

Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva

Diagnosis and actions to reduce waste generation in building sites: a progressive approach

Ubiraci Espinelli Lemes de Souza
José Carlos Paliari
Vahan Agopyan
Artemária Coêlho de Andrade

Resumo

A indústria da construção civil, além de grande consumidora de recursos naturais, é considerada uma grande geradora de resíduos, sendo motivo de diversas discussões quanto à necessidade de se buscar o desenvolvimento sustentável. As ações com o objetivo de melhorar esta situação podem acontecer nas várias etapas do processo de produção, envolvendo diferentes agentes da cadeia produtiva, destacando-se medidas para a redução da geração de resíduos diretamente na fonte, reutilização ou reciclagem deles e, finalmente, a sua deposição adequada. Este trabalho aborda a questão da redução da ocorrência de resíduos nos canteiros de obras, apresentando um conjunto de posturas e métodos, elaborados e adotados em várias pesquisas coordenadas pelo Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC-USP), muitas vezes com a participação de várias outras instituições, que propõem um aprimoramento progressivo na busca do objetivo de redução da geração de resíduos na produção de edifícios. Tais estudos levaram a uma abordagem de pesquisa que preconiza a gestão do consumo de materiais nos canteiros de obras com base em indicadores de desempenho e na aplicação do princípio de melhoria contínua.

Palavras-chave: desperdício de materiais, resíduos de construção civil, desenvolvimento sustentável, gestão do consumo de materiais, canteiro de obras

Abstract

Apart from being a major consumer of natural resources, the building industry also generates a large amount of waste. For this reason, this sector is the object of much discussion on the search for sustainable development. The actions aimed at improving this situation may take place in several phases of the building process, involving different supply chain participants, including measures for reducing the waste generation at its source, as well as the reuse or recycling of waste, and, eventually, its adequate disposal. This paper deals with the issue of how to reduce waste in building sites, proposing a set of postures and methods, devised and adopted in several research studies coordinated by the Construction Department from the Polytechnic School of the University of São Paulo, most of them involving other institutions, which have proposed a progressive improvement towards the reduction of waste in the production of buildings. Those studies have led to a research approach that emphasizes the management of material consumption in building sites based on performance measurement and on the application of the continuous improvement principle.

Keywords: material waste, building residues, sustainable development, material consumption management, building sites

Ubiraci Espinelli Lemes de Souza
Departamento de Engenharia de
Construção Civil
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, Trav. 02,
nº 271
CEP: 05505-900
São Paulo, SP - Brasil
Tel.: (11) 3091-5428
E-mail: ubiraci.souza@poli.usp.br

José Carlos Paliari
Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luís (SP-310),
Km 235
CEP: 13565-905
São Carlos, São Paulo - Brasil
Tel.: (16) 3351-8262, Ramal 230
E-mail: jpaliari@power.ufscar.br

Vahan Agopyan
Departamento de Engenharia de
Construção Civil
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo
Tel.: (11) 3091-5550
E-mail: vahan.agopyan@poli.usp.br

Artemária Coêlho de Andrade
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Construção Civil e
Urbana
Escola Politécnica da Universidade de
São Paulo
Tel.: (11) 3091-5459
E-mail: artemaria.andrade@poli.usp.br

Recebido em 15/03/04
Aceito em 06/10/04

Introdução

A indústria da construção civil e a geração de resíduos

A indústria da construção civil ocupa posição de destaque na economia nacional, sendo responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Dados recentes indicam que o macrocomplexo construção civil responde por 15% do PIB nacional (CONSTRUBUSINESS, 2003).

Além desta participação direta no PIB, destaca-se também o grande contingente de mão-de-obra direta empregada, que corresponde a 3,92 milhões de empregos, sendo o maior setor empregador da economia nacional (CONSTRUBUSINESS, 2003).

Esta indústria é responsável por um consumo considerável de materiais, seja em quantidade ou diversidade. Comparando-se, por exemplo, com a indústria automobilística, o seu consumo, medido em massa de materiais demandados, chega a ser de 100 a 200 vezes maior¹.

Embora outras indústrias tenham problemas semelhantes, a ineficiência em alguns dos processos produtivos e, principalmente, o seu tamanho fazem com que a indústria da construção civil seja reconhecidamente uma grande geradora de resíduos. Estes aparecem tanto na construção civil informal quanto na formal.

O interesse em saber a quantidade de resíduos gerada pela indústria da construção civil existe há algum tempo, muitas vezes inserido na discussão da redução de desperdícios. A primeira referência nacional sobre essa questão, que suscitou uma discussão mais ampla sobre o assunto, foi o trabalho realizado por Pinto (1989).

Recentemente, o interesse neste assunto tem se acirrado com a discussão de questões ambientais, uma vez que desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo (mais comumente denominado entulho de construção) ou sob outra natureza, significa desperdiçar recursos naturais, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões.

Soma-se a esse fato a escassez de locais para a deposição do resíduo gerado, principalmente nos grandes centros urbanos, o que ocasiona transtornos à população e demanda vultosos investimentos financeiros.

Assim, atualmente observa-se um grande potencial para a redução dos resíduos gerados na construção civil, haja vista os valores discrepantes das situações observadas nas poucas pesquisas realizadas sobre o assunto no país e no exterior, embora haja grande consciência sobre a necessidade de se utilizarem racionalmente os materiais nos canteiros de obras, seja por uma questão ambiental ou pela questão da competição entre as empresas construtoras, acentuada no início da década de 1990.

Como forma de amenizar o impacto desses resíduos no meio ambiente, muitas ações vêm sendo implementadas nas várias etapas do empreendimento de construção civil. Em particular, no que diz respeito ao canteiro de obras, existem algumas políticas de coleta segregada dos resíduos gerados, visando à sua reciclagem ou reuso, implementadas localmente em algumas construtoras da Região Metropolitana de São Paulo.

No entanto, embora seja muito importante dar uma destinação adequada aos resíduos gerados, tornam-se imperativas ações que visem à sua redução diretamente na fonte de geração, ou seja, nos próprios canteiros de obras, que, somadas às ações de adequar a destinação desses resíduos, podem contribuir significativamente para a redução do impacto da atividade construtiva no meio ambiente.

Este trabalho vem contribuir para a solução dessa problemática, mais especificamente no que diz respeito ao combate à geração de resíduos, na medida em que apresenta os principais resultados de estudos realizados pelo Grupo de Estudos em Produtividade no Uso dos Recursos Físicos da Escola Politécnica da USP, em conjunto com vários pesquisadores de outras instituições de pesquisa e empresas construtoras distribuídas pelo país. Tais estudos seguiram um caminho de progressiva atuação sobre a geração de resíduos, partindo-se da quantificação indireta dos resíduos presentes nas perdas de materiais, passando pela previsão de geração para novos casos e chegando à intervenção com base em indicadores.

Etapas da abordagem progressiva

Num cenário de intensa discussão sobre a dimensão do desperdício de materiais na construção brasileira vigente na década de 90, o primeiro passo foi o estabelecimento de definições relativas ao tema, procurando-se distinguir os termos “resíduos”, “desperdício” e “perdas de materiais”, este último englobando todo o uso de materiais além do teoricamente necessário. Entre os trabalhos que contribuíram com essas definições, podem ser

¹ Palestra proferida pelo Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza durante o lançamento do livro “Canteiro de obras”, no Sinduscon-SP, em 2001.

destacados os estudos de Soibelman (1993), Santos (1995), Paliari (1999) e Andrade (1999). Com base em tais definições, passou-se à quantificação das ineficiências no uso dos materiais; os indicadores gerados em geral diziam respeito à avaliação global da ineficiência, normalmente mensurando-se os valores das perdas. O final dessa primeira etapa trouxe mais consciência sobre o problema e mais isenção na sua discussão, permitindo-se abandonar a abordagem mais passional (fruto de debates com base em informações qualitativas ou de expectativas pessoais) e passar a uma postura mais objetiva: sabendo-se o valor das perdas e, indiretamente, dos resíduos, tornava-se possível discutir a oportunidade e viabilidade de se combaterem as ineficiências detectadas. Agopyan et al. (1998) reúnem informações dessa natureza.

Complementarmente à quantificação, o levantamento dos fatores que levavam a maiores ou menores ineficiências permitia a proposição de alternativas de ações com maior probabilidade de sucesso na redução das perdas e dos resíduos. Tornava-se, portanto, mais racional o processo de se estabelecer uma programação de atividades visando ao aprimoramento no uso dos materiais nos canteiros. Nota-se que o estabelecimento de indicadores adicionais (por exemplo, avaliando-se as frações de entulho em relação à perda total de certo material) facilitou uma percepção mais isolada da questão dos resíduos. Essa percepção ficou mais clara com a publicação do trabalho realizado por Andrade et al. (2001), que utilizou as informações apresentadas em Agopyan et al. (1998).

Os estudos relativos à definição do processo de coleta de informações podem ser divididos em duas etapas: na primeira, preconizam-se levantamentos extensos e bastante minuciosos, demandando bastante esforço e tempo de atuação; na segunda, tinha-se como meta reduzir o esforço e o tempo de envolvimento da equipe de coleta de dados, sem perder a precisão.

A primeira postura nasceu num momento de menor conhecimento do assunto e de grandes controvérsias sobre ele. Por essa razão, tinha-se como objetivo minimizar erros de coleta (PALIARI, 1999). A segunda postura representa um avanço em relação à primeira: dominando-se mais o fenômeno da ineficiência no uso dos materiais, foi possível definir um método mais expedito de avaliação. Mais do que isso, o desenvolvimento de ferramentas para esse fim associava-se à expectativa de criar caminhos para que as próprias pessoas envolvidas nas atividades de construção (e não pesquisadores externos) pudessem, com pouco esforço, para que não houvesse rejeição a tal tarefa, mensurar o desempenho vigente (ANDRADE, 1999).

A geração de um banco de dados contendo dados quantitativos e qualitativos referentes às perdas e resíduos e aos fatores potencialmente geradores presentes permitiram a realização de trabalhos de investigação matemática, nos quais se procurava estabelecer correlações entre causa e efeito. Tais correlações trouxeram um aprimoramento do entendimento da ocorrência das perdas e resíduos, bem como permitiram a proposição de algumas técnicas para previsão do que provavelmente ocorreria em obras a serem executadas.

Finalmente, de posse de um diagnóstico (incluindo a quantificação das ineficiências usuais e a percepção dos fatores favoráveis e desfavoráveis), de técnicas rápidas e pouco onerosas de avaliação do desempenho vigente e de possibilidades mais confiáveis de previsão de desempenhos futuros, pôde-se passar à fase de definição de procedimentos de gestão do uso dos materiais. Assim, pode-se buscar a melhoria contínua, representada pela minimização das perdas e resíduos, em ciclos sucessivos, isto é, tendo-se uma boa previsão da ineficiência esperada e implementando-se procedimentos de produção, de forma a minimizar fatores reconhecidos como desfavoráveis, pode-se periodicamente avaliar a eficiência vigente e tomar decisões visando sempre à sua melhoria.

Após poucos estudos de caso, que deram fortes indícios quanto à eficácia da adoção da gestão do uso dos materiais, passa-se, atualmente, por uma pesquisa na qual se imagina viabilizar uma disseminação de tal postura, procurando-se resolver eventuais problemas existentes em termos de aplicabilidade às empresas de construção, tendo-se como objetivo adicional promover a redução da geração de resíduos pela indústria da construção civil.

Cabe ressaltar que, paralelamente à busca do aumento do entendimento, previsão e intervenção quanto à geração de resíduos, as pesquisas têm servido a outros vários propósitos, tais como melhorar as atividades de planejamento, de avaliação da qualidade, de orçamento, de seleção tecnológica, entre outros.

Nos itens seguintes apresentam-se as definições utilizadas no estudo das perdas de materiais e da geração de resíduos, a mensuração de tal geração, a previsão da ineficiência para obras a serem realizadas e o processo de intervenção proposto.

A geração de resíduos e as perdas de materiais: conceitos e classificação

Definições

Os resíduos de construção representam uma das parcelas do excesso de consumo de materiais nos canteiros de obras. Ao se comparar a quantidade de material teoricamente necessária (*QMT*) com a quantidade realmente utilizada (*QMR*), determinam-se as perdas de materiais.

Matematicamente, o seu cálculo percentual é feito de acordo com a seguinte expressão:

$$Perda(\%) = \left[\frac{QMR - QMT}{QMT} \cdot 100 \right] \quad (1)$$

Essa quantidade de material utilizada em excesso pode acontecer sob três diferentes naturezas:

- (a) por furto;
- (b) incorporação de materiais à edificação; e
- (c) entulho.

O furto, ou extravio, normalmente não é muito elevado em obras de grande porte, uma vez que nestas existem, em geral, procedimentos de controle (qualitativos e quantitativos) de recebimento dos materiais.

A incorporação de materiais em excesso nas edificações ocorre, principalmente, para os materiais utilizados em serviços que exigem a moldagem *in loco*, como é o caso das estruturas de concreto armado e revestimentos argamassados, por exemplo.

Finalmente, o entulho se constitui no “lixo que sai”, ou seja, é a parcela mais visível das perdas de materiais. Segundo Brito Filho (1999), na cidade de São Paulo, somente a indústria da construção civil gera 90.000 m³ de entulho por mês, considerando-se apenas o material que chega a aterros oficiais.

Ao relacionar os resíduos sólidos de construção com os resíduos urbanos gerados em algumas cidades brasileiras, Pinto (1996) indica que os resíduos de construção representam, em massa, por volta de dois terços de todos os resíduos gerados na malha urbana.

Esses resíduos podem ser divididos em quatro classes, de acordo com a Resolução nº 307 do Conama, de 17 de julho de 2002: classe A (resíduos reutilizáveis ou recicláveis); classe B (resíduos recicláveis para outras destinações); classe C (resíduos para os quais não foram desenvolvidas

tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação); e classe D (resíduos perigosos oriundos do processo de construção) (BRASIL, 2002).

Vários dos trabalhos desenvolvidos até então no país, incluindo diversas pesquisas realizadas pelo Departamento de Construção Civil da Universidade de São Paulo (PCC-USP), focaram-se nos resíduos dos materiais pertencentes às classes A e C (como é o caso do cimento, areia, cal, aço e blocos), gerados no processo produtivo de novas edificações, ainda que, em se tratando de volume de resíduos gerado, não se possa desprezar o volume de resíduos pertencentes à classe B, representados, principalmente, pelas embalagens. Como exemplos de trabalhos com essa postura podem ser citados os estudos de Pinto (1989), Soibelman (1993), Santos (1995), Agopyan et al. (1998), Paliari (1999) e Andrade (1999).

Classificação dos resíduos

Entre as várias etapas do empreendimento de construção civil, aqui representadas simplifiadamente pelas etapas de Concepção, Planejamento, Aquisição, Produção e Utilização, o entulho está presente nas duas últimas. Porém, em sendo a ineficiência dos processos de produção do edifício o foco deste trabalho, se discutirá somente o entulho gerado na etapa de Produção.

Levando-se em conta essa delimitação, o entulho de construção civil pode ser classificado segundo quatro critérios: (a) forma de manifestação; (b) momento de incidência na etapa de Produção, (c) suas causas e (d) sua origem, ressaltando-se que a mesma classificação se aplica aos materiais incorporados em excesso, conforme classificação proposta por Andrade (1999).

Segundo sua forma de manifestação

Conforme indicado pelo próprio nome, esta classificação está relacionada à maneira como o resíduo ocorreu. Como exemplos podem ser citados: argamassa saindo por rasgos na embalagem; sacos de cimento empedrados; areia carregada do estoque pela chuva; pontas de aço não reaproveitáveis; argamassa endurecida ao pé da parede revestida; gesso endurecido na caixa de manuseio, entre outros.

Segundo o momento de incidência na etapa de produção

Analisando o fluxo dos materiais nos canteiros de obras, percebe-se que eles passam por diversas etapas até chegar ao destino final, ou seja, são recebidos e inspecionados, estocados, processados

e, por fim, aplicados, sendo transportados entre cada etapa. O fluxograma dos processos constitui-se numa ferramenta importante para o entendimento das ações necessárias visando à melhoria do seu desempenho (SOUZA, 1997).

Na Figura 1 ilustra-se um fluxograma genérico dos processos contendo todas as etapas. Nota-se, no entanto, que o número de etapas depende do tipo de material analisado. No caso do concreto, por exemplo, identificam-se apenas as etapas de recebimento, transporte e aplicação final, enquanto, para os blocos, além destas etapas já descritas, insere-se também a etapa de estocagem e processamento intermediário, sendo, em geral, esta última resultado da necessidade de se realizar o corte deles.

Em todas estas etapas pode haver geração de entulho, cujas intensidade e forma de manifestação dependem do tipo de material analisado e do serviço no qual o mesmo é utilizado, e, evidentemente, da forma pela qual se realiza a sua gestão no canteiro de obras.

Segundo suas causas

O entendimento sobre em que etapa do fluxograma dos processos o entulho é gerado, assim como a sua forma de manifestação, constitui-se no primeiro passo para a implementação de ações voltadas à sua redução. No entanto, esse entendimento deve passar também pela identificação da causa da sua ocorrência, ou seja, a razão imediata para a geração do resíduo.

Nota-se que, para uma determinada forma de manifestação, podem-se supor diferentes causas. Assim é que a presença de entulho de blocos, em um canteiro de obras, pode ter como causas o transporte inadequado desse material, uso de ferramentas impróprias, desmoronamento de um estoque por choque com um equipamento de transporte, entre outras.

Segundo sua origem

Além da causa, interessa também saber a origem do problema, ou seja, uma decisão (ou a falta dela) ocorrida na própria etapa de ocorrência do resíduo ou em etapa anterior, que tenha provocado a geração do resíduo. É importante ressaltar que se podem indicar origens em diferentes etapas do empreendimento (Figura 2).

Assim, a geração de entulho de blocos em função do corte inadequado destes pode ter como origem a falta de coordenação modular entre as dimensões das paredes e dos blocos, que é relativa à etapa de projeto, ou à não-disponibilização de equipamentos adequados, associada à etapa de Produção. No Quadro 1 apresenta-se um resumo da classificação dos resíduos, tomando-se como exemplo o uso dos blocos nos canteiros de obras.

Mensuração dos resíduos gerados na produção de edificações

Neste item apresentam-se os principais trabalhos realizados quanto à avaliação das perdas de materiais, nos quais os resíduos são também quantificados. São sucintamente descritos trabalhos realizados por diversas instituições de pesquisa, pela sua importância histórica na definição da abordagem progressiva da questão dos resíduos. Após, discute-se a maior pesquisa feita nacionalmente quanto a perdas de materiais e seu uso, para a posterior estimativa das quantidades de resíduos gerados. Ao final, são apresentadas as idéias que levaram ao desenvolvimento de um método expedito para a coleta de informações quanto à ineficiência no uso dos materiais.

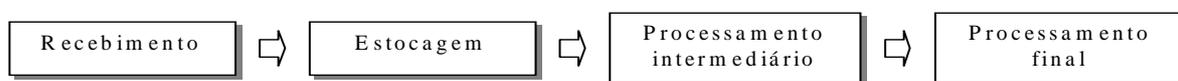


Figura 1- Exemplo de fluxograma dos processos

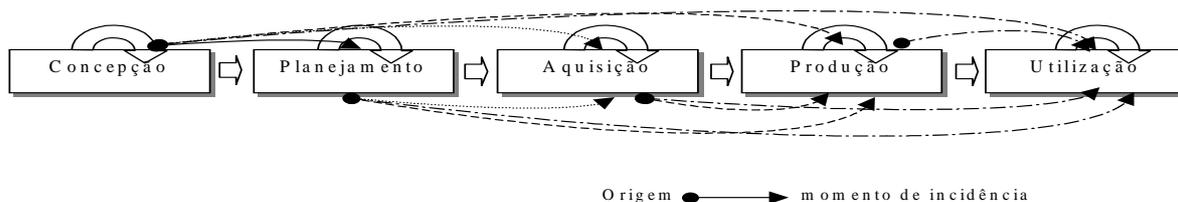


Figura 2 - Perdas de materiais segundo sua origem (ANDRADE, 1999)

Forma de manifestação	Momento de incidência	Causas	Origem
Blocos quebrados durante o recebimento	Recebimento	Utilização de procedimentos inadequados	Falta de procedimentos (Planejamento ou Produção)
		Blocos de má qualidade	Aquisição pelo menor preço (Aquisição)
Blocos quebrados na estocagem	Estocagem	Falta de local adequado para a sua estocagem ou estocagem em local sujeito a choques com equipamentos	Não-definição de projeto de canteiros (Planejamento)
		Blocos de má qualidade	Aquisição pelo menor preço (Aquisição)
Blocos quebrados no trajeto estoque-aplicação	Transporte	Equipamento inadequado de transporte	Falta de projeto do processo ou não-aquisição dos equipamentos previstos nos procedimentos de produção (Planejamento ou Aquisição)
Blocos quebrados na central de produção de blocos para colocação de caixas de eletricidade	Processamento intermediário	Equipamento inadequado de corte	Falta de projeto do processo ou não-aquisição dos equipamentos previstos nos procedimentos de produção (Planejamento ou Aquisição)
		Blocos de má qualidade	Aquisição pelo menor preço (Aquisição)
Blocos quebrados no pavimento	Processamento final	Equipamento inadequado de corte	Falta de projeto do processo ou não-aquisição dos equipamentos previstos nos procedimentos de produção (Planejamento ou Aquisição)
		Necessidade de corte excessivo de blocos para adequá-los às dimensões entre pilares ou entre laje e viga	Falta de especificação dos componentes de alvenaria a serem adotados ou projeto arquitetônico precário (Projeto)
		Choques e descuido com os blocos remanescentes nos andares executados	Falta de procedimentos para quantificar e enviar apenas a quantidade necessária por andar (Planejamento)
		Blocos de má qualidade	Aquisição pelo menor preço (Aquisição)

Quadro 1 - Resíduos de blocos para alvenaria: exemplos de forma de manifestação, momento de incidência, possíveis causas e origens

Trabalhos desenvolvidos localmente por diversas instituições de pesquisa

Vários trabalhos sobre o assunto foram realizados no país e no exterior. No país, destacam-se as seguintes pesquisas: Pinto (1989), pelo pioneirismo; Picchi (1993), pela análise e estimativa das perdas financeiras na construção de edificações; Soibelman (1993), pelo número de casos estudados e pelo efetivo acompanhamento do processo de produção na quantificação das perdas; Santos (1995), pelo caráter pró-ativo quanto à detecção e quanto às ações para a redução das perdas de materiais; e, mais recentemente, Bogado (1998), que realizou um

estudo específico na execução da estrutura de concreto armado.

No exterior, destacam-se os trabalhos realizados por Skoyles (1976, 1978) e Skoyles e Skoyles (1987), no Reino Unido, iniciados na década de 60, que serviram de base para os principais trabalhos realizados no Brasil e no exterior. Além destes, destacam-se também os trabalhos realizados por Enshassi (1996), Hong Kong Polytechnic (1993) e McDonald e Smithers (1998).

A análise comparativa entre as pesquisas realizadas permite identificar um contexto diferenciado quanto a alguns aspectos, embora tenha havido um objetivo comum, que foi a mensuração das perdas de materiais e a identificação das suas causas e origens.

Autores/Pesquisas	Nº. de obras	Nº de materiais	Parcela de perdas físicas estudada	Tipo de abordagem	Tipo de avaliação	Tema central = perdas de materiais
SKOYLES; SKOYLES (década de 60)	114	22	Entulho	Avaliação	Quantitativa	SIM
PINTO (1989)	1	10	Incorporada e entulho	Avaliação	Quantitativa	SIM
HONG KONG POLYTECHNIC (1993)	13	8	Entulho	Avaliação	Quantitativa	SIM
SOIBELMAN (1993)	5	7	Incorporada e entulho	Avaliação	Quantitativa	SIM
PICCHI (1993)	3	-	Incorporada e entulho	Avaliação	Quantitativa	NÃO
SANTOS (1995)	1	4	Incorporada e entulho	Avaliação / intervenção	Quantitativa	NÃO
ENSHASSI (1996)	86	4	Incorporada e entulho	Avaliação	Quantitativa	SIM
LIRA (1997)	15	-	-	Avaliação	Qualitativa	SIM
BOGADO (1998)	1	4	Incorporada e entulho	Avaliação / intervenção	Quantitativa	NÃO
MCDONALD; SMITHERS (1998)	2	8	Entulho	Avaliação / intervenção	Quantitativa	SIM

Fonte: Paliari (1999)

Quadro 2 - Principais diferenças detectadas entre as pesquisas realizadas

Essa diferenciação diz respeito à gama de materiais e obras estudados, a qual parcela de perdas físicas de materiais o estudo se refere (incorporada e entulho ou apenas uma isoladamente), à estratégia de atuação (avaliação ou avaliação/intervenção), entre outros aspectos.

Soma-se a essas diferenças o fato de que alguns destes trabalhos tiveram a questão das perdas de materiais como tema central, enquanto outros a abordaram apenas como parte de uma discussão mais ampla. O Quadro 2 reúne as principais diferenças entre os referidos estudos, indicando o grau de profundidade e diversidade com que o assunto foi tratado pelos autores. Como principais conclusões destes trabalhos destaca-se o fato de que as perdas de materiais não são desprezíveis, tanto na forma de material incorporado em excesso quanto na forma de entulho. Assim, vislumbram-se grandes oportunidades de redução dessas perdas, haja vista, também, o distanciamento entre os extremos dos valores de perdas detectados.

Na Tabela 1 apresentam-se os valores percentuais de entulho gerado nos canteiros de obras para aquelas pesquisas nas quais esse tipo de perda foi analisado em separado, e os valores de perdas de materiais considerando as parcelas relativas ao entulho e ao material incorporado em excesso para aquelas pesquisas nas quais a separação dessas parcelas não foi possível.

A Pesquisa nacional FINEP/PCC/ITQC

Inserido numa ampla discussão nacional sobre o tema perdas de materiais, o PCC-USP coordenou uma pesquisa nacional intitulada “Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras”, que envolveu o Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil (ITQC) e 16 universidades distribuídas pelo país (AGOPYAN et al., 1998). Esta pesquisa foi parcialmente financiada pelo Programa Habitar (Tecnologia da Habitação), coordenado pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

Iniciada no final de 1996, tal pesquisa envolveu por volta de 100 canteiros de obras, contando ainda com o apoio de sindicatos e associações estaduais de empresas de construção e incorporação, tais como Sinduscon, Secovi e Ademi, e do Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), com destaque para os seus Departamentos Regionais da Região Nordeste, assim como de inúmeras construtoras preocupadas com a questão.

Entre os vários resultados obtidos no âmbito desta pesquisa, destaca-se o estabelecimento de um conjunto de indicadores (globais e parciais) que possibilitou o entendimento das principais parcelas de perdas de materiais.

Os indicadores globais cumprem a função de representar o desempenho geral quanto ao uso de um determinado material durante a execução de um

serviço, enquanto os indicadores parciais visam a identificar em qual etapa do fluxograma dos processos (recebimento, estocagem, transporte, processamento intermediário e processamento final) as perdas são mais significativas.

Os indicadores parciais associados aos indicadores globais permitem, ainda, o cálculo das parcelas de perdas relativas ao entulho e aos materiais incorporados na edificação.

Na Tabela 2 ilustra-se o cálculo da perda global e dos indicadores parciais relativos ao material concreto usinado, utilizado na execução de superestruturas, o que permite o cálculo da parcela referente ao entulho.

A partir da análise do conjunto de indicadores estabelecido para os serviços estudados nesta pesquisa, pôde-se estimar a parcela do valor do indicador global de perdas que diz respeito ao entulho gerado. Os resultados quanto aos indicadores globais para o conjunto de canteiros de obras estudados, assim como as parcelas referentes ao entulho gerado, estão apresentados na Tabela 3. O procedimento assim como as considerações realizadas para a obtenção destes indicadores estão mais bem detalhados em Andrade et al. (2001).

Com o objetivo de subsidiar futuras discussões quantitativas quanto à geração de entulho e para ficar independente da tipologia do edifício em estudo, estimou-se a quantidade de entulho por unidade de serviço. Composto os valores de entulho apresentados na Tabela 3 com indicadores que relacionam a quantidade de serviço executado (por exemplo, m² de alvenaria, m² de revestimento etc.) por área de piso da edificação, calcula-se a massa do entulho por m² de piso executado (Tabela 4), chegando-se a um valor mediano de aproximadamente 50 kg/m² de piso.

Este valor é inferior ao estimado por Pinto (1999), que chega ao valor, para a quantidade de entulho gerado por m² de construção, tendo como base edificações, executadas predominantemente por processos convencionais, de 150 kg/m² construído. Cabe ressaltar, no entanto, que esse valor inclui tanto edificações novas quanto reformas, bem como inclui resíduos, tais como embalagens, madeiras e outros itens, não contemplados na Tabela 4.

A busca de caminho expedito para a quantificação de perdas/resíduos na produção

A pesquisa FINEP/PCC/ITQC, embora tivesse um caráter puramente de diagnóstico da situação vigente no país quanto às perdas de materiais, constituiu-se em um marco para a realização de outras pesquisas, não só pela oportunidade de se levantarem

indicadores de perdas de forma padronizada, mas também por ter sido estruturada de uma forma que permitiu entender amplamente a ocorrência dessas perdas ao longo das etapas que o material percorre no canteiro de obras. A metodologia desenvolvida para atingir esse objetivo encontra-se detalhada em Paliari (1999).

No entanto, houve um desafio complementar, que consistiu na idéia de se elaborar um método que permitisse respostas rápidas e precisas sobre o desempenho quanto ao uso dos materiais nos canteiros de obras. A resposta a esse desafio foi proposta por Andrade (1999), ao elaborar um método voltado às empresas construtoras, no sentido de proporcionar a elas um caminho de diagnóstico rápido que permitisse a obtenção de resultados já mesmo no início da execução do serviço no próprio processo em avaliação. Tal agilidade é importante para possibilitar a introdução de melhorias na produção na medida em que se detectem ineficiências elevadas.

A aplicação desse método em um conjunto de obras realizadas na região de Santo André-SP indicou a viabilidade dele, que, após os devidos aprimoramentos, mostrou-se adequado para ser utilizado por empresas de construção de edifícios. Com esse método, é possível analisar periodicamente a ocorrência de perdas e, especificamente, a geração de resíduos durante a execução de obras de edifícios. A Tabela 5 apresenta um exemplo de dados gerados por esse método, para o caso da argamassa aplicada no serviço de revestimento interno.

Previsão quanto à geração de resíduos

O acúmulo de grande quantidade de informações, coletadas de maneira padronizada e uniforme, contemplando tanto a quantificação dos resíduos quanto os fatores presentes considerados potencialmente influenciadores na sua geração, permitiu a criação de um banco de dados. O tratamento matemático de tais dados levou à definição de alguns procedimentos para a previsão de resíduos gerados em diferentes situações. O entulho gerado é calculado pela seguinte expressão, obtida através de tratamento estatístico dos fatores utilizando-se regressão linear.

$$E_{(t/m^2)} = 0 + \frac{\Sigma P}{10} \times 4,4 = 0,44 \times \Sigma P \quad (2)$$

Os pesos apresentados na Quadro 3 e utilizados nessa expressão foram estimados atribuindo-se valores de 0 a 10, proporcionais à importância do fator no resultado.

Material	Internacional		Nacional		
	SKOYLES (1976)	ENSHASSI (1996)	PINTO (1989)	SOIBELMAN (1993)	SANTOS (1995)
	(Entulho)	(Entulho)	(Entulho + incorporado)	(Entulho + incorporado)	(Entulho + incorporado)
Concreto em infra-estrutura	8,0	-	-	-	-
Concreto em superestrutura	2,0	-	-	-	-
Concreto em geral	-	-	1,5	12,9	-
Aço	5,0	2,1	26,0	19,0	-
Tijolos comuns	8,0	3,2	-	-	-
Tijolos à vista	12,0	4,9	-	-	-
Tijolos furados	-	-	-	50,0	5,4
Tijolos maciços	-	-	-	54,0	25,5
Tijolos estruturais vazados	5,0	-	-	-	-
Tijolos estruturais maciços	10,0	-	-	-	-
Blocos leves	9,0	-	-	-	-
Blocos de concreto	7,0	-	-	-	-
Componentes de vedação	-	-	13,0	-	-
Madeira – tábuas	15,0	-	-	-	-
Madeira – compensados	15,0	-	-	-	-
Madeira em geral	-	-	47,5	-	-
Rev. cerâmicos – paredes	3,0	-	9,5	-	-
Rev. cerâmicos – pisos	3,0	-	7,5	-	-

Fonte: Paliari, 1999

Tabela 1 - Valores percentuais de perdas de materiais segundo diversas pesquisas

Pav.	Elemento estrutural	QMT (m ³)	QMR (m ³)	Indicador global de perdas (m ³)	Indicadores parciais (m ³)		
					Entulho	Incorporado	Outros
2º	Pilares	30	32	2	0,5	1,0	0,5
	Vigas e lajes	70	76	6	1,0	1,5	3,5
	TOTAL	100	108	8	1,5	2,5	4,0
3º	Pilares	30	31	1	0,0	1,0	0,0
	Vigas e lajes	70	74	4	0,5	2,5	1,0
	TOTAL	100	105	5	0,5	2,5	1,0

Fonte: Andrade et al. (2001)

Tabela 2 - Exemplo de determinação do entulho a partir de uma rede de indicadores

Material	u.m.(a)	u.s.(b)	Consumo real (c) (u.m./u.s.)	Consumo referência (u.m./u.s.)	Perda global (u.m./u.s.)	Entulho (% em relação à perda global)	Entulho (u.m./u.s.)
Concreto usinado	m3	m3	1,09	1	0,0900	15	0,014
Aço	kg	kg	1,11	1	0,1100	70	0,077
Blocos	m ²	m ²	1,13	1	0,13	100	0,130
Argamassa - alvenaria	m3	m2	0,015	0,005(d)	0,0010	16	0,002
Arg. paredes e tetos	m3	m2	0,0213	0,02(e)	0,0013	19	0,002
Arg. fachada	m3	m2	0,037	0,03(e)	0,0020	18	0,001
Arg. contrapiso	m3	m2	0,031	0,02(e)	0,0110	05	0,001
Placas cerâmicas fachada	m2	m2	1,13	1	0,13	100	0,130
Placas cerâmicas piso	m2	M2	1,19	1	0,19	100	0,190
Placas cerâmicas piso	m2	m2	1,13	1	0,13	100	0,130
Gesso - paredes	m3	m2	0,0065	0,005(f)	0,0015	50	0,001
Gesso - teto	m3	m2	0,0065	0,005(f)	0,0015	50	0,001

(a) u.m. = unidade com que se mensura o material utilizado

(b) u.s. = unidade de medida do serviço no qual o material é utilizado

(c) Valores medianos obtidos no âmbito da pesquisa FINEP/PCC/ITQC (AGOPYAN et al., 1998)

(d) Adotou-se o consumo de referência de 5 litros por m² de alvenaria executada

(e) Espessuras de referência adotadas: 2 cm (revestimento interno), 3 cm (revestimento externo) e 2 cm (contrapiso)

(f) Adotou-se uma espessura de referência de 5 mm (0,005 m³/m²)

Fonte: Andrade et al. (2001)

Tabela 3 - Estimativa do entulho por unidade de serviço

Material	QS/m ² piso ^(a)	Entulho/ unidade de serviço	Entulho/m ² piso	Massa de entulho por unidade de material	Massa entulho/m ² piso
Concreto usinado	0,18	0,014	0,0024 m ³	2200 kg/m ³	5,35
Aço	18 ^(b)	0,077	1,3860 kg	1 kg/kg	1,39
Blocos	1,6	0,130	0,2080 m ²	75 kg/m ²	15,60
Argamassa - alvenaria	1,6	0,002	0,0028 m ³	1800 kg/m ³	5,07
Arg. paredes e tetos	3,25	0,002	0,0074 m ³	1800 kg/m ³	13,34
Arg. fachada	0,75	0,001	0,0004 m ³	1800 kg/m ³	0,73
Arg. contrapiso	1	0,001	0,0006 m ³	1900 kg/m ³	1,05
Placas cerâmicas fachada	0,75	0,130	0,0975 m ²	20 kg/m ²	1,95
Placas cerâmicas piso	0,2	0,190	0,0380 m ²	20 kg/m ²	0,76
Placas cerâmicas piso	1	0,130	0,1300 m ²	20 kg/m ²	2,60
Gesso - paredes	2,3	0,001	0,0012 m ³	1067 kg/m ³	1,23
Gesso - teto	1	0,001	0,0005 m ³	1067 kg/m ³	0,53
Total (Kg/m ²)					49,58

(a) Valores apresentados no "Simpósio Nacional de Desperdício de Materiais: a Quebra do Mito", realizado nos dias 23 e 24 de junho de 1999, em palestra proferida pelo Prof. Dr. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

(b) É igual a $100 \frac{\text{kg}_{\text{aço}}}{\text{m}^3 \text{concreto}} \times 0,18 \frac{\text{m}^3 \text{concreto}}{\text{m}^2 \text{piso}}$, ou seja, $18 \frac{\text{kg}_{\text{aço}}}{\text{m}^2 \text{piso}}$

Fonte: Andrade et al. (2001)

Tabela 4 - Estimativa do entulho por m² de piso executado

Ambiente	Empreiteira	Consumo (l/m ²)	Incorporada (l/m ²)	Entulho (l/m ²)	Observações
1	A	30,0	22,0	8,0	Priorizava-se a velocidade de execução nesta obra. A empreiteira B preocupava-se em reaproveitar a argamassa que caía no chão, colocando-se um anteparo de madeira no “pé” da parede.
2	A	25,4	22,0	3,0	
3	A	26,7	23,0	4,0	
4	B	23,6	22,0	2,0	
5	B	21,0	21,0	0	
6	B	24,5	23,0	0	
7	B	21,1	19,0	0	

Fonte: Souza e Paliari (2000)

Tabela 5 - Resultados da aplicação do método voltado às empresas construtoras: argamassa utilizada na execução de revestimento de paredes internas

Fatores		Pesos (P)
Existe política expressa para reaproveitamento?	Sim	+0
	Não	+5
A base favorece o recolhimento?	Sim	+0
	Não	+2
A espessura do revestimento é baixa (≤ 1 cm)?	Sim	+0
	Não	+2
O serviço só é finalizado quando a argamassa termina?	Sim	+0
	Não	+0,5
A área diária revestida por operário é grande (superior a 18 m ²)?	Sim	+0
	Não	+0,5

Fonte: Souza (2001)

Quadro 3 - Ponderações para a previsão do entulho de argamassa utilizada em revestimentos internos de paredes e piso

Intervenção

Uma vez conceituado o processo de ocorrência de perdas e resíduos, quantificados seus valores e conhecidos os fatores que os induzem, estabelecido um método rápido para diagnóstico e estabelecido um mecanismo para previsão, têm-se todas as condições para uma atuação objetiva quanto à gestão do consumo de materiais nos canteiros de obras, visando-se à redução das perdas e da geração de resíduos.

O formato proposto para tal gestão baseou-se em idéias preconizadas pelo PDCA (do inglês: *Plan, Do, Check, Action*), na medida em que se pode prever o desempenho esperado e os fatores relevantes e, com isso, programar o serviço para fins de redução das perdas e da geração de entulho (*Plan*); a implementação das idéias previamente definidas (*Do*) é seguida do controle das perdas e resíduos (*Check*) através do método expedito citado; os resultados obtidos, confrontados com as

expectativas iniciais, apóiam a tomada decisões (*Action*), visando a realizar ações corretivas no processo ou mesmo rever expectativas iniciais relativas à consecução de certo desempenho.

Uma vez concebido o método de intervenção, este foi aplicado e aprimorado através de um estudo de caso. Essa experiência aconteceu por meio de um convênio entre o PCC-USP e uma empresa construtora paulista, cujo objeto consistiu em um empreendimento composto de sete torres, sendo três de 15 pavimentos e quatro de 17 pavimentos, com 4 apartamentos por andar, perfazendo uma área total construída de 38.163,53 m².

Do ponto de vista interno à empresa, além de ela possuir a certificação ISO 9002, o que já significaria necessidade de se ter um planejamento quanto ao uso dos materiais, pretendeu-se enfatizar a idéia de controle do consumo de materiais como instrumento para: (a) diminuir o impacto ambiental; (b) reduzir custos de produção; (c) criar um canal de comunicação entre os gestores da obra, a mão-de-

obra e os fornecedores de materiais e de mão-de-obra; e (d) fomentar ações de marketing da empresa.

Assim, para os serviços de alvenaria de vedação (blocos e argamassa de assentamento), estrutura de concreto (concreto usinado) e revestimento interno (argamassa), as atividades relativas à implementação do método envolvia: (a) uma reunião de sensibilização; (b) ciclos de coleta, processamento e análise; e (c) avaliação do ciclo estudado e decisões para o próximo ciclo (SOUZA; ANDRADE, 2001).

Como resultados específicos deste programa de gestão contínua, tomando-se como exemplo os blocos utilizados na produção da alvenaria, obteve-se um valor global de perdas (na forma de resíduos) de 3,2% em massa, muito inferior à mediana nacional obtida no âmbito da pesquisa FINEP/PCC/ITQC (13%).

Em termos ambientais, considerando-se os outros materiais estudados e as respectivas reduções de geração de resíduos alcançadas ao longo dos vários ciclos de análise (PDCA), pode-se obter uma redução considerável na geração de entulho. Supondo-se que todas as empresas de São Paulo tivessem o mesmo desempenho da empresa analisada, em comparação com os valores medianos da pesquisa FINEP/PCC/ITQC, em um ano deixariam de ser produzidos, aproximadamente, 132.000 m³ de resíduos. Esse valor indica o benefício potencial de ações nesse sentido.

Considerações finais

A Indústria da Construção Civil, em função das características particulares do seu processo produtivo, quando comparada com outros segmentos industriais, e considerando-se sua dimensão em termos de consumo de recursos, constitui-se em uma grande geradora de resíduos.

Diante desse cenário e da importância crescente que a busca por um desenvolvimento sustentável vem recebendo, observa-se atualmente uma ênfase na discussão de caminhos para se reduzir o consumo desnecessário de materiais na construção civil. No que diz respeito à questão dos resíduos, pode-se atuar em vários momentos do empreendimento. Pode-se atuar na reciclagem ou reuso dos resíduos, mas, como mostrado neste trabalho, existe também um grande potencial de reduzir a sua geração nos canteiros de obras, amenizando o seu impacto ambiental.

Neste trabalho apresentou-se a experiência adquirida neste assunto, em especial no que se refere a pesquisas coordenadas pelo PCC-USP, discutindo a evolução da abordagem das pesquisas realizadas, na busca do entendimento da geração

de resíduos nos canteiros de obras e de caminhos para a sua minimização. Como desafio atual, envolvendo os pesquisadores desta instituição, está sendo iniciado um grande programa de intervenção em canteiros de obras que, entre outros objetivos, pretende aprimorar e operacionalizar a postura de gestão contínua do consumo de materiais nos canteiros, permitindo que ela seja utilizada permanentemente pelas empresas construtoras. Esta pesquisa será realizada em parceria com a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Universidade Federal de Goiás (UFG), e é apoiada pelo Programa Habitare, da Finep, e pelo Sinduscon-SP. Em termos de metas, espera-se que a ampla implementação do programa venha a reduzir em alguns pontos percentuais a perda e a geração de resíduos na construção

Referências

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**: relatório final. São Paulo: EPUSP/PCC, 1998. v. 1-5. (Pesquisa Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras).

ANDRADE, A. C. **Método para quantificação das perdas de materiais em obras de construção de edifícios**: superestrutura e alvenaria. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ANDRADE, A. C.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V. Estimativa da quantidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios In: SEMINÁRIO SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Ibracon, 2001.

BOGADO, J. G. M. **Aumento da produtividade e diminuição de desperdícios na construção civil**: um estudo de caso - Paraguai. 1998. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002**: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. CONAMA, 2002.

- BRITO FILHO, J. A. Cidades versus entulhos. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. **Anais...** São Paulo, Ibracon, 1999. p. 56-67.
- CONSTRUBUSINESS. Agenda para o setor. Sinduscon-SP. In: SEMINÁRIO DA INDÚSTRIA BRAILEIRA DE CONSTRUÇÃO, 5., 2003, São Paulo. **Apresentações...** São Paulo: Sinduscon, 2003. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br>>. Acesso em: 20 nov. 2003.
- ENSHASSI, A. Materials control and waste on building sites. **Building Research and Information**, v. 24, n. 1, p. 31-4, Jan. 1996.
- HONG KONG POLYTECHNIC (Department of Building and Real Estate); THE HONG KONG CONSTRUCTION ASSOCIATION LTD. **Reduction of Construction Waste**. Final Report. Hong Kong, Mar. 1993. 93 p.
- LIRA, E. Q. **Perdas de materiais em alvenaria, subsetor edificações em João Pessoa**. 1997. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1997.
- MCDONALD, B.; SMITHERS, M. Implementing a waste management plan during the construction phase of a project: a case study. **Construction Management and Economics Information**, v. 16, n. 4, p. 71-8, 1998.
- PICCHI, F. A. **Sistema de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993. 462 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- PALIARI, J. C. **Metodologia para coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. 1999. 473 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- PINTO, T. P. **Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais**. São Carlos, 1989. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. (Datilografado).
- PINTO, T. P. Reciclagem de resíduos da construção urbana no Brasil: situação atual. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PCC-USP/NPC-UFSC, 1996. p. 159-70.
- PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- SANTOS, A. **Método de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: um estudo de caso**. 1995. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.
- SKOYLES, E. R. Materials wastage: a misuse of resources. **Building Research and Practice**, CP 67/76, Oct. 1976.
- SKOYLES, E. R. **Site accounting for waste of materials**. Garston: Building Research Establishment, 1978. (CP 5/78).
- SKOYLES, E. R.; SKOYLES, J. **Waste prevention on site**. London: Mitchell, 1987.
- SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e controle**. 1993. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.
- SOUZA, U.E.L. Redução do desperdício de argamassa através do controle do consumo em obra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: Antac, 1997. p. 459-468.
- SOUZA U.E.L.; PALIARI, J.C. **Projeto de apoio ao programa de redução do desperdício na Construção Civil em Santo André**. 2000. Relatório Final (Pesquisa CONVÊNIO PCC/USP – PMSA – UNIABC) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos**. 2001. 280 f. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- SOUZA, U. E. L.; ANDRADE, A. C. **Construção com preservação ambiental e aumento dos resultados econômicos**. 2001. Relatório Final (Pesquisa Convênio PCC-USP/CONCIMA) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar os sinceros agradecimentos a todos (instituições, empresas) que colaboraram e foram parceiros na construção do conhecimento sobre o tema:

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

Coordenação Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP);

Financiadora de Estudos e Projetos no Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP);

Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção Civil (ITQC);

Prefeitura Municipal de Santo André (PMSA);

Serviço Nacional de Aprendizagem Nacional (SENAI);

Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON);

Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS);

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA);

Universidade Federal da Bahia (UFBA);

Universidade Federal do Ceará (UFC);

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES);

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG);

Universidade Federal da Paraíba (UFPB);

Universidade Federal do Piauí (UFPI);

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS);

Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN);

Universidade Federal de Sergipe (UFS);

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM);

Universidade do Grande ABC (UNIABC);

Universidade de Fortaleza (UNIFOR);

Universidade de Pernambuco (UPE);

Blokos Engenharia Ltda.;

Concima S.A. Construções Civis;

Con Serv Construções e Serviços de Engenharia Ltda.;

Construtora Alves Dinis Ltda.;

Construtora Noroeste Ltda.;

Construtora Raíza;

ERG Construtora;

Fortenge Construções e Empreendimentos Ltda.;

Jbianqui Construtora;

Projeção Engenharia Paulista de Obras Ltda.;

Racional Engenharia Ltda.;

Tecnum Construtora.