inclusive os decorrentes de operações que transfiram a ela os benefícios, os riscos e o controle desses bens.

O Ativo Imobilizado é composto por itens, tais como: Máquinas, Equipamentos, Veículos, Computadores, Instalações, Ferramentas, Terrenos, Construções, Instalações, etc. De acordo com o CPC 27 – Ativo Imobilizado (Comitê..., 2009), que foi aprovado por meio da Resolução CFC 1.177/09

de junho de 2009 e da Deliberação CVM 583 de 3 de agosto de 2009, em seus itens 15 e 23, um item do Ativo Imobilizado deve ser mensurado pelo seu custo de aquisição ou reavaliado.

O referido valor de custo de aquisição, por sua vez, “é o montante de caixa ou equivalente de caixa pago ou o valor justo de qualquer outro recurso dado para adquirir um ativo na data da sua aquisição ou construção” (Comitê..., 2009). Este valor pode ser compreendido como o preço à vista na data do reconhecimento (obtenção/compra), tal como o que foi pesquisado com os fornecedores no estudo de caso desta pesquisa.

Aspectos Gerais sobre Resíduos de Construção Civil (RCCs)

Apesar do efeito positivo que o setor da Construção Civil causa na Economia, como já comentado anteriormente, esta indústria também é responsável por significativos impactos ambientais, que se iniciam desde a fase de extração das matérias-primas e estendem-se até, posteriormente, a execução das obras. Entre os impactos causados, Paschoalin Filho e Graudenz (2012) destacam: fim de reservas naturais não renováveis do material explorado, alteração na paisagem, desmatamento, erosão, poluição do ar decorrente de emissão de gases de efeito estufa durante sua cadeia produtiva, poluição sonora, etc.

A Construção Civil, na visão de Segantini e Wada (2011), é uma atividade geradora de grandes volumes de resíduos, tendo como consequência enormes desperdícios de materiais naturais, tais como: areia, pedra, madeira, cimento, entre outros. Este setor consome cerca de 50% de todos os recursos naturais disponíveis, além de gerar um volume elevado de resíduos; ou seja, cerca de 40% a 60% dos RSUs produzidos diariamente nas cidades têm origem em obras em geral (Silva; Fernandes, 2012).

Bohne, Brattebe e Bergsdal (2008) complementam afirmando que os impactos causados pelos RCCs não se restringem somente à esfera ambiental, mas também afetam a econômica, uma vez que o descarte deste material acarreta elevados custos de transporte para sua disposição final.

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 (RCCs) 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 recolhidas.

De acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo (PGIRS), estima-se que o município produza entre 18,5 e 24,6 mil toneladas/dia de RCCs, ou uma média de 520kg/hab./ano (PMSP, 2014). Schneider (2003) contabilizou a geração *per capita* de RCC entre 490 e 499 kg/hab./ano. Em relação à composição de RCC na cidade, segundo o PGIRS, predomina a ocorrência dos resíduos Classe A e B, representando percentuais de 80 e 18%, respectivamente; enquanto que os resíduos Classe C e D, juntos correspondem a apenas 2% do volume gerado (Prefeitura..., 2014).

Conforme Leite, Pandolfo e Gomes (2010) e Ângulo et al. (2013), o RCC possui uma grande variedade de materiais em sua composição, derivados das inúmeras atividades construtivas que ocorrem concomitantemente no desenvolvimento de uma obra. Diante dessa problemática, diversos autores têm se dedicado a estudar e caracterizar os principais componentes da massa de RCC.

Pesquisas conduzidas por Marques Neto e Schalch (2010), Silva et al. (2010), Carmo, Maia e César (2012), Tessaro, Sá e Scremin (2012) e Lima e Cabral (2013) revelam que as massas de RCCs são compostas, predominantemente, por resíduos cimentícios e cerâmicos, podendo ser classificados como Classe A, de acordo com a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). Mália, Brito e Bravo (2011) comentam

que as massas de RCCs brasileiras são compostas por materiais que podem ser valorados e de grande potencial de reinserção na cadeia produtiva da Construção Civil.

De acordo com Paschoalin Filho et al. (2014), os resíduos provenientes das atividades de demolição e construção, em razão de sua constituição física e volume, podem apresentar dificuldades para a destinação final. Estes não são aceitos em aterros sanitários convencionais sendo, geralmente, armazenados temporariamente em caçambas estacionárias antes de serem destinados a aterros licenciados ou para reciclagem.

Embora a responsabilidade pela destinação correta dos resíduos seja do gerador (público ou privado), de acordo com a Resolução Conama nº 307/2002, não é difícil encontrar aqueles que desrespeitam essa determinação, causando situações de deposição desse material em vias públicas, terrenos baldios ou à beira de córregos. Além de prejudicar a saúde coletiva, os efeitos da deposição irregular dos RCCs 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; Silva; Neves, 2011; Mália; Brito; Bravo, 2011; Paschoalin Filho; Graudenz, 2012).

Aspectos Normativos dos Resíduos da Construção Civil no Brasil

De acordo com Guedes e Fernandes (2013), a primeira legislação que iniciou a discussão sobre o manejo de RCCs no Brasil foi o Estatuto das Cidades – Lei nº 10.257/2001. Galvão Junior et al. (2012) citam que, com a entrada em vigor da Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e a Política Federal de Saneamento Básico, foram estabelecidos marcos regulatórios no setor da Construção Civil em seus quatro aspectos principais: i) abastecimento de água; ii) esgotamento sanitário; iii) manejo de resíduos sólidos; e iv) manejo de águas pluviais.

Posteriormente, no ano de 2002, foi publicada, em 5 de julho pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), a Resolução nº 307, a qual estabeleceu a seguinte definição para Resíduos de Construção Civil (RCCs):

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 (Conselho..., 2002).

A Resolução Conama nº 307/2002 também trouxe a classificação dos RCCs em quatro grupos, de acordo com suas características físicas, podendo estes estar contidos em Classes (A, B, C e D). No ano de 2011 a Resolução nº 307/2002 foi alterada pela Resolução nº 431/2011, deixando o gesso de ser classificado como resíduo Classe C para ser classificado como Classe B. Posteriormente, no ano de 2015, por meio da Resolução nº 469, o Conama estabeleceu que embalagens vazias e secas de tinta poderiam ser consideradas resíduos tipo B, tal como se observa no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação e destinação dos RCCs

| Classe | Origem | Tipo de resíduo | Destinação |
|--------|--|--|--|
| 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). | 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. |

| | | | |
|---|--|---|---|
| B | Resíduos recicláveis com outras destinações. | Plásticos, gesso, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias e secas de tintas | Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura. |
| C | Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações que permitam a sua reciclagem ou recuperação. | Não especificado pela resolução | Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. |
| D | Resíduos perigosos oriundos de processo de construção. | Tintas, solventes, óleos, amianto. | Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. |
| | Aqueles contaminados, oriundos de demolições, reforma e reparo, enquadrados como classe I na NBR10004. | Clínicas radiológicas, instalações industriais e outros. | |

Fonte: Conselho..., 2002; 2011, 2015.

Conforme artigo 5º da Resolução Conama nº 307/2002, é função dos municípios e do Distrito Federal a elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, além da disponibilização de áreas adequadas para destinação dos RCCs e ações de fiscalização quanto à deposição inadequada destes. Em relação ao gerador, o artigo 8º, da mesma resolução, atribui a este a responsabilidade de elaboração de um Projeto de Gerenciamento dos Resíduos de Construção, com o objetivo de estabelecer procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

Posteriormente, no ano de 2010, a problemática dos RCC no Brasil também foi tratada pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da Lei 12.305/2010 (Brasil, 2010). Esta política, dentre diversos aspectos, prevê a 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 Spegiorin, Cericato e Schnem (2012), a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) trouxe definições para o cenário nacional que as legislações anteriores ainda não continham, consistindo esta Lei em um marco nacional na gestão de resíduos sólidos.

A Reciclagem de Resíduos na Construção Civil

De acordo com Evangelista, Costa e Zanta (2010), a reciclagem de resíduos de Construção Civil não consiste em uma prática recente, e sua maior difusão ocorreu na Alemanha no período pós Segunda Guerra Mundial, para, em seguida, expandir-se por toda Europa em reconstrução. No Brasil, as discussões acerca da utilização dos RCCs são mais recentes, datando de alguns estudos pioneiros realizados na década de 80.

O manejo sustentável dos RCC tem merecido particular atenção de pesquisadores e da indústria da Construção Civil, que têm buscado formas de não apenas reduzir sua geração; mas, também, viabilizar a sua reutilização e reciclagem. O uso dos RCCs em obras pode ocorrer sob várias formas, tais como: agregados para concreto não estrutural, na produção de argamassa, blocos e tijolos não estruturais, na pavimentação de estradas, em obras de drenagem, estabilização de encostas, recuperação topográfica, dentre outras possibilidades (Lu; Yuan, 2011; Yuan, 2012).

De uma forma geral, a reciclagem dos resíduos de Construção Civil traz inúmeras vantagens técnicas, econômicas e ambientais, as quais foram estudadas por autores como: Tam et al. (2007), Tam (2009), Santin (2009), Hwang e Yeo (2011), Yuan e Shen (2011), Arif, Bendi e Toma-Sabbagh (2012), Oyedete et al. (2013), Yates (2013) e Paschoalin Filho et al. (2013), entre outros. Dentre as vantagens apontadas por estes autores, destacam-se:

redução no consumo de recursos naturais não renováveis; redução de áreas necessárias para aterro; redução do consumo de energia; redução da poluição e geração de emprego e renda.

Conforme Souza, Segantini e Pereira (2008), a reciclagem dos RCCs pode ser destacada como uma alternativa ligada aos conceitos de sustentabilidade, embutindo valor econômico nos materiais que seriam descartados pelas obras de engenharia. Evangelista, Costa e Zanta (2010) e Manfrenato, Esgúicero e Martins (2008) comentam que, devidamente reciclado, o resíduo de Construção Civil pode apresentar propriedades apropriadas para sua utilização como material de construção.

Manfrenato, Esgúicero e Martins (2008) apontam as Usinas de Reciclagem de Entulho (UREs) como uma alternativa para a reciclagem dos RCCs e comentam que municípios brasileiros já operam estas usinas produzindo agregados utilizados, predominantemente, como sub-base de pavimentação. De acordo com Miranda, Ângulo e Careli (2009), até o ano de 2002 o Brasil contava com apenas 16 UREs, possuindo uma taxa de crescimento baixa de apenas três usinas inauguradas a cada ano.

Esta situação apresentou melhora após a publicação da resolução nº 307/2002 do Conama, a qual provocou sensível crescimento desta taxa. Mesmo, contudo, com o crescimento apresentado nos últimos anos, a capacidade brasileira de potencial de produção de agregados reciclados está muito abaixo da geração de RCCs por todo país (Miranda; Ângulo; Careli, 2009).

Melo, Ferreira e Costa (2013) comentam que as UREs são definidas como áreas industriais equipadas para o processamento de resíduos Classe A em dois produtos finais distintos; ou seja, agregado de resíduo de concreto (ARC) e agregado de resíduo misto (ARM). Os parâmetros de projeto, efetivação e operação das plantas fixas ou semifixas de URE são apresentados na ABNT (Associação..., 2014d), limitando-se estes apenas à atividade de redução, sem correlação com outras diretrizes para reuso e reciclagem dos resíduos de Construção Civil (Melo; Ferreira; Costa, 2013).

As URE caracterizam-se como importantes *players* na demanda pela inserção da variável ambiental na Construção Civil; pois reduzem os impactos causados por este setor ao produzirem novos materiais de construção a partir da reciclagem dos resíduos gerados pelas obras, caracterizando-se, também, como uma forma de destinação alternativa em relação aos aterros licenciados tradicionais.

Jadovski (2005) comenta, no entanto, que o investimento para a instalação de uma URE deve ser pensado em longo prazo, uma vez que no período de adaptação do sistema poderá ocorrer baixa produtividade da planta. O autor cita que, para os casos de UREs instaladas pelo poder público, o prazo para amortização do investimento tende a ser mais curto, uma vez que podem ser contabilizadas as reduções nos custos municipais de limpeza dos RCCs nos logradouros públicos e na substituição de agregados naturais por reciclados mais baratos em obras públicas.

Evangelista, Costa e Zanta (2010) comentam que a utilização de resíduos reciclados em larga escala ainda não é prática difundida no Brasil. Ter uma URE com produção regular e padrões de qualidades definidos por normas ainda não se transformou em rotina adotada, tanto pelos administradores públicos das usinas quanto pela iniciativa privada.

John, Ângulo e Kahn (2006) destacam que, apesar de diversas normas internacionais regulamentarem a utilização de agregados reciclados, existem várias especificidades que tornam difícil a utilização destes, tais como pouca eficiência na triagem da fração mineral do RCC, variabilidade intrínseca dos agregados de RCCs reciclados, insuficiência de métodos de controle desses agregados e deficiência do controle de processamento. Os autores ainda observam que o processo de inspeção das caçambas de RCCs que chegam às UREs no Brasil é de baixa eficiência.

Segundo esses autores, nas UREs, a triagem é executada apenas por meio de inspeção visual dos volumes de RCCs que são trazidos pelas empresas transportadoras, sendo as caçambas com cargas aparentemente

contaminadas (com resíduos não pertencentes à Classe A) não aceitas. Muitas vezes, entretanto, cargas com aparência superficial de natureza mineral podem apresentar elevadas quantidades de fração não mineral (John; Ângulo; Kahn, 2006).

Mesmo com as dificuldades apresentadas, os resíduos reciclados ainda mostram um grande potencial de inserção na Construção Civil, sendo a utilização destes nas obras já prevista por sistemas de certificação de sustentabilidade de edifícios, e em percentuais obrigatórios a serem empregados em obras públicas, tal como o estipulado pelo Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da cidade de São Paulo (Prefeitura..., 2014).

Evangelista, Costa e Zanta (2010) preveem que o futuro dos agregados reciclados será impulsionado pela indisponibilidade de aterros para deposição final, pela aceitação do gradual do mercado consumidor, por políticas públicas de incentivo de utilização e produção dos agregados reciclados, pelo esgotamento das jazidas de materiais naturais e consequente elevado custo destes, bem como por exigências ambientais e de uma economia sã.

Como exemplo na adoção de políticas públicas no incentivo ao uso de agregados reciclados, o Decreto Municipal 48.075 publicado no ano de 2006, determinou a obrigatoriedade da utilização de agregados reciclados de construção em obras e serviços públicos do município de São Paulo (Prefeitura..., 2014).

No ano de 2013 foi realizada na cidade de São Paulo a 4ª Conferência Municipal de Meio Ambiente, em que foram definidas diretrizes e metas específicas a respeito do manejo dos RCCs, adotadas integralmente no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da cidade. Dentre estes pontos, podem-se destacar alguns mais específicos a respeito dos resíduos de Construção Civil, tais como: i) fomento ao fornecimento de agregados reciclados ampliando a rede de áreas de transbordo e triagem; ii) ampliação dos índices de reciclagem nos aterros sob contrato público; iii) promoção de estudos que busquem ajustes tributários e fiscais para toda a cadeia de RCCs;

iv) diminuição das distâncias entre as recicladoras, os pontos de coleta de resíduos e o destino dos agregados reciclados, fatores estes que impactam o valor do frete; v) incentivo a cultura da reciclagem na Construção Civil; e vi) ampliação do manejo diferenciado do RCC com recuperação e valorização máxima dos resíduos (Prefeitura..., 2014).

No próximo tópico será descrita a metodologia empregada na pesquisa.

Metodologia de Pesquisa

Esta pesquisa, de acordo com as proposições de Gil (2010), pode ser classificada de natureza qualitativa e exploratória. É considerada como um estudo de caso que, conforme Creswell (2010), constitui uma das muitas modalidades de delineamento da pesquisa qualitativa e envolve múltiplas fontes de evidências.

A pesquisa englobou a observação direta em Usinas de Reciclagem de Entulho existentes nas cidades de São Paulo, Guarulhos e Osasco, por meio de visitas técnicas realizadas pelos pesquisadores, no intuito de se conhecer as instalações e os processos de reciclagem dos resíduos. Também foram conduzidas entrevistas semiestruturadas com os gestores destas UREs, os quais informaram os componentes necessários para a instalação de uma usina com capacidade de processamento de 70 ton./hora, bem como recomendaram fornecedores de equipamentos e serviços para tal.

A seguir, os procedimentos de pesquisa utilizados são apresentados em maiores detalhes.

Escolha da Região de Estudos

A Zona Leste de São Paulo é caracterizada como a região mais populosa da cidade, o que reflete no volume de Resíduos de Construção Civil (RCCs) gerado. De acordo com a prefeitura de São Paulo, cerca de

3,3 milhões de pessoas habitam a Zona Leste; ou seja, 33% da população paulistana e 17,76% da população da Região Metropolitana de São Paulo (Prefeitura..., 2015).

De acordo com o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo (PGIRS), o município gera, diariamente, em torno de 24,6 mil toneladas/dia de RCCs, sendo a Zona Leste responsável por um valor percentual de 20% desse total. Apesar de todo este volume de resíduos gerados, no entanto, esta região, diferentemente das demais regiões de São Paulo, não conta com nenhuma URE instalada (Prefeitura..., 2014).

Demanda de Processamento de RCC para a Região em Estudo

O cálculo da demanda de processamento de RCC para a região em estudos foi realizado por meio da equação relatada por Leite, Pandolfo e Gomes (2010), a seguir apresentada:

$$MP=(GP \times QH \times IA)/HT \quad (1)$$

MP = massa de material a ser processado;

GP = geração *per capita* de RCC;

QH = quantidade total de habitantes da região em estudo;

IA= índice de aproveitamento do RCC; e

HT= horas de funcionamento da URE por dia.

Os dados referentes à geração *per capita* de RCC (GP), bem como a quantidade de habitantes da Zona Leste de São Paulo (QH), foram obtidos mediante consulta ao PGIRS do município.

O índice de aproveitamento do RCC (IA) foi adotado conforme recomendado por Leite, Pandolfo e Gomes (2010), considerando-se valor igual a 0,76. Em relação a este parâmetro, os autores explicam que, após ser introduzido na usina, o RCC deverá passar por um processo de triagem,

a fim de separar os resíduos Classe A das demais frações componentes da massa de resíduos, de maneira a se evitar a contaminação destes e garantir a qualidade do agregado final (Leite; Pandolfo; Gomes, 2010).

Dessa forma, um índice de aproveitamento de 0,76 corresponderia que, do total de RCC descarregado na URE, 76% seriam aproveitados para reciclagem, sendo o restante descartado. Para o funcionamento da URE foi adotado um total de dez horas diárias de operação (HT).

Determinação dos Investimentos para Instalação da URE

Na estimativa dos investimentos para efetivação da URE, os equipamentos e serviços necessários foram escolhidos, considerando-se, além das recomendações dos gestores entrevistados, as diretrizes fornecidas pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – (2004a, 2004b, 2004c), apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Características dos itens considerados na estimativa dos investimentos em Ativo Imobilizado da usina

| Item | Descrição |
|-------------------------|---|
| Projeto e <i>Layout</i> | Dimensionamento e especificações técnicas de acordo com a ABNT NBR 15.113/2004 |
| Obras civis | Necessárias para a construção de escritórios, galpões, baias e demais obras de infraestrutura da usina. |
| Unidade recicladora | Conjunto de equipamentos que integrarão a operação, tais como: alimentador vibratório, grelha vibratória, equipamentos de transporte (transportadores de correia, transportadores inclinados de rosca ou de canecas), separadores magnéticos, britador de mandíbula, com capacidade nominal de produção de 70 toneladas/hora. |
| Peneiras | <i>Deck</i> de quatro peneiras vibratórias para cinco produtos tipo Classe A |
| Pá carregadeira | Equipamento automotriz dotado de concha e rodado de pneus que alimentará a unidade recicladora. Capacidade do equipamento de 1,5 m ³ |
| Balança | Balança de piso para a pesagem dos caminhões com capacidade de 5 a 12m ³ de caçamba, a ser pesada com o resíduo na entrada e na saída com o material reciclado. |

| | |
|----------------------------------|---|
| Acabamento e instalações físicas | Instalação, efetivação, montagem e acabamento da cancela e guarita para o controle de entrada e saída de caminhões, escritórios, refeitório, vestiário. |
| Arruamento e iluminação | Instalação de postes de iluminação e do acesso viário até a entrada da usina, considerando uma via de acesso de 1 km com colocação de 10 postes metálicos ao longo desta. |

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os investimentos realizados na aquisição de cada item de Ativo Imobilizado foram obtidos mediante pesquisa de mercado junto a três fornecedores de cada categoria de equipamentos e serviços recomendados pelos gestores entrevistados. Os equipamentos e instalações foram escolhidos considerando-se a possibilidade de produção de agregados reciclados nas seguintes granulometrias: bica corrida, areia reciclada média, brita#0, brita#1, brita#2 e rachão.

Para o cálculo do investimento na aquisição do terreno de instalação da URE foi realizada, pelos pesquisadores, uma cotação de preços em diferentes imobiliárias, a fim de aferir-se um valor médio por metro quadrado na região em estudo. A determinação da área necessária à URE foi realizada com o auxílio da Tabela 1 sugerida por Jadovski (2005).

Tabela 1 – Área requerida para implantação de uma URE

| Capacidade de produção (ton./h) | Capacidade de produção (ton./ano) | Área requerida (m ²) |
|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 10 | 21.000 | 5.000 |
| 20 | 42.000 | 6.500 |
| 30 | 63.000 | 8.000 |
| 40 | 84.000 | 10.000 |
| 50 | 105.000 | 12.000 |
| 75 | 158.000 | 16.000 |
| 100 | 210.000 | 20.000 |

Fonte: Jadovski (2005).

Por fim, o investimento total para a URE, tratado por Jadovski (2005) como custo de instalação, foi adaptado utilizando-se a equação 2.

$$I_{imp} = I_e + I_{mvp} + I_{ie} + I_t + I_{oc} \quad (2)$$

Em que:

I_{imp} = investimento na implantação da URE;

I_e = investimento na aquisição de equipamentos;

I_{vp} = Investimento na aquisição de veículos próprios;

I_{ie} = Investimento com instalação de equipamentos;

I_t = Investimento na aquisição do terreno; e

I_{oc} = Investimento incorrido com obras civis.

Comparação entre Preços de Agregados Naturais e Reciclados

De forma a possibilitar uma comparação entre os preços de comercialização de agregados reciclados e naturais, foram levantados os preços de venda praticados por três URE situadas em São Paulo, Guarulhos e Osasco, e em pedreiras de agregado natural nos mesmos municípios que as usinas de reciclagem prospectadas. Este procedimento teve por intuito minimizar a influência do frete nos preços pesquisados.

Análise dos Resultados e Discussões

Assumindo a geração *per capita* de RCC na cidade de São Paulo equivalente a 520kg/hab/ano (Prefeitura..., 2014) e uma população de 3,3 milhões de pessoas na Zona Leste (Prefeitura..., 2015), pode-se estimar uma massa diária de resíduos gerados na ordem de 1,8 milhões de tonelada/ano, ou seja, 4,8 mil toneladas/dia. A demanda de processamento de RCC é assim apresentada:

$$MP = (4.800 \text{ ton./dia} \times 0,76) / 10 \text{ horas/dia} = 365 \text{ ton./hora}$$

Dessa forma, para se atender à demanda potencial da região em estudo, seria necessário o processamento de, aproximadamente, 365 toneladas de resíduos por hora, ou seja, o equivalente a mais de cinco vezes a capacidade de processamento da URE em estudo (70ton./hora). Tal fato consiste em um indicativo significativo acerca da demanda por este serviço na região.

Na Tabela 2 são apresentados os investimentos calculados para a instalação da URE. A identificação dos fornecedores dos produtos e serviços de cada item foi omitida, sendo estes denominados como “A”, “B” e “C”. O preço médio de terreno para fins industriais na Zona Leste de São Paulo, de acordo com as cotações efetuadas pelos pesquisadores, ficou em R\$ 112,50/m². No cálculo do valor da área, também foi considerado o Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI) em São Paulo, de 2% do valor do imóvel.

Tabela 2 – Cálculo dos investimentos em Ativos Imobilizados para instalação de uma usina de reciclagem de RCC com capacidade de 70ton./h

| Itens pesquisados | Valor /Fornecedor | | | Valor médio (R\$) |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | A | B | C | |
| | Preço unitário (R\$) | Preço unitário (R\$) | Preço unitário (R\$) | |
| Obras civis e terraplenagem | 100.000,00 | 150.000,00 | 175.000,00 | 141.666,67 |
| Unidade recicladora | 400.000,00 | 1.100.000,00 | 1.800.000,00 | 1.100.000,00 |
| Peneiras | 600.000,00 | 300.000,00 | 1.000.000,00 | 633.333,33 |
| Pá Carregadeira | 275.000,00 | 400.000,00 | 600.000,00 | 425.000,00 |
| Balança | 200.000,00 | 350.000,00 | 400.000,00 | 316.666,67 |
| Instalações elétricas/mecânicas | 80.000,00 | 95.000,00 | 99.000,00 | 91.333,33 |
| Arruamento e iluminação | 100.000,00 | 120.000,00 | 180.000,00 | 133.333,33 |
| Terreno (16.000m ²) | 1.836.000,00 | 1.836.000,00 | 1.836.000,00 | 1.836.000,00 |
| Total | 3.591.000,00 | 4.531.000,00 | 6.090.000,00 | 4.677.333,33 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Observando-se a Tabela 2 pode-se perceber que o investimento médio envolvendo instalação e aquisição do terreno ficou em R\$ 4.677.333,33, sendo o mínimo valor obtido equivalente a R\$3.591.000,00 e o máximo a R\$ 6.090.000,00. Ao se considerar a empresa que forneceu os menores preços, constata-se que os investimentos referentes à aquisição e instalação dos equipamentos representaram pouco mais de 43% do valor total de construção da URE, enquanto as obras civis mantiveram-se em pouco mais de 6%.

Estes valores estão próximos aos apresentados por Rosa (2005), a qual, ao realizar um estudo de instalação de uma URE com capacidade de processamento de 35ton./h em Florianópolis/SC, constatou que os investimentos referentes a equipamentos e obras civis equivaleram a 61% e 8%, respectivamente, do investimento total de efetivação da URE.

Observa-se também, na Tabela 2, que o investimento com a execução das instalações elétricas e mecânicas da URE situou-se em torno de 6,6% do investimento na aquisição dos equipamentos. Este valor está dentro do apresentado por Jadovski (2005), que comenta que este item geralmente encontra-se dentro de uma faixa de 5% a 10% do investimento total de aquisição dos equipamentos.

O preço de aquisição do terreno representou um percentual próximo a 51% do valor total de estabelecimento da URE. Jadovski (2005) sugere a avaliação da possibilidade de locar-se o terreno em vez de adquiri-lo, para localidades onde o valor de compra seja muito elevado. De acordo com o autor, esta pode ser uma alternativa interessante a considerar, uma vez que reduz o valor do investimento inicial.

De acordo com Oliveira et al. (2011), apesar de os investimentos para instalação e manutenção de uma URE parecerem onerosos em primeira análise, principalmente para o poder público, a experiência da prefeitura de Belo Horizonte/MG mostra que os investimentos realizados foram amortizados nos primeiros sete meses de operação da URE do município.

Segundo os autores, a rapidez da amortização dos investimentos feitos pela prefeitura foi acelerada pela economia gerada com a substituição, nas obras municipais, dos agregados naturais pelos reciclados produzidos na URE e pela redução da necessidade de remoção do RCC das ruas (Oliveira et. al., 2011). Stevenato (2005), ao estudar a viabilidade econômica de uma URE com capacidade de processamento de 30ton./h na cidade de Bauru, verificou uma rentabilidade média anual do empreendimento de R\$ 146.530,00, ou seja, o investidor teria o capital aplicado retornado em um prazo médio de seis anos.

Para fins de verificação da viabilidade econômica de utilização dos agregados reciclados ante os naturais, foram prospectados preços de comercialização de ambos em UREs e jazidas próximas. Na Tabela 3 são apresentados os preços de venda dos agregados reciclados informados pelas UREs prospectadas, cujas identificações foram omitidas, sendo estas denominadas, neste trabalho, de “C”, “D” e “E”:

Tabela 3 – Preços por m³ dos agregados reciclados cobrados pelas UREs pesquisadas

| Tipo de Agregado | Fornecedores | | | Cálculos | | |
|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------|
| | C | D | E | Preço médio (R\$/m ³) | Desvio padrão (R\$/m ³) | Cv (%) |
| | R\$/m ³ | R\$/m ³ | R\$/m ³ | | | |
| Areia reciclada média | 22,00 | 27,00 | 39,00 | 29,33 | 8,74 | 29,8 |
| Brita#0 | 22,00 | 27,00 | 39,00 | 29,33 | 8,74 | 29,8 |
| Brita#1 | 22,00 | 27,00 | 38,00 | 29,00 | 8,19 | 28,2 |
| Brita#2 | 22,00 | 27,00 | 38,00 | 29,00 | 8,19 | 28,3 |
| Bica corrida | 14,00 | 18,00 | 38,00 | 23,33 | 12,86 | 55,1 |
| Rachão | 22,00 | 27,00 | 38,00 | 29,00 | 8,19 | 28,2 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Por meio da Tabela 3, nota-se que o agregado que apresentou o menor valor médio foi a bica corrida, ou seja, R\$ 23,33/m³; sendo a areia reciclada e a brita #0 os agregados que apresentaram os maiores preços médios: R\$ 29,33/m³. Deve-se ressaltar que nos agregados reciclados, apesar de possuírem

denominações semelhantes aos naturais, tais como brita, bica corrida, areia, etc., estas denominações referem-se à granulometria do material reciclado e não a sua origem.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os preços dos agregados naturais, isto é, provenientes de pedreiras e jazidas. A areia artificial apresentada na Tabela 5 consiste em pó de pedra moído em fração granulométrica referente a uma areia média, sendo esta, muitas vezes, utilizada em substituição à areia obtida em jazidas e rios.

Tabela 4 – Preços por m³ dos agregados naturais cobrados pelas pedreiras pesquisadas

| Tipo de Agregado | Fornecedores | | | Cálculos | | |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------|
| | F | G | H | Preço médio (R\$/m ³) | Desvio padrão (R\$/m ³) | Cv (%) |
| | R\$/m ³ | R\$/m ³ | R\$/m ³ | | | |
| Areia artificial (pó de pedra) | 68,00 | 71,00 | 79,00 | 72,67 | 4,64 | 6,4 |
| Brita#0 | 68,00 | 68,00 | 82,00 | 72,67 | 6,60 | 9,1 |
| Brita#1 | 68,00 | 68,00 | 82,00 | 72,67 | 6,60 | 9,1 |
| Brita#2 | 68,00 | 68,00 | 82,00 | 72,67 | 6,60 | 9,1 |
| Bica corrida | 68,00 | 75,00 | 69,00 | 70,67 | 3,09 | 4,4 |
| Rachão | 68,00 | 75,00 | 69,00 | 70,67 | 3,09 | 4,4 |

Fonte: Dados da pesquisa.

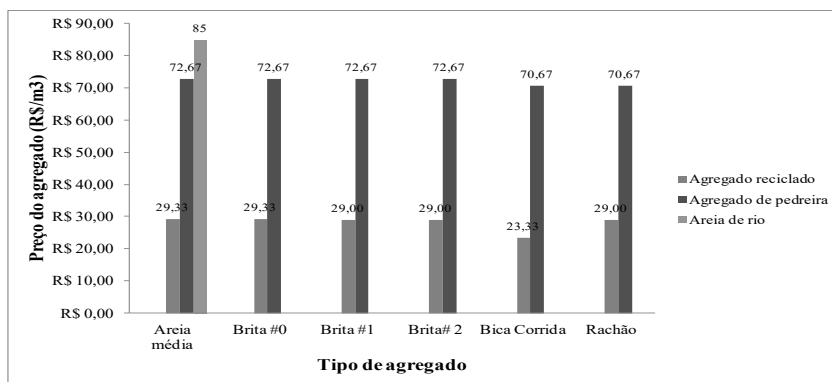
Tabela 5 – Preços por m³ dos agregados naturais cobrados pelas jazidas pesquisadas

| Tipo de Agregado | Fornecedores | | | Cálculos | | |
|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------|
| | I | J | L | Preço médio (R\$/m ³) | Desvio padrão (R\$/m ³) | Cv (%) |
| | R\$/m ³ | R\$/m ³ | R\$/m ³ | | | |
| Areia média natural de rio | 80,00 | 82,00 | 93,00 | 85,00 | 7,0 | 8,23 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota-se pelas Tabelas 4 e 5 que os agregados naturais apresentaram preços médios variando entre R\$ 85,00/m³ e R\$ 70,67/m³, ou seja, uma variação de, aproximadamente, 17%, considerando-se o maior e o menor preço médio obtido. Na Figura 1 é apresentada a comparação de preços entre os agregados naturais e reciclados levados em conta nesta pesquisa:

Figura 1 – Comparação entre os preços por metro cúbico de agregados reciclados e naturais



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao serem observadas as Tabelas 4 e 5 e a Figura 1, percebe-se que os agregados reciclados mostraram preços bem menores que os agregados naturais; enquanto, de uma forma geral, os agregados naturais (incluindo areia natural de rio) apresentaram um preço médio de R\$ 73,86/m³, o preço médio obtido considerando-se todos os agregados reciclados foi de R\$ 28,16/m³, isto é, uma diferença de aproximadamente 62%.

Stevenato (2005) verificou que agregados reciclados eram comercializados na cidade de Bauru/SP, por um preço médio 40,5% inferior ao dos agregados naturais. De acordo com o autor, esta diferença de preço pode se tornar ainda maior em razão das crescentes dificuldades de extração de areias e pedras britadas. Segundo Miranda, Ângulo e Careli (2009), os agregados reciclados podem ser mais baratos que os agregados naturais em cerca de 40%.

De acordo com Melo, Ferreira e Costa (2013), entretanto, mesmo apresentando preços menores que os agregados naturais, os materiais reciclados ainda oferecem alta variabilidade mineral e componente heterogêneo em diferentes proporções. De acordo com Evangelista, Costa e Zanta (2010), esta consiste em uma das causas da baixa utilização de agregados reciclados pela indústria da Construção Civil, atualmente.

Conclusões

Este trabalho apresentou a mensuração dos investimentos em Ativos Imobilizados que deverão ser avaliados para instalação de uma Usina de Reciclagem de Entulho (URE) de médio porte, com capacidade de processamento de 70 toneladas de RCCs por hora, além de comparações entre os custos de comercialização de agregados convencionais, advindos de jazidas naturais, e agregados reciclados, produzidos em usinas pesquisadas.

A Zona Leste da cidade de São Paulo, apesar de ser a mais populosa do município e contribuir com cerca de 20% da geração de Resíduos de Construção Civil, ainda não possui a presença de uma Usina de Reciclagem de Entulho instalada. Os cálculos efetuados demonstraram que a demanda de processamento de RCCs para a região em estudo foi aproximadamente cinco vezes superior à capacidade de processamento da usina considerada nesta pesquisa, o que comprova o potencial do local para a efetivação de uma URE.

O investimento na aquisição do terreno para a instalação da URE em estudo representou a maior parcela do investimento necessário, seguido pelos investimentos na compra dos equipamentos, instalações e obras civis. Deve-se salientar, contudo, a possibilidade de aluguel do terreno para a construção da URE, possibilitando, assim, a redução no montante de investimento inicial.

Deve-se destacar que o valor obtido para o lote apresentado nesta pesquisa refere-se à região Leste da cidade de São Paulo. Dessa forma, para outros municípios e regiões da cidade, pode ser que o investimento na aquisição do lote não seja o mais representativo em relação ao investimento na URE. Assim, recomenda-se que seja feita uma cotação de preços para cada região a ser estudada.

Observou-se que os preços de comercialização dos agregados reciclados nas usinas pesquisadas foram bem abaixo daqueles obtidos para os agregados naturais, sugerindo, dessa forma, a viabilidade econômica de utilização destes em obras civis. Além da vantagem econômica verificada, também se deve destacar as seguintes vantagens da utilização do agregado reciclado: potencial redução do impacto ambiental gerado pela extração de matérias-primas naturais, economia de recursos naturais não renováveis, redução no consumo de energia e na emissão de gases de efeito estufa, aumento da vida útil dos aterros, valoração dos resíduos, reinserção de mão de obra outrora excluída na cadeia da reciclagem, etc.

Deve-se ressaltar, contudo, que a qualidade geral do agregado reciclado produzido em grande parte das UREs no Brasil, ainda deixa a desejar, limitando, assim, sua utilização. Dessa forma, para que haja melhor aceitação do mercado consumidor e inserção efetiva dos resíduos reciclados nas obras de construção, é de grande importância que sejam tomadas ações que garantam a homogeneidade de produção destes nas usinas e a sua qualidade técnica satisfatória.

Esta pesquisa mensurou os Investimentos em Ativos Imobilizados necessários para a instalação da URE em estudo. Dessa forma, os pesquisadores sugerem, para pesquisas futuras, a condução de análise de viabilidade econômica dos investimentos realizados, de maneira a avaliar-se o Valor Presente Líquido, a Taxa Interna de Retorno ou o *Payback* dos referidos investimentos, conforme sugerido por Laponi (2007).

A reciclagem dos Resíduos de Construção Civil, além de ser uma solução, em consonância com a ideia do *triple bottom line*, também introduz na Construção Civil o conceito de economia circular. Neste caso, a URE não pode ser considerada uma forma de destinação final dos resíduos gerados, mas, sim, o local onde estes são reinseridos nas atividades de construção, gerando, assim, uma cadeia produtiva cíclica.

Referências

ÂNGULO, S. C. et al. Separação óptica do material cerâmico dos agregados mistos de resíduos de construção e demolição. *Revista Ambiente Construído*, v. 13, n. 2, p. 61-73, 2013.

ÂNGULO, S. C. et al. Resíduos de Construção Civil: avaliação de métodos de quantificação. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, n. 3, p. 299-306, 2011.

ARIE, M.; BENDI, B.; TOMA-SABBAGH, T. Construction waste management in India: an exploratory study. *Construction Innovation*, v. 12, n. 2, p. 133-155, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Abrelpe. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil*, São Paulo, Brasil, 116p, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. *NBR 10.004*: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. *NBR 15112*: diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de triagem e transbordo. Rio de Janeiro, 2004b.

_____. *NBR 15113*: diretrizes para projeto, implantação e operação de aterros. Rio de Janeiro, 2004c.

_____. *NBR 15114*: diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem. Rio de Janeiro, 2004d.

BOHNE, R.; BRATTEBE, H.; BERGSDAL, H. Dynamic eco-efficient projections for construction and demolition waste recycling strategies at the city level. *Journal of Industrial Ecology*, v. 12, n. 1, p. 52- 60, 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. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 2 abr. 2014.

CABRAL, A. E. B. et al. Modelagem da resistência à compressão de concretos produzidos com agregados reciclados de RCD. *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.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. CBIC. *Banco de Dados*. 2010. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/institucional>>. Acesso em: fev. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Conama. 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.

_____. 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.

_____. Resolução nº 469, de 29 de Julho de 2015. 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 embalagens vazias de tinta. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.

CONSTRUBUSINESS. *Congresso Brasileiro da Construção, 10*. São Paulo: Departamento da Indústria da Construção. Departamento da Indústria da Construção (Deconic); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), 2012.

COMITÊ DE PROCEDIMENTOS CONTÁBEIS. CPC. *Pronunciamento Técnico CPC 27 – Ativo Imobilizado*. 2009. Disponível em: <http://static.cpc.meddiagroup.com.br/Documentos/316_CPC_27_rev%2008.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2015.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. CVM. *Deliberação da IN 583/09 de 03 agosto de 2009*. Disponível em: <www.cvm.gov.br/deliberacaoCPC1617202t.asp>. Acesso em: 20 ago. 2015.

CRESWELL, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e mistos*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, D. B.; ZANTA, M. V. 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, 2010.

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, 2011.

GALVÃO JUNIOR et al. Marcos regulatórios estaduais em saneamento básico no Brasil. *Revista de Administração Pública*, v. 43, n. 1, p. 207-227, 2009.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GUEDES, G. G.; FERNANDES, M. Gestão ambiental de resíduos sólidos da construção civil no Distrito Federal. *Revista Universitas Gestão e TI*, v. 3, n. 1, p. 39-50, 2013.

HWANG, B. G.; YEO, Z. B. Perception on benefits of construction waste management in the Singapore construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 18, n. 4, p. 394-406, 2011.

IBRAHIM, A. R. B. et al. Analyzing the dynamics of the global construction industry: past, presente and future. *Benchmarking: An International Journal*, v. 17, n. 2, p. 232-252, 2010.

JADOVSKI, I. *Diretrizes técnicas e econômicas para usinas de reciclagem de resíduos de construção e demolição*. 2005. 180p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

JOHN, V. M.; ÂNGULO, S. C.; KAHN, H. Controle de qualidade dos agregados de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos a partir de uma ferramenta de caracterização. *Coletânea Habitare*, Porto Alegre, v. 7, p. 168-207, 2006.

KARPINSKI, L. A. et. al. *Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental*. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

KRALJ, D. Innovative systemic approach for promoting sustainable innovation for zero construction waste. *Kybernetes*, v. 40, n. 1, p. 275-289, 2011.

LAPPONI, J. C. *Projeto de investimentos na empresa*. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

LEITE, R.A.; PANDOLFO, A.; GOMES, A.P. Usina de reciclagem de resíduos de construção e demolição no município de Passo Fundo (RS): avaliação da viabilidade econômica. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, Guarapuava, PR, v. 12, n. 1, p. 107-129, 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.

LU, W.; YUAN, V. W. Y. Construction waste management policies and their effectiveness in Hong Kong: A longitudinal review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 23, n. 16, p. 214-223, 2011.

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, 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: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, 28., 2008, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Enegep, 2008.

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. V. S.; FERREIRA, E. A. M.; COSTA, D. B. Fatores críticos para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de RCC da região Nordeste do Brasil. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 99-115, 2013.

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C.; CARELI, E. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

MORAIS, G. M. D. *Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia*: subsídios para uma gestão sustentável. 2006. 220p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

OLIVEIRA, M. E. D. et al. Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, n. 3, p. 219-224, 2011.

OYEDETE, L. O. et al. Reducing waste to landfill in the UK: identifying impediments and critical solutions. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, v. 10, n. 2, p. 131-142, 2013.

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

PASCHOALIN FILHO, J. A. et al. Manejo de resíduos de demolição gerados durante as obras da arena de futebol Palestra Itália (Allianz Parque) localizada na cidade de São Paulo/Brasil. *Revista Holos*, v. 6, n. 3, p. 73-91, 2013.

_____. Usinas de Reciclagem de Entulho como alternativa na redução dos impactos da construção civil: um estudo de caso da usina Cabuçu. In: XVI ENGEMA, 16., 2014, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Engema, 2014.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. PMSP. *Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) da cidade de São Paulo*. São Paulo, 2014. 456p. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015.

_____. *Zona Leste*. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/portal/a_cidade/urbanismo/zona_leste/index.php?p=362>. Acesso em: 21 out. 2015.

ROSA, M. P. T. *Viabilidade econômico-financeira e benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da Construção Civil produzidos em Florianópolis/SC*. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 168p.

SANTIN, O. G. Environmental assessment of construction trends in Mexico: towards sustainable building? *Structural Survey*, v. 27, n. 5, p. 361-371, 2009.

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 (RCD) em Uberaba-MG. *Revista Sociedade & Natureza*, v. 24, n. 2, p. 333-344, 2012.

SILVA, W. et al. 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 Ciências Ambientais*, n. 15, p. 1-9, 2010.

SOUZA, M. I. B.; SEGANTINI, A. A. S.; PEREIRA, J. A. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 2, 2008.

SCHNEIDER, D. M. *Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo*. 2004. 131p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 2003.

SPEGIORIN, R.; CERICATO, A.; SEHNEM, S. Gerenciamento de resíduos sólidos: alternativa de Sustentabilidade na trilha do saber, município de Pinhalzinho, SC. *Revista Unoesc & Ciência – Acsa*, Joaçaba, v. 3, n. 2, p. 145-156, 2012.

STEVENATO, S. *Estudo da viabilidade de implantação de usina de moagem de entulho com recursos da iniciativa privada no município de Bauru/SP*. 2005. 137p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Unesp, Campus Bauru, 2005.

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.

TAM, V. W. et al. Controlling construction waste by implementing governmental ordinances in Hong Kong. *Construction Innovation*, v. 7, n. 2, p. 149-166, 2007.

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, 2012.

YATES, J. K. Sustainable methods for waste minimization in construction. *Construction Innovation*, v. 13, n. 3, p. 281-301, 2013.

YUAN, H. A model for evaluating the social performance of construction waste management. *Waste Management*, v. 32, n. 6, p. 1.218-1.228, 2012.

YUAN, H.; SHEN, L. Trend of the research on construction and demolition waste management. *Waste Management*, v. 31, n. 4, p. 670-679, 2011.

Recebido em: 8/7/2015

Accito em: 4/3/2016