

Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição

Mayko de Sousa Menezes, Fernanda Veronesi Marinho Pontes e Júlio Carlos Afonso*

Departamento de Química Analítica, Instituto de Química - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

e-mail: julio@iq.ufrj.br

Introdução

A construção civil é uma atividade bastante antiga, nossos antepassados pré-históricos já utilizavam fontes de energia e recursos naturais para edificação de casas e pontes. No século XIX apareceu a definição de engenharia como a “arte de dirigir as forças de energia existentes na natureza para uso e conveniência do homem”. Nesta definição não há referência à preservação de recursos e fontes naturais de energia; somente a partir do final do século XX é que as questões ambientais passaram a ser objeto de maiores preocupações pela humanidade. Em 1992 realizou-se no Rio de Janeiro uma importante conferência internacional que ficou conhecida como ECO 92, onde resultaram compromissos internacionais assumidos pela maioria das nações participantes, reunidos no documento denominado *Agenda 21*. Esse documento destaca que a reciclagem de materiais contribuirá de forma efetiva para a implantação de um sistema de gestão ambiental dos resíduos sólidos. Sendo a construção civil responsável por mais de 50% da geração destes resíduos, ela não poderia ser excluída deste contexto.

A dimensão do problema

O setor emprega uma grande diversidade de matérias-primas. Algumas possuem reservas limitadas, como cobre e zinco, estimadas em pouco mais de 60 anos,¹ sendo este fator de grande influência no preço dos produtos feitos com tais materiais.² A madeira é outro insumo importante, sendo a atividade responsável pelo consumo de cerca de 2/3 das florestas naturais, que por sua vez não são manejadas adequadamente.²

O uso intenso de energia é outra característica da atividade, sendo sua maior utilização nos processos de extração e transporte das matérias primas, dada sua dispersão espacial e as distancias das jazidas aos centros

de produção e/ou consumo.

No cômputo geral, a construção civil emprega de 20 a 50% do total dos recursos naturais consumidos pela humanidade.³⁻⁵ Além disso, o setor encontra-se envolvido em processos industriais altamente poluentes, tais como a fabricação do cimento, da cal e de produtos siderúrgicos em geral.

As fontes geradoras de resíduos são permanentes, pois, sempre existirão obras no final de ciclo de utilização, dando lugar a reformas, demolições e novas construções. O uso das edificações (edifícios residenciais e comerciais, indústrias, hospitais etc.) contribui em maior ou menor escala para impactar o meio ambiente, pois consomem energia elétrica para iluminação, condicionamento de ar, aquecimento interno, acionamento de motores etc., e apreciável quantidade de água para várias finalidades.

A cadeia produtiva da construção civil exerce um peso considerável na macroeconomia internacional, e emprega uma enorme massa de trabalhadores.⁴

Origem e produção dos rejeitos

A indústria da construção civil apresenta perdas causadas por falhas ou omissões na elaboração dos projetos e na sua execução, má qualidade e acondicionamento impróprio dos materiais, má qualificação da mão de obra, falta de equipamentos, uso de técnicas inadequadas de construção, falta de planejamento na montagem dos canteiros de obras falta de acompanhamento técnico na produção e ausência de uma cultura de reaproveitamento e reciclagem dos materiais.¹ Nas demolições a geração de resíduos é inerente à atividade; entretanto, muito dos materiais poderiam ser reaproveitados se houvesse um procedimento de separação de seus componentes no próprio local.

Os resíduos da construção civil (RCC) ou de construção e demolição (RCD) representam um importante problema ambiental: os entulhos podem representar mais de 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos de uma cidade brasileira de médio e grande porte.^{1-3,6} No Brasil, esse fato é agravado pelo maciço processo de migração iniciado na segunda metade do século XX; hoje a população predominantemente se concentra nas cidades, ocasionando uma enorme demanda por novas habitações.

Impactos gerados

Historicamente, a indústria da construção civil não se preocupava com os custos e prejuízos causados pelo desperdício de materiais e destino dados aos resíduos produzidos nesta atividade.⁷ Grande parte desses resíduos é depositada clandestinamente em terrenos baldios, áreas públicas, várzeas e cursos d'água.

Alguns desses impactos são visíveis e comprometem a paisagem urbana e o trânsito de veículos e pedestres.

Quando não removidos pelo poder público, terminam por induzir a deposição de outros tipos de resíduos como os de poda de árvores, objetos de grande volume como móveis e pneus, e até resíduos domiciliares. Isso favorece a proliferação de vetores de doenças e a obstrução de canalizações de drenagem em caso de chuva.

A maioria dos municípios brasileiros ainda não possui aterros sanitários licenciados. E, mesmo quando vão para estes locais, encurtam o tempo de vida útil deles. Os RCC/RCD podem vir acompanhados de materiais perigosos como latas de tinta e de solventes, lâmpadas fluorescentes e outros resíduos que deveriam receber tratamento específico, antes de sua destinação final.

A remoção dos entulhos dispostos irregularmente, os transtornos sociais causados pelas enchentes e os danos ao meio ambiente, representam custos elevados para o poder público e para a sociedade, apontando para a necessidade do estabelecimento de novos métodos para a gestão dos RCC/RCD.⁸

Tabela 1:
FRAÇÕES NOS RCC/RCD (% m/m)

Frações	Percentual
Solos	32
Cerâmicos	63
Outros (metais e materiais orgânicos)	5

Classificação

Os RCC/RCD são constituídos por tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações e fiação elétrica. São ainda incluídos: árvores, solo, rochas procedentes da limpeza, preparo e escavação de terrenos e ainda portas, janelas e tubulações, os quais são reaproveitados em outras obras. Calcula-se que a quantidade produzida de RCC/RCD oscila entre 0,7 e 1,0 t por habitante/ano^{2,5,6} no mundo. No Brasil gera-se cerca de 68,5 milhões de toneladas por ano.⁷

A constituição dos RCC/RCD é heterogênea e depende das características de cada construção e do grau de desenvolvimento econômico de determinada região.

As tabelas 1 e 2 apresentam as percentagens médias de materiais no resíduo total de obras e na fração cerâmica do RCC/RCD no Brasil.⁷

Tabela 2:
MATERIAIS NA FRAÇÃO CERÂMICA DOS RCC/RCD (% m/m)

Frações	Percentual
Concreto	13
Argamassa (cimento e cal endurecida)	40
Cerâmica (tijolos, telhas, cerâmicas, azulejo, vidro, gesso)	47

Em geral, esses resíduos são classificados segundo a norma brasileira (NBR) 10.004 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como resíduos sólidos não perigosos e inertes - classe IIb. A rigor, a classificação dos materiais varia segundo a obra que lhes deu origem. Uma obra pode produzir somente materiais inertes, outras, não inertes (classe IIa) ou até mesmo perigosos (classe I), como é o caso do resíduo das telhas de amianto, material cancerígeno.⁹

A Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)¹⁰ classifica os RCC/RCD da seguinte forma:

Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros e outros;

Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso e madeiras;

Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes e óleos, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e hospitalares, dentre outros.

A reciclagem dos RCC/RCD

A reciclagem dos RCC/RCD no Brasil é

relativamente recente, atestada pelo grande número de monografias, dissertações e teses que versam sobre esse tema. A reciclagem na construção civil pode gerar vários benefícios^{6,8} como redução no consumo de matérias-primas e insumos energéticos, redução de áreas necessárias para aterro e aumento da vida útil dos que estão em operação. A diminuição das perdas passou a ser fator fundamental para a gestão das construtoras e a adequação a um mercado competitivo e ao grau de exigência cada vez maior dos consumidores.

Para que a reciclagem dos RCC/RCD seja bem sucedida^{6,11} é necessário estabelecer uma metodologia complexa e multidisciplinar, exigindo conhecimentos pertinentes a diferentes especializações para o desenvolvimento de um produto destinado a ser um material de construção alternativo. Resumidamente, essa metodologia compreenderia as seguintes etapas, algumas presentes no artigo 9º da Resolução 307 do CONAMA: (1) caracterização física e química do resíduo; (2) pesquisa das possíveis aplicações; (3) análise de viabilidade financeira; (4) análise de impacto ambiental do novo produto; (5) análise de riscos à saúde; (6) análise de desempenho técnico; (7) concepção do processo de produção; (8) marketing.

O artigo 10º da Resolução 307 do CONAMA indica que os tipos A, B e D dos RCC/RCD devem ser reciclados, no que for possível. A produção de agregados a partir da fração cerâmica é um das formas mais simples de reaproveitamento; o preço cai cerca de 80% em relação aos agregados convencionais. Isso também evita a extração de matéria-prima da natureza, conservando-a sob dois aspectos: não degrada o solo com a remoção e não polui o ar com os gases emitidos pelas máquinas e caminhões empregados na extração e transporte. A produção requer uma estrutura planejada para gerenciar a coleta, seleção, limpeza, trituração, peneiramento, classificação granulométrica e comercialização do material produzido em escala industrial.

O uso em larga escala de RCC/RCD reciclado

para concreto estrutural exige que as suas propriedades em termos de resistência e durabilidade sejam comparáveis às daquelas do concreto fabricado com agregados naturais. A resistência do concreto feito com RCC/RCD reciclado é menor devida à sua porosidade, o que facilita a penetração de CO₂ (carbonatação), tornando o concreto mais vulnerável ao ataque de sulfatos. Isso se deve ao fato da diversidade dos resíduos reciclados não permitir obter uma uniformidade de propriedades físicas e de composição, afetando a resistência e a durabilidade do concreto; este inconveniente pode ser atenuado com a homogeneização, mas o custo do produto reciclado aumenta devido à necessidade de britagem e classificação. Hoje, sua aplicação está limitada a estruturas submetidas a pequenas solicitações.

A fração composta de solo misturada a fração cerâmica é reciclada para uso em sub-base de pavimentos, enquanto que a fração metálica pode ser vendida como sucata.

A fração gesso deve ser separada da fração cerâmica devido a reações expansivas com o cimento do tipo *portland*; o gesso sem a presença de cimento é facilmente reciclável, podendo interessar às empresas do mercado desse material como insumo de construção.

As demais frações como a madeira, por exemplo, dificilmente são recicláveis por falta de tecnologia adequada, mas podem servir como combustível alternativo em coprocessamento, segundo a Resolução 264 do CONAMA. Agregados mistos, (solo, concreto, pedras, argamassas, cerâmica vermelha e branca), são empregados desde o final da década de 80 em pavimentação no Brasil. A produção de argamassa com reciclados nos canteiros de obras, vem sendo objeto de muita investigação acadêmica. A fabricação de blocos de pavimentação, meio-fios, blocos de alvenaria, não atingiu escala industrial importante sendo ainda escassa a documentação técnica disponível para maior informação sobre esta atividade.

Os resíduos de gesso

Além da matéria-prima de base para a fabricação do gesso, o sulfato de cálcio CaSO₄.2 H₂O (gipsita),

aparecem outros contaminantes oriundos de suas aplicações (placas de forro, blocos, divisórias - o chamado gesso acartonado), tais como pregos, perfis metálicos, tintas, madeiras e fibras. O gesso utilizado no revestimento de paredes é dificilmente segregável por se encontrar fortemente aderido à base de alvenaria. No caso de reciclagem como agregado para concreto (nos quais o percentual máximo admissível de sulfatos é 1% m/m) e argamassas de cimento, a presença de gesso constitui fator problemático, pois o sulfato interage com o cimento, expandindo-o.

As alternativas para gestão dos resíduos de gesso seriam a reciclagem como aglomerante fornecendo matéria prima para indústria de gesso acartonado e fibra de papel, correção de solos, aditivo para compostagem, absorvente de óleo, controle de odores em estábulos e secagem de lodo de esgoto. O gesso em aterros em contato com umidade e sob ação de bactérias redutoras de sulfato pode formar sulfeto de hidrogênio (H₂S), altamente tóxico. Além disso, o sulfato de cálcio é lixiviável pela água da chuva. É recomendável, em obediência a normas européias, que sua deposição seja feita em células isoladas de resíduos biodegradáveis.

Como reduzir a geração de RCC/RCD

Resíduo gerado na fase de construção

O resíduo gerado durante a fase de construção é todo aquele material que não se incorpora à obra. O material que se incorpora à obra em excesso é um desperdício sem haver resíduo; por exemplo, um revestimento feito com espessura maior do que a prevista para corrigir defeitos de execução (alinhamento, prumo, etc.) de paredes de alvenaria/tijolos.

É possível combater estas perdas sem grandes mudanças tecnológicas, bastando, adotar medidas práticas: elaborar projetos modulados para assentamento de alvenarias e colocação de elementos cerâmicos evitando corte das peças; supervisionar as modificações de projetos; utilizar materiais cujos resíduos sejam recicláveis; treinar a mão de obra; utilizar ferramentas e equipamentos apropriados, inclusive os de segurança; melhorar as condições de estocagem e manuseio dos

materiais no canteiro; aperfeiçoar mecanismos de controle de execução dos serviços; utilizar elementos pré-fabricados de concreto e outros materiais; empregar concreto pré-misturado, de armadura pronta, de sistemas de formas metálicas ou mistas e escoramentos tubulares; prever passagem para instalação de dutos e tubulações embutidos). A redução de resíduos nas fases de manutenção e demolição será tanto maior quanto menor for o desperdício de material resultante do excesso de sua incorporação à obra na fase de construção.

Resíduo gerado na fase de reforma ou manutenção predial

O resíduo decorre de vários fatores, especialmente ampliação ou modernização parcial ou total do edifício. Nas reformas, a redução da geração de resíduos depende da maior ou menor facilidade de desmontagem dos componentes do prédio, sendo assim função da concepção de projeto. Nas edificações comerciais, mais do que nos residenciais, é conveniente que os projetos sejam flexíveis para atender ampliações, remodelações, remanejamento interno do *layout* do ambiente e trânsito de equipamentos pesados ou volumosos a serem substituídos.

Resíduo gerado nas demolições

As demolições devem ser seletivas, utilizando técnicas de beneficiamento para obter resíduos mais homogêneos. A demolição seletiva consiste na desmontagem de componentes que serão diretamente reutilizados - telhas, esquadrias de portas e janelas, madeiramento de telhado, forro em placas, etc.-, sucedendo-se a demolição da obra por etapas: fundação, estrutura, alvenaria, etc.; concreto, metais, ferro, madeira, plásticos e gesso devem ser separados o mais possível. Este processo reduz contaminantes presentes nas frações a serem obtidas, contribuindo para uma melhor reciclagem dos RCC/RCD.

Conclusão

As metas para se atingir um desenvolvimento sustentável empregando resíduos da construção civil devem contemplar a reciclagem e a constituição de um mercado diversificado e efetivo para esses resíduos. A aplicação de tecnologias apropriadas e

ecologicamente corretas que reduzam o desperdício, a geração de resíduos e a utilização de recursos naturais é uma ação de prioridade mundial. Campanhas educativas ajudam na redução da geração dos RCC/RCD, assim como taxaço sobre a geração de entulho, medida coercitiva que já é adotada em alguns países, como a Inglaterra. Sistemas de gerenciamento ambiental, como os da produção mais limpa (P+L) podem também contribuir para diminuir a geração de RCD. Reintegrar materiais residuais ao ciclo produtivo, incentivar a geração de tecnologias limpas e o uso racional de matérias-primas naturais, são o grande desafio mundial deste milênio, onde a construção civil se insere notavelmente.

Bibliografia

- 1) Azevedo, G. O. D.; Kiperstok, A.; Moraes, L. R. S.; **Resíduos da construção civil em Salvador: os caminhos para uma gestão sustentável**. Eng. Sanit. Ambient. 2006, 11, 65-72.
- 2) John, V. M. J.; **Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil**. In: *Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil*. IBRACON: São Paulo, 1999. p.44-55.
- 3) Fraga, M. F.; **Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.
- 4) Hortetgal, M. V.; Ferreira, T. C.; Sant'Anna, W. C.; **Utilização de agregados resíduos sólidos da construção civil para pavimentação em São Luís**. Pesquisa em Foco 2009, 17, 60-74.
- 5) Martini, L. C. J.; Figueiredo, M. A. G.; Gusmão, A. C. F.; **Redução de resíduos industriais: como produzir mais com menos**. Aquarius: Rio de Janeiro, 2005, p. 37-70.
- 6) John, V. M. J. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese de Livre docência, Universidade de São Paulo, 2000.
- 7) Ângulo, S. C.; **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados separados e a influência de suas características no comportamento mecânico dos concretos**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2005.
- 8) Pinto, T. P.; **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 1999.
- 9) Resolução 348 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, 16/08/2004, Diário Oficial da União, 17/08/2004.
- 10) Resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, 05/07/2002, Diário Oficial da União, 17/07/2002.
- 11) Szajubok, N. K.; Alentar, L. H.; Almeida, A. T.; **Modelo de gerenciamento de materiais na construção civil utilizando avaliação multicritério**. Produção 2006, 16, 303-318.