

Avaliação da implantação da Resolução n. 307/2002 do CONAMA sobre gerenciamento dos resíduos de construção civil

Silvia Paixão Linhares

M.Sc., Avenida Maracanã, 301, 202
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil CEP 20271-111
splinhares@gmail.com

João Alberto Ferreira

D.Sc., UERJ Rua São Francisco Xavier, 524, 5029F
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil CEP 20550-900
joaf@uerj.br

Elisabeth Ritter

D.Sc., UERJ Rua São Francisco Xavier, 524, 5029F
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil CEP 20550-900
ritter@uerj.br

Resumo

O gerenciamento da crescente massa de resíduos sólidos gerados é um dos principais problemas do mundo atual, considerando os riscos de esgotamento dos recursos naturais e os impactos ao meio ambiente e à saúde pública. Neste contexto, este trabalho apresenta o panorama das construtoras em relação ao gerenciamento de seus resíduos sólidos, com o objetivo de analisar o efeito da resolução nº 307/2002 - CONAMA, enfocando com maior detalhamento a reciclagem de RCD nos canteiros de obra, como forma de inserção dos resíduos passíveis de reciclagem no processo produtivo. Verifica-se que a questão ambiental, por si só, não funciona como motivadora para a implantação do gerenciamento de RCD pelas construtoras e, para a incorporação de novas tecnologias, como a reciclagem de RCD no próprio canteiro de obra; e que a resolução nº 307/2002 do CONAMA ainda não produziu os efeitos desejados.

Palavras-chave: *resíduos da construção civil, RCD, gerenciamento de RCD no canteiro de obra, reciclagem de RCD no canteiro de obra.*

Abstract

The management of the increasing volume of generated solid wastes is one of the main problems of the current world, considering the risks of exhaustion of the natural resources and the impacts to the environment and the public health. In this context, this work presents an overall view of the constructors related to the management of their solid wastes, as established the objective to analyze the effect of the resolution nº 307/2002 - CONAMA. Focusing, the recycling of C&D waste in the proper construction's site, as form of insertion of the wastes, possible of recycling, in the productive process. It was verified that the environmental pollution by itself, does not function as motive for the improvement of the management of C&D waste by the constructors and, mainly, for the incorporation of new technologies, as the recycling of C&D waste in the proper construction's site; and that the resolution nº 307/2002 of the CONAMA still did not produce the expected results.

Key words: *construction and demolition wastes, C&D waste, management of C&D waste in the proper construction's site, recycling of C&D waste in the proper construction's site.*

1. Introdução

A sociedade atual tem como desafio o gerenciamento de seus resíduos, especialmente os resíduos sólidos urbanos, sendo que os resíduos da construção civil (RCD) podem representar mais de 50% do volume desses resíduos gerados em algumas cidades brasileiras. Os impactos ambientais causados pela falta de gerenciamento dos RCD, quando estes são dispostos de forma irregular, em vias públicas (conforme Figura 1), terrenos baldios, margens de rios, entre outros, vão desde problemas de saúde pública, até inundações e deslizamentos. Porém, além da disposição irregular, o significativo volume também gera problemas em sua disposição regular em aterros sanitários, que tem sua vida útil reduzida. A obtenção de matéria-prima bruta, como brita e areia, também gera impactos ambientais decorrente da extração, armazenamento e transporte.



Figura 1: Depósito clandestino - Esquina de Rua Baltazar Lisboa com Rua Gonzaga Bastos - Bairro Vila Isabel – Rio de Janeiro (fonte: Linhares, 2005).

Neste contexto verifica-se a real necessidade do gerenciamento de RCD pelas empresas públicas e privadas, sendo determinado, com obrigatoriedade, através da resolução nº 307/2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a efetiva gestão dos resíduos da construção civil, fixando prazos para sua elaboração e implementação. Esta resolução estabelece aos geradores que tenham como objetivo prioritário a não geração de resíduos, e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final (Brasil, 2002).

Este artigo apresenta os resultados dos trabalhos realizados para a elaboração de dissertação de mestrado que teve como objetivos:

- a) investigar sobre as condições atuais de gerenciamento de RCD nos canteiros de obra, pelos médios e grandes geradores, que atuam na área da construção de edificações no Brasil, passados alguns anos da aprovação da resolução CONAMA nº 307;
- b) verificar a existência de reciclagem de RCD no canteiro de obra, através da inserção dos resíduos classe A, na produção de argamassa ou concreto não estrutural, como substituição parcial de areia natural;
- c) desenvolver uma análise inicial da viabilidade técnica e econômica da reciclagem mecanizada no canteiro de obra, visando a possibilidade de implantação desta tecnologia pelas construtoras de médio e grande porte.

2. Os resíduos da construção civil e a Resolução nº307/2002 do CONAMA

Os resíduos da construção civil também chamados de entulhos, caliça ou metralha são os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes de preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concretos em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassas, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc. (Brasil, 2002). Eles enquadram-se, em geral, na classe II-B da norma NBR-10.004 (ABNT, 2004), por serem em sua maioria constituídos de materiais inertes, sendo passíveis de reaproveitamento ou reciclagem. No entanto, segundo D'Almeida e Vilhena (2000), geralmente contêm materiais que podem lhe conferir periculosidade, entre os quais: restos de tintas, solventes, etc.

A construção civil no Brasil, de forma geral, caracteriza-se por: baixa produtividade, precária organização da produção, incipiente base técnica e imprevisibilidade de tempo e custos. O adequado desenvolvimento tecnológico, com o uso de máquinas e equipamentos nos canteiros de obras, encontra obstáculos nas particularidades do processo produtivo, entre as quais: caráter não homogêneo e não seriado de produção, com conseqüente desperdício de materiais, períodos de construção relativamente longos, dependência de fatores climáticos no processo produtivo, parcelamento de responsabilidades entre várias empresas, caráter semi-artesanal (manufatureiro) do processo produtivo, baixa qualificação profissional e baixa qualidade na vida dos trabalhadores (Colombo e Bazzo, 2001).

Entretanto, mesmo com estas características, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2001) revelam números significativos: a indústria da construção civil gerou uma receita operacional bruta de 43 bilhões de reais e uma margem de lucro, descontado o imposto de renda, de 10%; foram executadas 40 milhões de obras, sendo 75% na modalidade de edificações; no Rio de Janeiro foram executadas aproximadamente 6,3 milhões de obras representando 15,5% do total executado no Brasil; a mão-de-obra empregada foi de 670 mil, destas 62% no sudeste e 14% no Rio de Janeiro.

Os resíduos gerados na construção civil têm origens nas perdas e desperdícios em todas as etapas de construção, compreendendo, portanto as fases de: concepção, execução e utilização. Em geral ocorre diferença entre a quantidade de material prevista de forma otimizada e a quantidade utilizada. As perdas e desperdícios podem ser divididos em dois grupos: aquelas que saem das obras, os denominados entulhos, e aqueles que ficam incorporadas à mesma como, por exemplo, em sobreespessura de emboço (Agopyan *et al.*, 2003). Estima-se que cerca de 50% do desperdício são incorporados à própria obra, denominados perdas incorporadas, e outros 50% saem na forma de entulho. A tabela 1 apresenta as taxas de desperdício de acordo com os materiais utilizados em médias e grandes construções (Espinelli, 2005).

Verificam-se algumas grandes diferenças entre mínimo e máximo, revelando a variação das metodologias de projeto e execução e do controle de qualidade entre as obras. O item de maior desperdício é o revestimento de gesso, e com maior variabilidade entre máximo e mínimo; a taxa mínima se refere a uma obra onde o revestimento de gesso foi aplicado em uma base revestida de argamassa, obtendo espessura do revestimento inferior à teoricamente recomendada. O concreto usinado, item de menor desperdício, apresenta variações entre as obras, principalmente no que se refere ao tipo de transporte utilizado, sistema de formas, obediência à geometria da estrutura prevista em projeto e quanto aos equipamentos utilizados para nivelamento.

Tabela 1: Taxas de desperdício de materiais (Fonte: Espinelli, 2005).

Materiais	Taxas de Desperdício (%)		
	Média	Mínimo	máximo
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 para sistemas prediais	15	8	56
Tintas	17	8	24
Condutores	27	14	35
Gesso	30	-14	120

Espinelli (2005) alerta para o fato de que o maior potencial de geração de entulho é de pequenas construções e reformas. Segundo Nunes (2004) estas atividades de reformas e ampliações, que são geralmente construções informais, ilegais e isentas de licenciamento, representam isoladamente pequena quantidade de RCD, porém a soma das quantidades geradas resulta em valores expressivos decorrentes da alta frequência de serviços.

2.1. A resolução nº 307/2002 do CONAMA

A resolução nº 307/202 do CONAMA estabelece uma classificação específica para os RCD, apresentada na tabela 2, visando o seu gerenciamento, em função da grande heterogeneidade destes resíduos. Para a efetiva prática da gestão, a resolução determinou a execução de um Plano Integrado de Gerenciamento de RCD, que compreende o Programa Municipal de Gerenciamento a ser elaborado, implementado e coordenado pelos municípios e Distrito Federal, tendo como prazos máximos: 12 meses para a elaboração (término em janeiro de 2004) e 18 meses para implementação (término em julho de 2004). Compreende também o projeto de Gerenciamento de RCD, a ser elaborado pelos médios e grandes geradores no prazo máximo de 24 meses (término em janeiro de 2005), devendo contemplar a caracterização dos resíduos, triagem, acondicionamento, transporte e destinação. A resolução também determina um prazo de 18 meses (término em julho de 2004) para que os municípios e Distrito Federal parem de dispor os RCD em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de bota-fora. Em alguns estados como São Paulo e Minas Gerais, entre outros, houve um avanço na gestão dos RCD para atendimento da legislação, enquanto que em outros, como é o caso do Rio de Janeiro, a resolução ainda não produziu os efeitos esperados.

Segundo Nunes (2004), a composição dos RCD gerados depende das características de cada cidade, tais como geologia, morfologia, desenvolvimento tecnológico, materiais de construção disponíveis, etc. Quando agrupados de acordo com a classificação apresentada na tabela 2 demonstram que em sua maioria são compostos de resíduos classe "A", em torno de 95%, para municípios como São Paulo, São Carlos, Rio de Janeiro e Salvador.

Tabela 2: Classificação e destinação adequada de RCD (Fonte: Brasil, 2002).

Resíduo	Classificação	Destinação
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem; b) de construção, demolição, reformas, 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, meio-fios, etc.) produzidos em canteiro de obras	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados à áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

3. Análise dos efeitos da Resolução 307/2002 CONAMA

Para a obtenção das informações sobre as condições de RCD nos canteiros de obra pelos médios e grandes geradores (construtoras de edificações) foi utilizado como instrumento um questionário, que foi elaborado de modo a contemplar aspectos desde o conhecimento da resolução nº. 307 do CONAMA até o grau de atendimento a mesma. Este questionário foi enviado por correio eletrônico a 330 construtoras em todo o Brasil, selecionadas a partir de consulta ao site Yahoo; e aplicado através de consulta telefônica a 30 construtoras, selecionadas por sua relevância de atuação em obras executadas no Estado do Rio de Janeiro, com a finalidade de confirmação do quadro geral e para uma aproximação dos dados deste Estado (Linhares, 2005). O índice de respostas aos e-mails e contatos telefônicos foi de 6% e 33% respectivamente. O tratamento dados as duas pesquisas está apresentado nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Dados obtidos através de correio eletrônico (Fonte: Linhares, 2005).

Correio eletrônico (330 consultas) 20 respostas (6%)			
		Quantidade	%
Certificação de qualidade	Sim	9	45
	Não	11	55
Conhecimento da resolução	Sim	16	80
	Não	4	20
Segregação	Inexistente	7	35
	Parcial	5	25
	Total	6	30
	Sem obra ^{*1}	2	10
Redução da geração	Sim	16	80
	Não	2	10
	Sem obra ^{*1}	2	10
Reuso	Sim	3	15
	Não	15	75
	Sem obra ^{*1}	2	10
Reciclagem no canteiro	Sim	3	15
	Não	15	75
	Sem obra ^{*1}	2	10

Observações: A construtora não possuía obras em execução na data da consulta.

Tabela 4: Dados obtidos através de consulta telefônica (Fonte: Linhares, 2005).

Consulta telefônica (30 consultas) 10 respostas (33%)			
		Quantidade	%
Certificação de qualidade	Sim	5	50
	Não	5	50
Conhecimento da resolução	Sim	9	90
	Não	1	10
Segregação	Inexistente	3	30
	Parcial	3	30
	Total	2	20
	Sem obra ^{*1}	2	20
Redução da geração	Sim	7	70
	Não	1	10
	Sem obra ^{*1}	2	20
Reuso	Sim	2	20
	Não	6	60
	Sem obra ^{*1}	2	20
Reciclagem no canteiro	Sim	-	-
	Não	8	80
	Sem obra ^{*1}	2	20

Observações: A construtora não possuía obras em execução na data da consulta.

3.1. Certificação de qualidade

A partir das informações coletadas, percebe-se que aproximadamente 50% das empresas consultadas possuem algum tipo de certificação de qualidade (ISO 9001 ou PBQP-H). Um enfoque maior é dado para a obtenção da certificação do PBQP-H, isto é, as construtoras estão se organizando qualitativamente visando o nível máximo desta certificação, para que possam obter financiamentos junto a Caixa Econômica Federal.

Para isso, diversas construtoras acrescentaram ao seu quadro de técnicos o setor de qualidade e meio ambiente, vinculado muitas vezes ao setor de segurança do trabalho. Esse trabalho é direcionado, especificamente, para a redução do desperdício, com controle das técnicas, mão de obra e materiais utilizados, o que também contribui para a redução da geração de resíduos.

Apenas uma construtora iniciou programa de certificação ambiental, na data da pesquisa, tendo sido paralisado posteriormente. Fica evidente que a certificação ambiental pela ISO 14.001 dever ter o mesmo direcionamento dado às certificações de qualidade que são estimuladas por questões econômicas como, por exemplo, financiamentos e incentivos fiscais.

3.2. Conhecimento da resolução nº 307 do CONAMA

A maioria das construtoras, pesquisadas neste estudo, afirma conhecer a resolução nº 307 do CONAMA não estando este item vinculado apenas às construtoras que possuem certificação de qualidade. Entretanto, não são todas que fazem a segregação dos resíduos e apenas um pequeno número faz a reciclagem dos mesmos.

Complementando a pesquisa realizada pelos questionários e tendo em vista o baixo índice de respostas, verificou-se a necessidade da educação do setor produtivo da indústria da construção civil em relação à resolução nº 307 do CONAMA e suas implicações e que o sindicato da indústria da construção civil abrange um percentual pequeno das construtoras em atividade, já que abrange somente as construtoras associadas. Como a associação não é obrigatória são poucas as construtoras associadas, e mesmo dentre as associadas são poucas as que se interessam pelo tema em questão. Neste contexto se faz necessária a adição de outras entidades como o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA), que possui uma abrangência maior decorrente do registro obrigatório dos técnicos no exercício da profissão, além das prefeituras municipais que possuem um papel de grande relevância e eficácia no momento da concessão de licenciamento para construção e sua posterior fiscalização.

3.3. Segregação de resíduos sólidos

Enfocando o gerenciamento dos resíduos da construção civil a serem implantados pelos geradores em seus canteiros de obra, verifica-se que as construtoras certificadas em programas de qualidade possuem uma preocupação maior com a atividade de segregação dos resíduos gerados, porém no geral predomina a inexistência dessa atividade.

No entanto, na busca de um alto nível de qualidade na construção, as construtoras absorvem novos materiais e novas tecnologias, em sua cadeia produtiva. Por exemplo, pode-se citar a utilização de argamassas industrializadas, revestimentos internos de gesso estuque, paredes *dry wall*, etc. Nesse contexto, novos tipos de resíduos são gerados, em detrimento dos resíduos gerados pelas construções tradicionais. Sendo assim, em um programa de gestão de resíduos sólidos de uma obra, decorrente de uma extensa gama de resíduos gerados, se faz necessária uma correta e rigorosa segregação desses resíduos, visando sua destinação adequada.

A principal dificuldade, apontada pela maioria das construtoras pesquisadas, para a implantação de um programa de gestão de resíduos é a sensibilização da mão de obra quanto à necessidade da segregação

dos resíduos. Neste sentido são realizados treinamentos com enfoque na educação ambiental em conjunto com programas de alfabetização, que podem ser realizados no próprio canteiro de obra.

Várias técnicas podem ser adotadas para a conscientização dos trabalhadores, entretanto, a fixação da divisão das classes dos resíduos tem fundamental importância na fase de implantação de um programa de gestão para garantir a eficácia da segregação. Nesse sentido, verifica-se a adoção de sinalização em toda a obra conforme Figura 2.



Figura 2: Sinalização quanto à classificação dos resíduos sólidos de acordo com a resolução n.º. 307 do CONAMA (Fonte: Linhares, 2005).

Para depósito temporário de resíduos, as construtoras estão testando os dispositivos existentes de acordo com o tipo e a quantidade de resíduo gerado, sendo eles: baias (conforme Figura 3), caçambas estacionárias, *bags* e bombonas.



Figura 3: Baias de madeira para depósito temporário de resíduos (Fonte: Linhares, 2005).

3.4. Os 3R's no canteiro de obras

Segundo Agenda 21 (1992) os 3 R's constituem os primeiros passos da hierarquia de objetivos que formam a estrutura de ação necessária para o manejo ambientalmente saudável dos resíduos, sendo:

- (a) Redução ao mínimo dos resíduos;

(b) Aumento ao máximo da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis dos resíduos.

É importante ressaltar que a resolução CONAMA n. 307 estabelece aos geradores que tenham como objetivo prioritário a não geração de resíduos e secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

Porém, a não geração de resíduos traduz-se em uma grande batalha, a partir do controle de perdas e desperdícios, que tem origem fundamentada nas características próprias da indústria da construção civil, que se revela uma atividade única, artesanal, com utilização de mão-de-obra de baixa qualificação e desenvolvimento insuficiente de novas tecnologias.

Quanto aos 3 R's dentro do canteiro de obra, verificou-se que a redução, e até mesmo a não geração, de resíduos da indústria da construção civil tem elevado índice de aceitação em função do controle de perdas e desperdícios relativo às questões financeiras do empreendimento. É um processo que se inicia com a implantação de um programa de qualidade, sendo necessário elevar o padrão de qualificação profissional e utilização de novas tecnologias em cada etapa da construção. Como por exemplo, na redução da espessura de revestimento, controle no armazenamento e transporte de materiais, utilização de placas de gesso acartonado que não necessitam de argamassa e possibilitam uma menor geração de sobras e entulhos, utilização de peças metálicas em substituição a outros materiais, conforme Figuras 4 e 5, que podem chegar para o construtor pré-acabadas, identificadas de acordo com o projeto e montadas no local, sendo que as sobras não chegam até a obra, etc.



Figura 4: Escada com estrutura em aço, substituindo as escadas em concreto armado - Conjunto habitacional Tom Jobim – Rio de Janeiro (Fonte: Linhares, 2005).



Figura 5: Estrutura de telhado em aço, substituindo o tradicional madeiramento - Conjunto habitacional Tom Jobim – Rio de Janeiro (Fonte: Linhares, 2005).

Com a contínua geração de RCD, a reciclagem revela-se como um importante instrumento para a redução dos resíduos normalmente destinados para aterros, principalmente no Brasil onde mais de 90% dos resíduos gerados são passíveis de reciclagem, fazendo com que os resíduos retornem para o processo produtivo em substituição parcial da matéria-prima natural. É uma atividade que pode ser executada em usinas ou, até mesmo, no próprio canteiro de obra.

Segundo Vaz (1994) a reciclagem de RCD pode ser executada com instalações e equipamentos de baixo custo ou opções mais sofisticadas tecnologicamente, porém, todas as opções exigem áreas e equipamentos destinados à seleção, trituração e classificação de materiais. Também ressalta que as opções de maior nível de mecanização produzem a um custo mais baixo e geram um produto com qualidade superior. Porém por exigirem mais investimentos e uma escala maior de produção, adequam-se somente às grandes cidades.

Nesse contexto, Granato (*in* Zordan, 1997) indica que a viabilidade de usinas com equipamentos britadores está relacionada com a geração de quantidades regulares, admitindo-se plantas de 30t/h a 500t/h. Porém Pinto (*in* Zordan, 1997), ressalta que o importante é adequar o porte do conjunto de equipamentos à realidade de cada município, sendo aceitável uma escala de produção menor, com aproximadamente 20t/h e com equipamentos menos sofisticados.

Para os pequenos municípios, onde até mesmo as usinas de menor escala tornam-se inviáveis, existe a opção dos consórcios municipais, onde os municípios se unem para a implantação de uma única usina de reciclagem com utilização em conjunto. Porém, a viabilidade da realização dos consórcios municipais está diretamente relacionada às distâncias entre os municípios participantes do consórcio, dada a importância dos custos de transporte, sendo possível apenas para municípios muito próximos (Vaz, 1994).

Sendo assim, a reciclagem de RCD no próprio canteiro de obra, mostra-se uma alternativa vantajosa. No entanto, é considerada pela maioria dos construtores como uma prática inviável tanto tecnicamente quanto economicamente, o que demonstra a falta de informações sobre o assunto e suas possibilidades. Até mesmo as cartilhas existentes, elaboradas pelos sindicatos, somente estimulam a segregação dos resíduos e o destino dos resíduos classe "A" (passível de reciclagem – classificação resolução nº. 307 do CONAMA) para as usinas de reciclagem, sem nenhuma menção à reciclagem destes resíduos no próprio canteiro de obra.

Contudo, foram encontradas três construtoras que relataram o exercício da reciclagem do resíduo classe "A" no canteiro de obra, verificando-se que não são ações atuais, já que a mais recente realiza reciclagem de RCD em seus canteiros de obra há aproximadamente oito anos, e todas mostraram-se satisfeitas com os trabalhos realizados. Porém, estas construtoras não possuem relatórios tecnicamente detalhados de sua experiência, contribuindo para a falta de dados a serem disponibilizados para pesquisas.

Não se deve esquecer as dificuldades do processo de reciclagem. Segundo estudos da USP (2003), os produtos da reciclagem de RCD possuem restrições de qualidade técnica e apresentam problemas quanto à absorção de água, composição granulométrica e homogeneidade ao longo do tempo, necessitando de rigorosos testes laboratoriais e normalizações, a fim de evitar o surgimento de problemas patológicos nas obras realizadas com substituição parcial de agregados naturais por agregados reciclados.

3.5. Destinação de resíduos sólidos

Quanto à destinação dos resíduos, verifica-se que os resíduos classe "A" estão sendo coletados por caçambeiros. Porém apenas alguns municípios determinam a contratação de caçambeiros credenciados pela companhia de limpeza do município ou pelo órgão municipal destinado a essa fiscalização, para que se tenha garantia que os resíduos serão depositados em áreas licenciadas. Também está sendo utilizado no município de Niterói/RJ, em caráter experimental, um tipo de manifesto de resíduos com a coleta de assinaturas do gerador, transportador e do responsável pelo local de destino final; para a documentação da responsabilidade solidária na destinação desse resíduo.

Os resíduos classe "B", tanto nas grandes quanto nas médias construtoras, vêm sendo segregados e destinados diferencialmente dos demais por serem comercializáveis ou objetos de doação. Como por exemplo, as sobras de madeira que são direcionadas para empresas que as utilizam como combustível em seus fornos, como as olarias, as indústrias de sapatos, etc. (Figura 6) e as sobras de ferragens, são normalmente comercializadas com os sucateiros.



Figura 6: Resíduo classe "B" (madeira) a ser enviado para olaria (Fonte: Linhares, 2005).

Verifica-se a importância do envolvimento dos fornecedores de materiais, além dos próprios trabalhadores, principalmente para os resíduos que se enquadram nas categorias "C" e "D", não passíveis de reciclagem e ainda sem destinação adequada. Os fornecedores devem ser co-responsáveis pelos resíduos de

seus produtos, originados tanto de sua aplicação quanto de seu transporte, e também por suas embalagens. Sendo assim, devem fornecer suporte técnico com treinamento da mão-de-obra para a aplicação de seus produtos, visando a redução de resíduos oriundos das perdas e do re-trabalho, provocado por erros de execução e manutenção, garantindo longa vida útil para seus produtos. Assim como diretrizes para aproveitamento dos resíduos e descarte ambientalmente seguro. Particularmente, no município de Niterói / RJ, o único aterro do município (Morro do Céu) não recebe mais esses tipos de resíduos. Sem uma definição da destinação desse resíduo, as construtoras em atividade no município estão armazenando no próprio canteiro de obras, conforme Figura 7.



Figura 7: Depósito de resíduo classe "C" (gesso), atualmente sem destinação (Fonte: Linhares, 2005).

4. Reciclagem mecanizada de RCD nos canteiros de obra

Através das entrevistas realizadas com estas construtoras, buscou-se traçar um panorama inicial da viabilidade técnica e econômica da reciclagem de RCD no canteiro de obra.

4.1. Viabilidade técnica

A primeira observação foi a variação quanto aos procedimentos técnicos utilizados, porém houve concordância quanto aos serviços onde poderiam ser aplicados o produto da reciclagem de RCD, que compreende a utilização de argamassa reciclada em peças não estruturais, restringindo aos serviços de alvenaria e revestimentos internos. No entanto, uma das vantagens de reciclagem na própria obra é a não contaminação dos resíduos classe "A", que podem ser segregados de acordo com as etapas da obra, dando maior confiabilidade à argamassa produzida, podendo também ser utilizada para a execução de artefatos de concreto não estrutural moldados in loco, assim como: cordão, sarjeta, meio-fio e etc.

Porém, segundo Vazquez (2005) também poderão ser utilizados RCD de concreto com propriedades conhecidas, como: densidade, teor de absorção de água, pH, granulometria, etc., para a fabricação de peças estruturais compondo 20% da mistura. Esse percentual tem grande variabilidade nos diversos países do mundo, onde já existem normas sobre o assunto, como Alemanha, Holanda, Estados Unidos e Espanha.

No Brasil, através dos relatos das experiências existentes e da pesquisa por trabalhos acadêmicos recentes, verificou-se que o uso de RCD para a produção de argamassa a ser utilizada nos serviços de chapisco e emboço deve ser realizado de forma criteriosa referente ao fator água / cimento, traço da mistura e introdução de aditivos específicos para evitar fissuração posterior. Do mesmo modo, são necessários testes de resistência, arrancamento, retração e outros, para garantir a qualidade técnica da argamassa produzida. Assim como, a normalização dos procedimentos técnicos através dos órgãos competentes.

Nos canteiros de obra, a segregação dos resíduos gerados deve ser realizada de forma mais rigorosa dando importância à sua composição para permitir a definição dos traços de argamassa e concreto, de acordo com a quantidade e tipo de resíduo gerado e do serviço a ser executado, bem como da seleção correta do equipamento de fragmentação a ser utilizado, de acordo com a granulometria de agregados necessária para a execução dos serviços e sua capacidade de produção. A segregação dos resíduos é uma prática que pode ser executada com facilidade e com êxito, já que os serviços em uma obra são separados em fases distintas e seus resíduos são coletados e armazenados temporariamente por pavimentos e até mesmo em compartimentos, devendo-se adotar um procedimento adequado para o serviço de limpeza da obra.

Dentre os equipamentos de fragmentação existentes, dois tipos foram apontados por usuários como satisfatórios, são eles: moinho de rolos e britador de mandíbulas.

O moinho de rolos (Figura 8) é um equipamento multifuncional, pois pode realizar a fragmentação dos resíduos ao mesmo tempo em que produz argamassa. O processo de execução se dá através de dois rolos moedores/misturadores, que se localizam no interior de uma caçamba de piso horizontal. Os rolos giram em torno de um eixo central vertical, puxados por manivelas de eixo duplo que lhes permite elevar-se por cima do resíduo, moendo-o. Duas pás rapadeiras empurram os materiais por baixo dos rolos moedores. A descarga da argamassa pronta para uso dá-se por uma comporta no piso da caçamba com o moinho em funcionamento.



Figura 8: Equipamento utilizado para a produção de agregado reciclado – moinho de rolos (Fonte: Linhares, 2005).

O britador de mandíbulas é um equipamento destinado à fragmentação de pedras, podendo ser utilizado exclusivamente para fragmentação de resíduos da construção civil, produzindo agregado reciclado. Tem a capacidade de fragmentar resíduos de blocos cerâmicos, assim como, resíduos de argamassa e concreto endurecidos. Faz-se necessária a seleção prévia dos resíduos a serem fragmentados, decorrente

das dimensões da abertura de entrada do equipamento, que varia de acordo com o modelo e o fabricante do mesmo.

Vários modelos, de fabricantes distintos, podem ser encontrados no mercado. A título de exemplificação, as características técnicas de alguns equipamentos estão descritas na tabela 5, proporcionando dados comparativos para avaliação do equipamento satisfatório.

Tabela 5: Comparativo das características técnicas de diversos equipamentos (Linhares, 2005).

Equipamento	Moinho	Moinho	Britador	Britador	Britador	Britador
Tipo	Rolos	Rolos	Mandíbula	Mandíbula	Mandíbula	Mandíbula
Fabricante	ANVI	Engendrar	Engendrar	Ameff	Ameff	Marconi
Origem	Nacional	Nacional	Nacional	Nacional	Nacional	Nacional
Modelo	ANVI 500	MR 200	BM	ABM	ABM	MA - 4080
Produção (m ³ /h)	2	3	1	2 - 3	2 - 3	0,1 - 0,3
Dimensões (m)	2,75	1,50	1,13	0,87	1,15	0,80
C x L x A	1,90	0,54	0,49	0,61	0,67	0,50
	1,50	1,64	0,66	1,36	1,65	0,82
Peso (t)	2,5	0,40	0,27	0,28	0,50	
Acionamento (cv)	7,5	2 - 3	3	3	7,5	1
Entrada de material (mm)	-	200 x 200	89 x 127	50	100	80 x 40
Granulometria (mm)	Tempo ²	-	5 - 25	3 - 5	20 - 30	6 - 12
Custo-aquisição (R\$) ¹	22.000,00	20.870,00	16.200,00	16.300,00	24.500,00	No momento sem fornecimento

Observações: (1) custo referente ao mês de agosto de 2005, (2) depende do tempo de moagem.

4.2. Viabilidade econômica

Para a avaliação econômica, foi realizado um estudo simulado de reciclagem mecanizada de resíduo classe "A" no próprio canteiro de obra com o uso do equipamento ANVI 500 (moinho e argamasseira), utilizando a argamassa produzida para os serviços de assentamento de alvenaria de vedação, chapisco e emboço para revestimento das paredes (internamente) e contrapiso. Foi utilizado como base o projeto de uma unidade residencial de 60 m², com o cálculo de quantitativos de acordo com os critérios de medição das Tabelas de Composições de Preços para Orçamento - TCPO 2000 (1999) e com padrões normalmente adotados pela engenharia de custos.

Para a composição dos serviços foram adotadas as composições do Sistema de custos para obras e serviços de engenharia / SCO - RIO (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2005) nos itens de execução de alvenaria com argamassa de cimento e areia no traço 1:8, execução de emboço e chapisco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 e execução de contrapiso com argamassa de cimento e areia no traço 1:5. Para a composição dos serviços com RCD foram adotados os traços pesquisados pelo fabricante do equipamento ANVI 500 (ANVI, 2005), sendo utilizada argamassa de cimento, RCD e areia no traço 1:4:7 para execução de alvenaria, emboço e chapisco; e argamassa de cimento, RCD e areia no traço 1:6:1,5 para execução de contrapiso.

Quanto aos custos, verifica-se que a redução financeira obtida no serviço de contrapiso, utilizando os resíduos classe "A" proveniente dos serviços de alvenaria, emboço e chapisco, está na ordem de 20% comparando os serviços mecanizados sem adição de entulho (R\$609,88/unidade residencial) com os serviços mecanizados com adição de entulho (R\$483,41/unidade residencial), conforme tabela 6.

Tabela 6: Custo do serviço de contrapiso - Data base de custos IO = 05/2005 (Fonte: Linhares, 2005).

Serviço	Unid.	Quant. ¹	Serviço sem adição de entulho com trabalho manual ²		Serviço sem adição de entulho com trabalho mecanizado ³		Serviço com adição de entulho com trabalho mecanizado ⁴	
			R\$	R\$ / unidade residencial	R\$	R\$ / unidade residencial	R\$	R\$ / unidade residencial
Contrapiso	m ²	54,42	11,78	641,07	10,58	575,76	9,51	517,53
Bota-fora	m ³	1,53	22,30	34,12	22,30	34,12	- 22,30	- 34,12
Total			-	675,19	-	609,88	-	483,41
Redução de R\$							126,47	/ unidade residencial

Observações: (1) Cálculo de quantitativo de serviços, executado de acordo com os critérios de medição do TCPO 2000 (1999); (2) Custos provenientes das composições de custos de serviços do SCO-RIO, considerando como base o mês de maio de 2005; (3) Cálculo de custos provenientes de composições de custos de serviços adaptada do SCO-RIO, considerando como base o mês de maio de 2005; (4) Composições de custos utilizando os traços pesquisados pela ANVI (2005).

No entanto, quando compara-se a unidade residencial como um todo, utilizando como parâmetro o valor do Custo Unitário Básico - CUB (SINDUSCON - RJ, 2005), percebe-se que a redução é irrisória, constituindo 0,24% do valor de custo total de uma unidade residencial, conforme Tabela 7.

Tabela 7: Representação da economia, pela utilização de entulho no serviço de contrapiso (Fonte: Linhares, 2005).

Itens	Quantidade (m ²)	CUB (R\$ / m ²)	Valor total (R\$)
Unidade residencial	60	867,68 ¹	52.060,80
Redução pelo uso de entulho no serviço de contrapiso	-	-	126,47
A redução financeira representa 0,24 % do custo total de construção da unidade residencial			

Observações: (1) Valor do CUB representativo de maio de 2005, compatível com uma unidade de 2 quartos, de padrão normal, em um edifício de 8 pavimentos. Fonte: SINDUSCON - RJ

O estudo de simulação de custos permitiu confirmar que os ganhos financeiros com a reciclagem no canteiro de obra, através de seus próprios resíduos, são pequenos. Porém, estes podem ser significativos, quando são introduzidos resíduos de outras obras, para que se obtenha volume suficiente de argamassa reciclada para toda a obra, sendo utilizada nos serviços de alvenaria, emboço com chapisco e contrapiso. Neste caso a economia fica na ordem de 15 % do custo dos serviços pela substituição do preparo de argamassa manual pelo serviço mecanizado, e 10% na comparação entre serviços com preparo de argamassa mecanizados, conforme tabela 8. Em uma escala maior, para que a redução de custos atinja o valor do custo total de 1 unidade residencial, seria necessário um empreendimento com mais de 44 unidades e 69 unidades, respectivamente, conforme tabela 9. Não foi considerado o custo do transporte e suas emissões pela complexidade de fixar as distâncias entre os geradores e os locais para destinação final ou uma possível obra receptora de resíduos.

Tabela 8: Custo dos serviços de alvenaria, emboço com chapisco e contrapiso - IO = 05/2005 (Fonte: Linhares, 2005).

Serviço	Unid.	Quant. ¹	Serviço sem adição de RCD com trabalho manual ²		Serviço sem adição de RCD com trabalho mecanizado ³		Serviço com adição de RCD com trabalho mecanizado ⁴	
			R\$	R\$ / unidade residencial	R\$	R\$ / unidade residencial	R\$	R\$ / unidade residencial
Alvenaria	m ²	160,78	21,69	3.487,32	21,09	3.390,85	20,88	3.357,09
Emboço e chapisco	m ²	287,35	12,14	3.488,43	11,15	3.203,95	9,08	2.609,14
Contrapiso	m ²	54,42	11,78	641,07	10,58	575,76	9,51	517,53
Bota-fora	m ³	1,53	22,30	34,12	22,30	34,12	- 22,30	- 34,12
Total			-	7.650,94	-	7.204,68	-	6.449,64

Redução de custo pela substituição do preparo manual da argamassa, sem adição de RCD, pelo serviço mecanizado, com adição de RCD - R\$ 1.201,30 / unidade residencial

Redução de custo, entre serviços com preparação de argamassa mecanizados, com adição de RCD

R\$ 755,04 / unidade residencial

Observações: (1) Cálculo de quantitativo de serviços, executado de acordo com os critérios de medição do TCPO 2000 (1999); (2) Custos provenientes das composições de custos de serviços do SCO-RIO, considerando como base o mês de maio de 2005; (3) Cálculo de custos provenientes de composições de custos de serviços adaptada do SCO-RIO, considerando como base o mês de maio de 2005; (4) Composições de custos utilizando os traços pesquisados pela ANVI.

Tabela 9: Representação da economia, pela utilização de entulho nos serviços de alvenaria, emboço com chapisco e contrapiso (Fonte: Linhares, 2005).

Itens	Quantidade	CUSTOS (R\$)	Valor total (R\$)
Unidade residencial	60 (m ²)	867,68 ¹	52.060,80
Redução de custo com substituição do preparo da argamassa manual por mecanizado	44 (unid.)	1.201,30	52.857,20
Redução de custo entre serviços mecanizados	69 (unid.)	755,04	52.097,76

Observações: Valor do CUB - RJ representativo de maio de 2005, compatível com uma unidade de 2 quartos, de padrão normal, em um edifício de 8 pavimentos. Fonte: SINDUSCON - RJ

No entanto, após uma avaliação para a cidade do Rio de Janeiro, ressaltando a necessidade de um estudo particular de cada região pela existência de uma grande variação entre as diversas cidades brasileiras, sobre o comportamento dos custos referentes à taxa de aquisição de areia natural e à tarifa de descarga de resíduos em locais de disposição final comparando com o Índice Nacional do Custo da Construção - INCC (Figura 9) percebeu-se que a preferência pela aquisição de areia natural e conseqüentemente pelo bota-fora dos resíduos gerados é justificada. Ambos apresentam uma tendência de aumento de seus custos, porém, não acompanham o grande aumento do INCC, fazendo com que apareçam de forma menos significativa no custo total da construção, ao longo do tempo.

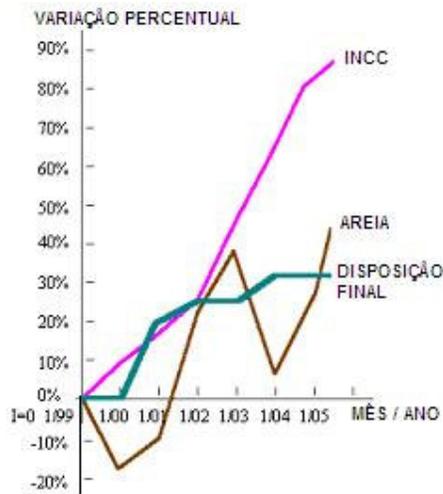


Figura 9: Gráfico comparativo de comportamento de custos (Fonte: Linhares, 2005).

Contudo, na medida em que os órgãos responsáveis pela fiscalização das atividades poluidoras passarem a exigir o cumprimento da legislação vigente, haverá aumento substancial da tarifa de disposição final de RCD e na aquisição da areia natural, que atualmente são inadequados privilegiando o baixo custo. Isto deverá implicar, subseqüentemente, no aumento dos ganhos financeiros com a reciclagem de RCD no canteiro de obra, fomentando a utilização desta prática de forma abundante.

Porém, algumas ações devem ser implementadas para que a reciclagem seja efetivamente realizada pelas construtoras. Em um primeiro momento verifica-se a necessidade da adoção de medidas com o objetivo de prover as construtoras de informações quanto à possibilidade de execução dessa atividade; seguida de estudo e implementação da normalização de procedimentos, para que a atividade seja executada com parâmetros técnicos pré-definidos, concedendo confiabilidade e qualidade aos serviços.

Financeiramente, percebeu-se que uma economia maior pode ser alcançada com a adoção de agregados reciclados em todos os traços de argamassas e concretos não estruturais da obra. Porém, os resíduos não são gerados em quantidade suficiente para suprir a demanda e se forem reciclados na própria obra já estarão voltando para o ciclo produtivo atendendo aos objetivos da resolução CONAMA nº 307. Contudo, também pode-se recorrer à incorporação de resíduos de outras obras, que não realizam a reciclagem de RCD, podendo alcançar uma economia significativa. Neste sentido, alerta-se para o fato da possibilidade da inserção dos resíduos da construção civil em bolsas de resíduos como, por exemplo, a da FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, que promove a livre negociação entre as indústrias, para que os resíduos de uma indústria possam ser adquiridos como matéria-prima de outra indústria, conciliando ganhos econômicos com ganhos ambientais.

5. Conclusão

Assim como todos os geradores de resíduos sólidos de uma sociedade, as construtoras procuram pela retirada de RCD de suas obras visando o serviço economicamente mais atrativo, em conjunto com a necessidade de rapidez no descarte dos resíduos. Após a saída da obra não se sentem mais responsáveis

pelos resíduos gerados, isto é, não se preocupam com seu destino e os inúmeros problemas ambientais e econômicos causados por sua geração, que em algumas cidades brasileiras ocupam em torno de 50% do volume dos aterros públicos.

Através das respostas recebidas, pode-se verificar que, mesmo depois de passados mais de três anos de promulgada a resolução nº 307 / 2002 do CONAMA, as construtoras ainda não estão aptas para atendê-la, mostrando-se despreocupadas com seu cumprimento, sendo até mesmo considerada como uma sobrecarga no gerenciamento da obra e como impedimento para seu bom andamento no cronograma de prazos. Do mesmo modo, a utilização de agregados reciclados também é considerada como impedimento no desempenho da qualidade técnica dos serviços. Neste ponto, fica evidente a pouca mobilidade do setor, principalmente quando se refere à incorporação de novas tecnologias, que aparentemente não se traduz em grandes ganhos financeiros.

Apenas parte das construtoras sindicalizadas está procurando atender à resolução, a partir da correta segregação dos resíduos gerados, atuando nos serviços de limpeza da obra, transporte dos resíduos e seu armazenamento temporário, testando as alternativas que melhor se enquadram, de acordo com as características de cada obra. Porém, constatou-se que a dificuldade maior encontra-se na disposição final dos resíduos após sua segregação.

A pesquisa também revelou a imensa falta de informações da indústria da construção civil, que apesar de ter demonstrado saber da existência da resolução nº 307 / 2002 do CONAMA, não tem conhecimento de seu conteúdo. A falta de informações é maior quanto à possibilidade de reciclagem de RCD no canteiro de obra, sendo que esta atividade não é recente, possuindo patente de inovação tecnológica registrada no Brasil desde 1997.

Neste contexto, as construtoras somente sairão da inércia quando sofrerem fiscalizações e taxações. Sendo necessária a implantação de uma legislação rigorosa, com custos elevados de descarte de resíduos e aquisição de matéria prima para uma efetiva redução dos impactos ambientais causados por esta indústria.

De forma geral, foi possível concluir que a questão ambiental, por si só, não é motivadora para a adoção de novos procedimentos; que a resolução nº 307 / 2002 do CONAMA ainda não produziu os efeitos desejados; e que a reciclagem de resíduos classe "A" no canteiro de obra é uma atividade viável tecnicamente e economicamente, ressaltando a importância de um rigoroso controle de qualidade dos materiais produzidos com RCD para evitar o surgimento de patologias nas construções.

6. Referências

AGENDA 21. 1992. Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos. Cap.21. Acessado em: 07/12/2007, disponível em: <http://www.mma.gov.br>.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L. de; PALIARI, J. C. e ANDRADE A. C. de. 2003. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. *In: Coletânea Habitare. Inovação, gestão da qualidade & produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional*, v.2, cap.10, p. 224-249. Acessado em: 17/10/2004, disponível em: <http://www.habitare.org.br>.

ANVI. 2005. Catálogo técnico. Acessado em: 23/05/2005, disponível em: <http://www.anvi.com.br>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2004. NBR 10.004 - Resíduos Sólidos: Classificação, 71 p.

BRASIL. 2002. Resolução CONAMA n.º 307 - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 17 de julho de 2002.

COLOMBO, C. R. e BAZZO, W. A. 2001. Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS. Acessado em: 22/07/2004, disponível em: <http://www.campus-oei.org/salactsi/colombobazzo.htm>.

D'ALMEIDA, M. L. O. e VILHENA, A. 2000. *Lixo municipal (Manual de gerenciamento integrado)*. São Paulo, IPT/CEMPRE, 370 p.

ESPINELLI, U. 2005. 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. São Paulo, PCC USP. CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2001. Pesquisa anual da indústria da construção. Rio de Janeiro. v.11. Acessado em: 4/07/2004, disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

LINHARES, S. P. 2005. Gerenciamento dos resíduos da indústria da construção civil: análise do efeito da resolução nº 307/2002 do CONAMA. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 155 p.

NUNES, K. R. A. 2004. *Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição*. Rio de Janeiro, RJ. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 276 p.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. 2005. Sistema de custos para obras e serviços de engenharia / SCO - RIO. Acessado em: 16/06/2005, disponível em: http://www2.rio.rj.gov.br/cgm/tabelas_precos.

SINDUSCON - RIO. 2005. CUB: Custo unitário básico. Acesso em: 25/08/2005, disponível em: <http://www.sinduscon-rio.com.br>.

TCPO 2000. 1999. *Tabelas de composições de preços para orçamentos*. São Paulo, Pini, 284 p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP). 2003. Reciclagem de entulho. Acessado em: 20/01/2004, disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>.

VAZ, J. C. 1994. Reciclagem de entulho. Acessado em: 20/01/2004, disponível em: <http://www.federativo.bndes.gov.br>.

VAZQUÉZ, E. 2005. Experiência européia na reciclagem de resíduos - Avanços recentes. In: Seminário de gestão e reciclagem de resíduos da construção e demolição - Avanços e desafios. São Paulo, PCC USP. CD-ROM.

ZORDAN, S. E. 1997. *A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto*. São Paulo, SP. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 140 p. Acessado em: 17/10/2004, disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>.

Submissão: 08/11/2007
Aceite: 28/11/2007