

**USINAS DE RECICLAGEM DE ENTULHO COMO AGENTES NA VALORAÇÃO DOS
RESÍDUOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL**

SUELI APARECIDA FRASSON

sueli_frasson@yahoo.com.br

USINAS DE RECICLAGEM DE ENTULHO COMO AGENTES NA VALORAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL

Resumo

O consumo de agregados e a geração de resíduos da construção civil têm incentivado pesquisas na busca por novas ferramentas de gestão e manejo destes. Dentro deste contexto, as Usinas de Reciclagem de Entulho (URE) têm se demonstrado como uma destas ferramentas, com potencial para receber e reciclar os resíduos da construção civil, mitigando os impactos do setor no meio ambiente. As UREs também agregam valor ao resíduo e os reinsere na cadeia produtiva. Neste contexto, este artigo apresenta um estudo de casos múltiplos em 6 UREs localizadas na região de São Paulo. Para tal, foram realizadas visitas “in loco” e entrevistas com gestores destas a fim de se verificar o funcionamento destas e suas especificidades. Também foram levantados preços de venda dos agregados reciclados produzidos na região, comparando-os com os preços de agregados naturais fornecidos por pedreiras. Dessa forma, conclui-se que as UREs desempenham importante papel na inserção da variável ambiental no setor da construção, reciclando os resíduos gerados e agregando valor a estes. Contudo, algumas UREs ainda produzem agregados de alta variabilidade, o que dificulta a introdução destes no mercado consumidor, mesmo apresentando preços em torno de 38 a 40% menores que os agregados convencionais.

Palavras-chave: Usinas de reciclagem, construção civil, resíduos sólidos

THE ROLE OF RECYCLING PLANTS IN VALUATION OF WATES GENERATED BY CIVIL CONSTRUCTION

Abstract

Consumption of aggregates and generation of construction waste have encouraged research in the search for new management and management tools. Within this context, Recycling Plants have been demonstrated as one of these tools, with potential to receive and recycle construction waste, mitigating the impacts of the sector on the environment. Recycling Plants also add value to the waste and reinsert them into the production chain. In this context, this article presents a multiple case study in 6 Recycling Plants located in the region of São Paulo. To this end, on-site visits and interviews with managers were carried out in order to verify the functioning of these and their specificities. Sales prices of the recycled aggregates produced in the region were also raised, comparing them with the prices of natural aggregates supplied by quarries. In this way, it can be concluded that Recycling Plants play an important role in the insertion of the environmental variable in the construction sector, recycling the waste generated and adding value to them. However, some Recycling Plants still produce aggregates of high variability, which makes it difficult to introduce them into the consumer market, even though prices are around 38 to 40% lower than conventional aggregates.

Keywords: Recycling plants, civil construction, solid waste.

1 Introdução

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC (2016), a Construção Civil é um setor que influencia diretamente a economia de um país, gerando empregos diretos e indiretos. Na visão de Karpinski *et al* (2008), este setor é o principal responsável por garantir a infraestrutura necessária para o desenvolvimento do país.

Contudo, John (2000) e Dias (2004) ressaltam que a Construção Civil consiste na atividade econômica que mais consome recursos naturais, utilizando em torno de 50% de tudo aquilo que é extraído mundialmente. Segundo John (2000), anualmente são utilizados cerca de 220 milhões de toneladas de agregados naturais entre brita e areia só na produção de concreto e argamassa.

Outro aspecto do consumo intenso de recursos naturais pela Construção Civil advém do esgotamento precoce de jazidas e reservas naturais. A cidade de São Paulo pode ser citada como exemplo, pois muitas construtoras estão sendo obrigadas a percorrer distâncias superiores a 100km para aquisição de agregados (John, 2000).

Além da voracidade no consumo de recursos naturais, a indústria da construção também é considerada a que mais produz resíduos sólidos decorrentes da sua extensa cadeia produtiva. De acordo com dados de John (2000), somente na cidade de São Paulo são gerados 2500 caminhões de entulho por dia.

Segundo Paschoalin Filho, Dias e Cortes (2014), além dos impactos causados pelo extrativismo, a Construção Civil também arca com o ônus de impor ao ambiente outras formas de agressão, tais como: poluição do ar, poluição sonora, do solo, geração de resíduos etc.

Até o ano de 2002, não se dispunha de nenhuma legislação que atuasse tão fortemente junto ao setor da Construção Civil no sentido de mitigar os problemas na geração e destinação dos entulhos. Contudo, no ano de 2002, foi publicada a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), conjunto de aspectos normativos que consideraram, de forma efetiva, a problemática dos RCC no Brasil.

Schneider e Philippi Jr. (2004), apontam como uma alternativa de solução a reciclagem do RCC como forma de reduzir os impactos ambientais gerados pelos resíduos. Para John (2000), a reciclagem contribui para produção de materiais que serão utilizados em novas construções minimizando, assim, o custo das novas obras, bem como reduzindo a necessidade de aquisição de matérias primas naturais.

No contexto da reciclagem dos RCC, destaca-se a atuação das Usinas para Reciclagem de Entulho (URE) como importantes agentes, uma vez que estas não consistem apenas em uma forma de destinação final dos RCC, mas sim um ponto de reinserção destes na cadeia produtiva da Construção Civil.

Miranda, Ângulo e Careli (2009), destacam que até 2002, o Brasil contava com apenas 16 URE tendo uma taxa reduzida de crescimento, sendo três instalações por ano; porém em 2002 com a publicação da Resolução CONAMA 307, observou-se um salto entre três e nove usinas instaladas no mesmo ano, contabilizando em todo o país o total de 47 usinas instaladas e em funcionamento entre 2002 e 2009, distribuindo entre os setores público e privado o percentual de 51% e 49% respectivamente.

Para a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON, nos últimos anos o salto foi bem maior, sua pesquisa setorial realizada para o período de 2015/2016 demonstrou que tem aproximadamente 310 usinas instaladas em diferentes regiões do país, indicando um que o crescimento ultrapassou o número de 43

instalações por ano ABRECON (2016), sendo 10% geridas pelo setor público, 83% pelo setor privado e 7% misto público/privado.

Diante da situação exposta, este artigo propõe apresentar argumentos para dar destaque a importância das usinas de reciclagem de entulho na valoração do RCC, respondendo a seguinte questão: “ Qual o papel das URE no manejo dos Resíduos da Construção Civil, para agregar qualidade e valor aos resíduos reciclados? ”

Para obter resposta a esta questão, foram realizadas visitas “In loco” em seis usinas de reciclagem de entulho (URE) na intenção de se levantar informações sobre o setor e como é aplicado o processo para dar ao agregado reciclado condições de competir economicamente com o agregado natural. Também foram conduzidas entrevistas com gestores das UREs e com o presidente da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, bem como o levantamento de preços de comercialização de agregados reciclados praticados na região de São Paulo, no intuito de comparar estes com os preços dos agregados naturais.

2 Referencial teórico

Karpinski *et al* (2008), destacam a construção civil como principal responsável para que haja desenvolvimento no país. Porém, segundo Silva e Fernandes (2012) o setor da Construção Civil também é responsável por consumir grande quantidade de recursos naturais, e conseqüentemente responder pela geração cerca de 50% a 60% de todos os resíduos sólidos urbanos (RSU) produzidos diariamente nas cidades brasileiras.

Paschoalin Filho, Storopoli e Duarte (2014), destacam que os impactos ambientais estão diretamente relacionados ao consumo de recursos e geração de resíduos, sendo que estes fazem parte dos processos desempenhados pela construção civil.

Para John & Agopyan (2003), o consumo de recursos e a geração de resíduos fazem parte do ciclo de vida de uma obra, no entanto, os autores ressaltam que o entulho produzido pode ser incorporado nas construções. Ainda que haja justificativa para o consumo de agregados naturais pelo setor da construção civil, isso não a isenta de ser responsável por danos ao meio ambiente (Paschoalin Filho, Dias, & Cortes, 2014).

Um dos aspectos normativos de maior relevância quando se trata de resíduos sólidos da construção civil foi elaborado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), resultando na Resolução nº 307/2002. Esta serviu para nortear tanto as obras, quanto a sociedade, em ações de caracterização, gerenciamento e destinação adequada dos resíduos gerados pelas construções, ressaltando a responsabilidade compartilhada entre gerador e destinador. Segundo a resolução CONAMA nº 307/2002, entende-se por resíduos da construção civil os resíduos provenientes de construção, reformas, reparos, demolições de obras da construção civil e os resultantes da preparação, da escavação de terrenos, que seriam os 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.

A Resolução CONAMA nº 307/2002 separou os resíduos em quatro classes: A, B, C e D, e deu indicação de que forma deve ocorrer a destinação correta em cada uma das classes. Posteriormente o CONAMA criou outras resoluções que serviram para melhorar e fazer alterações na Resolução nº 307/2002. A Resolução nº 348/2004 incluiu como resíduos perigosos todos aqueles que contivessem amianto, a Resolução nº 431/2011 classificou materiais de gesso

como resíduos recicláveis e em seguida foi promulgada a Resolução nº 469/2015 que incluiu embalagens vazias de tintas imobiliárias desde que secas e sem resíduos de produto, na classe B.

Como forma de atender a demanda crescente no rigor da legislação, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou normas que estabelecem requisitos necessários para utilização e reciclagem dos resíduos de construção civil (RCC), sendo elas: ABNT NBR 15112/2004, áreas de transbordo e triagem; ABNT NBR 15113/2004, Aterros; ABNT NBR 15114/2004, áreas de reciclagem, ABNT NBR 15115/2004, para utilização de RCC em camadas de pavimentação (reforços do subleito, sub-base e base), e ABNT NBR 15116/2004, que trata da dos resíduos para pavimentação e preparo de concreto utilizado sem função estrutural, sendo que esta última encontra-se em processo de atualização e revisão.

A Política Nacional do Resíduos Sólidos (PNRS) aprovada em 2010, deu a legislação brasileira importante ferramenta por meio da Lei 12.305/2010 propondo mudanças no manejo e destinação dos resíduos, incentivado a reciclagem e a reutilização dos resíduos sólidos. A PNRS define medidas para a criação de planos de gestão de resíduos sólidos que deverão ser elaborados pelos setores público e privado. A Lei 12.305/2010, determina a quem cabe a responsabilidade sobre o resíduo gerado, determina a destinação correta destes e estabelece o princípio da responsabilidade compartilhada entre gerador e destinador (Brasil, 2010). A PNRS também destaca o modelo da pirâmide invertida de gerenciamento de resíduos, onde deverá prevalecer a não geração. Também destaca o reuso e a reciclagem dos resíduos como ações preferíveis ao invés da destinação destes a aterros e incineração.

Segundo Levy e Helene (2002), a reciclagem dos RCC é um processo que já ocorre desde 1920. Os autores destacam que ações de reciclagem e reuso de RCC foram fundamentais na reconstrução da Europa após o término da II Guerra Mundial.

No Brasil, segundo Melo (2011), o primeiro registro de Gestão de Resíduos da Construção Civil, ocorreu no ano de 1993 na cidade de Belo Horizonte. Bodi, Brito Filho e Almeida (1995) destacam que na cidade de São Paulo, ocorreram diversos casos de reciclagem de RCC e sua reutilização, contudo, a atitude partiu da população, que utilizou RCC por conta própria no revestimento primário de vias, como forma de mitigar os problemas de formação de lama em período chuvosos e a poeira em períodos de estiagem.

Na visão de John (2000), a reciclagem agrega valor ao resíduo já que ele se transforma em um novo material que será utilizado pela própria indústria da Construção Civil. A utilização de agregados reciclados em São Paulo, teve a aprovação a partir do ano de 2002, para aplicação em obras públicas.

O histórico de Usinas de Reciclagem de Entulho no Brasil, anteriormente a Resolução CONAMA nº307/2002 foi relatado por Pinto 2002, e apresenta o Estado de São Paulo como sendo o que possui maior número de instalações, conforme listado no Quadro 1. Segundo Nunes (2004), a primeira instalação de uma URE ocorreu na cidade de São Paulo no ano de 1991; a partir desta, outras mais foram implantadas em diversas localidades.

| Estado | Cidade |
|--------------|---------------------|
| São Paulo | São Paulo |
| | Ribeirão Preto |
| | São José dos Campos |
| | Piracicaba |
| | Vinhedo |
| | Guarulhos |
| | Ribeirão Pires |
| Minas Gerais | Belo horizonte |

| | |
|------------------|----------|
| Paraná | Londrina |
| Distrito Federal | Brasília |
| Rio de Janeiro | Macaé |

Quadro 1. Cidades com instalação de usinas de reciclagem antes do ano de 2002.
Fonte: Pinto 2002, *apud* Nunes 2004.

Miranda, Ângulo e Careli (2009) apresentaram estudo que demonstra que após a promulgação da Resolução CONAMA nº 307/2002, o crescimento foi significativo em número de usinas instaladas, chegando a 47 unidades no ano de 2009, sendo parte destas geridas pelo setor público, parte pelo setor privado. A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), por meio de pesquisa setorial no ano de 2013, publicou o resultado de uma pesquisa envolvendo 310 usinas associadas em todo Brasil. Seu intuito era caracterizar o setor de reciclagem. Os dados coletados possibilitaram identificar o percentual de usinas instaladas em diferentes regiões do país, tal como se observa na Figura seguinte (ABRECON, 2016).

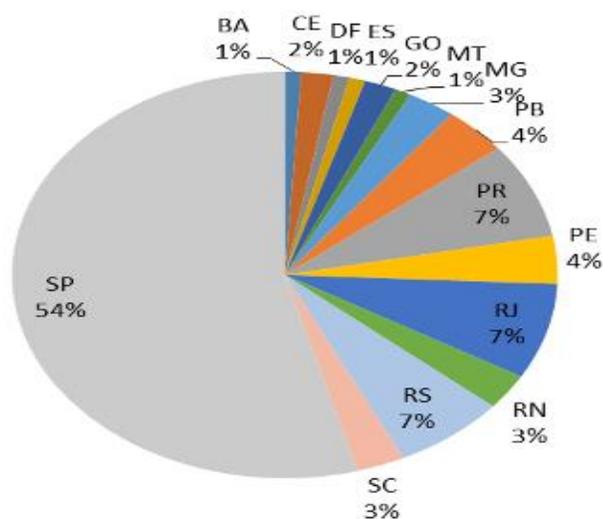


Figura 1. Concentração de usinas por Estado
Fonte: ABRECON (2016)

Ao observar a Figura 1, percebe-se que o Estado de São Paulo detém a maioria das usinas instaladas e em funcionamento (54%), os demais estados não alcançam nem 10%. A pesquisa da ABRECON demonstrou ainda que o número de usinas privadas supera a quantidade de usinas geridas pelo setor público, tal como se observa na Figura 2. Uma mudança de cenário que ocorreu após o ano de 2002, por ocasião da resolução do CONAMA nº307/2002, e também devido ao fato que houve mudanças significativas na legislação, permitindo a utilização de agregados reciclados na Construção Civil.

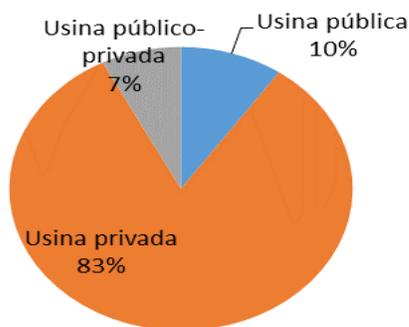


Figura 2. Percentual de usinas públicas e privadas
Fonte: ABRECON (2016)

A pesquisa revelou que somente 74% das UREs estudadas se encontravam em funcionamento no período que foi aplicada a pesquisa. Sendo que as demais enfrentavam problemas de paralisação devido a questões operacionais ou ainda problemas em sua implantação. A Figura 3 demonstra a condições das usinas pesquisadas.

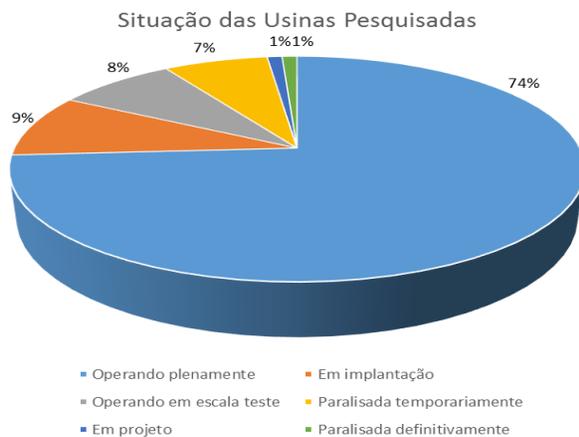


Figura 3. Situação das usinas pesquisadas pela ABRECON
Fonte: ABRECON (2016)

3 Metodologia

A metodologia adotada nesta pesquisa foi o estudo de casos múltiplos, segundo Yin (2015), o estudo de casos múltiplo é uma metodologia que abrange planejamento, técnicas de coletas de dados e análise dos mesmos, utilizando-se de mais de uma fonte de informação. A pesquisa combinou métodos de coletas de dados como: análise de arquivos; entrevistas, e observação, obtendo assim uma abordagem exploratória com análise qualitativa, que para Yin (2015), são característica típicas do estudo de casos múltiplos.

A pesquisa envolveu seis Usinas de Reciclagem de Entulho (URE) instaladas e em funcionamento localizadas nas cidades de São Paulo, Guarulhos, São Bernardo do Campo, Carapicuíba e Jundiaí.

Por meio de visitas realizadas foi possível observar quais eram os equipamentos utilizados, bem como conhecer o processo pelo qual o RCC é reciclado. Ainda foi possível ter acesso a documentos fornecidos pelas usinas que serviram para avaliar seus processos e verificar

se suas instalações atendiam a norma ABNT NBR 15.114/2004 em relação a requisitos mínimos de projeto, implantação e operação de áreas destinadas a reciclagem de RCC Classe A.

Foi realizada também entrevista com presidente da ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, a qual possui diversas UREs associadas por todo o país. Além da caracterização das usinas e da entrevista, foram levantados preços de aquisição de agregados naturais e reciclados para comparar gastos na execução de obras.

4. Resultados e discussões

4.1 Caracterização das usinas estudadas

Usina 1:

A URE 1 é gerida pelo setor público e iniciou suas atividades no ano de 2003. Esta começou recebendo inicialmente resíduos gerados por obras sob administração do município; porém, a partir do ano de 2012 teve sua capacidade triplicada, e começou a receber também resíduos do setor privado ou ainda resíduos de construção coletados em Pontos de Entrega Voluntária (PEV).

Situada na Cidade de Guarulhos/SP, a URE ocupa uma área de aproximadamente 9.000m², onde 50% é destinada a armazenamento dos RCCs recebidos. Os resíduos são recebidos com identificação do gerador e são depositados em uma área para triagem, que antecede a colocação no britador. Os resíduos que são separados pela triagem e que não devem passar pelo processo de britagem na usina, são encaminhados para outras destinações em atendimento as normas vigentes. A usina dispõe de um equipamento fixo com britador do tipo mandíbula com capacidade de britagem de 45m³/hora.

Nesta usina não se comercializa os agregados advindos da reciclagem dos RCC pelo fato desta pertencer ao setor público. Os agregados reciclados são utilizados em obras do município ou ainda na produção de artefatos de concreto, tais como: lajotas para pisos permeável, tampa de boca de lobo. A Figura 4 apresenta fotografias colhidas durante a visita realizada.



Figura 4. Áreas e equipamentos envolvidos no processo de reciclagem do RCC - Usina 1. Fonte: Dados da pesquisa

Usina 2:

A URE 2 utiliza equipamento tipo fixo/móvel, o que permite britar RCC em diferentes locais dentro da área de reciclagem. A URE iniciou suas atividades no ano de 2005, tendo como objetivo inicial utilizar o material reciclado para recuperação de áreas degradadas, conforme determina a norma ABNT NBR 15.113/2004. A URE está localizada no Bairro do Jaraguá, município de São Paulo, sendo favorecida pela proximidade de importante rodovia para escoamento dos agregados reciclados para o mercado consumidor.

Com capacidade para receber aproximadamente 200ton/dia, ocupa uma área de 20.000m², sendo parte desta utilizada para estocar os agregados reciclados produzidos, e parte para estocagem do RCC recebidos, o quais são separados em dois tipos: material de demolição, reforma ou construção e resíduos de recebidos de concreteiras, sendo este último capaz de gerar um agregado mais homogêneo e de melhor qualidade.

A usina conta com cortina vegetal ao redor de sua área formada por Eucalipto e Sansão do Campo, que tem por objetivo minimizar a dissipação de material particulado, gerado pelo processo de britagem, nas regiões do entorno da URE, além de auxiliar na redução de ruídos. Sua gestão é privada e a comercialização dos agregados é voltada às empresas do setor da construção civil e também a particulares. A Figura seguinte apresenta fotografias colhidas durante a visita realizada.



Figura 5. Áreas e equipamentos envolvidos no processo de reciclagem do RCC - Usina 2. Fonte: Dados da pesquisa

Usina 3:

A URE 3 está em funcionamento desde o ano de 2014 quando foi instalada para receber volumes até 3 mil ton/dia. Pertence ao setor privado e localiza-se no bairro do Grajaú, Zona Sul da cidade de São Paulo. A URE possui área de 360.000m², que serve para armazenar os RCCs recebidos e também os agregados por esta reciclados.

Sendo do tipo fixo, a usina utiliza um britador do tipo martelo de impacto, com capacidade de britagem de 350ton/h. O gestor da URE salienta que esta investe em tecnologia no intuito de produzir agregado reciclado com qualidade, o qual é comercializado com empresas da construção civil e particulares.

Todo o material que passa pelo processo de britagem é transportado por correias que ficam protegidas por cobertura, isso evita que o agregado seja molhado e se torne mais presado, bem como evita que o vento carregue partículas do material, ainda assim, no local onde está instalada, conta com vegetação natural que protege o perímetro da usina, evitando que o material

particulado, produzido pelo processo de britagem, seja dispersado no entorno da URE. A Figura seguinte apresenta fotografias colhidas durante a visita realizada.



Figura 6. Áreas e equipamentos envolvidos no processo de reciclagem do RCC - Usina 3. Fonte: Dados da pesquisa.

Usina 4:

A URE, pertencente ao setor privado, iniciou suas atividades no ano de 2005 na cidade de São Bernardo do Campo. Pela proximidade da URE a muitas empresas em seu entorno, a usina tem o perímetro protegido por árvores (Sansão do Campo) e também aspersores para evitar que o pó seja dispersado pela região.

O volume de entulho recebido é de aproximadamente 300m³/dia. Esta planta utiliza um britador de impacto e está instalada em uma área de aproximadamente 7.200m², sendo totalmente utilizada, permitindo somente 2.000m² para estocagem do agregado reciclado. Segundo o gestor da URE, esta se recusa receber caçambas que apresente uma porcentagem maior que 10% do seu volume com resíduos contaminantes, ou seja, aqueles que não são classificados como Classe A, segundo a resolução CONAMA nº 307/2002, ou seja, resíduos de metais, orgânicos, plásticos, resíduos domésticos, etc. O volume de resíduo contaminante aceito é comercializado com cooperativas de reciclagem, sendo o valor obtido com a venda, destinado integralmente aos funcionários que realizaram a triagem. A Figura 7 apresenta algumas fotografias da URE visitada.



Figura 7. Áreas e equipamentos envolvidos no processo de reciclagem do RCC - Usina 4. Fonte: Dados da pesquisa

Usina 5:

Esta usina pertence ao setor privado e está localizada na cidade de Carapicuíba, ocupando uma área de aproximadamente 28.326m². Até ano de 2010 esta funcionava apenas como Área de Transbordo Temporário (ATT) atendendo a norma ABNT NBR 15.112, porém no ano de 2015 foi convertida para usina de reciclagem.

Uma das particularidades desta usina é que ela não estoca material reciclado, ou seja, produz somente o volume vendido e brita no mesmo momento em que o material será carregado e transportado para entrega. A URE utiliza equipamento fixo do tipo mandíbula e tem capacidade de britagem de 100ton/h. O volume diário de RCC recebido é de 400 m³. Da mesma forma que na URE 5, caso no recebimento da caçamba for detectada quantidade de resíduos contaminantes acima de 10% de seu volume, esta será recusada.

Nesta planta o processo de triagem ocorre em esteira elevada do solo, permitindo que o resíduo retirado seja lançado diretamente nas caçambas localizadas abaixo. Outra particularidade é que parte do material reciclado é utilizado na fabricação de blocos de vedação que são comercializados na região. A Figura 8 apresenta algumas fotografias da URE visitada.



Figura 8. Áreas e equipamentos envolvidos no processo de reciclagem do RCC - Usina 5. Fonte: Dados da pesquisa

Usina 6:

A URE iniciou suas operações no ano de 2013 sob o modelo de administração privada com participação pública (PPP). A usina situa-se no município de Jundiaí, sendo a localização desta, segundo o gestor, escolhida pela proximidade de acesso as Rodovias dos Bandeirantes e Anhanguera e pelo fato por sua grande distância de áreas residenciais.

A URE ocupa uma área 450.000m². Esta utiliza equipamento fixo dotado de britador tipo mandíbula. O volume diário de RCC recebido é de 450m³. Todo agregado reciclado, segundo o gestor, é utilizado em obras de pavimentação e outras aplicações no município. A URE também possui uma mini usina de concreto, que utiliza os agregados reciclados na produção de concreto para obras não tenham função estrutural.

Para realizar a triagem manual a esteira funciona em uma plataforma elevada, permitindo que os resíduos que não podem entrar no processo de britagem sejam retirados e lançados em caçambas estacionada abaixo da plataforma. A usina também recicla resíduos de louças sanitárias de uma empresa local. Após a trituração, o material é utilizado na fabricação de blocos de alta resistência que são utilizados para construção de muros de contenção, escadas hidráulicas e outros fins.

O material reciclado ainda não é vendido sendo este totalmente destinado para a prefeitura de Jundiaí, porém existe um projeto de precificação para que o mesmo seja disponibilizado para comercialização. A Figura 9 apresenta algumas fotografias da URE visitada.



Figura 9. Áreas e equipamentos envolvidos no processo de reciclagem do RCC - Usina 6. Fonte: Dados da pesquisa

4.2 Entrevista com o Presidente da ABRECON – Gestão 2017

Ao presidente da ABRECON foram feitas perguntas acerca do uso de RCC em obras, percepção dos consumidores e atuação do poder público e o papel das URE. O Quadro 1 traz as questões respondidas.

| Perguntas | Respostas |
|---|---|
| Qual sua opinião em relação ao uso de agregados reciclados? | <i>“O agregado reciclado ainda não é largamente difundido e conhecido na Construção Civil. Ainda há resistência sobre a sua qualidade e aplicação”.</i> |
| Como os órgãos públicos poderiam influenciar no consumo do RCC em substituição dos agregados naturais em obras sob sua administração? | <i>“O mais importante é criar leis e decretos que incentivem o agregado reciclado. Ajuda também o desenvolvimento de tabelas com parâmetros de preços de mercado. Por fim, prever em editais e projetos o uso do material para fins não estruturais”.</i> |
| Qual sua opinião em relação as barreiras ainda existentes para a utilização dos agregados, mesmo estes apresentando-se em média 30% mais baratos que os agregados naturais? | <i>“As barreiras são naturais e estão sendo superadas dia-a-dia. O produto ainda é novo e entendemos que cada vez mais ele será difundido e se tornará mais comum nos canteiros de obras”.</i> |
| Qual é a percepção do público consumidor acerca dos RCC? | <i>“Acho que varia muito, mas, na média entendem que por ser reciclado não tem qualidade e, portanto, tem receio ou preconceito sobre o uso do material”.</i> |
| Muitos engenheiros reclamam que mesmo sendo mais barato, os agregados reciclados ainda vêm muito heterogêneo na obra. O que você acha disso e se há algum esforço das usinas em relação a melhoria da qualidade do produto? | <i>“Esse é um mito. A questão não é ele ser heterogêneo e sim compatível para o seu fim. Para funções não estruturais o agregado reciclado, mesmo sendo misto, atende ao propósito. A grande questão está ligada a impureza. Muitas vezes as usinas não conseguem triar com eficácia os outros materiais como plástico, madeira e ferro, prejudicando a qualidade do produto. A ABRECON está desenvolvendo um Selo de Qualidade para mudar essa realidade”.</i> |
| Sobre o papel das URE públicas, privadas e PPP. | <i>“Não existe um modelo ideal ou perfeito. Cada caso</i> |

| | |
|--|--|
| Qual o modelo de gestão que seria mais interessante para melhorar a gestão das URE e aumentar a participação do agregado no mercado? | <i>precisa ser estudado. O fato é que o mercado privado domina o setor e as usinas puramente públicas estão fechando. O modelo de concessão tem se mostrado viável em alguns casos”.</i> |
|--|--|

Quadro 2. Entrevista com o presidente da ABRECON – gestão 2017.

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com as respostas apresentadas pelo presidente da ABRECON (Quadro 1), verifica-se que, em seu ponto de vista, o agregado reciclado possui grande potencial de utilização na construção civil, no entanto, ainda há falta de melhores esclarecimentos das vantagens deste produto ao consumidor. Também é destacada a necessidade de legislações mais específicas e que apoiem a utilização do agregado reciclado. Em relação a qualidade dos agregados reciclados produzidos pelas UREs, o presidente da ABRECON ressalta a importância de um selo de qualidade, de forma a se controlar melhor as características técnicas do produto.

4.3 Levantamento dos preços de comercialização dos agregados reciclados

No intuito de se verificar a viabilidade financeira de aquisição de agregados reciclados em relação aos naturais, foram levantados os preços de comercialização destes em usinas e pedreiras localizadas na região da cidade de São Paulo. A escolha das usinas e pedreiras levou em consideração distâncias que os preços de comercialização dos agregados não fossem influenciados pelo valor do frete.

Os preços foram levantando para agregados (natural e reciclado) nas seguintes granulometrias: brita#1 (9,5 a 19mm), brita#2 (19 a 38mm), brita#3 (38 a 50mm), bica corrida (<50mm), rachãozinho (50 a 75mm), rachão (125 a 450mm). Salienta-se que estas granulometrias são as mais utilizadas em obras de construção civil.

Deve-se destacar que os preços de comercialização dos agregados reciclados foram cotados em usinas distintas daquelas visitadas pelos pesquisadores, tal medida objetivou evitar qualquer influência da pesquisa nos preços informados pelas URE. A Tabela 1 apresenta os valores de venda dos agregados naturais e a Tabela 2 os preços dos agregados reciclados.

Tabela 1. Preços por m³ de agregados naturais

| Agregado natural | Fornecedores | | | | Preço médio (R\$) | Sd (R\$) | Cv (%) |
|------------------|--------------|-------|-------|-------|-------------------|----------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
| Brita 1 | 49,60 | 40,00 | 59,73 | 44,80 | 48,53 | 8,4 | 17,4 |
| Brita 2 | 49,60 | 40,00 | 59,73 | 44,80 | 48,53 | 8,4 | 17,4 |
| Brita 3 | 49,60 | 40,00 | 59,73 | 44,80 | 48,53 | 8,4 | 17,4 |
| Bica Corrida | 49,60 | 40,00 | 59,73 | 44,80 | 48,53 | 8,4 | 17,4 |
| Rachãozinho | 56,70 | 37,50 | 56,00 | 42,00 | 48,05 | 9,8 | 20,3 |
| Rachão | 56,70 | 37,50 | 56,00 | 42,00 | 48,05 | 9,8 | 20,3 |

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2. Preços por m³ de agregados reciclados

| Agregado reciclado | URE | | | | | Preço médio (R\$) | Sd (R\$) | Cv (%) |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|----------|--------|
| | A | B | C | D | E | | | |
| Bica corrida | 23,00 | 32,00 | 20,00 | 32,50 | 45,00 | 30,0 | 9,2 | 30,7 |

| | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Brita 1 | 20,50 | 32,00 | 20,00 | 32,50 | 45,00 | 30,0 | 9,2 | 30,7 |
| Brita 2 | 20,50 | 32,00 | 20,00 | 32,50 | 45,00 | 30,0 | 9,2 | 30,7 |
| Brita 3 | 20,50 | 32,00 | 20,00 | 32,50 | 45,00 | 30,5 | 8,8 | 28,7 |
| Rachãozinho | 20,50 | 32,00 | 20,00 | 32,50 | 45,00 | 30,0 | 9,2 | 30,7 |
| Rachão | 16,00 | 32,00 | 10,00 | 32,50 | 45,00 | 27,1 | 12,6 | 46,4 |

Fonte: Dados da pesquisa

Observando-se as Tabelas 1 e 2 apresentadas, percebe-se que há uma variação maior entre os preços comercializados entre as URE do que os fornecedores de materiais naturais. A usina E apresenta valores que chegam a ser superiores aos informados pelos fornecedores de agregados naturais 2 e 4. A Tabela 3 apresenta a comparação entre os preços médios de comercialização dos agregados naturais e reciclados.

Tabela 3. Variação de preços entre agregado natural e reciclado

| Agregado | Preço médio natural (R\$) | Preço médio reciclado (R\$) | Variação (%) |
|--------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Bica corrida | 48,5 | 30,0 | 38,1 |
| Brita 1 | 48,5 | 30,0 | 38,1 |
| Brita 2 | 48,5 | 30,0 | 38,1 |
| Brita 3 | 48,5 | 30,5 | 37,1 |
| Rachãozinho | 48,1 | 30,0 | 37,6 |
| Rachão | 48,1 | 27,1 | 43,7 |

Fonte: Dados da pesquisa

De acordo com a Tabela 3, pode-se constatar que os preços de comercialização dos agregados reciclados foram, em média, 38,8% (sd=R\$ 2,44, cv=6,3%) menores do que os preços dos agregados naturais, o que demonstra a vantagem financeira de utilização destes em uma obra. Como exemplo de redução dos custos executivos de uma obra com a substituição do agregado natural pelo reciclado, pode-se considerar a seção de um trecho de rodovia demonstrada na Figura 10. As tabelas seguintes apresentam estimativas de gastos para execução desta, considerando-se os preços levantados de comercialização de agregados naturais e reciclados.

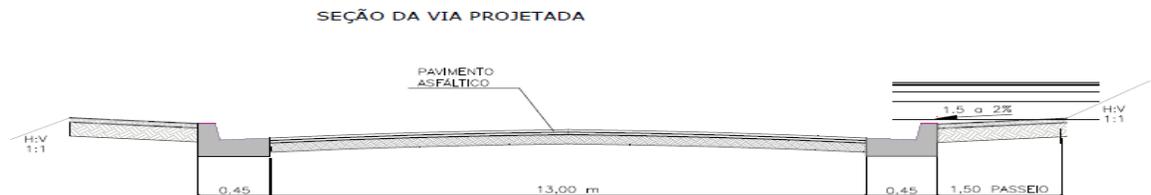


Figura 10. Seção típica de uma via projetada (sem escala)

Fonte: Dados da pesquisa

As estimativas dos volumes consumidos para 1 km de obra (Tabela 4), foram mensurados com base na seção típica apresentada na Figura 10 e nos quantitativos apresentados nos memoriais do projeto executivo, considerando as várias camadas que compõem a base e sub-base do pavimento.

Tabela 4 – Estimativa de consumo de agregado considerando 1 km de obra

| Material | Área (m ²) | espessura (m) | Volume (m ³) |
|--------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| Bica #1 | 13000 | 0,20 | 2.600,00 |
| Bica corrida | 13000 | 0,20 | 2.600,00 |
| Rachão | 13000 | 0,60 | 7.800,00 |

Fonte: Dados da Pesquisa

A Tabela 4 apresenta os volumes de agregados que são necessários para a execução de um quilômetro da rodovia estudada, eles variam entre 2.600 e 7.800m³. Salienta-se que estes volumes foram dimensionados utilizando espessuras retiradas do projeto específico para a via em estudo, portanto essas espessuras não se aplicam a todos os projetos de pavimentação, variando conforme o projeto a ser executado. Com base nos volumes calculados e utilizando os preços pesquisados, foi possível fazer a projeção de gastos com agregados, para 1km de obra. A Tabela 5 apresenta a comparação entre os custos totais obtidos, observando-se que não foram computados os custos com maquinários e mão de obra utilizados para a realização dos serviços, pois estes não são diferentes na aplicação dos agregados.

Tabela 5 – Estimativa de gasto com agregados considerando 1 km de obra

| Material | Volume (m ³) | Unitário (R\$/m ³) | | Total (R\$/km) | | Economia (%) |
|--------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------|--------------------|--------------|
| | | Material Natural Fornecedor* | Material Reciclado URE* | Material natural | Material reciclado | |
| Brita #1 | 2.600,00 | 48,50 | 30,00 | 126.100,00 | 78.000,00 | 38,1 |
| Bica corrida | 2.600,00 | 48,50 | 30,00 | 126.100,00 | 78.000,00 | 38,1 |
| Rachão | 7.800,00 | 48,10 | 27,10 | 375.180,00 | 211.380,00 | 43,7 |

* Valor médio obtido em fornecedores localizados na Região de São Paulo. Fonte: Dados da Pesquisa

Dessa forma, por meio da Tabela 5 apresentada, pode-se constatar que, a cada quilometro de rodovia projetada, a economia obtida por meio da substituição do agregado natural pelo reciclado foi, em média, de 40%. Destaca-se que nesta análise considerou-se somente a vantagem financeira obtida pela substituição do agregado. Caso fosse considerados os ganhos ambientais, as vantagens de utilização do agregado reciclado seria ainda maior.

5 Conclusões

Após analisar os dados coletados para esta pesquisa é possível perceber que já ocorre uma mudança no setor da construção civil, o setor já demonstra aceitação para utilizar novos materiais, permitindo a inserção dos agregados reciclados em algumas etapas da construção.

Essas mudanças são necessárias para que o desenvolvimento que gera expansão das áreas urbanas aconteça de modo a não aumentar o passivo ambiental e extinção de nossas jazidas.

Desse modo as URE configuram a ferramenta mais adequada atuando como agente na economia circular dos RCC, recebendo e reciclando os resíduos produzidos pela construção civil realizando o manejo correto e impedindo que estes sejam depositado em lugares que poderiam causar impactos ao meio ambiente, ao mesmo tempo, valorizam o RCC reinserindo-o na cadeia produtiva.

Percebeu-se também que os preços dos RCC se tornam atrativos em comparação aos agregados naturais, gerando economia em obras com percentuais superiores a 35%, tornando vantajoso sua utilização no setor da construção civil.

Desse modo, as URE que participaram dessa pesquisa apresentaram condições para atenderem as exigências das normas da ABNT, são usinas constituídas em sua maioria dos mesmos equipamentos, e seus processos são muito semelhantes, todas apresentam condições para receber e tratar os resíduos e transforma-los em um novo agregado. Fica evidente também que as melhorias ocorrem mais no setor privado, porém os investimentos ainda não permitem que o agregado reciclado seja competitivo economicamente.

Portanto, conclui-se que a URE é a melhor opção para destinar os resíduos e assim contribuir com o meio ambiente, bem como fornecendo um agregado alternativo para que haja a redução de extração do meio natural e dessa forma reduzir os custos de obras.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.112: 2004. Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para o projeto, implantação e operação.* Rio de Janeiro.

_____ – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.113: 2004. Resíduos da construção civil e resíduos inertes – Aterros - Diretrizes para o projeto, implantação e operação.* Rio de Janeiro.

_____ – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.114: 2004. Resíduos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para o projeto, implantação e operação.* Rio de Janeiro.

_____ – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.115: 2004. Resíduos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos.* Rio de Janeiro

_____ – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15.116: 2004. Resíduos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.* Rio de Janeiro

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. (2016). Panorama das usinas de reciclagem de RCD no Brasil: A Pesquisa Setorial ABRECON 2014/2015. São Paulo. SP

Bodi, J.; Brito Filho, J. A. & Almeida, S. (1995). Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana. In: 29ª Reunião Anual de Pavimentação, ABPv., Cuiabá, MT, 3. 409-436.

BRASIL - Presidência da República – Casa Civil. *Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010*, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm - acesso em 22/04/15

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil. (2016). Banco de dados. Disponível em: <http://.cbicdados.com.br/institucional>. Acesso em 19/09/2016

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002.* Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/-index.cfm>>.

_____ - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004.* Altera a resolução CONAMA no 307 de 5 de julho de 2002, incluindo amianto na classe de resíduos perigosos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/-index.cfm>>.

_____ - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 431, de 25 de maio de 2011.* Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio

Ambiente – CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/-index.cfm>>.

_____. - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 448, de 19 de janeiro de 2012*. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/-index.cfm>>.

Dias, J. (2004). A Construção civil e o meio ambiente. *In: Anais do Congresso Estadual de Profissionais CREA*. Uberlândia, Minas Gerais.

John, V.M. (2000). Reciclagem de resíduos na construção civil : contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. (Tese de Livre Docência). São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

John, V.M., & Agopyan, V. (2003). Reciclagem de resíduos da construção. Seminário – Reciclagem de resíduos sólidos domiciliares. São Paulo. 2-13

Karpinski, L., Michel, P., Maculan, L., Guimarães, J., & Saúgo, A. (2008). Proposta de gestão de resíduos da construção civil par o município de Passo Fundo - RS. *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro: ABEPRO. 2-15.

Levy, S.M. & Helene, P.R.L. (2002). Evolução histórica da utilização do concreto como material de construção. *Boletim Técnico da Escola Politécnica – USP*. São Paulo

Melo, A.V. S.(2011). Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil.(Mestrado). Federal da Bahia. Salvador

Miranda, L.F.R., Angulo, S., & Careli, E. (2009). A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 9 (1) 57-71.

Nunes, K.R.A. (2004). Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição. Tese (Doutorado). COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.

Paschoalin Filho, J., Dias, A., & Cortes, P. (2014). Aspectos normativos a respeito de resíduos de construção civil: uma pesquisa exploratória da situação no Brasil e Portugal. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 29.

Paschoalin Filho, J., Storopoli, J., & Duarte, E. (2014). Viabilidade econômica da utilização de resíduos de demolição reciclados na execução do contrapiso de um edifício localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo. *REGET - UFSM, Santa Maria*, 18 (2), 928-943.

Schneider, D., & Philippi Jr., A. (2004). Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 4 (4), 21-32.

Silva, V., & Fernandes, A. (2012). Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RDC) em Uberaba-MG. *Soc. & Nat., Uberlândia*, 24 (2), 333-344.

Yin, R.K. (2015). Estudo de Caso: Planejamento e métodos. 5 ed. Bookman. Porto Alegre.