



urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana

ISSN: 2175-3369

urbe@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Brasil

Vieira Baptista Junior, Joel; Romanel, Celso  
Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas  
obras

urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, vol. 5, núm. 2, julio-diciembre, 2013, pp. 27-37

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Paraná, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193129504004>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras

*Sustainability in the construction industry: a logistic for waste recycling of small works*

Joel Vieira Baptista Junior<sup>[a]</sup>, Celso Romanel<sup>[b]</sup>

<sup>[a]</sup> Doutorando em Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, RJ - Brasil, e-mail: joel@tcengenharia.com

<sup>[b]</sup> Doutor em Engenharia Civil pela University of Arizona, professor associado da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, RJ - Brasil, e-mail: romanel@puc-rio.br

## Resumo

Neste trabalho são discutidos os principais aspectos relacionados à geração de resíduos da construção civil, sob ponto de vista de sustentabilidade das edificações. Esse conceito exige, das novas construções, a adoção de projetos criativos e eficientes, com soluções adequadas para as diversas fases de vida da obra, incluindo a previsão do reaproveitamento e descarte de materiais ao fim de sua vida útil. Um dos problemas atuais da gestão de resíduos da construção civil é que a segregação dos materiais por classe, visando à sua posterior reciclagem ou descarte, só acontece na cidade do Rio de Janeiro em grandes obras com canteiros instalados, embora mais da metade da quantidade produzida seja proveniente de pequenas obras com resíduos descartados em caçambas de rua ou simplesmente lançados em vias públicas ou terrenos baldios. É sugerido um plano de gestão circular, especialmente voltado para os pequenos geradores, com obrigatoriedade de segregação dos materiais, instalação de pontos de recolhimento pelos bairros da cidade e implantação de centros de tratamento de resíduos da construção civil, operados por associações de catadores, com objetivo de produção de materiais reciclados. O sucesso da proposta depende da efetiva participação de todos os agentes envolvidos no processo, como o poder público, proprietários, empresas e demais profissionais da indústria da construção civil.

**Palavras-chave:** Logística circular. Resíduos de construção civil e demolição. Construção sustentável. Rio de Janeiro.

## Abstract

*In this paper the major issues related to the generation of construction waste are discussed from the point of view of sustainability of buildings. This concept requires the adoption for new constructions of creative and*



ISSN 2175-3369  
Licenciado sob uma Licença Creative Commons

*efficient projects, with appropriate solutions to the various cycles of life, including the provision for recycling and disposal of materials at the end of the useful life of the building. One of the problems concerning the management of civil construction waste is that segregation of materials by class, aiming at their subsequent recycling or disposal, only happens in the city of Rio de Janeiro within large projects with installed construction sites, although more than half of the produced amount of waste comes from small works which discard their waste into street dump-carts or simply thrown it away on public roads or wastelands. A circular management plan is herein suggested, especially geared for small waste generators, including mandatory segregation of all materials, installation of public collection points through the city neighborhoods and implementation of treatment centers of construction waste, operated by associations of waste collectors, aiming the production of recycled materials. The success of this proposal depends on the effective participation of all agents involved in the process, as the government, owners, companies and other professionals in the construction industry.*

**Keywords:** Circular logistic. Civil construction waste. Sustainable buildings. Rio de Janeiro.

---

## Por uma indústria sustentável

A conscientização dos limites de espaço e de recursos naturais do nosso planeta vem despertando, cada vez mais, a preocupação com a manutenção desses recursos para as gerações futuras. Aprimorar a sustentabilidade dos processos, em todos os setores produtivos, é uma estratégia vital para assegurar os recursos do planeta para o futuro, baseado na utilização de energias renováveis, tecnologias limpas e na proteção do meio ambiente. Inovação tecnológica, eficiência na utilização dos recursos naturais e energéticos, incentivo ao crescimento de economias regionais, com melhoria dos padrões de vida das comunidades locais, garantindo expansão do mercado de trabalho e geração de renda, são os princípios básicos de um desenvolvimento equilibrado.

Nessa transformação, as cidades são o ponto de partida e de maior impacto. Segundo dados da instituição Global Urban Development (2010) mais da metade da humanidade vive hoje nas cidades, sendo responsável pela produção de 85% do Produto Interno Bruto mundial, do consumo de mais de 75% dos recursos naturais do planeta e da geração de aproximadamente 75% dos resíduos mundiais. No Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), 84,36% da população do país vive nas cidades. Está em curso, com a rapidez da difusão que as aglomerações urbanas permitem, a consolidação de uma indústria verde, de conservação, com utilização eficiente dos recursos naturais, geração de energia renovável,

prevenção da poluição, minimização de resíduos e emprego da reciclagem de materiais.

Vários setores atuam como motores dessa transformação em suas cadeias de produção, fabricando produtos e oferecendo serviços com a preocupação de sustentabilidade. Alguns outros ainda estão no início desse processo, como a indústria da construção civil, esta notoriamente mais lenta na assimilação de novas tecnologias, em função da inércia de seus processos, quase sempre empíricos, dependentes de um número bem maior de atores do que outros setores industriais mais dinâmicos, nos quais apenas grupos de técnicos são responsáveis pela implantação e desenvolvimento de novas tecnologias. No entanto, diversas empresas e segmentos da indústria da construção do país vêm incorporando alternativas saudáveis em seus projetos, como prédios inteligentes com monitoramento do consumo de recursos, evitando, assim, desperdícios, emprego de sistemas naturais para o conforto ambiental nas edificações, novas tecnologias para o reuso e reciclagem de resíduos sólidos e líquidos, dentre outras.

Essa busca pela eficiência, para diminuir o consumo de recursos naturais e o consequente impacto ambiental, vem incentivando um mercado crescente e cada vez mais competitivo de produtos sustentáveis, abrindo espaço para organizações criarem um sistema de certificação baseado em selos de qualidade para padronizar e quantificar os níveis de sustentabilidade de uma edificação. A obtenção de um grau elevado nessa certificação, que reflete diretamente os processos e conceitos de sustentabilidade

empregados na elaboração do produto, ajuda também o empreendedor a obter maiores taxas de retorno financeiro no empreendimento. Diversas empresas certificadoras patrocinam esses selos, derivados do pioneiro método de avaliação da qualidade da construção civil, o Building Research Establishment Environmental Assessment Method — BREEAM (BRE GLOBAL, 1990), criado no Reino Unido. Depois dele, vários outros selos surgiram, como o Building Environmental Performance Assessment Criteria — BEPAC (COLE; ROUSSEAU; THEAKER, 1993), no Canadá; o Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency — CASBEE (JAGBC, 2004), no Japão; o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações — PROCEL Edifica (PROCEL, 2003), no Brasil; e o Leadership in Energy & Environmental Design — LEED (USGBC, 1998), nos Estados Unidos, este o mais utilizado atualmente no mercado brasileiro.

Com critérios próprios, essas metodologias de certificação basicamente avaliam a interferência do empreendimento com o entorno, a gestão eficiente da água, a economia e fontes alternativas de energia, materiais e recursos naturais, geração e gestão de resíduos e a qualidade ambiental no interior da edificação, durante as fases de execução e uso. É positiva a introdução de edificações certificadas no mercado imobiliário, por incrementarem e difundirem atitudes socioambientais corretas, por diretamente reduzirem a demanda de recursos naturais no empreendimento e, indiretamente, por influenciarem os demais fornecedores de produtos e serviços em relação a critérios e conceitos de sustentabilidade.

Para uma análise mais criteriosa dos impactos ambientais de um empreendimento, é preciso, no entanto, a consideração de um número mais abrangente de fatores e a quantificação de suas respectivas influências. O estudo do ciclo de vida de um empreendimento considera diversos fatores e critérios de impacto ambientais que não constam nas metodologias dos certificadores comerciais. A análise do ciclo de vida de um material especificado no empreendimento, por exemplo, requer que sejam determinados os impactos gerados, desde sua extração, o consumo de energia dispendido na fabricação, no transporte e, finalmente, em sua aplicação. A avaliação do ciclo de vida permite quantificar o impacto ambiental do empreendimento ao longo de toda a sua vida útil, abrangendo as fases de concepção,

projeto, execução da obra, usos e transformações do empreendimento até o descarte final.

É na concepção e elaboração do projeto que funções, ambientação, especificações, métodos construtivos e de tratamento de resíduos devem ser criteriosamente estudados para minimizar o impacto ambiental da construção e assegurar níveis adequados de sustentabilidade. Projetos criativos melhoram o conforto ambiental, com soluções para restringir o uso de equipamentos eletroeletrônicos para essa finalidade, dando prioridade à ventilação e a iluminação naturais, com sombreamento e orientação geográfica adequada, utilização de esquadrias termoacústicas, fachadas com segunda pele, sensores para monitoramento da qualidade do ar e para controle da temperatura, gestão racional da água com medições individuais de consumo e captação de águas de chuva, reaproveitamento de resíduos líquidos e sólidos, em harmonia com as condições socioambientais existentes no entorno do empreendimento.

Enfim, o projeto do empreendimento deve também ser flexível e adaptável para incorporar novas tecnologias no futuro, procurando responder, na medida do possível, à seguinte indagação: se uma edificação pudesse se adaptar em tempo real, o que ela poderia fazer por você?

## **Resíduos da construção e demolição (RCD)**

O impacto ambiental causado pela produção e descarte de resíduos da indústria da construção civil é um dos principais do planeta, seja pela quantidade descartada diariamente ou pelo uso irracional das jazidas de recursos naturais.

O relatório da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2007) mostra que, naquele país, a construção e demolição de edifícios geram uma quantidade aproximada de 160 milhões de toneladas/ano de entulho, estimando que a indústria da construção civil seja responsável por cerca de dois terços do total de resíduos sólidos não industriais produzidos. Esse entulho é originado aproximadamente em 48% das demolições, 44% das reformas e em apenas 8% das novas construções. De 20% a 30% do total dos resíduos são recuperados (principalmente concreto, asfalto, metais, madeira) em operações de reprocessamento e reciclagem. De

acordo com esse relatório, arquitetos e construtores não costumam projetar edificações de fácil renovação ou demolição, com previsão de seu reuso ou modo de descarte final da construção, mesmo sabendo que, em média, uma família americana troca de residência a cada dez anos, muitas vezes realizando obras durante esse intervalo de tempo ou demolindo-a completamente para dar lugar a uma nova construção.

No Brasil, segundo dados do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP, 2005) a atividade da construção civil gera a parcela predominante do volume total dos resíduos sólidos urbanos produzidos nas cidades paulistas. Em 2003, a cidade de São Paulo produziu uma média diária de 17.240 toneladas de resíduos sólidos urbanos, 55% dos quais provenientes da construção civil; em Campinas, essa proporção chegou a 64% no mesmo ano.

Além das demolições, grande parte da produção diária dos resíduos vem do desperdício de materiais em construções novas, graças a projetos construtivos malfeitos, com especificações errôneas de materiais e detalhes, e à falta de planejamento da execução da obra, resultando em improvisos. Na Tabela 1 são apresentadas as taxas de desperdício no Brasil, em termos de valores médios, mínimos e máximos, em virtude da grande variação observada nos dados existentes.

**Tabela 1** - Taxas de desperdício de materiais de construção no Brasil

Material	Taxas de desperdício (%)		
	Média	Mínima	Máxima
Concreto usinado	9	2	23
Aço	11	4	16
Blocos e tijolos	13	3	48
Placas cerâmicas	14	2	50
Revestimento têxtil	14	14	14
Eletrodutos	15	13	18
Tubos	15	13	18
Tintas	17	8	56
Fios	27	14	35
Gesso	30	14	120

Fonte: ESPINELLI, 2005.

A composição dos resíduos de construção e demolição (RCD) é variável, dependendo do estágio de desenvolvimento da indústria local, da qualidade da mão de obra disponível, das técnicas construtivas utilizadas, da adoção de programas de qualidade, da fase da obra, etc. Na Bélgica, os resíduos de concreto e alvenaria são responsáveis por 83% do total, com a madeira contribuindo com apenas 2%, enquanto que em Toronto, no Canadá, cerca de 35% dos resíduos provêm da utilização de madeira.

A disposição incontrolada e sem critérios técnicos de RCD gera impactos ambientais significativos, principalmente na formação de áreas irregulares de descarte em locais de preservação ambiental, afetando o equilíbrio ecológico, a drenagem superficial, com obstrução de córregos, erosão de solos etc. Nas cidades, a disposição em vias públicas e terrenos baldios interfere nas condições de tráfego de pedestres e veículos, ao mesmo tempo em que incentiva a descarte de outros materiais de origem industrial e doméstica, nem sempre inertes, com a consequente degradação de espaços urbanos (SINDUSCON-SP, 2005).

O poder público municipal deve exercer um papel decisivo para disciplinar o processamento dos resíduos, utilizando instrumentos para regular, fiscalizar e criar condições de um tratamento correto, estimulando uma logística reversa, especialmente destinada para resíduos da construção civil. Diversas leis e resoluções estão em vigor para disciplinar a prática de um manejo sustentável dos resíduos da construção civil, dentre as quais:

- 1) Lei Federal n. 12.305 (BRASIL, 2010): não exime nenhum agente, dos processos de geração à disposição final do resíduo, das responsabilidades pelos impactos ambientais durante o ciclo de vida do produto.
- 2) Resolução n. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente — Conama (BRASIL, 2002a): estabelece diretrizes para uma redução dos impactos ambientais decorrentes das atividades da construção civil, classificando os tipos de resíduos em classes A, B, C e D. A classe A é formada por resíduos inertes que podem ser reciclados sem processos de transformação, como por exemplo: tijolos, cerâmicas, concreto, argamassas, telhas de barro, etc. A classe B é de resíduos que precisam de processos industriais para

reinserção, tais como: plástico, papel, metal, vidro, etc. A classe C é de resíduos para os quais ainda não existem processos para reinserção, e a classe D é formada por resíduos considerados perigosos, como: tinta, solvente, óleo, hospitalar, amianto, etc.

- 3) Resolução n. 308 do Conama (BRASIL, 2002b): estabelece o licenciamento ambiental para a disposição final de resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte, com população igual ou inferior a 50 mil habitantes.
- 4) Lei Estadual 4.829 (RIO DE JANEIRO (Estado), 2006): instituiu a política de reciclagem de entulhos de construção civil, criando incentivos para a formação de uma rede de captação e reciclagem de resíduos da construção civil.
- 5) Decreto Municipal 27.078 (RIO DE JANEIRO (Município), 2006): instituiu o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil, considerando que o art. 4º da Resolução n. 307 do Conama (BRASIL, 2002a) determina que todos os agentes, pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, são responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem resíduos da construção civil, devendo ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, sua redução, reutilização, reciclagem e destinação final adequada.
- 6) Resolução n. 387 (RIO DE JANEIRO (Município), 2006): baseada no item 2º do art. 8º da Resolução n. 307 do Conama (BRASIL, 2002a), disciplina o projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil para obras acima de 10.000 m<sup>2</sup> de área ou acima de 5.000 m<sup>3</sup> de volume de resíduos de demolição.

### Situação de RCD na cidade do Rio de Janeiro

Os únicos geradores de entulho que segregam resíduos de construção e demolição são as grandes obras (áreas de construção acima de 10.000 m<sup>2</sup> ou 5.000 m<sup>3</sup> de volume de demolição) em obediência à Resolução n. 387 (RIO DE JANEIRO (Município), 2006), com apresentação de um plano de gerenciamento de resíduos para aprovação do projeto à Secretaria Municipal de Urbanismo.

Assim, na cidade se apresentam duas classes distintas de geradores de resíduos da construção civil: aqueles gerados por obras com canteiros implantados, que segregam os resíduos para reutilização na própria obra ou os disponibilizam para empresas regulares de coleta, e aqueles gerados por pequenas obras, sem nenhum tipo de tratamento ou separação, geralmente descartados em caçambas, mas também lançados irregularmente em aterros impróprios ou mesmo em vias públicas. Os resíduos de pequenas obras representam uma parcela que ultrapassa 50% do total de resíduos de construção civil gerados na cidade do Rio de Janeiro.

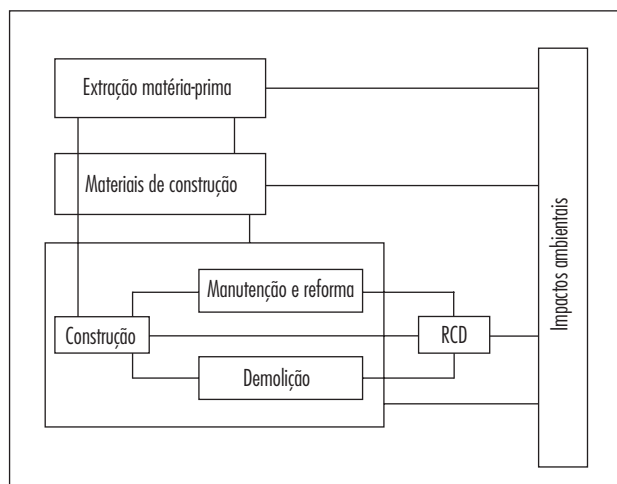
A dificuldade de segregação na origem e o posterior transporte são os maiores entraves para a reciclagem de materiais de construção de pequenas obras. A indisponibilidade de espaço para armazenamento e processamento, bem como o custo do transporte em virtude da pequena quantidade, inviabilizam a prática de um processo seletivo. Em decorrência, todos os tipos de resíduos são misturados na mesma caçamba.

### Uma proposta logística para RCD: premissas para reciclagem de RCD

Segundo a Lei Federal n. 12.305 (BRASIL, 2010), os geradores de entulho são responsáveis pela reintegração do material ao processo produtivo, podendo descartar em locais apropriados para uma guarda temporária. O único resíduo inerte encaminhado para aterros é o proveniente de escavações.

A implantação de uma rede de logística reversa para processamento dos resíduos da construção civil, que atenda aos pequenos geradores espalhados pela cidade, com a criação de infraestrutura adequada para segregação dos materiais na origem, parece ser a única forma viável de dar o mesmo tipo de tratamento ao conferido atualmente aos resíduos de grandes obras com canteiros instalados. O atual processo industrial linear, com resíduos da construção civil gerando desperdícios e impactos ambientais significativos ao ambiente urbano (Figura 1), deve ser substituído por uma logística circular, de natureza sustentável, na qual os resíduos gerados, segregados por classes, podem ser novamente incorporados à cadeia produtiva (Figura 2), ou





**Figura 1** - Processo linear de descarte

Fonte: BAPTISTA Jr., 2011.

adequadamente descartados, produzindo benefícios sociais, econômicos e ambientais.

A infraestrutura necessária para implantação de uma logística circular deve contemplar a segregação na origem, oferta de armazenamento seletivo, facilidade de transporte de resíduos, manutenção e implantação de centros de tratamento de resíduos da construção civil (CTRCC), escoamento de produtos reciclados e incentivos à sua utilização pelo mercado imobiliário.

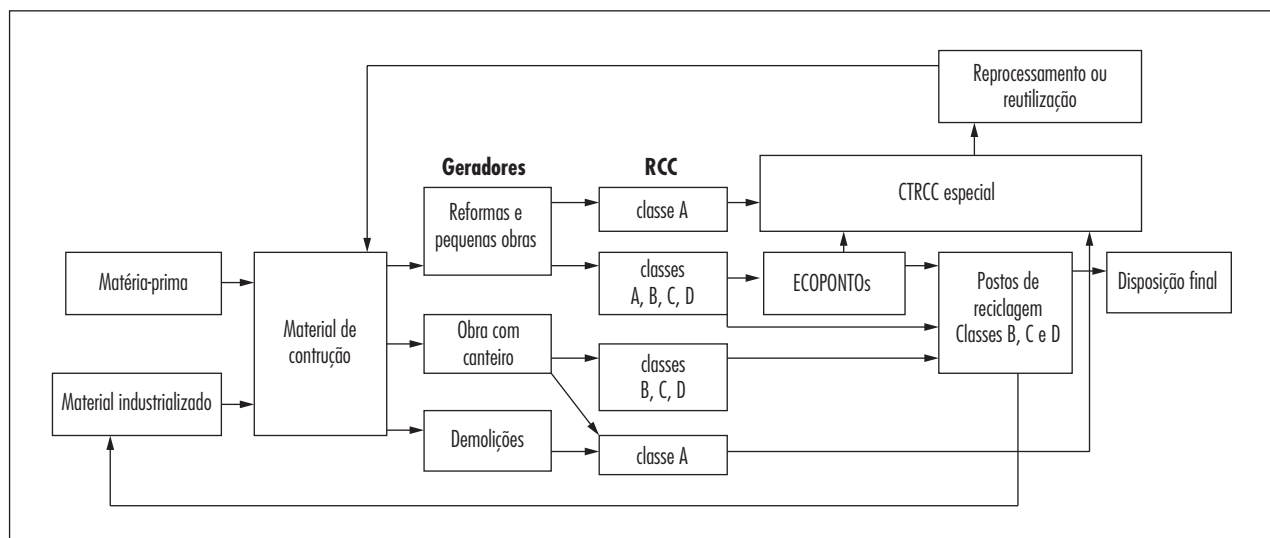
O processo de reciclagem de resíduos deve necessariamente iniciar-se na própria obra, com a

retirada e recolhimento do material de demolição por etapas e separação, de acordo com suas classes (A, B, C, D). Pontos estrategicamente localizados nos bairros (Ecopontos - Figura 3) seriam oferecidos para receber os resíduos segregados nas pequenas obras. Ao pequeno gerador, haveria duas alternativas para descarte: encaminhamento do resíduo ao Ecoponto mais próximo, caso a quantidade fosse inferior a 2 m<sup>3</sup>, ou utilização do método atual, em caçambas estacionadas na rua, caso a quantidade da mesma classe de resíduo fosse superior a 2 m<sup>3</sup>. Alguns resíduos de classe B, como tubos e madeiras, poderiam ser misturados na mesma caçamba por serem de fácil segregação posterior.

A função dos Ecopontos seria o recebimento e armazenamento de resíduos para garantir quantidades economicamente viáveis de transporte do material para um centro de tratamento de resíduos da construção civil ou, alternativamente, para empresas de reciclagem de materiais da classe B.

Para que essa logística possa ser de fato implantada, são necessárias condições de infraestrutura urbana, regulamentação legal, incentivo ao consumo de produtos reciclados e conscientização para mobilização e participação da sociedade. É, portanto, fundamental a adesão dos seguintes agentes em suas respectivas áreas de atuação:

- 1) O poder público: A existência de uma regulamentação legal e a disponibilidade de



**Figura 2** - Processo circular de reciclagem e disposição final de resíduos de construção e demolição.

Fonte: BAPTISTA Jr., 2011.



**Figura 3** - Ecopontos para entrega de resíduos na cidade do Rio de Janeiro  
Fonte: COMLURB, 2010.

infraestrutura em espaços públicos, com postos de coleta espalhados pela cidade, são pré-requisitos essenciais para essa logística, bem como a adoção de procedimentos legais para o licenciamento de obras que contemplem a obrigatoriedade de quantificar a produção de resíduo, com descrição e estimativa de seu volume gerado.

- 2) Geradores de resíduos da construção civil: Entende-se como gerador o proprietário do imóvel, ou do empreendimento, e de seus contratados. A conscientização da importância de uma atitude individual proativa é fundamental para atingir os objetivos desta proposta. Mesmo que legalmente obrigados a informar e encaminhar o resíduo segregado para um posto de coleta mais próximo, o fator-chave para assegurar o sucesso do programa certamente dependerá do grau de conscientização e da responsabilidade social de cada um dos geradores.

- 3) Empresas de coleta: Empresas de coleta continuariam operando as caçambas de ruas, mas com obrigação de transportar somente os resíduos segregados aos centros de tratamento de resíduos de construção civil, sejam eles oriundos dos postos de coletas ou diretamente dos geradores.
- 4) Associações de catadores e outros agentes promotores: A operação dos pontos de coleta (Ecopontos) e dos centros de tratamento (CTRCC) caberia às associações de catadores, com geração de emprego e renda. A possibilidade de criação de empregos formais na operação dessa rede de logística circular, com utilização e treinamento de mão de obra marginalizada pela sociedade produtiva, seria um dos maiores legados sociais que justificam a proposta. Além da mobilização da sociedade em geral, por campanhas de divulgação através da mídia, recomenda-se às universidades a inclusão nos currículos dos



curso de engenharia e arquitetura de disciplinas voltadas ao estudo do ciclo de vida de materiais, reciclagem de resíduos da construção civil e projetos de edificações sustentáveis. Associações profissionais, como o CREA, CAU, Clubes de Engenharia e IAB, poderiam divulgar a importância do comprometimento dos seus associados em relação ao tratamento e à reciclagem de resíduos da construção civil, com programação de palestras e seminários.

### Produtos reciclados de RCD

Deve-se entender que produtos reciclados não é lixo. Os benefícios de sua reutilização diminui a possibilidade de deposição de resíduos em locais inadequados, bem como a necessidade de extração de matéria-prima em jazidas, nem sempre fiscalizadas sob ponto de vista ambiental. A experiência indica que é também economicamente vantajoso substituir a deposição irregular do entulho pela sua reciclagem. O custo para uma administração municipal é de aproximadamente US\$ 10,00 por metro cúbico de resíduo clandestinamente depositado, incluindo os gastos com a posterior recuperação do local e o controle e tratamento de doenças. Por outro lado, estima-se que o custo da reciclagem implicaria apenas 25% desse total, com a produção de agregados com base em entulhos de construção civil podendo gerar economia de mais de 80% em relação aos preços dos agregados convencionais.

Nos resíduos de classe A (resíduos minerais) o maior obstáculo para reciclagem reside no grau de pureza conseguido no processo de segregação. O uso bruto do entulho como material é, então, a maneira mais barata e primária, mas está condicionada à distância de aplicação, com o transporte muitas vezes encarecendo e desencorajando seu uso. Os principais produtos reciclados são o pó de concreto, pedrisco, britas 1, 2, 3 e 4, e bica corrida para aplicação em reforço de subleitos e sub-bases para pavimentação de estradas e estacionamentos, cobertura de estradas vicinais, passeios para ciclistas e pedestres, camadas de drenagem, base para trabalhos de terraplanagem, concretos não estruturais, agregados para produção de materiais de construção etc.

Em 2007, a rocha britada beneficiada foi consumida no Brasil na construção civil (66%), construção e manutenção de estradas (15%), pavimentação asfáltica (4%), e fabricação de artefatos de cimento (3,5%) (LA SERNA et al., 2007). Na Grande São Paulo, no mesmo ano, foram produzidas 29.764.948 toneladas de brita (Tabela 2), com forte incremento nesses números nos últimos anos, em virtude das altas taxas de crescimento da construção civil.

Um estudo realizado por Zordan (1997) demonstrou, por resultados de ensaios de laboratório, que, quanto mais pobre for o traço do concreto, ou quanto menor a quantidade de cimento utilizado na mistura, as resistências à compressão do concreto que utiliza brita natural e do que utiliza agregado reciclado, oriundo de demolições limpas, tendem a se igualar.

Conforme as Tabelas 2 e 3, o consumo de brita em 2009 em São Paulo foi de 37.619.501 toneladas e a geração de resíduos, no mesmo ano, foi de 6.292.600 toneladas (BAPTISTA Jr., 2011), se fosse retirado desse total os resíduos classe B, potencialmente já reciclados, restando os de classes A e D.

Comparando-se as quantidades de demanda de brita, pode-se supor que os resíduos classe A, dentro do parâmetro para uso não estrutural, poderiam ser completamente reabsorvidos pelo setor. Na cidade do Rio de Janeiro a argamassa reciclada, por exemplo, já consta como um item do caderno de Índice do SCO-RIO Sistemas de Custos e Orçamentos (RIO DE JANEIRO (Município), 2010), conforme apresentado na Tabela 4.

Quanto aos resíduos de classe B, já se dispõe de uma ampla cadeia de reciclagem instalada, com depósitos alimentados por catadores de papelão, vidro, metais, plásticos e madeiras, que os revendem para posterior reutilização pela indústria.

**Tabela 2** - Produção de brita na Grande São Paulo, de 2005 a 2009

Ano	Produção (toneladas)
2005	25.753.933
2006	26.975.988
2007	29.764.948
2008	35.158.412
2009	37.619.501

Fonte: REVISTA AREIA & BRITA, 2009.

**Tabela 3** - Resíduos de construção e demolição no ambiente urbano

Município	Fonte	Geração diária em toneladas	Participação em relação aos resíduos sólidos urbanos
São Paulo	I&T - 2003	17.240	55%
Guarulhos	I&T - 2001	1.308	50%
Diadema	I&T - 2001	458	57%
Campinas	PMC - 1996	1.800	64%
Piracicaba	I&T - 2001	620	67%
São José dos Campos	I&T - 1995	733	67%
Ribeirão Preto	I&T - 1995	1.043	70%
Jundiaí	I&T - 1997	712	62%
São José do Rio Preto	I&T - 1997	687	58%
Santo André	I&T - 1997	1.013	54%

Fonte: SINDUSCON-SP, 2005.

**Tabela 4** - Composição do sistema de custos e orçamentos (SCO-RIO) da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro para agregados reciclados em novembro de 2009

Item elementar	Antigo	Descrição	Unidade de medida	Preço R\$
MAT002710	003570	Agregado reciclado de resíduo da construção civil - equivalente a 0,7 vezes ao elementar MAT018400	m <sup>3</sup>	21,00
MAT002711	003575	Agregado reciclado de resíduo da construção civil - equivalente a 0,8 vezes ao elementar MAT018400	m <sup>3</sup>	24,00

Fonte: RIO DE JANEIRO (Município), 2010.

Em relação aos resíduos de classe C, até maio de 2011 fazia parte deste grupo o gesso, quando então foi alterado o art. 3 da Resolução n. 307 do Conama (BRASIL, 2002a), classificando-o doravante como material de classe B.

Os resíduos de classe D, classificados como perigosos e nocivos à saúde, necessitam de uma licença especial de transporte para serem quimicamente reprocessados por empresas devidamente licenciadas pelos órgãos competentes, no caso do Rio de Janeiro o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) do Rio de Janeiro.

## Conclusão

A eliminação do descarte de resíduos da construção civil em aterros sanitários, lixões e aterros

clandestinos é uma realidade, possível de ser alcançada em futuro próximo.

Para isso, contribui a elaboração de projetos mais eficientes para novas construções, focados em conceitos de sustentabilidade, evitando desperdícios, com escolha criteriosa dos métodos construtivos e dos materiais, tendo em vista todo o ciclo de vida do empreendimento, englobando suas fases de construção, utilização e demolição final.

O tratamento de resíduos de construção e demolição exige nova abordagem, aqui proposta como uma logística circular com reciclagem e aproveitamento de materiais.

Baseando-se nas premissas a seguir, pede-se a forte e efetiva participação de todos os agentes envolvidos (setor público, proprietários, empresas, engenheiros e arquitetos, professores e alunos,

associações de catadores) em prol de um bem comum — a sustentabilidade das cidades: segregação dos resíduos na origem, antes do transporte, para qualquer quantidade gerada; planejamento do reaproveitamento e destino final dos resíduos como parte do projeto; pontos de recepção de resíduos (Ecopontos) em locais espalhados pelos bairros da cidade; implantação de uma infraestrutura eficiente de tratamento de resíduos de construção civil voltados à produção de materiais reciclados; e conscientização da população quanto aos benefícios da iniciativa e incentivo à sua participação, para assegurar a criação de uma cultura sustentável em relação a materiais de construção.

## Referências

- BAPTISTA Jr., J. V. **Uma proposta para logística de reciclagem do resíduo da construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. 2011. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental) — Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama n. 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 5 jul. 2002a. Disponível em: <<http://www.ibamapr.hpg.ig.com.br/30702RC.htm>>. Acesso em: 11 out. 2013.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama n. 308, de 21 de março de 2002**. Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte. Brasília, DF, 21 mar. 2002b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=330>>. Acesso em: 11 out. 2013.
- BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 15 set. 2013.
- BRE GLOBAL. **Building Research Establishment Environmental Assessment Method — BREEAM**. 1990. Disponível em: <[www.breeam.org](http://www.breeam.org)>. Acesso em: 15 set. 2013.
- COLE, R. J.; ROUSSEAU, D.; THEAKER, I. T. **Building environmental performance assessment criteria — Version 1 — Office Buildings**. Vancouver: The BEPAC Foundation, 1993.
- COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA — COMLURB. **Comlurb inaugura Ecoponto no Parque Royal**. 2010. Disponível em: <<http://portal5.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?article-id=1250042>>. Acesso em: 15 set. 2013.
- ESPINELLI, U. A gestão do consumo de materiais como instrumento para a redução da geração de resíduos nos canteiros de obras. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO — AVANÇOS E DESAFIOS, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PCC USP, 2005. 1 CD-ROM.
- GLOBAL URBAN DEVELOPMENT. **Urban Development**. 2010. Disponível em: <<http://www.globalurban.org/publications.html>>. Acesso em: 15 set. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA — IBGE. **Censo Demográfico 2010**: sinopse do censo e resultados preliminares do universo. 2011. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/impressa/ppts/0000000402.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/impressa/ppts/0000000402.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2013.
- JAPAN GREENBUILD COUNCIL — JAGBC. **Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency — CASBEE**. 2004. Disponível em: <[www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm](http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm)>. Acesso em: 15 set. 2013.
- LA SERNA, H. A. et al. **Agregados para a construção Civil**. 2007. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriaDocumento/SumarioMineral2008/Agregados.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2013.
- PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA — PROCEL. **Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações — PROCEL Edifica**. 2003. Disponível em: <[www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)>. Acesso em: 15 set. 2013.
- REVISTA AREIA & BRITA. São Paulo: Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados da Construção Civil, n. 43, jul./set. 2009. Disponível em: <[http://anepac.org.br/wp/pdf\\_revistas/Revista43.pdf](http://anepac.org.br/wp/pdf_revistas/Revista43.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2013.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei Estadual n. 4.829, de 30 de agosto de 2006**. Institui a Política de Reciclagem de Entulhos de Construção Civil e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, 30 ago. 2006. Disponível em: <<http://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/88148/lei-4829-06>>. Acesso em: 15 set. 2013.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Resolução SMAC n. 387, de 24 de maio de 2005**. Disciplina apresentação de projeto de gerenciamento de Resíduos da Construção Civil — RCC. Rio de Janeiro, RJ, 24 maio 2005. Disponível em: <[http://www0.rio.rj.gov.br/smac/up\\_arq/RES-SMAC-387-05%20RCC.pdf](http://www0.rio.rj.gov.br/smac/up_arq/RES-SMAC-387-05%20RCC.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2013.

RIO DE JANEIRO (Município). **Decreto n. 27.078, de 27 de setembro de 2006**. Institui o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e dá outras providências. Rio de Janeiro, RJ, 27 set. 2006. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/DLFE-262099.pdf/DECRETOMUNICIPALN2.7..0.7.8.DE2.7.DESETEMBRODE2.0.0.6..pdf>>. Acesso em: 15 set. 2013.

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Obras. **Catálogo de itens Sco — Rio**. 2010. Disponível em: <<http://www2.rio.rj.gov.br/sco/>>. Acesso em: 12 jan. 2010

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO — SINDUSCON-SP. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil**: a experiência do SindusCon-SP. 2005. Disponível em: <[www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual\\_residuos\\_solidos.pdf](http://www.sindusconsp.com.br/downloads/prodserv/publicacoes/manual_residuos_solidos.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2013.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY — EPA. **The national biennial RCRA hazardous waste report**. 2007. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epawaste/inforesources/data/br07/national07.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2013.

U.S. GREEN BUILDING COUNCIL — USGBC. **Leadership in Energy and Environmental Design — LEED**. 1998. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/leed>>. Acesso em: 15 set. 2013.

ZORDAN, S.E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. 1997. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

Recebido: 31/07/2013

Received: 07/31/2013

Aprovado: 18/09/2013

Approved: 09/18/2013