UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras - um estudo de caso

Alair Gonçalves Couto Neto

Belo Horizonte
2007

CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL:
avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras - um estudo de caso

Alair Gonçalves Couto Neto

Alair Gonçalves Couto Neto

CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL: avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras - um estudo de caso

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente, Saneamento e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: M.A. 2.2 - Reciclagem, tratamento e disposição de resíduos sólidos industriais

Orientadora: Professora Liséte Celina Lange

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2007

FOLHA DE APROVAÇÃO

A meu pai Alair Gonçalves Couto Filho e a
meu avô Alair Gonçalves Couto,
dois grandes construtores.

AGRADECIMENTOS

A minha filhinha Gabriela, minha motivação e minha maior alegria, obrigado por você existir.

A Construtora Castor, pela oportunidade e abertura dada para o acompanhamento da obra estudada e implantação do modelo proposto.

Ao Dr. Cantídio Alvim Drumond, renomado engenheiro civil que me proporcionou o acompanhamento da obra na qual desenvolvi minha pesquisa.

A Comissão de Meio Ambiente do SINDUSCON-MG, pela oportunidade de participação na elaboração da Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil e pela troca de idéias e informações ao longo do meu trabalho.

A Professora Liséte Celina Lange, pela tão valiosa orientação a mim oferecida ao longo deste trabalho.

A toda minha família, em especial a meus pais, irmã e avós, pelo apoio e carinho recebido durante toda minha vida.

A Deus, por todas as oportunidades que tenho e por minha saúde.

RESUMO

Os materiais descartados pelas obras de construção civil que são gerados nas cidades constituem-se em verdadeiras jazidas de matérias-primas que não são aproveitadas e sua disposição inadequada causa grandes prejuízos à qualidade de vida de seus habitantes. A percepção da necessidade de ampliar o conceito de saneamento básico para saneamento ambiental, que lidasse de forma integrada com os diversos componentes (água, esgoto, resíduos sólidos, drenagem e controle de vetores) que influenciam a qualidade do meio urbano, só recentemente vem acontecendo. Somente com a entrada em vigor da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. No Brasil, algumas prefeituras, tentando solucionar o problema dos resíduos da construção civil, estão partindo para a reciclagem dos resíduos em usinas montadas com essa finalidade. Com o objetivo de gerenciar os resíduos no canteiro de obra o SINDUSCON-MG elaborou a Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil, criada para atender a Resolução CONAMA nº 307/2002 e minimizar os impactos ambientais da cadeia produtiva da indústria da construção, por meio do planejamento de projeto que maximiza a utilização dos materiais, da segregação que reduz custos do construtor com a remoção dos resíduos recicláveis (papelão, vidro, plástico entre outros) e da disposição final, que destina ao aterro somente aqueles materiais que não podem ser reciclados. O gerenciamento adequado dos resíduos produzidos pelas empresas, incluindo a sua redução, reutilização e reciclagem, tornará o processo construtivo mais rentável e competitivo, além de mais saudável. O objetivo do presente trabalho é analisar o funcionamento desse programa de gerenciamento de resíduos em canteiro de obras, avaliando os resultados obtidos com sua implantação e comparando esses resultados com referências de outros autores e da própria construtora. Essa avaliação é de grande importância devido ao fato da construção civil ser responsável por aproximadamente a metade dos resíduos gerados nas cidades brasileiras. O sucesso da implantação desse modelo poderá reduzir muito a quantidade de resíduos gerados e descartados pela construção civil. Os resultados alcançados demonstram a eficiência do programa que, além de fazer a triagem dos resíduos, conseguiu reduzir significativamente o volume gerado. O indicador de geração de resíduos da obra foi de 0,089 m^3 de resíduos por m^2 de construção, ficando dentro da meta proposta, servindo como referência para as próximas obras da construtora, assim como para todo o setor da construção civil.

Palavras-chave: gerenciamento, resíduos, construção civil.

ABSTRACT

The discarded materials left by the civil construction in cities, become real deposits of raw material. They are not used and cause a lot of damage in the inhabitants' quality of life. The perception of the need to expand the concept of basic sanitation to environmental sanitation, dealt in an integrated way with the various components (water, sewer, solid waste, drainage and vector's control) that influence the urban environment, has been happening recently only. Only with the implementation of the Determination CONAMA n. 307 (from July 5th, 2002), the National Environmental Council established guidelines, criteria, and procedures to the management of civil construction waste. In Brazil, some town halls, trying to solve the civil construction waste issue are starting to recycle it in appropriate mills built for this purpose. With the purpose of civil construction waste management at the working site, the SINDUSCON-MG developed a leaflet of Civil Construction Waist Management. It was created to follow the Determination CONAMA n. 307/2002 and minimize the environmental impacts in the productivity of the building industry. Through the project plan, it maximizes the use of materials, the segregation to cut the builder's costs, the recyclable waste removal (cardboard, glass, plastic) and the final disposition, that directs to the embankment only the materials which can't be recycled. The adequate management of the waste produced by the companies, including its reduction, reuse and recycling, will make the constructive process more profitable and competitive and above all, healthier. The aim of this current work is to analyze the program's performance of working site waste management, evaluating the acquired results with its implantation and comparing these results with other author's references and from the building company itself. This evaluation will be of great importance due to the fact that the civil construction industry is responsible for approximately half the trash generated by Brazilian cities. The success of this model can really reduce the amount of waste generated and discarded by the civil construction industry. The results achieved demonstrate the efficiency of the program which, besides selecting residues, reduced significantly the generated volume. The work's residues generation index is 0,089 m^3 for each construction m^2, staying inside the established limit proposed, thus serving as reference for the next works of the company and all the sector of civil construction.

Key-words: management, civil construction, construction waste.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Impacto da não qualidade (total) no custo global da construção. 6

Tabela 2 - Indicadores da sustentabilidade da gestão diferenciada..... 13

Tabela 3 - Índices de perdas verificados na construção de um edifício..... 18

Tabela 4 - Resultados de pesquisa de desperdício de materiais em três construções residenciais..... 19

Tabela 5 - Informações sobre as obras estudadas para levantamento de perdas de materiais..... 20

Tabela 6 - Resultados de pesquisa de perdas de materiais..... 20

Tabela 7 - Comparação de resultados de pesquisas de perdas de materiais..... 20

Tabela 8 - Estimativa de custo das perdas dos materiais avaliados, considerando os demais custos constantes..... 21

Tabela 9 - Perdas de materiais básicos detectadas em outras fontes..... 22

Tabela 10 - Perdas de materiais segundo Souza *et al*. (1998)..... 22

Tabela 11 - Perdas de cimento em alguns serviços..... 22

Tabela 12 - Perdas de materiais detectadas em outras fontes. 23

Tabela 13 - Participação dos resíduos de construção no total dos resíduos sólidos urbanos..... 24

Tabela 14 - Composição típica dos resíduos sólidos urbanos..... 24

Tabela 15 - Geração de resíduos de construção em alguns municípios brasileiros 24

Tabela 16 - Custos de gerenciamento de resíduos de construção em alguns municípios..... 25

Tabela 17 - Composição média dos resíduos de construção..... 26

Tabela 18 - Geração de resíduos de construção e possibilidades de reutilização, nas principais capitais brasileiras. 27

Tabela 19 - Recicladoras de resíduos, em 1994..... 30

Tabela 20 - Resumo dos custos por m^2 de construção..... 33

Tabela 21 - Participação do resíduo na massa de resíduos sólidos recebidos pela SLU-BH em toneladas por dia..... 38

Tabela 22 - Resíduos da construção civil 39

Tabela 23 - Levantamento da geração de resíduos na obra Cittá Giardino no mês de set/05 68

Tabela 24 - Levantamento do peso dos resíduos. 69

Tabela 25 - Volume de resíduos (m^3) de cada classe por tempo (meses). 69

Tabela 26 - Indicadores da geração de resíduos 71

Tabela 27 - Comparação dos indicadores de quatro obras. 75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pátio de armazenagem (Resíduos da Classe A e B) 42

Figura 2 - Material moído. 43

Figura 3 - Boca de entrada do triturador. 43

Figura 4 - Blocos de concreto feitos com agregado reciclado. 44

Figura 5 - Caçambas de uma URPV 45

Figura 6 - Área de transbordo e triagem (ATT) da empresa 50

Figura 7 - Material separado para reciclagem 50

Figura 8 - Centro de Distribuição do Brechó da Construção 51

Figura 9 - Coleta seletiva em um canteiro de obras 54

Figura 10 - Foto do Edifício 58

Figura 11 - Fluxograma. 59

Figura 12 - Reunião da Equipe Gestora de Resíduos Sólidos da Obra Cittá Giardino (ECOTIME). 64

Figura 13 - Palestra de treinamento para o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos. 65

Figura 14 - Duto para condução de resíduo da CLASSE A 66

Figura 15 - Caçamba de recebimento de resíduos da CLASSE A. 66

Figura 16 - Caçamba de recebimento de resíduos da CLASSE B. 66

Figura 17 - Retirada da obra da caçamba de resíduos da CLASSE A. 67

Figura 18 - Descarga da caçamba da CLASSE A na Usina de Reciclagem do Estoril. 67

Figura 19 - Volume de resíduos (m^3) de cada CLASSE por tempo (meses). 72

Figura 20 - Volume total de resíduos por período. 73

Figura 21 - Volume acumulado de resíduos por tempo 74

Figura 22 - Perda em massa por obra (%) 76

Figura 23 - Volume de resíduos em metro cúbico por metro quadrado de construção 76

Figura 24 - Peso dos resíduos em toneladas por metro quadrado de construção 77

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACOMAC-MG	Associação do Comércio de Materiais de Construção de Minas Gerais
AIA	*American Institute of Architects*
ATT	Área de Transbordo e Triagem
C&D	construção e demolição
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil
CERF	*Civil Engineering Research Foundation*
COCA	*Council of Ontario Construction Associations*
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTRS	Central de Tratamento de Resíduos Sólidos
EPA	*Environmental Protection Agency*
ERG	*Environmental Resource Guide*
hab.	habitantes
I&T	Informações e Técnicas em Construção Civil
ISO	*International Standardization Organization*
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat
PGRCC	Programa de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil
PIB	Produto Interno Bruto
PIGRCC	Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil do Estado de Sergipe
PMGRCC	Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
SEBRAE-MG	Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais
SECONCI-MG	Serviço Social da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais
SENAI-MG	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SICEPOT-MG	Sindicato da Indústria da Construção Pesada no Estado de Minas Gerais
SINDILEQ-MG	Sindicato das Empresas Locadoras de Equipamentos, Máquinas e Ferramentas de Minas Gerais
SINDUSCON-MG	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de Minas Gerais

SINDUSCON-SP	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo
SLU-BH	Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte
THBA	*Toronto Home Builders Association*
URPV	Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes

SUMÁRIO

RESUMO 7
ABSTRACT 8
LISTA DE TABELAS 9
LISTA DE FIGURAS 11
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS 12
SUMÁRIO 14
1 INTRODUÇÃO 1
2 OBJETIVOS 5
2.1 Objetivo geral 5
2.2 Objetivos específicos 5
3 REVISÃO DA LITERATURA 6
3.1 Panorama mundial da qualidade e reciclagem na construção civil 6
3.1.1 A qualidade na construção civil 6
3.1.2 O profissional e a geração de resíduos 8
3.1.3 A reciclagem e os investimentos 11
3.1.4 Os incentivos à reciclagem 13
3.1.5 Possibilidades de aplicação do resíduo de construção reciclado 15
3.1.6 Carências de informações relativas aos resíduos de construção reciclados e suas aplicações 16
3.2 Perdas de materiais na construção civil e conseqüências da geração de resíduos para as cidades brasileiras 17
3.2.1 Perdas de materiais na construção civil 17
3.2.2 Conseqüências da geração de resíduos de construção para as cidades brasileiras 23
3.3 Histórico da reciclagem de resíduos de construção 27
3.3.1 Reciclagem de resíduos de construção em outros países 28
3.3.1.1 Alemanha 30
3.3.1.2 Bélgica 30
3.3.1.3 Dinamarca 31
3.3.1.4 Estados Unidos 31
3.3.1.5 Holanda 32
3.3.1.6 Japão 32
3.3.1.7 Rússia 32
3.3.1.8 Outros países 32
3.4 Reciclagem de resíduos de construção no Brasil 33
3.4.1 Situação atual 33
3.4.2 Centrais de reciclagem de resíduos de construção 35
3.5 Gestão ambiental de resíduos da construção civil em dois estados brasileiros 36
3.5.1 A experiência do SINDUSCON-SP 36

3.5.2 Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil no Estado de Sergipe 37
3.6 Gerenciamento dos resíduos da construção civil no município de Belo Horizonte 38
3.6.1 Gerenciamento Público dos RCC em Belo Horizonte 38
3.6.1.1 A Usina de Reciclagem do Estoril 42
3.6.1.2 Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV's) 44
3.6.1.3 Proposta de roteiro básico para elaboração do Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PBH (PGRCC) 46
3.6.2 Gerenciamento privado dos RCC em Belo Horizonte 49
3.6.2.1 Caçambas Lafaete 49
3.6.2.2 O Brechó da Construção 51
3.6.2.3 Cartilha do SINDUSCON-MG 51
3.7 Considerações finais 56
4 MATERIAIS E MÉTODOS 57
4.1 Processo metodológico 57
4.2 Universo de análise 58
4.3 Desenvolvimento e implantação do modelo 59
4.3.1 Criação da Cartilha 59
4.3.2 Protocolo de implantação 59
4.4 Questionário de avaliação do modelo 62
4.5 Análise dos dados quantitativos 63
5 RESULTADOS 64
5.1 Formação do ECOTIME 64
5.2 Sensibilização dos funcionários 65
5.3 Apresentação da Cartilha 65
5.4 Levantamento dos dados de geração de resíduos 68
5.5 Definição dos INDICADORES de geração de resíduos 70
5.6 Avaliação dos dados coletados 71
5.7 Avaliação do processo e opções de melhoria 77
5.8 Plano de Monitoramento 77
5.9 Percepção dos agentes envolvidos no processo quanto à eficácia e desempenho da Cartilha 78
5.10 Destinação dos resíduos gerados na obra 78
5.11 Custo do gerenciamento em relação ao custo total da obra 79
6 CONCLUSÕES 80
7 REFERÊNCIAS 82
8 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 87

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história da humanidade, a visão de progresso vem se confundindo com um crescente domínio e transformação da natureza. Nesse paradigma, os recursos naturais são vistos como ilimitados. Resíduos gerados durante a produção e ao final da vida útil dos produtos são depositados em aterros, caracterizando um modelo linear de produção. (CARNEIRO *et al*., 2001)

A gestão do meio ambiente tem sido um desafio atual e tema discutido sob o ponto de vista ambiental e econômico para indústrias, empresas e sociedade, deixando de ser considerado como custo, para ser uma oportunidade de redução do passivo ambiental que compromete a qualidade de vida no planeta.

O desenvolvimento das cidades brasileiras aumenta a demanda por novas moradias ao mesmo tempo em que surge a construção de novas indústrias, estradas e obras de infra-estrutura, o que mostra a importância do ramo da construção civil no crescimento do país e a influência das construções no meio ambiente.

De acordo com Carneiro *et al.* (2001), a construção civil é o setor da economia que mais recursos naturais consome. O macro-complexo da construção civil hoje representa cerca de 14% do PIB nacional. Ainda, estima-se que a construção civil seja responsável pelo consumo de algo entre 20 a 50% dos recursos naturais utilizados pela sociedade. (SJÖSTRÖM, 1992)

O setor tem um grande desafio: conciliar uma atividade produtiva desta magnitude com as condições que conduzam a um desenvolvimento sustentável consciente, menos agressivo ao meio ambiente.

Os materiais descartados pelas obras de construção civil que constituem-se em verdadeiras jazidas de matérias-primas que não são aproveitadas e causam grandes prejuízos à qualidade de vida de seus habitantes, além de criar uma imagem negativa para as administrações públicas. O macro-complexo da construção civil, na maior parte das vezes, "projeta e constrói", sem levar em consideração os impactos ambientais causados principalmente pela grande geração de entulho. Parte dos materiais descartados pelas obras é abandonado em locais inadequados, quase sempre clandestinos.

A geração dos resíduos da construção civil (RCC) é grande, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos. Estima-se que a geração de RCC situa-se em torno de 450 kg/habitante/ano (SLU-BH, 2005), variando naturalmente de cidade a cidade e com a oscilação da economia.

Os danos ao meio ambiente assumem proporções maiores ao se considerar a produção total de resíduos originada pelas perdas previstas em projeto acrescidas do desperdício ocasionado pela falta de processos construtivos racionalizados e/ou industrializados, para a execução de obras civis.

O desperdício é uma característica marcante na construção civil e pode ser conceituado como tudo aquilo que se gasta para executar algum serviço, mas que não agrega valor ao mesmo, ou seja, tudo que se gasta além do estritamente necessário.

Dentre os quatro tipos de desperdício mais freqüentes que ocorrem na construção civil estão os desperdícios de materiais, de tempo, os relativos à mão-de-obra e o desperdício de recursos financeiros. (FREITAS, 1995)

O desperdício de materiais ocorre desde a seleção de fornecedores; passando pela etapa de projeto, onde se tem soluções inadequadas e não otimizadas; na fase de aquisição dos materiais quando do transporte, recebimento e armazenamento no canteiro de obras; na fase de execução da obra com aumento do consumo de materiais para correção das imperfeições; até à fase de pós-ocupação onde ocorre desperdício de materiais em função de reparos.

O desperdício em função da mão-de-obra ocorre em função da baixa qualificação dos operários e principalmente pela falta de uma política de recursos humanos, onde estes erros poderiam ser combatidos com medidas adequadas do gerenciamento da qualidade com base nos componentes de fator humano (formação, informação, comunicação e motivação), analisados por Meseguer (1991) e que influenciam na qualidade e na produtividade.

O desperdício de tempo está relacionado com a falta de organização e planejamento do tempo gasto em cada etapa de execução de serviços no canteiro de obras.

O desperdício financeiro é conseqüência dos três tipos de desperdícios citados anteriormente.

Além disso, em toda a vida útil de uma edificação são gerados resíduos, seja na fase de manutenção, como na fase de reforma e adequação ao uso, até na fase de desocupação e demolição das construções. (ASSIS; OLIVEIRA, 1998)

A problemática dos RCC é relativamente recente no Brasil. Ao contrário de países como os Estados Unidos e o Japão, aonde já existiam políticas para a questão dos resíduos desde a segunda metade do século XX, no Brasil ainda discute-se uma legislação mais abrangente sobre os resíduos.

A percepção da necessidade de ampliar o conceito de saneamento básico para saneamento ambiental, que lida de forma integrada com os diversos componentes (água, esgoto, resíduos sólidos, drenagem e controle de vetores) que influenciam a qualidade do meio urbano, só recentemente vem acontecendo.

Exemplo disso está contido no documento interno da Política Nacional de Saneamento (BRASIL, 2007), que insere na visão governamental, o problema dos resíduos sólidos nas questões de saneamento.

Somente com a entrada em vigor da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. No artigo 5º desta Resolução, foi instituído como instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil, o Plano Integrado para Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos municípios e pelo Distrito Federal. (BRASIL, 2002)

Nesse Plano devem constar as diretrizes técnicas e procedimentos para os projetos de gerenciamento de resíduos a serem elaborados pelos geradores. Ainda, no artigo 4º da mesma Resolução, estipula-se como objetivo prioritário, a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. A partir disso, nota-se uma necessidade de melhor gerir os processos que fazem parte da construção civil e, em especial, no que tange ao uso e desperdício de materiais. Com isso, ela abre caminho para que os setores público e privado possam, juntos, prover meios adequados para o manejo e disposição desses resíduos.

No Brasil, algumas prefeituras, tentando solucionar o problema dos resíduos da construção civil, estão partindo para a reciclagem em usinas montadas com essa finalidade.

As primeiras implantadas, como a de Itatinga, na cidade de São Paulo, e a de Londrina, no Paraná, não tiveram o efeito esperado devido a erros de planejamento, o que as tornaram ociosas. Mas existem exemplos com sucesso, como o da cidade de Belo Horizonte, MG, que iniciou um programa de reciclagem de entulho, incluindo a instalação de três usinas de reciclagem. A primeira delas está operando eficientemente desde novembro de 1995 e em junho de 2006 foi inaugurada a terceira usina que se encontra em fase experimental de funcionamento na Central de Tratamento de Resíduos Sólidos (CTRS) da BR 040. Ribeirão Preto e São José dos Campos, ambas no interior de São Paulo, também tiveram suas usinas de reciclagem planejadas pelos mesmos profissionais da cidade mineira.

Nestas usinas, blocos, argamassa, cerâmica, areia, pedra, concreto, enfim, a fração mineral do entulho, exceto o gesso, é reaproveitada, podendo se transformar em argamassas, sub-base de pavimentação, blocos de alvenaria, material para contenção de encostas, entre outros. Tudo isso vem contribuindo para a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida nas cidades.

Em 1993, foi implantado, no município de Belo Horizonte, o Programa de Correção das Deposições Clandestinas e Reciclagem de Resíduos, cujo objetivo principal foi o de

promover a correção dos problemas ambientais gerados pela disposição indiscriminada desses resíduos em sua malha urbana.

A opção pela implementação deste programa partiu da constatação de que os resíduos da construção civil, por corresponderem a aproximadamente 40% dos resíduos recebidos diariamente nos equipamentos públicos, demandam investimentos específicos para equacionar os problemas ambientais que acarretam, especialmente quando inadequadamente dispostos.

Com o objetivo de gerenciar os resíduos no canteiro de obra, o Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais (SINDUSCON-MG) elaborou, durante o ano de 2005, a Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil, criada para atender a Resolução CONAMA nº 307/2002 e minimizar os impactos ambientais da cadeia produtiva da indústria da construção, por meio do planejamento de projeto, que maximiza a utilização dos materiais, da segregação, que reduz custos do construtor com a remoção do resíduo reciclável (papelão, vidro, plástico, entre outros) e da disposição final, que destina ao aterro somente aqueles materiais que não podem ser reciclados. (SINDUSCON-MG; SENAI-MG, 2005)

O gerenciamento adequado dos resíduos produzidos pelas empresas, incluindo a sua redução, reutilização e reciclagem, tornará o processo construtivo mais rentável e competitivo, além de mais saudável.

A pesquisa aqui proposta pretende analisar o funcionamento desse programa de gerenciamento de resíduos em canteiro de obras, avaliando os resultados obtidos com sua implantação e comparando esses resultados com resultados obtidos por outros autores em outras obras e da própria construtora, anteriores à implantação do programa. O sucesso desse modelo poderá reduzir muito a quantidade de resíduos gerados e descartados pela construção civil.

As perguntas que orientaram o interesse por esse estudo foram elaboradas da seguinte forma:

- O que está sendo feito pelas Construtoras no município de Belo Horizonte no sentido do gerenciamento dos resíduos da construção civil?
- O programa que está sendo implantado pelas Construtoras do município (Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil) está obtendo resultados satisfatórios? Está atendendo a Resolução CONAMA nº 307/2002?
- O Poder Público (prefeitura) possui equipamentos necessários para atender a Resolução CONAMA nº 307/2002?
- Quais são as possíveis aplicações para o resíduo reciclado?

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral desse trabalho é avaliar a aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil proposto pelo SINDUSCON-MG, em um canteiro de obras.

2.2 *Objetivos específicos*

- Caracterizar a situação atual dos resíduos da construção civil dentro dos canteiros de obras.
- Aplicar a Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil, elaborada pelo SINDUSCON-MG, com o objetivo de atender a Resolução CONAMA nº 307/2002, em um canteiro de obras.
- Avaliar quali-quantativamente os resultados obtidos com a implantação dessa Cartilha.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Panorama mundial da qualidade e reciclagem na construção civil*

3.1.1 A qualidade na construção civil

A indústria da construção civil sempre foi caracterizada pela carência de qualidade em seus produtos e por uma filosofia altamente esbanjadora. Embora os administradores do setor tenham por dever sempre otimizar recursos e, portanto, minimizar perdas, os resíduos produzidos pela construção nem sempre foram considerados uma variável importante na equação dos orçamentos.

Segundo Colombo (1999), a indústria da construção civil, tanto no Brasil como no exterior, apresenta particularidades que a diferenciam dos demais setores industriais. Dentre elas, a mais marcante e preocupante é a baixa produtividade do setor, que continua muito abaixo do desejado, principalmente fora dos grandes centros urbanos. De acordo com a empresa de consultoria McKinsey, a produtividade brasileira é ainda menor, equivalendo a 32% da norte-americana, esse baixo desempenho se deve à deficiência de planejamento e de gerenciamento de projetos, à instabilidade macroeconômica, à falta de mecanismos de financiamento de longo prazo, à ausência de prestadores de serviços organizados, ao desenvolvimento insuficiente de materiais pré-fabricados e ao baixo grau de automação (MAWAKDINE, 1999). Como conseqüência, tais fatores sempre acabaram influindo no custo da construção.

A TAB. 1 mostra, segundo Pinto (1999), o impacto que o desperdício e a falta de qualidade podem provocar no custo da construção civil

Tabela 1 - Impacto da não qualidade (total) no custo global da construção.

País	Pesquisador	% do custo total
Bélgica	Cnudde/ CSTC (1988)	17%
França	Motteu e Cnudde/ CSTC (1989)	12%
Brasil	Picchi/ USP (1993)	30%

FONTE: PINTO, 1999.

De acordo com Picchi (1993), no mundo todo, a construção civil absorveu mais tardiamente os conceitos e metodologias da qualidade, que surgiram, via de regra em indústrias seriadas, tais como mecânica e eletrônica, que possuem décadas de evolução nestes setores.

Agora, preocupado com a concorrência e até influenciado pelo intenso movimento mundial na busca pela competitividade, o setor começou a perceber a necessidade de uma avaliação dos métodos e técnicas que há muito tempo vêm sendo empregados pela construção civil. Dessa forma, mesmo que atrasado, o construtor brasileiro começa a incluir na sua lista de objetivos, temas que abordam a qualidade.

O conceito de construção sustentável apresenta diferentes abordagens nos mais diversos países. Alguns identificam como essenciais os aspectos econômicos, sociais e culturais da construção sustentável, mas a maior relevância é dada aos impactos ecológicos da construção, como a preservação de recursos naturais. Esses impactos têm levado os países a adotarem políticas ambientais específicas para o setor. A *Civil Engineering Research Foundation* (CERF), entidade responsável pela modernização da construção civil dos Estados Unidos, pesquisou 1.500 projetistas, construtores, engenheiros e pesquisadores do mundo todo com o objetivo de apresentar as tendências fundamentais para o futuro do setor. Nesta pesquisa, a questão ambiental foi considerada a segunda maior tendência, ficando atrás somente da informatização das construções. (BERNSTEIN, 1996)

Segundo John (2001), nenhuma sociedade conseguirá atingir o desenvolvimento sustentável sem que o setor da construção civil passe por profundas transformações.

Para Pinto (1999), no entanto, características peculiares do setor, como um forte componente de trabalho artesanal, pedem uma adaptação prévia, de qualquer que seja o programa de qualidade a ser implantado, para as condições concretas do setor. O autor afirma que: "*a aplicação pura e simples dos preceitos traçados nas diversas teorias pela qualidade certamente não surte efeito no setor, senão o de propiciar uma sensação estéril de estar 'na moda' com a 'onda da qualidade'*".

Ainda segundo esse autor, dois procedimentos são inevitáveis para a busca da qualidade: o primeiro é reexaminar e modificar sistemáticas de trabalho e tecnologias empregadas; e o segundo é a persistência, que deve ser adotada principalmente pelo corpo dirigente da empresa. Concluindo, o autor considera importante compreender que, para se obter resultados satisfatórios na melhoria da qualidade na construção civil, será necessário a adoção de pequenas soluções conjuntas que, construirão a qualidade da empresa.

Dentro deste princípio, algumas empresas vêm ha alguns anos implementando programas de qualidade em suas estruturas produtivas. Uma construtora de médio porte de São Paulo, por exemplo, tornou-se, em dezembro de 1995, a primeira construtora da América Latina a possuir o certificado da *International Standardization Organization 9002* (ISO 9002). Segundo a empresa, com a certificação, a produtividade dobrou e o índice de perdas de materiais caiu, de 30% para 8%.

Vale ressaltar que, como não foram divulgados os métodos utilizados para a obtenção destes índices, os mesmos não puderam ser utilizados, cientificamente, para fazer comparações.

Paralelamente a esses fatos, o governo e a iniciativa privada passam a cobrar certificação, manuais de qualidade e atestados de capacitação, para contratar construtoras e serviços. Consultores de Gestão da Qualidade afirmam que o processo, pelo qual a indústria da construção civil está passando, é seletivo e as empresas que não se mobilizarem para a questão da qualidade podem estar condenadas, e até mesmo deixar de existir.

Para Skoyles (1976), o importante é que seja fornecida mais educação e treinamento no manuseio e controle dos materiais. É preciso convencer os próprios trabalhadores da indústria da construção, e não apenas a diretoria, de todos os benefícios que a qualidade nos serviços pode causar. Segundo o autor esse é um assunto que merece bastante atenção.

É importante também, que se tenha consciência das causas sociais que inegavelmente influenciam a qualidade dos serviços e o desperdício. É compreensível que um cidadão que não tem as mínimas condições de higiene e conforto nas instalações que a empresa lhe oferece, ou até mesmo em sua casa, não tenha muito zelo em seu ambiente de trabalho, ou com os materiais de sua empresa. De nada adianta tentar convencer um empregado (pelo menos para a maioria) que se ele agir desta ou daquela maneira, estará preservando uma jazida mineral ou ajudando a "sua" empresa a obter melhores índices de qualidade, se ele não ganhar nada em troca. Esta situação é especialmente verdadeira na indústria da construção civil, onde grande parte dos trabalhadores vem das mais desfavorecidas classes sociais.

Portanto, não são apenas fatores técnicos como métodos construtivos, formas de estocagem, ou processos de qualidade total, que vão solucionar os problemas do desperdício e da falta da qualidade. Para que um trabalhador seja efetivamente conscientizado dos benefícios que a qualidade pode lhe proporcionar, é preciso que alguns itens na relação de trabalho da construção civil sejam repensados. Aspectos como a relação empregador-empregado (ou chefe-subordinado), a participação dos empregados nos lucros das empresas, e sobretudo, a inclusão social dos trabalhadores, são fatores que, embora nem passem pela cabeça de muitos empresários, precisam começar a fazer parte de suas metas, principalmente no Brasil, com sua séria e vergonhosa desigualdade social.

3.1.2 O profissional e a geração de resíduos

Embora o gerenciamento e o destino de resíduos estejam se tornando cada vez mais uma preocupação mundial, a geração de resíduos não tem sido tradicionalmente considerada durante a etapa de criação de processos e produtos usados na indústria em geral, conforme

Marques Neto (2005). Projetos padrões, tradicionalmente consideram aspectos como desempenho, segurança, estética e lucratividade, características requeridas e convenientes ao usuário. No entanto, o gerenciamento do resíduo produzido quando o produto atingir o fim de sua vida útil, não é estudado. Dessa forma o problema é transferido para o futuro, criando a filosofia de tentar resolver o problema depois que ele é criado.

Na pesquisa por soluções de engenharia para o problema dos resíduos, a educação das instituições tem focado exclusivamente sobre o desenvolvimento e ensino de técnicas sobre o manejo, tratamento e disposição dos resíduos. No entanto, da mesma forma que estes fatores são necessários e úteis, há a necessidade de formarem-se engenheiros capazes de promover a minimização de resíduos e a implantação de características recicláveis aos novos produtos e processos industriais. A prioridade no processo de criação de um novo produto, deveria ser a minimização na produção de resíduos.

Marques Neto (2005) considera que dois tipos de talento estão se tornando necessários aos engenheiros de amanhã, de forma a melhorar os problemas da geração de resíduos e da qualidade de vida da população mundial:

- Todo engenheiro precisa ser ensinado a como auditar a qualidade ambiental relacionada a pequenos problemas comunitários, e eliminar ou reciclar resíduos por meio de mudanças em processos. Eles precisam ser treinados a visualizar oportunidades de redução do volume e da toxicidade, como parte do processo de análise;
- Como novos produtos são desenvolvidos, poderia ser dada prioridade ao potencial para redução de resíduos ou reciclabilidade do material, ante aos fatores que tradicionalmente determinam o seu projeto.

Os engenheiros precisam ser conscientizados de que há uma implicação ambiental em cada estágio da vida do produto, a partir do instante de sua fabricação. Reduzir os impactos causados ao meio ambiente e à saúde pública em cada produto e processo desenvolvido, e em todo material comercializado, deveria ser parte da conduta básica de cada engenheiro. A maioria dos engenheiros, que está sendo incumbida destas tarefas na fabricação de produtos, está sendo autodidata. (MARQUES NETO, 2005)

De fato, esta é uma realidade no perfil da maioria dos profissionais que está sendo formada. Muitos empreendimentos estão procurando engenheiros com habilidade em minimizar a geração de resíduos ou promover a reciclagem, mas estão constatando que, mesmo os novos engenheiros não tem estas informações como parte integrante de sua educação profissional. A estrutura curricular do curso de engenharia poderia ser revista, para

atender a estas necessidades, que se tornaram realidades mundiais, entre elas, a reciclagem e a minimização da geração de resíduos.

Alguns programas de incentivo ao desenvolvimento da consciência ambiental de profissionais projetistas já começaram a surgir.

Com o apoio da *Environmental Protection Agency* (EPA), agência de proteção ambiental americana, o *American Institute of Architects* (AIA), instituto americano de arquitetos, desenvolveu estudos para a publicação de um guia de pesquisa ambiental, denominado *Environmental Resource Guide* (ERG), como referência para arquitetos, engenheiros e outros profissionais de criação que estejam interessados em reduzir o impacto ambiental de materiais e técnicas de construção. O uso do guia permitirá ao profissional balancear estes impactos com outros importantes fatores como custo, qualidade, durabilidade e estética. (MARQUES NETO, 2005)

No Canadá, a Assembléia da Associação dos Construtores de Ontário – *Council of Ontario Construction Associations* (COCA) –, e a Associação dos Construtores de Toronto – *Toronto Home Builders Association* (THBA), trabalham juntas num estudo sobre a composição, a separação na origem e a reciclagem dos resíduos de construção. A THBA desenvolve um projeto com o objetivo de, ao se desmanchar velhas casas, não enviar qualquer material da demolição para um aterro, ou seja, realizar o seu reaproveitamento completo. Num outro estudo aplicado em dez construções, a COCA desenvolve com arquitetos, engenheiros e fornecedores um programa para minimizar a geração de resíduos. (BIOCYCLE, 1994)

Além disso, o mesmo órgão também planeja encontrar novas formas de manuseio, para promover a separação na origem dos resíduos produzidos, segundo Biocycle (1994).

Para Picchi (1993), a cultura que predomina entre profissionais e entre empresas de construção de edifícios, é um fator importante que reflete a dificuldade do tratamento da questão da qualidade e contribui para que sua evolução seja mais lenta. Faz parte da cultura dos profissionais da construção de edifícios a grande tolerância com os problemas crônicos do setor, tais como o elevado índice de desperdício, considerados pela maioria como “normais” ou como “parte do processo”.

Isto também reflete, indiretamente, uma deficiência nas metodologias de ensino, que não conseguem despertar nos alunos, uma visão contestadora e não conformista em relação aos problemas, contribuindo, a longo prazo, para a formação de uma sociedade política e socialmente submissa.

A produção universitária de uma geração de engenheiros e administradores conscientes dos benefícios da reciclagem e da redução da produção de resíduos, permite a

manutenção de negócios competitivos, do crescimento da economia e ao mesmo tempo garante a preservação da qualidade de vida e do meio ambiente.

3.1.3 A reciclagem e os investimentos

Quando no início de 1990, os governos municipais, estaduais e até o federal dos Estados Unidos, começaram a criar leis que regulamentaram a disposição de resíduos de C&D, o trabalho dos empreiteiros, à procura de locais para dispor seus resíduos, tornou-se mais difícil.

Segundo Connel (1990), aquela era uma oportunidade única para os produtores de agregados entrarem no ramo da reciclagem de resíduos, processando o entulho e vendendo para os próprios produtores utilizarem como agregados. A reciclagem do entulho poderia contribuir para racionalizar as reservas naturais e aumentar a produção das empresas, além do que, o gerenciamento destes resíduos se tornaria um negócio altamente lucrativo.

Os processos especializados utilizados nas centrais de reciclagem, embora necessitem de um investimento inicial alto, geralmente acabam ficando mais baratos que o custo gerado pelos aterros. No programa de reciclagem implantado na cidade de Los Angeles, após o terremoto de 1994, por exemplo, a média dos custos de reciclagem, incluindo a coleta, foi de aproximadamente US$ 15/t, cerca da metade do custo dos aterros norte americanos, de acordo com Biocycle (1994).

Nos Estados Unidos, mineradoras estão apostando na reciclagem do entulho e passam a adicionar aos agregados extraídos de suas jazidas, porcentagens de reciclados. Uma empresa da Califórnia, gera cerca de US$ 500.000,00 anuais em material processado, segundo seu proprietário, usando um britador de impacto horizontal, peneiras, separadores magnéticos e uma empilhadeira radial. O equipamento custou algo em torno de US$ 600.000,00 (BIOCYCLE, 1994).

Embora o investimento inicial seja alto, o retorno parece ser rápido. Para os proprietários de uma mineradora próxima na Califórnia, dois anos de reciclagem não só pagam os investimentos, como também fornecem fundos para expandir a extração de material virgem. Segundo o gerente operacional da empresa, a chave do sucesso da reciclagem está não na produção, mas na venda. "*O melhor negócio é investir na publicidade do produto. As pessoas precisam ser informadas que nós temos um novo produto que pode ser tão bom ou melhor que o material virgem*", ele diz. (CONNEL, 1990)

No Brasil, até o momento, os investimentos estão limitados ao setor público, como por exemplo, o Programa de Reciclagem de Entulho da Cidade de Belo Horizonte, MG.

Previsto para ser implantado em várias etapas, o programa faz parte da política geral da prefeitura, para o tratamento e a reciclagem dos resíduos sólidos, incluindo lixo doméstico, hospitalar e industrial.

A prefeitura de Santo André, na Grande São Paulo, iniciou em 1993 um projeto para reciclagem diária de 30 m^3 de resíduos e a produção de aproximadamente quatro mil blocos por dia, com material reciclado. Neste estudo obteve-se, por exemplo, para as condições específicas do município, uma relação de 1 para 10 entre o custo de reciclagem e os gastos abolidos para introdução dessa prática. Além de poder gerar agregados com custo 83% inferior ao preço médio dos materiais convencionais, a análise apresentou também, a viabilidade de se fazer blocos com custos 45% inferiores ao preço de componentes convencionais. (PINTO, 1999)

Para uma geração estimada de 115 m^3 de resíduos/dia, seriam necessários aproximadamente 144 mil dólares na montagem dos equipamentos e outros 74 mil dólares na fábrica de componentes de construção (blocos). Isto representaria um custo de reciclagem da ordem de 2,5 dólares por metro cúbico.

Os gastos em 1993 para o gerenciamento dos resíduos, mais o valor da compra de agregados correspondentes ao que se produziria, representavam um total de 24,7 dólares/m^3 ao município. Ou seja, com o projeto, haveria uma economia de 22,2 dólares/m^3. Mesmo com todos esses números favoráveis, a usina não foi montada devido a problemas econômicos vividos pelo país naquele período. Anos depois, a prefeitura de Santo André retomou os estudos

A reciclagem de resíduos em usinas com equipamentos britadores é viável, quando a geração em quantidades regulares, estiver entre 30 e 500 t/hora. (TÉCHNE, 1995)

Segundo Pinto (1999), o mais importante é adequar o porte do conjunto de equipamentos à necessidade do município ou do canteiro de obras, que podem ter menor escala de produção e configuração mais simples, por exemplo de 20 t/hora. O fundamental é salientar que não basta a simples transposição dos equipamentos de britagem para o ambiente urbano, é necessário que sejam tomadas uma série de cuidados, incluindo adequar o maquinário à sua finalidade, visando principalmente à contenção da geração de resíduos e material particulado.

Pinto (1999), em uma simulação hipotética apresentada na TAB. 2, compara os custos dos parâmetros da gestão corretiva aos propostos pela gestão diferenciada, parâmetros esses construídos a partir da situação real dos municípios de Santo André, Jundiaí e São José do Rio Preto, todos no estado de São Paulo.

Tabela 2 - Indicadores da sustentabilidade da gestão diferenciada.

MUNICIPALIDADE EM SITUAÇÃO HIPOTÉTICA	
População: 414.188 habitantes **Remoção de deposições irregulares: 132 t/dia** **Consumo de agregados convencionais: 357 t/dia**	**Geração de RCD: 857 t/dia** **Rede de atração com 13 áreas** **Central de reciclagem: 1 (260 t/dia)**
Parâmetros da gestão corretiva	**Parâmetros da gestão diferenciada**
Custo da remoção = R$ 11,22/t	Custo remoção resíduos densos = R$ 7,60/t
	Custo remoção resíduos leves = R$ 8,40/t
Custo mensal da correção = R$ 38.373,00	Custo mensal rede atração = R$ 14.300,00
	Custo mensal gestão = R$ 7,60/t
Custo mensal aterramento = R$ 1.560,00	Custo mensal aterramento = R$ 125,00
Custo aquisição agregados = R$ 12,51/t	Custo reciclagem = R$ 5,00/t
Custo mensal agregados = R$ 84.568,00	Custo mensal reciclagem = R$ 33.800,00
Despesas totais com correção **R$ 124.501,00**	**Despesas totais com gestão** **R$ 72.290,00**

NOTA: Santo André/SP, 1997; São José do Rio Preto/SP, 1997; Jundiaí/SP, 1997.
FONTE: PINTO, 1999.

Segundo Téchne (1995), toda cidade que pretender investir na reciclagem do entulho deve desenvolver algumas avaliações básicas:

- *verificar o volume gerado de entulho ou de controle da municipalidade;*
- *conhecer suas características principais (composição e proporção dos componentes);*
- *estabelecer quais são as áreas disponíveis para recolhimento de produtos e aplicações;*
- *saber quais as possibilidadse de industrialização dos materiais e agregados e de comercialização do refugo (madeira, metais, papel e plástico).*

A partir daí, é possível efetuar um levantamento econômico do trabalho de reciclagem, que pode ser feito com equipamentos sofisticados ou com máquinas simples, construídas a partir de materiais também reciclados. (TÉCHNE, 1995)

3.1.4 Os incentivos à reciclagem

O estado da Califórnia, nos Estados Unidos, criou em 1989, um pacote com 20 leis sobre o gerenciamento de resíduos, denominado "Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos". Com ele, os municípios daquele estado são obrigados a reduzir seus depósitos de resíduos, e o departamento de transporte do estado, a incluir o concreto reciclado nas especificações dos materiais para pavimentação. A lei ajuda na prevenção de uma possível crise nos aterros da Costa Oeste dos Estados Unidos, que estava atrasada na batalha contra os resíduos sólidos produzidos pelo setor da construção civil. Seguindo esta linha, várias companhias norte-americanas, que antes trabalhavam apenas com a matéria prima virgem, agora estão combinando aquele produto com material reciclado. Mesmo com o alto

investimento inicial (entre 300.000 a 1.200.000 dólares) o retorno do negócio é rápido (cerca de dois anos). O "marketing" dos sistemas de reciclagem cresceu 1.000% entre 1980 e 1990, e estima-se que tenha crescido mais 1.000% de 1990 a 1995. (CONNEL, 1990)

No entanto, em 1990, a Associação Nacional de Agregados dos Estados Unidos (*National Aggregates Association*), posicionou-se contra as leis norte-americanas de reciclagem obrigatória.

Ela diz que isto poderia ser decidido pelo produtor e consumidor, e não por uma ordem governamental. O vice-presidente da mesma organização, argumenta que a qualidade dos produtos precisa ser considerada. A porcentagem de reciclagem depende da natureza do material e da habilidade de separar os materiais contaminados. (CONNEL, 1990)

Segundo a revista Concrete (1993), a indústria da construção da Holanda, usa grandes quantidades de minerais, principalmente areia e brita. A demanda está em torno de mais de 45 milhões de toneladas por ano. Acredita-se que a procura por estes materiais não mude substancialmente num futuro próximo. No entanto, as reservas destes minérios estão mudando claramente. Cada vez mais há uma oposição política e ecológica à produção de areia e pedregulhos a partir das tradicionais dragagens.

A principal região produtora de agregado graúdos na Holanda, Limburg, no sudeste do país, que gerava em 1989 cerca de 10 milhões de toneladas por ano, passou em 1993 para 5 milhões t/ano. O governo holandês estima que a produção baixará para 2,5 milhões t/ano, por volta do ano de 2010. Paralelo a esta crise de agregados, o governo daquele país publicou uma lei sobre resíduos sólidos com o objetivo de reduzir a poluição ambiental provocada por estes materiais, incluindo produtos da indústria da construção. A lei é baseada em dois contextos:

- Uma eficiente e ambientalmente correta maneira de se dispor os resíduos sólidos;
- Uma limitação nos depósitos de resíduos sólidos, promovendo assim seu reuso.

As conseqüências práticas desta lei já resultaram no fechamento de vários depósitos clandestinos. Outro caminho para limitar a produção de resíduo, é aumentar as taxas para dispô-lo. De 1985 a 1993, o preço normal para a disposição dos resíduos de construção aumentou de cinco a seis vezes, especialmente no oeste da Holanda. (CONCRETE, 1993)

Desde 1984, na Holanda, tem havido testes e pesquisas para a aprovação e controle da utilização de agregado reciclado na confecção de concreto e alvenaria. (CONCRETE, 1993)

Destas pesquisas formularam-se leis e regulamentações sobre a utilização destes resíduos, compreendendo entre outras, diretrizes que permitem classificar o material que é produzido durante a moagem do resíduo, nas seguintes categorias: agregado de concreto

moído; agregado de alvenaria moído; agregado misturado moído (uma mistura de concreto e alvenaria). (CONCRETE, 1993).

Segundo Concrete (1993), estas regulamentações são:

- *CUR-VB Recommendations* 4: o constituinte principal, o agregado de concreto, precisa representar mais de 95% do total do material. Restringe-se a 5% a parcela de materiais secundários, como tijolo de argila, concreto leve, concreto celular, material cerâmico, e argamassa de assentamento e revestimento (com a exclusão de gesso ou qualquer material que o contenha). Finalizando, nada mais que 1% do agregado de concreto moído, pode apresentar madeira, papel, vidro, têxteis, materiais betuminosos, entre outros.
- *CUR-VB Recommendations* 5: o constituinte principal, o agregado de alvenaria, precisa representar mais de 65% do total do material. Para os materiais secundários, há uma lista com os valores limites: concreto leve 20%, concreto celular 10%, materiais cerâmicos 20%, argamassa de alvenaria 25%.

Novamente, gesso e materiais que o contenham são excluídos. Existem ainda outras regulamentações que contêm limitações à presença de finos, à quantidade de matéria orgânica e à presença de cloretos e sulfatos. (CONCRETE, 1993)

O grande obstáculo na reciclagem de materiais é a contínua educação de todos os envolvidos no processo, a começar pelos próprios funcionários, pois isto influi diretamente na qualidade dos produtos e nas negociações. É necessário promover constantemente interação com agências governamentais, além de oferecer visitas e "workshops" para introduzir um produto no mercado, bem como mostrar como eles são processados. "Quando outras pessoas passam a conhecer o que é feito e suas vantagens, elas se tornam parceiros indiretos no negócio", os esforços se pagam por si mesmo. (CONNEL, 1990)

Também no Brasil a reciclagem está começando a receber o apoio das leis. Em Belo Horizonte, a prefeitura esta propondo a isenção da taxa de habite-se para as obras cujos resíduos tenham sido encaminhados à usina de reciclagem de entulho da cidade. Existe ainda a idéia de se exigir a utilização de materiais reciclados na execução de obras públicas; este seria um item firmado no próprio edital de licitação. (SLU-BH, 2005)

3.1.5 Possibilidades de aplicação do resíduo de construção reciclado

O agregado obtido a partir da reciclagem de resíduo de construção civil pode ser aplicado em serviços como pavimentação, argamassas de assentamento e revestimento, concretos, fabricação de pré-moldados (blocos, briquetes, meio-fio e outros), serviços de drenagem, entre outros. (ANVI, 1995; BODI, 1997; CUR, 1984; CUR; 1994; HAMASSAKI

et al., 1997; HANSEN, 1992; I&T, 1995; LATTERZA, 1997; LEVY, 1997; MEHTA; MONTEIRO, 1994; PINTO, 1989b, 1994; RILEM, 1994; ZORDAN, 1997; MARQUES NETO, 2005).

A aplicação do reciclado em substituição total ou parcial à areia natural pode melhorar as características de argamassas, mas ainda falta determinar algumas características destas argamassas para uma aplicação racional e segura.

O uso em pavimentação é um dos mais praticados nos municípios que reciclam resíduos de construção, obtendo-se ótimos resultados e consumindo-se quantidades significativas de resíduos. Outras aplicações simplificadas como cobertura de aterros, controle de erosão, camadas drenante, rip-rap também podem ser realizadas com sucesso, conforme pode-se constatar em municípios onde a reciclagem está implantada. Marques Neto (2005) indica usos para reciclados produzidos no Brasil: base para pavimentação; execução de habitações e outras edificações; execução de muros e calçadas; contenção de encostas; produção de artefatos (guias, sarjetas, tubos).

Andrade *et al*. (1998), estudando concretos com agregados reciclados, indicam como viáveis as seguintes aplicações para o material: briquetes para pavimentação; blocos de concreto para alvenaria estrutural; blocos de concreto para vedação.

Hansen (1992) relaciona usos para o reciclado para os quais há maiores possibilidades de desenvolvimento de mercado: enchimentos de pisos; drenagem; pavimentação (sub-base ou material de superfície); produção de novos concretos.

Os materiais para enchimentos de pisos devem ser duros e ter curva granulométrica adequada, de maneira que se consolidem facilmente e mantenham a capacidade de drenagem. Devem ser quimicamente inertes e apresentar estabilidade volumétrica em presença de umidade. Agregados reciclados atendem bem a estas exigências. Entretanto, reciclados de alvenaria podem conter materiais expansivos ou madeira, que após a decomposição pode deixar vazios no enchimento.

Ensaios indicam que se pode usar o reciclado de concreto na preparação de concreto asfáltico, embora o reciclado de alvenaria não apresente bons resultados, pelo seu alto consumo de betume e grande volume de vazios. (HANSEN, 1992)

3.1.6 Carências de informações relativas aos resíduos de construção reciclados e suas aplicações

No cenário atual da reciclagem de resíduos de construção pode-se identificar a necessidade de especificações técnicas para a produção e aplicação do reciclado, para a garantia da qualidade dos produtos e para respaldar o aumento do consumo do material, fator fundamental para viabilizar economicamente as centrais de reciclagem. Sendo a reciclagem

de resíduos de construção relativamente recente no Brasil e estando em fase de avanço, muito distante do processo de consolidação, é natural que existam lacunas de conhecimento sobre produção e aplicação do material produzido. Estas carências podem ser identificadas no meio produtor, entre os usuários e no meio acadêmico. Algumas das conseqüências disso são:

- A quantidade de agregado reciclado utilizada é menor do que poderia ser, restringindo-se às aplicações mais simplificadas. As mais complexas, quando implementadas, consomem pequena quantidade do material;
- As aplicações simplificadas não requerem produtos com alto grau de pureza e rígido controle de qualidade. Assim, cria-se um círculo vicioso: as características do reciclado produzido não estimulam usos em argamassas ou concretos em escala significativa, e assim as recicladoras não se preocupam com a produção de agregados de qualidade adequada a estes usos (baixos teores de contaminantes, controle da granulometria, entre outros);
- A ausência de procedimentos consolidados para o uso do reciclado desestimula aplicações do material, pelo receio do surgimento de patologias.

Algumas carências consideradas importantes são:

- Sistema de classificação do agregado reciclado acompanhado de especificação de parâmetros a controlar, com valores-limites;
- Procedimentos de produção do agregado reciclado balizado por sistema de classificação e especificação do produto;
- Informações sistematizadas sobre o uso do reciclado em concretos, adaptado à realidade brasileira;
- Informações sistematizadas sobre a aplicação em argamassas. O uso do reciclado pode melhorar algumas propriedades de argamassas, mas sabe-se que pode prejudicar outras. Falta conhecer melhor as argamassas com reciclado e determinar os teores do material para os diversos tipos, de modo a obter os melhores resultados técnicos com o menor custo possível;
- Informações sobre artefatos de concreto com agregado reciclado, principalmente relativas à durabilidade e ao consumo de aglomerantes.

3.2 *Perdas de materiais na construção civil e conseqüências da geração de resíduos para as cidades brasileiras*

3.2.1 Perdas de materiais na construção civil

Como já citado o setor da construção apresenta índices de desperdício significativos.

Franchi *et al*. (1993) afirmam que o desenvolvimento tecnológico do setor é caracterizado pela utilização de processos tradicionais e que a estrutura característica das empresas (pequenas e sem recursos para investimentos isolados em tecnologia e racionalização) dificulta mudanças nos procedimentos de construção utilizados. Ocorrem, em muitos casos, danos aos serviços já prontos na execução de serviços subseqüentes. Estas interferências levam à baixa produtividade e à perda de materiais.

Como conseqüência pode-se citar a grande geração de resíduos, que ocasiona custos devidos à remoção e transporte dos resíduos, compras de materiais para compensar as perdas, consumo excedente de horas-homem, entre outros.

Os desperdícios de materiais podem ser caracterizados pelos resíduos retirados das obras e pelos materiais a elas incorporados por defeitos de execução ou na correção de serviços (argamassas com espessura superior à necessária, entre outros). (PINTO, 1989a; FRANCHI *et al*., 1993; SOUZA *et al*., 1998)

Pinto (1989a) realizou pesquisa de desperdício de materiais em uma obra de aproximadamente 3.650 m^2, tendo chegado à conclusão de que 20% (em massa) do material empregado foi desperdiçado. Segundo o autor, dos 20% desperdiçados, aproximadamente a metade sai da obra na forma de entulho e a outra metade fica incorporada à construção. Para chegar às conclusões o pesquisador comparou a massa estimada da obra com a massa dos materiais adquiridos para a sua construção. Segundo o autor, este desperdício de materiais leva ao aumento de custo da edificação de aproximadamente 6%.

Os resultados da pesquisa são transcritos na TAB. 3, que apresenta os índices de desperdício utilizados nos cálculos de quantidades de materiais a serem comprados ("Usual") e os índices de desperdício verificados ("Real"). Os números referem-se ao total desperdiçado (resíduos e material incorporado à obra).

Tabela 3 - Índices de perdas verificados na construção de um edifício.

Material	Desperdício (% em massa)	
	Real	Usual
Aço	26,19	20,00
Areia	39,02	15,00
Argamassa colante	86,68	10,00
Azulejos	9,55	10,00
Cal Hidratada	101,94	15,00
Cerâmica de piso	7,32	10,00
Cimento	33,11	15,00
Concreto usinado	1,34	5,00
Componentes de vedação	12,73	5,00
Madeiras em geral	47,75	15,00

FONTE: PINTO, 1989a.

Pode-se observar que os índices de perdas apresentados são significativamente maiores que os esperados, exceto para concreto usinado, azulejos e cerâmica de piso. Este comportamento com relação a estes materiais pode ser devido às suas naturezas: em geral são materiais relativamente caros e utilizados em serviços específicos (dois deles são aplicados em acabamentos). Os demais apresentam custos unitários relativamente baixos e são utilizados em diversos serviços, inclusive em reparos de falhas em paredes e de concretagem. Estas podem ser algumas razões para as discrepâncias verificadas.

Picchi (1993) pesquisou as perdas em três construções residenciais no período de 1986 e 1987, quantificando os resíduos retirados das obras. Não foram levantados os desperdícios de materiais incorporados à construções. Os resultados de Picchi (1993) para as perdas globais de materiais (TAB. 4) são da mesma ordem de grandeza dos de Pinto (1989a).

Tabela 4 - Resultados de pesquisa de desperdício de materiais em três construções residenciais.

Obra	Área (m^2)	Duração (meses)	Volume entulho (m^3)	Massa (t/m^2)	Perdas (% massa)
A	7.619	17	605,50	0,095	11,20
B	7.982	15	707,70	0,107	12,60
C	13.581	16	1.645,00	0,145	17,10

NOTA: 1) massa específica do entulho (adotada) = 1,2 t/m^3; 2) massa final do edifício (adotada) = 0,85 t/m^3; 3) Perdas = massa de entulho / massa projetada do edifício

FONTE: PICCHI, 1993.

Segundo Picchi (1993), os valores médios encontrados para o volume de resíduos de construção e demolição (RCD) gerados são de 0,10 m^3/m^2 ou 100 litros/m^2. O autor considerou a massa específica dos resíduos de construção como 1,2 t/m^3.

Franchi *et al*. (1993) realizaram pesquisa do índice de perdas em setor específico da construção civil: o de empresas construtoras de pequeno porte. Foram analisadas informações de cinco empreendimentos em período aproximado de cinco meses, calculando-se o índice de perdas por meio da análise de medições dos serviços, dos consumos teóricos previstos e dos quantitativos de materiais adquiridos durante a execução. Estudaram-se edifícios construídos com estrutura convencional de concreto armado (TAB. 5). Foi calculado o desperdício total dos materiais, estando incluídos nos resultados a parcela que sai da obra, como entulho, e a parcela que fica incorporada à obra (TAB. 6). Segundo os autores, os insumos estudados representam aproximadamente 20% dos custos das obras.

Pode-se observar que muitos dos índices variaram intensamente conforme a obra analisada e, segundo os autores, isto se deveu à diferenças em procedimentos de estocagem e manuseio, ao gerenciamento e a outras condições particulares de cada construção. Os autores compararam as médias de perdas dos materiais com outros números encontrados na bibliografia (TAB. 7).

Tabela 5 - Informações sobre as obras estudadas para levantamento de perdas de materiais

Obra	A	B	C	D	E
Tipo	Residencial	Comercial	Residencial	Residencial	Residencial
Número de pavimentos	11	10	5	12	8
Área aproximada dos pavimentos (m^2)	253	328	294	393	298
Área total construída (m^2)	2.997	6.474	1.216	5.148	2.715

FONTE: FRANCHI *et al*., 1993.

Tabela 6 - Resultados de pesquisa de perdas de materiais.

Material	Índice de perdas (% em massa)					
	A	B	C	D	E	Média
Aço	18,80	27,30	23,01	7,91	18,31	19,07
Areia	27,09	29,73	21,05	109,81	42,19	45,76
Argamassa	103,05	87,50	40,38	152,10	73,24	91,25
Cimento	76,60	45,20	34,31	151,86	112,70	84,13
Concreto pré-misturado	10,80	11,77	17,44	0,80	25,16	13,19
Tijolos furados	39,80	8,20	35,96	26,50	-	27,64
Tijolos maciços	45,25	15,23	20,02	27,28	-	26,94

FONTE: FRANCHI *et al*., 1993.

Tabela 7 - Comparação de resultados de pesquisas de perdas de materiais

Material	Índice de perdas (% em massa)			
	FRANCHI *et al.* (1993)	PINTO (1989b)	SKOYLES (1976)	USUAL
Aço	19,07	26,19	3,60	20,00
Areia	45,76	39,02	12,00	15,00
Argamassa	91,25	101,94	12,00	15,00
Cimento	84,13	33,11	12,00	15,00
Concreto pré-misturado	13,19	1,34	5,00	5,00
Tijolos furados	27,64	12,73	13,00	10,00
Tijolos maciços	26,94	12,73	13,00	10,00

FONTE: FRANCHI *et al*., 1993.

Nas pesquisas de Franchi *et al*. (1993) o desperdício de concreto usinado foi significativo (aproximadamente 13%, em média), apesar de ser um material relativamente caro, aplicado em serviços específicos e teoricamente bem controlados da obra. Este valor contrasta com o encontrado por Pinto (1989b), confirmando a disparidade possível de ser encontrada em estudos de perdas de materiais em obras. Franchi *et al*. (1993) concluíram que os índices de perdas variam conforme o material analisado e que para um mesmo tipo de insumo o índice de perdas pode variar de obra para obra. Os autores realizaram cálculos dos impactos das perdas nos custos finais das obras (TAB. 8). As perdas econômicas com os desperdícios identificadas por Pinto (1989b) encontram-se próximas a 6%.

Tabela 8 - Estimativa de custo das perdas dos materiais avaliados, considerando os demais custos constantes.

Material	Custo teórico (*)	Custo das perdas de materiais (%)				
		A	B	C	D	E
Aço	4,31	5,12	5,49	5,30	4,65	5,10
Areia	0,94	1,19	1,22	1,13	1,97	1,34
Argamassa	0,69	1,40	0,69	0,97	1,24	1,20
Cimento	5,24	9,25	7,61	7,04	13.19	11,15
Concreto pré-misturado	5,38	5,96	6,01	6,32	5,42	6,73
Tijolos furados	2,25	3,15	3,15	3,06	2,85	4,66
Tijolos maciços	0,27	0,39	0,31	0,32	0,34	0,52
Demais materiais + mão-de-obra	80,92	80,92	80,92	80,92	80,92	80,92
Total	100	107,38	105,40	105,06	110,58	111,62
Custo da perda	-	7,38	5,40	5,06	10,58	11,62

NOTA: (*) custo teórico = custo que o insumo representa no custo total da obra.
FONTE: FRANCHI *et al*., 1993.

Os índices de perdas levantados por Franchi *et al*. (1993) são bem superiores aos da bibliografia internacional, segundo os autores, que apontam como causas das diferenças: a falta de modulação dos projetos; a falta de integração entre projetos; a má administração de materiais; a questão da mão de obra e da prática construtiva e as alterações de projeto que ocorrem durante a obra.

Vários profissionais do setor da construção travam debates acerca dos índices de desperdício nas obras brasileiras, e muitas vezes carecem de informações sistematizadas para respaldar seus pontos de vista (SOUZA *et al*., 1998). Atualmente estão em estudos mais de uma centena de obras e os resultados das pesquisas serão divulgados periodicamente.

Souza *et al*. (1998) afirmam que o desperdício pode ocorrer em diferentes fases de uma obra:

- Na concepção: quando o projetista não utiliza bem os procedimentos de cálculo e informações sobre materiais, o que leva à indicação de condições inadequadas para os serviços (traços com altos consumos, por exemplo);
- Na execução: compreendendo as várias etapas por que o material passa na obra: recepção, estocagem, transporte, manuseio e aplicação;
- Na utilização: quando são necessários serviços de manutenção antes do prazo previsto, por má qualidade do serviço original.

As perdas levantadas na pesquisa de Souza *et al*. (1998) referem-se às que ocorrem na execução. Calcularam-se os consumos ideais para os serviços, levantaram-se as quantidades de materiais realmente utilizados e obtiveram-se os índices de perdas por meio da diferença entre os dois primeiros números.

A perda considerada no trabalho é aquela que é possível de ser evitada. Os números finais referem-se às perdas que saem da obra como resíduos, somadas às que ficam incorporadas à obra. Os resultados estão apresentados nas TAB. 9 a 11. Segundo os autores, a mediana é o número mais adequado para que se analisem os resultados referentes a cada material.

Tabela 9 - Perdas de materiais básicos detectadas em outras fontes.

Material	Perdas (% em Massa)						
	Número de casos estudados	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Pinto (1989b)	Soilbelmam (1993)
Areia	28	76	44	7	311	39	44
Cal	12	97	36	6	638	-	-
Cimento	44	95	56	6	638	33	83
Pedra	6	75	38	9	294	-	-
Saibro	4	182	174	134	247	-	-

FONTE: SOUZA *et al*., 1998.

Tabela 10 - Perdas de materiais segundo Souza *et al*. (1998).

Material	Perdas (% em massa)				
	Número de casos estudados	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Aço	12	10	11	4	16
Blocos e tijolos	37	17	13	3	48
Concreto usinado	35	9	9	2	23
Condutores	3	25	27	14	35
Eletrodutos	3	15	15	13	18
Gesso	3	45	30	-14	120
Placas cerâmicas	18	16	14	2	50
Tubos de PVC	7	20	15	8	56

FONTE: SOUZA *et al*., 1998.

Tabela 11 - Perdas de cimento em alguns serviços.

Material	Perdas (% em massa)				
	Número de casos estudados	Média	Mediana	Mínimo	Máximo
Emboço interno	11	104	102	8	234
Emboço externo	8	67	53	-11	164
Contrapiso	7	79	42	8	288

FONTE: SOUZA *et al*., 1998.

Pode-se observar que os valores variam consideravelmente, indicando diferenças no desempenho de cada obra ou imprecisões no indicador. Nota-se que em alguns casos as perdas foram muito pequenas, indicando a existência de empresas com procedimentos operacionais bastante eficientes e racionalizados.

Tabela 12 - Perdas de materiais detectadas em outras fontes.

Material	Perdas (% em massa)			
	TCPO 10 (1996)	Skoyles (1976)	Pinto (1989b)	Soilbelman (1993)
Aço	15	5	26	19
Blocos e tijolos	3 a 10	8,5	13	52
Concreto usinado	2	5	1	13
Condutores	2	-	-	
Gesso	-	-	-	
Eletrodutos	0	-	-	
Placas cerâmicas	5 a 10	3	-	
Tubos de PVC	1	3	-	

FONTE: SOUZA *et al*., 1998.

Segundo os autores as perdas de cimento (TAB. 11) deveram-se em grande parte a aumentos de espessuras e do consumo do aglomerante nos traços. Afirmam que as perdas na forma de resíduos não foram a maior parcela do total, embora tivessem sido significativas.

Analisando-se as informações relativas a perdas de materiais no setor da construção civil, pode-se observar que:

- Os índices de perdas nas obras variam consideravelmente conforme o material analisado e de obra para obra;
- Os desperdícios de materiais que compõem argamassas são bastante significativos, em alguns casos bem maiores que os de outros materiais. As perdas de componentes de alvenaria e concreto usinado também são significativas, embora menores que as anteriores;
- A massa total dos resíduos retirados das obras varia de 10 a 17% da massa do edifício;
- Os valores do impacto das perdas nos custos das obras, segundo duas pesquisas, em que se analisaram seis obras, situam-se entre 5% e 11%.

Ressalta-se aqui que os dados bibliográficos apresentados nesta pesquisa referentes à perdas de materiais na construção civil, são de 8 a 14 anos atrás, pelo fato de não ter sido encontrado divulgação de dados mais recentes.

3.2.2 Conseqüências da geração de resíduos de construção para as cidades brasileiras

O setor da construção civil brasileiro apresenta uma significativa taxa de desperdício de materiais, gerando grandes quantidades de resíduos, em obras novas ou demolições. Segundo Pinto (1997) estes resíduos representam em torno de 2/3 (em massa) do total dos resíduos coletados em cidades médias e de grande porte no país, conforme indicam informações da TAB. 13.

Tabela 13 - Participação dos resíduos de construção no total dos resíduos sólidos urbanos

Município ou local	Fonte	(%) em massa
Suíça	FOEFL, 1988	45%
Europa Ocidental	Desmyter, 1994	67%
São José dos Campos/SP	I&T, 1995	68%
Ribeirão Preto/SP	I&T, 1995	67%
Belo Horizonte/MG	SLU-BH, 2005	42%
Brasília/DF	I&T, 1997	66%
Campinas/SP	CAMPINAS, 1996	64%
Jundiaí/SP	I&T, 1997	64%
São José do Rio Preto/SP	I&T, 1997	60%
Santo André/SP	I&T, 1997	62%

NOTA: (1) considerando apenas resíduos em aterros públicos.
FONTE: PINTO, 1997; SLU-BH, 2005; I&T, 1997.

Pinto (1997) afirma que em uma situação típica, 2/3 dos resíduos são recolhidos por empresas privadas e 1/3 pelas administrações municipais (TAB. 14 e 15). A destinação dos resíduos de construção causa problemas ambientais e econômicos. Segundo levantamentos realizados nos municípios de Belo Horizonte/MG, São José dos Campos/SP, Ribeirão Preto/SP, São José do Rio Preto/SP, Jundiaí/SP e Santo André/SP, a remoção e o aterramento dos resíduos tornam-se cada vez mais caros com o aumento dos preços cobrados pelos coletores, pressionados pela escassez de locais de disposição e pelo aumento das distâncias a percorrer. (I&T, 1990, 1995)

Tabela 14 - Composição típica dos resíduos sólidos urbanos

Tipos de resíduos	% em massa
Resíduos de construção recolhidos por empresas	45
Resíduos de construção recolhidos pela administração pública	22
Resíduos domiciliares recolhidos pela administração pública ou empreiteiras	33

FONTE: PINTO, 1997.

Tabela 15 - Geração de resíduos de construção em alguns municípios brasileiros

Município	Fonte	t/hab/ano
Belo Horizonte/MG	SLU-BH, 2005	0,45
Ribeirão Preto/SP	I&T, 1995	0,52
São José dos Campos/SP	I&T, 1995	0,43
Jundiaí/SP	I&T, 1997 (1)	0,63
São José do Rio Preto/SP	I&T, 1997 (1)	0,60
Santo André/SP	I&T, 1997 (1)	0,55

NOTA: (1) considerando apenas resíduos em aterros públicos.
FONTE: I&T, 1995, 1997; SLU-BH, 2005.

Pela repetição dos fatos nos municípios citados, acredita-se que estes eventos ocorram, em menor ou maior grau, na maior parte das cidades brasileiras, principalmente nas de médio e grande portes.

Parte dos resíduos gerados é depositada irregularmente na malha urbana, causando problemas ambientais como obstrução de vias e cursos d'água, surgimento de zoonoses, entre outros. As administrações municipais consomem recursos materiais, humanos e financeiros com a abertura de novos locais de disposição e limpeza das áreas degradadas (CAMPINAS, 1996; CORBIOLI, 1996; PINTO, 1999; MARQUES NETO, 2005; I&T, 1990, 1995, 1997). Na TAB. 16 estão apresentadas informações sobre custo de gerenciamento dos resíduos em alguns municípios.

Tabela 16 - Custos de gerenciamento de resíduos de construção em alguns municípios

Município	Fonte	Custo
Belo Horizonte/MG	SLU-BH, 2005	US$ 10,00/t
São José dos Campos/SP	I&T, 1995	US$ 10,66/t
Ribeirão Preto/SP	I&T, 1995	R$ 5,37/t
São José do Rio Preto/SP	I&T, 1997 (1)	R$ 11,78/t

NOTA: (1) considerando apenas resíduos em aterros públicos.
FONTE: I&T, 1995, 1997; SLU-BH, 2005.

A reciclagem dos resíduos de construção é uma das maneiras de lidar com estes materiais, na tentativa de diminuir impactos ambientais, custos de destinação e aumentar a vida útil de aterros. (CAVALCANTE; CHERIAF, 1997; BATTISTI *et al*., 1998; I&T, 1990, 1995; JOHN, 1999; LEVY, 2002; PINTO, 1989b, 1997)

Segundo John (2001) a reciclagem leva à dispersão de materiais, ao contrário da simples disposição, que causa sua concentração. Pinto (1999) considera que, usando o resíduo em novos serviços de construção, procede-se como se estivesse "pulverizando" os aterros. Para que se espalhe o resíduo em várias obras, é necessário que haja segurança quanto à qualidade do agregado reciclado e das aplicações, para evitar riscos ao meio ambiente e à segurança dos usuários.

Por meio da reciclagem pode-se obter materiais adequados à utilização em diversos serviços de construção. Pode-se obter também economia de recursos financeiros, pois em geral fica mais barato reciclar os resíduos do que gerenciar seu aterramento e sua remoção de locais irregulares. Segundo informações obtidas na empresa Informações e Técnicas em Construção Civil (I&T) e na SLU-BH, o custo do agregado reciclado, em "bica corrida", pode ser menor que R$ 4,00/t, bem inferior aos valores apresentados na TAB. 16 para gerenciamento dos resíduos, o que comprova a viabilidade das usinas de reciclagem.

Este é um dos fatores que encorajam muitas administrações municipais a buscarem a implantação da reciclagem de resíduos de construção atualmente. Em outros países a reciclagem já é praticada a mais tempo, estando mais avançada.

Os municípios envolvidos com a reciclagem de resíduos de construção no Brasil são: Belo Horizonte/MG; Londrina/PR; Muriaé/RJ; Piracicaba/SP; Ribeirão Preto/SP; São José dos Campos/SP; São Paulo/SP; Brasília/DF; Campo Grande/MS; Cuiabá/MT; Jundiaí/SP; Ribeirão Pires/SP; Santo André/SP; Salvador/BA; São Bernardo do Campo/SP e São José do Rio Preto/SP.

Os objetivos das políticas públicas de limpeza urbana de cidades, onde a reciclagem de resíduos de construção foi implantada são:

- Redução das deposições ilegais, melhoria da qualidade ambiental e aumento da vida útil de aterros;
- Captação seletiva, reciclagem de resíduos, geração de produtos a baixo custo e melhoria das aplicações do reciclado;
- Construção de aparato jurídico-normativo (leis, decretos e normas) para sustentação das novas práticas.

Ainda segundo levantamentos de Pinto (1989b), a composição do entulho proveniente de canteiros de obras é de 64% formado por argamassa, 30% por componentes de vedação (tijolo maciço, tijolo furado, telhas e blocos) e 6% por outros materiais, como concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos (TAB. 17). Com essa composição, pode-se compreender que se trata de um material básico de qualidade.

Tabela 17 - Composição média dos resíduos de construção.

ELEMENTO	%
Argamassas	63,67
Tijolos maciços	17,98
Telhas, lajotas, entre outros	11,11
Concreto	4,23
Bloco de concreto	0,11
Ladrilhos de concreto	0,39
Pedras	1,38
Cimento-amianto	0,38
Solo	0,13
Madeira	0,11
Papel e matéria orgânica	0,20

FONTE: PINTO, 1989b.

Pinto (1989b) acrescenta ainda, que a quantidade de resíduos liberados pelas atividades construtivas nas cidades é de tal porte que, se houvesse uma total reutilização do material gerado, as necessidades de pavimentação de novas vias ou construção de habitações

de interesse social, por exemplo, seriam totalmente satisfeitas. Na TAB. 18, o autor apresenta a geração de resíduos e a possibilidade de sua utilização, para as finalidades acima citadas, nas principais capitais brasileiras.

É inegável, portanto, que o montante de resíduos gerado no país é muito grande e justifica todo esforço no sentido de reaproveitamento deste material. A criação de incentivos aos construtores, coletores de resíduos e proprietários dos imóveis em edificação, é de grande importância para que se inicie um processo amplo de reciclagem deste material. Processo esse que, se bem planejado e estruturado, pode contribuir significativamente para a redução dos custos sociais causados pela disposição indiscriminada de resíduos nos centros urbanos.

Tabela 18 - Geração de resíduos de construção e possibilidades de reutilização, nas principais capitais brasileiras.

Capitais	Área média de piso licenciado (m^2)	Geração estimada de resíduos (t)	Unidades habitacionais com 50 m^2 (un/mês)	Sub-base para pavimentação de vias públicas (m/mês)
São Paulo	413.000	372.000	8.300	183.700
Rio de Janeiro	30.000	27.000	600	13.300
Brasília	95.000	85.000	1.900	42.200
Belo Horizonte	113.000	102.000	2.300	50.400
Porto Alegre	65.000	58.000	1.300	28.900
Salvador	49.000	44.000	1.000	21.500
Recife	21.000	18.000	400	8.900
Curitiba	82.000	74.000	1.600	36.300
Fortaleza	56.000	50.000	1.100	25.200
Florianópolis	36.000	33.000	700	16.300

FONTE: PINTO, 1989b.

3.3 *Histórico da reciclagem de resíduos de construção*

O reaproveitamento de resíduos para uso em construção é praticado desde o Império Romano e Grécia antiga. Há relatos de uso de restos de telhas, tijolos e utensílios de cerâmica como agregado graúdo em concretos rudimentares (SANTOS, 1975). Aplicavam-se também estes resíduos moídos, como aglomerantes, com aproveitamento das propriedades pozolânicas dos materiais cerâmicos. No século passado, na Alemanha, utilizaram-se restos de blocos de concreto para a produção de artefatos de concreto. Realizaram-se também, posteriormente, pesquisas pontuais de reutilização de resíduos de construção (DE PAUW; LAURITZEN, 1994). Entretanto, foram as grandes catástrofes deste século, como terremotos e guerras, que impulsionaram a prática da reciclagem em locais com grandes volumes de resíduos, grande carência e urgência de construção de edificações e infra-estrutura. Segundo De Pauw e Lauritzen (1994), durante a Segunda Guerra e até 1955, foram reciclados aproximadamente 115 milhões de m^3 de resíduos de construção e demolição na Alemanha, os quais foram

utilizados na construção de aproximadamente 175 mil unidades habitacionais. Em 1980 ocorreu um terremoto de grandes proporções na cidade de Al Asnam, na Argélia, o que motivou uma pesquisa internacional para o reaproveitamento dos resíduos na fabricação de blocos de concreto. Segundo as estimativas dos pesquisadores, poderiam ser fabricados aproximadamente 50 milhões de blocos de concreto para a construção de habitações, seguindo procedimentos normalizados. Curiosamente, não foram implantadas unidades de reciclagem em grande escala, um dos fatores determinantes foi que a população se recusou a usar blocos fabricados com material de escombros que causaram a morte de seus parentes e conterrâneos. (DE PAUW; LAURITZEN, 1994)

Nas últimas décadas, principalmente por razões ambientais e econômicas, vários países vêm adotando a reciclagem, realizada por empresas particulares ou públicas, podendo ser citados: Holanda, Dinamarca, Estados Unidos, Japão, França, Itália. Espanha, Reino Unido, Rússia e mais recentemente o Brasil. (ANVI, 1992; DE PAUW; LAURITZEN, 1994; HANSEN, 1992; LATTERZA, 1997; LEVY, 2002; MEHTA; MONTEIRO, 1994; SWANA, 1993; ZORDAN, 2002; MARQUES NETO, 2005)

Durante o período de desenvolvimento da reciclagem de resíduos de construção, realizaram-se pesquisas e proposições de normas para obtenção e classificação do agregado reciclado. Em alguns países existe conhecimento consolidado sobre o material e normas avançadas para sua aplicação em vários serviços. As aplicações, no entanto, variam conforme o país, em função de características particulares como oferta de materiais de construção e resíduos, disponibilidade de locais para disposição, rigor das normas relativas a materiais a serem utilizados na construção, entre outros.

3.3.1 Reciclagem de resíduos de construção em outros países

A reciclagem de resíduos de construção é praticada em outros países há tempos. A necessidade de reconstruir cidades destruídas durante guerras e devido a catástrofes naturais levou ao desenvolvimento de técnicas de reciclagem dos resíduos e aplicação na produção de artefatos e em serviços de construção na Europa, Estados Unidos e Japão. (ANVI, 1992; DE PAUW; LAURITZEN, 1994; HANSEN, 1992; LEVY, 2002; MEHTA; MONTEIRO, 1994; SWANA, 1993; ZORDAN, 2002)

Outros motivos contribuíram para a recuperação dos resíduos, principalmente nas últimas décadas: aumento da exploração de jazidas de agregados; prejuízos ao meio ambiente com a extração de agregados e disposição dos resíduos; geração de mais resíduos que a construção de estradas pode absorver; saturamento de aterros (CUR, 1986). Além disso, considera-se o aterramento uma forma de desperdício de recursos. Os motivos para a

diminuição do aterramento de resíduos são o aumento dos custos de aterramento, pressões pela preservação ambiental (inclusive pressão comercial), crescimento do volume de resíduos, possibilidade de lixiviação de elementos danosos ao meio ambiente. (PERA, 1997)

Segundo Cur (1986) os resíduos de construção e demolição correspondem a 80% dos resíduos sólidos urbanos, na Holanda (do total dos resíduos de construção, os de concreto correspondem a 1/3 e os de alvenaria a 2/3). A geração de resíduos de construção na Europa situa-se entre 0,7 a 1,0 t/hab/ano e a quantidade destes resíduos é duas vezes maior que a de outros resíduos sólidos municipais. Aproximadamente 80% destes resíduos são provenientes de demolições.

Na composição dos resíduos predominam concretos e argamassas, embora as porcentagens variem de região para região (PERA, 1997). Ramonich (1997) cita países em que a reciclagem já está implantada há mais de 15 anos (Holanda, Alemanha, Dinamarca e Bélgica). Cita também outros países em que a reciclagem iniciou-se recentemente: Grã-Bretanha, França, Itália.

De Pauw e Lauritzen (1994) apresentam informações sobre a quantidade de recicladoras em operação em países europeus, em 1992 (TAB. 19). A realidade dos resíduos de construção e sua reciclagem na Europa é semelhante à brasileira em muitos aspectos, entre eles o agregado reciclado produzido apresenta baixa qualidade, faltam informações sobre o agregado reciclado, devido a características como composição, teor de contaminantes e a falta de conhecimento, boa parte do resíduo é aterrado ou aplicado em usos simplificados, as aplicações simplificadas do reciclado inibem o estabelecimento de normas mais rigorosas que permitam usos de maior qualidade. Apesar disso, há países em que os agregados produzidos são adequados à aplicação em concreto estrutural, como Holanda. (CUR, 1986; HANSEN, 1992)

Onde mais se usa reciclado na Europa é em pavimentação, mas as aplicações em concretos são promissoras devido a alguns fatores (RAMONICH, 1997): (1) Há uma compreensão de que deve reservar os agregados naturais para usos mais nobres, como concreto de alta resistência, concreto protendido, entre outros. Assim, é melhor que os concretos de menor responsabilidade estrutural sejam elaborados com agregados reciclados; (2) 80% do concreto utilizado na Europa necessita de resistências à compressão entre 20 e 25 MPa, plenamente alcançáveis com o agregado reciclado. Algumas instituições de outros países que lidam com a reciclagem são os Estados Unidos (Associação de Resíduos Sólidos da América do Norte) (SWANA), Comunidade Européia (Comitê CEN/TC-154 AHG - Recycled Aggregates), Holanda (Centro Holandês para Pesquisas e Códigos em Engenharia (CUR)); Alemanha (Instituto Alemão para a Identificação e Garantia de Qualidade) (RAL);

Japão (Sociedade de Construtores do Japão) (B.S.S.J.), Comitê Técnico 121 - *Demolition and Reuse of Concrete* (DRG) da União Internacional de Laboratórios de Ensaios e de Pesquisas sobre Materiais e Construções (RILEM).

Tabela 19 - Recicladoras de resíduos, em 1994.

País	Recicladoras (un)
Bélgica	60
Dinamarca	20
França	50
Alemanha	220
Holanda	70
Itália	43
Grã-Bretanha	120

FONTE: DE PAUW e LAURITZEN, 1994.

3.3.1.1 Alemanha

Na Alemanha não é permitido o uso do reciclado em novos concretos. O material é aplicado em pavimentação, existindo normas específicas para a garantia de sua qualidade. Segundo normas daquele país, o reciclado não atinge resistência mecânica suficiente para uso em concretos e sua densidade é muito alta para que seja aplicado em concretos leves (HANSEN, 1992). Segundo o autor, ocorrem solicitações individuais de aplicação do material em novos concreto, mas são em geral indeferidas. No período pós-guerra utilizou-se reciclado em grandes quantidades na produção de concretos para diversos usos. Produziu-se concretos de excelente qualidade, com massa específica entre 1.600 e 2.100 kg/m^3, resistências em torno de 30 MPa e módulo de elasticidade de 15 GPa. Segundo Hansen (1992), as autoridades alemãs estão revendo a proibição do uso de reciclado em concretos.

3.3.1.2 Bélgica

Segundo Levy (1997), este foi um dos poucos países em que se verificaram problemas graves devido ao uso do agregado reciclado, duas pontes foram demolidas devido a problemas no concreto com reciclado. Pesquisadores concluíram que as causas das patologias foram decorrentes de reações álcali-agregado, devido aos constituintes do agregado ou do cimento. Órgãos de pesquisa do país estudam usos do concreto com reciclado, levando em conta principalmente a durabilidade.

3.3.1.3 Dinamarca

Hansen (1992) refere-se a normas dinamarquesas que permitem aplicações de concretos com agregados reciclados em certos serviços com função estrutural. Os concretos seriam divididos por resistência mecânica, sendo criado um tipo até 20 MPa e outro até 40 MPa. Utiliza-se reciclados de concreto e de alvenaria, para a produção dos dois tipos diferentes de concreto. Os concretos com reciclado de concreto devem apresentar massa específica seca de 2.200 kg/m^3 e os com agregado reciclado de alvenaria, 1.800 kg/m^3. Os dois tipos de reciclados devem atender às exigências nacionais relativas aos teores de contaminantes. Experimentos realizados no país indicam que a curva tensão-deformação de concretos com agregados reciclados é parecida com a de concretos convencionais. Os valores do módulo de elasticidade utilizado nos cálculos de concreto são definidos como: 50% do módulo de elasticidade de concretos convencionais, para concretos com reciclado de alvenaria; 80% do módulo de elasticidade de concretos convencionais, para concretos com reciclado de concreto.

3.3.1.4 Estados Unidos

Nos Estados Unidos utilizam-se agregados reciclados de concreto, principalmente em pavimentações. Segundo Hansen (1992), o país caminha para a aceitação do resíduo de concreto reciclado como agregado padronizado em serviços de pavimentação, sem a necessidade de ensaios específicos.

De acordo com Swana (1993), a indústria do resíduo sólido no país começa a investigar questões relativas à reciclagem e disposição de resíduos de construção e demolição, mas pouca atenção tem sido dada à criação de regulamentações federais sobre o assunto. Entretanto, os estados têm desenvolvido regulamentações próprias.

Segundo Swana (1993), muitas empresas reciclam resíduos de C&D, oferecendo-os ao mercado a preços baixos, e desta forma os custos de transporte passam a ser item significativo na decisão de se usar o material. Segundo a associação, haviam 113 recicladoras regulamentadas em 1993 no país, e muitas outras operando irregularmente. Atualmente esse número diminuiu devido à baixa utilização do agregado reciclado. Alguns usos para o reciclado são cobertura diária e final de aterros, vias de acessos temporários de aterros, recuperação de solo, enchimentos de pisos, base ou sub-base em pavimentação, filtros em aterros, controle de erosão e estabilização de encostas, concreto asfáltico e serviços de drenagem.

3.3.1.5 Holanda

Neste país foram desenvolvidas normas para aplicação de reciclado em concretos simples, armado e protendido. O uso que se faz do reciclado neste país, revela o grau de conhecimento avançado sobre suas propriedades e dos concretos preparados com o material.

Segundo as especificações holandesas, concretos com teores de reciclado de concreto graúdo inferiores a 20% (em massa) são tratados como concretos normais, e devem atender às exigências para este tipo de concreto. (CUR, 1986)

3.3.1.6 Japão

No Japão estão sendo implementados esforços no sentido de regulamentar-se a utilização de agregados reciclados e de concretos preparados com o material. A *Building Contractors' Society of Japan* (BCSJ) (BCSJ[1], 1977 *apud* HANSEN, 1992) preparou o documento "Proposição de norma para uso de agregado reciclado e concreto com agregado reciclado". Segundo Hansen (1992), muitas das especificações contidas nas normas não são muito diferentes das contidas em códigos utilizados em outros países para agregados convencionais, embora sejam apresentadas exigências específicas para o reciclado.

3.3.1.7 Rússia

O agregado reciclado pode ser aplicado em construções na Rússia (HANSEN, 1992). O Instituto de Pesquisa em Concreto e Concreto Armado Russo publicou recomendação para a reciclagem de concretos, que permite o uso de reciclado de concreto em: base em macadame para pisos e fundações de construções e estruturas e para pavimentos asfálticos de vários tipos; produção de concreto simples e armado de 5 a 15 MPa; produção de concreto simples e armado até 20 MPa, desde que o reciclado seja misturado a agregado convencional.

É vetado o uso de concreto com agregado reciclado em concreto protendido, devido à alta fluência e retração e ao baixo módulo de elasticidade. Não se utiliza a fração miúda do reciclado em concreto, sendo indicadas outras aplicações como filler em concreto asfáltico.

3.3.1.8 Outros países

Hansen (1992) afirma que as normas no Reino Unido permitem o uso de agregados reciclados em pavimentações e em construções. Admite-se o uso de reciclado de concreto ou de alvenaria em concretos com baixa requisição estrutural.

[1] BCSJ - Building Contractors' Society of Japan. Proposed Standard for the Use of Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete. Building Contractors Society of Japan. Committee on Disposal and Reuse of Construction Waste, 1977 (versão em inglês publicada em junho de 1981).

Na França existem recicladoras de resíduos de construção, processando principalmente resíduos de concreto. Órgãos de pesquisa franceses estudam as propriedades de concretos com agregados reciclados. (HANSEN, 1992)

3.4 *Reciclagem de resíduos de construção no Brasil*

3.4.1 Situação atual

A reciclagem de resíduos de construção em escala significativa é prática recente no Brasil, iniciada na década de 80, com o uso de pequenos moinhos em construção de edifícios, por meio dos quais se reaproveitava resíduos de alvenaria para a produção de argamassas para aplicação principalmente em emboço. (ANVI, 1995; HAMASSAKI *et al*., 1997; I&T, 1995; LEVY, 2002; PINTO, 1989b, 1994; ZORDAN, 2002; MARQUES NETO, 2005)

Ângulo (1999) realizou estudo em dois canteiros de obras na cidade de São Paulo, sendo que apenas um praticava reciclagem de entulho. A TAB. 20 mostra os custos comparativos entre a obra que recicla e remove seus resíduos e a que apenas remove seus resíduos.

Tabela 20 - Resumo dos custos por m^2 de construção

Tipos de obra (1)	Custo com mão-de-obra (R$/m^2)	Custo com caçambas (R$/m^2)	Custo com equipamentos (R$/m^2)	Ganho com argamassa produzida (R$/m^2)
Obra que remove o entulho	2,30	1,62	-	-
Obra que recicla o entulho	3,11	0,81	0,35	0,83

NOTA: (1) Dois canteiros de obras da cidade de São Paulo/SP.
FONTE: Ângulo, 1999.

Com esse estudo, o autor concluiu que a mesma mão de obra que produz argamassas convencionais pode produzir argamassas recicladas, pelos mesmos custos. Além disso, com a redução dos custos de caçambas e argamassas, os equipamentos custariam R$ 1,62/m^2 de construção, igualando-se aos custos de remoção. Com R$ 15.000,00 de custo médio do equipamento, a reciclagem em canteiros de obras seria viável em construções com mais de 9.300 m^2.

Na década de 90 iniciou-se a implantação de Recicladoras, por administrações dos municípios da região Sul e Sudeste, além de vários municípios começarem a estudar a implantação. Alguns empresários se mostram interessados no estabelecimento de parcerias com prefeituras, para reciclagem de resíduos de construção e comercialização de agregados reciclados.

Nos municípios em que a reciclagem já foi implantada são geradas quantidades significativas de agregado reciclado, aplicadas em serviços simplificados como cobertura

primária de vias, sub-bases de pavimentos asfálticos, drenagem e controle de erosão. Parte do material é aplicado na produção de concreto, argamassa e na fabricação de componentes para alvenaria, pavimentação e infra-estrutura urbana (blocos, briquetes, meios-fios, entre outros).

Do quadro atual da reciclagem de resíduos de construção e de aplicação do agregado produzido pode-se destacar:

- Os reciclados são gerados principalmente por administrações públicas, que necessitam processar grandes quantidades de resíduos, para aumento da vida útil de aterros e para a viabilização econômica das Recicladoras;
- Há dificuldade de classificação dos resíduos nas Centrais, que são simplificadas e necessitam processar quantidades consideráveis de resíduos (por exemplo: 200 t/dia).
- Há dificuldade de separação nas fontes geradoras, pois esta preocupação não está incorporada pelos construtores;
- A composição dos resíduos processados é heterogênea e o resíduo de construção reciclado apresenta teores significativos de material cerâmico;
- Os usos atuais nos municípios que reciclam são simplificados, consumindo grandes quantidades de materiais. A aplicação em argamassas e concretos é relativamente pequena, devido em parte à falta de conhecimentos dos profissionais sobre as possibilidades do material;
- Muitos dos usos indicados para o reciclado ainda não foram objeto de pesquisa científica suficiente, principalmente quanto à durabilidade;
- Muitos profissionais têm dúvidas sobre as regras para o uso do reciclado, e preconceito contra o material, pela ausência de especificações precisas e pela falta de conhecimento sobre as possibilidades de aplicação;
- As especificações do reciclado devem ser melhoradas com o avanço das pesquisas sobre o material. Deve-se buscar maior conhecimento sobre algumas propriedades (retração, durabilidade, estabilidade física e química) e sobre os traços adequados para cada aplicação (reciclado/agregado convencional/aglomerantes/outros materiais) para otimização dos consumos e minimização dos custos, sem perda de qualidade;
- Em geral, os usuários particulares do reciclado utilizam traços empíricos, conservadores, em que o teor do reciclado é limitado para evitar problemas como retração por secagem, alta absorção e outros;
- Não existe, ainda, uma estrutura fiscalizadora da qualidade do agregado reciclado e de suas aplicações nos municípios em que é produzido.

Apesar das questões acima, a reciclagem tende a avançar, pois o resíduo de construção é gerado em grande quantidade e demanda grandes áreas para sua destinação, as quais estão cada vez mais escassas em várias cidades do país.

Além disso, a reciclagem de resíduos de construção pode gerar economia de recursos financeiros, o que é mais um fator de incentivo à sua implementação.

O meio acadêmico acompanha o avanço da reciclagem, estando em andamento estudos analisando o agregado reciclado e suas aplicações (em concretos, argamassas e outras). Pinto (1999) afirma que há estudos em desenvolvimento em: Belo Horizonte/MG, Brasília/DF; Campinas/SP; Fortaleza/CE; Florianópolis/SC; Salvador/BA; São Paulo/SP; São Carlos/SP. Além destes locais, desenvolvem-se pesquisas em: Cuiabá/SP; Porto Alegre/RS; Taubaté/SP.

Porém, com a implantação de recicladoras, produzindo grandes quantidades de reciclado, há o risco das aplicações avançarem com maior rapidez que as pesquisas. Desta forma podem ocorrer erros nas aplicações, causando prejuízos à imagem do material.

3.4.2 Centrais de reciclagem de resíduos de construção

Em novembro de 1991, foi inaugurada a primeira usina de reciclagem de resíduos do Hemisfério Sul, localizada no bairro de Santo Amaro, zona sul de São Paulo: a Usina de Reciclagem de Resíduos de Itatinga.

Depois de passar uma temporada desativada, ela voltou a funcionar. Sua produção, destinada às administrações regionais da zona sul de São Paulo, é aplicada como revestimento primário, do tipo cascalhamento, das ruas de terra da região. O equipamento e a instalação da usina em Itatinga/SP consumiram mais de um milhão de dólares. Por estar localizada na periferia da cidade e por não haver uma sistemática de coleta ou postos intermediários de recepção, a usina é ociosa.

Segundo Pinto (1999), "*faltou planejamento na implantação da usina, porque ninguém anda quilômetros para levar entulho à usina*". (CORBIOLI, 1996)

Na tentativa de amenizar este problema, está em fase experimental um posto de recepção intermediário, localizado no bairro do Ipiranga, região central de São Paulo. No entanto, como o depósito tem baixa capacidade, cada pessoa só pode descarregar um caminhão de resíduos por dia. Dessa forma, a usina de reciclagem de Itatinga/SP, projetada para reciclar 1000 t/dia, processa apenas 50% da capacidade. (CORBIOLI, 1996)

3.5 *Gestão ambiental de resíduos da construção civil em dois estados brasileiros*

3.5.1 A experiência do SINDUSCON-SP

Em 2001, o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP) realizou um primeiro seminário sobre a questão dos Resíduos da Construção e iniciou sua participação como representante da Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC) nas discussões do CONAMA que resultaram na aprovação da Resolução nº 307, em julho de 2002. Essa resolução estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a Gestão dos Resíduos da Construção Civil, criando responsabilidades para a cadeia gerador/transportador/receptor /municípios. (BRASIL, 2002)

O SINDUSCON-SP participa da elaboração de legislações e normatizações ambientais, buscando soluções adequadas nas esferas federal, estadual e municipal e agindo como agente facilitador para a implantação das soluções propostas.

O Programa de Gestão Ambiental de Resíduos em Canteiros de Obras é uma iniciativa do SINDUSCON-SP que contou com a assessoria das empresas I&T e Obra Limpa Comércio e Serviços Ltda. e que, em caráter experimental, implantou uma metodologia para gestão de resíduos em canteiros de obras de 19 construtoras.

A implantação dessa metodologia foi iniciada pelo grupo-piloto de construtoras em janeiro de 2003 e concluída em agosto de 2004. A exemplo dos Sistemas de Gestão da Qualidade aplicados por grande parte das construtoras, o Programa de Gestão Ambiental de Resíduos em Canteiro de Obras é um método que parte igualmente do desenvolvimento de um planejamento – fundamental na concepção do programa e suas respectivas diretrizes (reuniões iniciais, cronogramas de atividades e provisionamento de recursos). Do planejamento, o passo seguinte é a tomada de ações práticas – a implantação, concentrando o foco na informação, no treinamento e na capacitação das pessoas envolvidas. Faz-se, então, o acompanhamento da evolução do processo por meio de relatórios ou *check-lists*. Finalmente, as avaliações efetuadas redirecionam a tomada de ações corretivas e retroalimentam o sistema de gestão. (SINDUSCON-SP, 2005)

Segundo o SINDUSCON-SP as construtoras participantes do grupo-piloto conseguiram no experimento facilmente incorporar aos procedimentos operacionais os novos conceitos ambientais da metodologia, como buscar a redução de desperdícios, eliminando-os quando possível, promover a segregação dos materiais para reutilização no próprio canteiro, encaminhar os resíduos para reciclagem ou dar destinação compromissada para as áreas licenciadas com a utilização de transportadores (caçambeiros) credenciados. Para um projeto experimental, o Programa de Gestão Ambiental de Resíduos em Canteiros de Obras

apresentou resultados positivos apontados em pesquisa que uma empresa especializada independente aplicou nas construtoras participantes do grupo-piloto, abordando um universo amplo de pessoas envolvidas. A pesquisa constatou, no grupo entrevistado, um alto grau de sensibilização, conscientização e interesse pelo assunto. Percebeu-se uma expressiva redução de resíduos gerados, embora a quantificação nos canteiros não estivesse ainda sistematizada.

Concluiu-se, enfim, que a implantação do programa proporcionou uma interessante redução dos custos operacionais das obras, ao contrário do que alguns previam.

Cabe mencionar que, como o programa do SINDUSCON-SP foi implantado em diversas construtoras e cada uma se encontrava em etapas diferenciadas de obra, não tendo sido acompanhada a obra do início ao fim, os resultados obtidos não podem ser utilizados como indicadores do sistema construtivo. Além disso, as construtoras envolvidas utilizam sistemas construtivos diferentes e distintos padrões de acabamento.

3.5.2 Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil do Estado de Sergipe

O Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil do Estado de Sergipe (PIGRCC), segue as mesmas diretrizes básicas propostas de gerenciamento de resíduos, pela Cartilha do SINDUSCON-MG que será detalhada na seqüência desta pesquisa e do Manual de Gerenciamento do Estado de São Paulo e destaca: diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) e para o Programa de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil (PGRCC); cadastramento de áreas públicas ou privadas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, conforme o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos gerados às áreas de beneficiamento; estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos; proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas; incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo; definição de critérios para o cadastramento de transportadores; ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos; ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

O PMGRCC deverá ser elaborado e coordenado pelo município que deverá estabelecer diretrizes técnicas, procedimentos e responsabilidades dos pequenos geradores, conforme critérios técnicos do sistema de limpeza urbana de Aracajú.

O PGRCC deverá ser elaborado e implementado pelos grandes geradores e deverá estabelecer procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

O PGRCC de empreendimentos não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deve ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, conforme o PMGRCC. O PGRCC de empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental competente.

As etapas do PGRCC são: caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação.

Os resíduos serão separados em classes sendo: classe A e B para resíduos reutilizáveis ou recicláveis, classe C para resíduos que ainda não possuem tecnologia desenvolvida que permita sua reciclagem ou recuperação.

Segundo o SENAI-SE (2005), os resultados já obtidos com a implementação dos programas foram: redução do custo de construção e redução da perda de material, embora não tenham divulgado estes dados.

3.6 *Gerenciamento dos resíduos da construção civil no município de Belo Horizonte*

3.6.1 Gerenciamento público dos RCC em Belo Horizonte

A geração dos resíduos sólidos da construção civil é grande, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos. Estima-se que a geração de RCC situa-se em torno de 450 kg/habitante/ano (SLU-BH, 2005), variando naturalmente de cidade a cidade e com a oscilação da economia. Em 1993, foi implantado no município de Belo Horizonte o Programa de Correção das Deposições Clandestinas e Reciclagem de Resíduos, cujo objetivo principal era promover a correção dos problemas ambientais gerados pela disposição indiscriminada de resíduos em sua malha urbana.

A opção pela implementação desse Programa partiu da constatação de que os resíduos da construção civil, por corresponderem a aproximadamente 40% dos resíduos recebidos diariamente nos equipamentos públicos, demandam investimentos específicos para equacionar os problemas ambientais que acarretam em especial quando inadequadamente dispostos. A TAB. 21 ilustra a participação dos RCC na massa total de resíduos sólidos recebidos diariamente pela SLU-BH.

O Programa de Reciclagem de Resíduos da Prefeitura de Belo Horizonte possui como sistema de beneficiamento, três Estações de Reciclagem de Resíduos (equipamento que transforma resíduos em agregados para reintegração no processo produtivo da construção), localizadas nos bairros Estoril, Pampulha e Califórnia. As estações Estoril e Pampulha

beneficiaram em 2004, 96.420 toneladas de resíduos, perfazendo uma média de 365 t/dia. A terceira Estação de Reciclagem de Resíduos, instalada na CTRS da BR 040, funciona ainda em caráter experimental e em breve dobrará a capacidade de beneficiamento dos resíduos coletados.

Tabela 21 - Participação do resíduo na massa de resíduos sólidos recebidos pela SLU-BH em toneladas por dia

Tipo de Resíduos	2000	2001	2002	2003	Média
Resíduos Sólidos Urbanos (t)	4.554	4.009	4.337	4.119	4.255
Resíduos Construção Civil (t)	2.325	1.676	1.829	1.352	1.795
Participação dos RCC %	51,0	41,8	42,2	33,0	42,2

Fonte: SLU-BH, 2005.

Os produtos resultantes do beneficiamento dos RCC apresentam aspectos econômicos viáveis para certos tipos de aplicação, como se pode notar na TAB. 22, que faz a comparação dos preços médios no município de Belo Horizonte, em outubro de 2005, com os materiais usualmente utilizados.

Tabela 22 - Resíduos da construção civil

Insumos	R$/m^3	Variação% (*)
Entulho Reciclado	8,00	0
Areia Comum	39,00	487,5
Areia Lavada	39,00	487,5
Brita 0	39,00	487,5
Brita 1	39,00	487,5
Pedra de Mão	39,00	487,5
Minério (julho/2004)	10,78	34,70

NOTA: (*) Variação: razão percentual entre o custo unitário do material e do entulho reciclado.

O material reciclado tem sido utilizado pela Prefeitura em obras de manutenção de instalações de apoio à limpeza urbana, em obras de vias públicas e, ainda, em obras de infra-estrutura em vilas e favelas.

A Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) conta ainda com uma rede de Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV's) para atender os pequenos geradores (até 2 m^3), em parceria com os carroceiros que fazem coleta e o transporte do material, o que tem contribuído significativamente para a preservação ambiental da cidade. Elas funcionam como instalação auxiliar na captação de resíduos de construção provenientes de pequenas obras e reformas evitando-se, assim, a disposição irregular desses resíduos e viabilizando o encaminhamento da parcela de recicláveis para as estações de beneficiamento. Segundo SLU-BH (2005), 2/3 dos resíduos gerados pela construção civil são originados de construções

informais como: moradias em favelas ou em loteamentos populares, reformas, construções e demolições, que dentre outros, não possuem sequer aprovação pelo poder municipal.

Vale destacar que a Prefeitura de Belo Horizonte possui hoje 25 URPV's distribuídas nas nove regionais, para atendimento ao pequeno gerador.

O sistema implantado em Belo Horizonte, inédito pela sua forma descentralizada, tem obtido excelentes resultados, pela união da iniciativa de reciclagem ao da captação ordenada de resíduos. A primeira das três usinas de reciclagem de resíduos previstas para a cidade, começou a funcionar em dezembro de 1995 e atualmente tem capacidade para processar cerca de 260 t/dia de resíduos de construção no bairro do Estoril. Na primeira etapa, o programa garantiu o encaminhamento de 110 t/dia de resíduos à usina. Desse volume, cerca de 5% não possui características recicláveis e são encaminhados aos aterros. A economia para o município é bastante sensível. Se o resíduo fosse recolhido, transportado e aterrado, o custo seria de 10 dólares/t. Com a reciclagem, o custo cai para 4 reais/t. A usina custou à prefeitura 150 mil dólares, incluindo equipamento e obras civis. (CORBIOLI, 1996)

A segunda a entrar em funcionamento foi a da Pampulha. Neste bairro, a população aceitou muito bem a idéia da instalação da usina, por se tratar de uma área que está em processo de degradação devido às deposições clandestinas de resíduos. No entanto, na época da instalação da primeira usina, houve problemas com a vizinhança. Quando a antiga administração iniciou o processo de instalação da primeira usina de reciclagem de resíduos da cidade, a população do Estoril reagiu mal, por imaginar que haveria sujeira, mau cheiro e desvalorização da área. Foi um longo caminho até a liberação, com direito a um inquérito e avaliação de impacto ambiental, o que atrasou a inauguração em 16 meses. Hoje, os moradores aceitam pacificamente a usina, porque não há ruídos nem nuvens de pó. (CORBIOLI, 1996)

O que torna o programa de reciclagem em Belo Horizonte eficiente é o planejamento. O projeto partiu de um diagnóstico minucioso sobre os pontos de disposição clandestinos e concluiu que a cidade comportaria três usinas de reciclagem, em zonas estratégicas, mais 17 postos de recepção, sempre próximos dos depósitos clandestinos (CORBIOLI, 1996). Atualmente já existem 25 URPV's em Belo Horizonte (superando assim as expectativas iniciais), duas usinas já processando, a usina do Estoril e a da Pampulha, cada uma com capacidade de geração de 30 t/h de agregados reciclados e uma terceira usina, localizada na CTRS, com capacidade de processamento de 80t/h de agregado reciclado e que já se encontra funcionando ainda experimentalmente.

Em Belo Horizonte, as usinas de reciclagem são instaladas em áreas públicas de, no mínimo, 6.000 m², totalmente fechadas e operadas pelo poder público. Funcionam também

como local de entrega voluntária de papel, metal, plástico e vidro, devidamente separados, com o objetivo de estimular a adesão dos geradores e transportadores, na perspectiva de captar materiais recicláveis e destinar adequadamente a parcela não-reciclável. A recepção dos resíduos é gratuita, exige-se, apenas, que:

- Os resíduos sejam exclusivamente da construção civil e apresentem qualidade compatível aos padrões de reciclagem estabelecidos pelo sistema de limpeza urbana;
- Possuir no máximo 5% de impurezas como: terra, matéria orgânica, gesso e amianto;
- Os resíduos entregues sejam gerados em Belo Horizonte; admite-se receber resíduos gerados em outro município, mediante termo de cooperação;
- Em caso de grandes volumes, seja feita programação.

Sendo o usuário pessoa física, dispensa-se o cadastramento, mas os prestadores de serviço de coleta e transporte devem estar cadastrados na PBH e portar licença de tráfego especial para essa atividade.

Três diretrizes básicas de qualidade comandam o processo operacional das Estações de Reciclagem:

- Seleção perfeita do material apresentado à recepção;
- Controle e preservação da qualidade ambiental;
- Qualidade do produto.

Para preservar a qualidade ambiental da área instalada e proteger o entorno, as Estações de Reciclagem de Resíduos são dotadas de cortina vegetal, formada por árvores e outras espécies vegetais, e de jardins, que, além de funcionarem como barreira visual, destinam-se à contenção do material particulado e atenuam o desconforto acústico. Localizados estrategicamente, pontos de aspersão de micro-partículas de água umedecem os materiais, impedindo o levantamento de poeira durante seu recebimento, estocagem e movimentação. Para reduzir, ao mínimo, os níveis de pressão sonora, as calhas dos equipamentos britadores são revestidas de borracha, e as máquinas carregadeiras dispõem de silenciadores. A SLU-BH mantém rigoroso controle das condições operacionais das estações e da sua repercussão no contexto urbano da região.

Com a instalação da Estação de Reciclagem da CTRS, a tipologia do material reciclado amplia-se de duas especificações para cinco, pelo emprego de equipamentos que oferecem recursos adicionais aos utilizados nas estações em operação e pela introdução de novos equipamentos, agregando tecnologia e, conseqüentemente, valor ao produto final. Isso significa uma evolução da consistência tecnológica do processo de reciclagem do entulho, traduzindo, nesse programa específico, a confirmação de um dos pilares do modelo de gestão dos resíduos sólidos de Belo Horizonte.

3.6.1.1 A Usina de Reciclagem do Estoril

Inaugurada em dezembro de 1995, a usina tem capacidade de processar 30 t/h ou 260 t/dia, produz 1.200 blocos por dia de concreto de agregado reciclado sem função estrutural, utilizando resíduos classificados internamente como resíduos de CLASSE A, oriundos de concreto ou derivados. Os resíduos classificados internamente de CLASSE B são oriundos de alvenaria, argamassa, cerâmica e outros, que quando processados são comercializados a R$ 8,50/m^3 para serem utilizados como base e sub-base para pavimentações, enchimentos, confecção de meio fio, entre outros.

A usina de reciclagem do Estoril recebe resíduos com contaminação de até 5%, ou seja, resíduos de C&D com impurezas como plástico, madeira, gesso, papel, aço e outros, de até 5%, encaminhando os resíduos com teor de impurezas maiores que 5% diretamente ao aterro sanitário.

Figura 1 - Pátio de armazenagem (Resíduos da Classe A e B).

A partir do momento em que as caçambas são descarregadas no pátio, a linha de produção da usina constitui-se das seguintes etapas:

- Avaliação visual da qualidade do entulho descarregado (FIG. 1);
- Separação manual dos materiais não utilizáveis como agregados na indústria da construção civil (onde se eliminam os pedaços maiores de madeira, metal, papel, papelão, trapos, entre outros.);
- Alimentação do equipamento de moagem com o resíduo previamente limpo;
- Moagem dos resíduos
- Empilhamento do material moído (FIG. 2).

Figura 2 - Material moído.

O equipamento utilizado para triturar os resíduos (britador primário) nesta usina, é um britador de impacto. A dimensão máxima do material produzido por esse tipo de triturador é determinada, além da capacidade física da boca de entrada, basicamente, pela regulagem do equipamento (FIG. 3). A partir dessa regulagem, há uma variada e decrescente composição granulométrica do produto obtido.

Figura 3 - Boca de entrada do triturador.

O conjunto de equipamentos que realiza a moagem do entulho é composto pelos seguintes elementos:

- Alimentador vibratório apoiado com capacidade de 30 a 50 m^3/hora;
- Britador de impacto com capacidade de 30 t/hora, em circuito aberto;

- Transportador de correia móvel com velocidade de trabalho de 90 m/min;
- Eletroímã suspenso em regime de trabalho contínuo;
- Sistema nebulizador para contenção de material particulado;
- Sistema de contenção de ruídos com manta de borracha antichoque;
- Estrutura metálica de sustentação de todo o conjunto.

O material produzido está sendo utilizado pela prefeitura local de várias formas, entre elas podem-se citar: sub-base de estradas, contenção de encostas, calçamentos de concreto, blocos de concreto (FIG. 4).

Figura 4 - Blocos de concreto feitos com agregado reciclado.

Encontrar utilidade para o entulho processado pelas usinas de reciclagem não será um problema para as prefeituras que aderirem a esse processo de reciclagem, como se pode ver pelos exemplos de cidades como Belo Horizonte/MG, São José dos Campos/SP, Ribeirão Preto/SP, entre outras, que apostaram na reutilização de um material que era simplesmente visto como um problema. Por meio do beneficiamento dos resíduos de construção, transformou-se um lixo leve ou medianamente infestado em uma nova matéria prima.

3.6.1.2 Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV's)

As URPV's são equipamentos públicos que tem a finalidade de receber resíduos numa medida não superior a 2 m^3. Localizadas em pontos estratégicos da cidade, onde antes existiam bota-foras, as URPV's recebem e separam os resíduos de acordo com sua natureza. O sistema consiste em sete caçambas de cores diferentes (FIG. 5) onde são dispostos cada tipo de material, sendo que aproximadamente 80% do material recebido é encaminhado para o aterro sanitário, devido a seu alto grau de contaminação e apenas 20% é destinada as usinas de

reciclagem. Existem em Belo Horizonte 25 URPV's e 2500 carroceiros cadastrados para fazer a coleta e transporte dos resíduos para as URPV's, sendo que a distância máxima que é permitida para o transporte é de 3 km, com o intuito de não sacrificar o animal. Os animais puxadores das carroças recebem tratamento e acompanhamento veterinário feito pela Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, por meio de um convênio firmado com a prefeitura de Belo Horizonte.

Figura 5 - Caçambas de uma URPV.

As URPV's são equipamentos que classificam e organizam os materiais recebidos utilizando caçambas, a fim de possibilitar a remoção racionalizada, a diferenciação de tratamento e a redução de custos. Na perspectiva social, é contemplado o trabalho secular dos carroceiros no transporte de resíduos na cidade, que recebem solicitações de serviços de remoção e transporte de volumes de até 2 m³, encaminhado-os às URPV's.

Viabilizar uma URPV tem como condição determinante de êxito o compartilhamento do interesse público e das necessidades e interesses da comunidade em sua implantação. Dessa forma, distribuem-se responsabilidades e somam-se esforços em prol da melhoria da qualidade de vida local com reflexos na cidade em seu conjunto. Além da consideração desse fator, a implantação de uma URPV requer a observação de alguns parâmetros para se definir sua localização como disponibilidade de área, respeito aos limites impostos por barreiras físicas, tais como sistema viário e curso d'água, proximidade de áreas de disposição clandestina de resíduos, visando aproveitar o potencial de utilização do equipamento, privilegiar o aproveitamento de terrenos públicos, considerando que muitos estão degradados pela presença de resíduos dispostos clandestinamente. Existem ainda outros usos prioritários definidos pela PBH, como por exemplo em função do Orçamento Participativo, que é um

instrumento onde os cidadãos da comunidade determinam as prioridades a serem executadas pela prefeitura.

No que se refere à operação, uma URPV requer obra civil simplificada. Em contrapartida, na dinâmica da operação devem ser tomados cuidados especiais com a adequada inserção da unidade no contexto urbano da região, com os aspectos paisagísticos, com a organização e limpeza interna e com o uso restrito do equipamento à finalidade a que se destina.

Na metodologia de trabalho, uma importante vertente é a aproximação da SLU-BH com os agentes transportadores de resíduos, especialmente os carroceiros. Atividades voltadas à sensibilização e conscientização, quanto aos problemas ambientais acarretados para a cidade pelas deposições clandestinas de resíduos, são desenvolvidas com esse grupo de forma sistemática e permanente. A orientação transmitida é a de que o descarte de resíduos deve ser feito exclusivamente em locais designados pela PBH, visando obter, além dos benefícios ambientais, urbanísticos e para saúde humana, o barateamento do transporte de resíduos para as estações de reciclagem e para o aterro sanitário. Em razão da utilidade real das URPV's, comprovada pela parcela de material inerte por ela recebido durante o ano, pode-se afirmar que elas vêm se firmando como um local de referência para a população. Esse resultado é potencializado pelo intenso trabalho de informação e mobilização, realizado nas regiões onde estão implantadas. Entretanto, já se mostra necessário ampliar a abrangência territorial dessa atuação em termos de rede física e buscar, também, maior integração entre os carroceiros, com a PBH e com outros órgãos da administração municipal.

3.6.1.3 Proposta de roteiro básico para elaboração do Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PBH (PGRCC)

Para os grandes geradores de resíduos, a Prefeitura de Belo Horizonte disponibiliza as Estações de Reciclagem de Resíduos, voltadas para o processamento do entulho e o seu retorno para o ciclo produtivo da cadeia da construção civil. Além das estações de reciclagem, está em processo de regulamentação e formatação o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos empreendedores, cujo empreendimento esteja classificado pela Prefeitura como grande gerador.

Esse Plano de Gerenciamento deverá conter (SINDUSCON-MG; SENAI-MG, 2005):

- Caracterização dos resíduos sólidos, estimando a geração média semanal de resíduos sólidos por classe e tipo de resíduo (em kg ou m^3);

- Descrição dos procedimentos a serem adotados durante a obra para quantificação diária dos resíduos sólidos gerados, por classe/tipo de resíduo;
- Minimização dos resíduos, descrevendo os procedimentos a serem adotados para minimização da geração dos resíduos sólidos, por classe;
- Segregação dos resíduos na origem (descrevendo os procedimentos a serem adotados para segregação dos resíduos sólidos por classe e tipo) e nas áreas de transbordo e triagem (ATT's) (identificando a área e o responsável);
- Acondicionamento e armazenamento, descrevendo os procedimentos a serem adotados para acondicionamento dos resíduos sólidos, por classe/tipo, de forma a garantir a integridade dos materiais. Identificar, em planta, os locais destinados à armazenagem de cada tipo de resíduo. Informar o sistema de armazenamento dos resíduos, identificando as características construtivas dos equipamentos e/ou abrigos (dimensões, capacidade volumétrica, material construtivo, entre outros);
- Transporte, identificando o(s) responsável(is) pela execução da coleta e do transporte dos resíduos gerados no empreendimento, os tipos de veículos e equipamentos a serem utilizados, bem como os horários de coleta, freqüência e itinerário. No caso de transporte de terra e entulho, apresentar a Licença de Tráfego de Veículo;
- Transbordo de resíduos localizando em planta a(s) unidade(s) de transbordo, em escala 1:10.000;
- Destinação dos resíduos indicando a(s) unidade(s) de destinação para cada classe/tipo de resíduo. Todas as unidades devem ser autorizadas pelo poder público para essa finalidade. Indicar o responsável pela destinação dos resíduos (próprio gerador, município ou empresa contratada);
- Apresentação do Plano de Comunicação e Educação Ambiental descrevendo as ações de sensibilização, mobilização e educação ambiental para os trabalhadores da construção, visando atingir as metas de minimização, reutilização e segregação dos resíduos sólidos na origem, bem como seus corretos acondicionamentos, armazenamento e transporte;
- Apresentação do cronograma de implantação do PGRCC.

Como referência a definição de grande gerador, a PBH irá requerer a apresentação do PGRCC dos empreendimentos que se enquadram nas situações abaixo descritas.

1) Empreendimento enquadrado na Lei Estadual n.º 7.277, de 17 de janeiro de 1997, que institui a Licença Ambiental.

   I. os destinados a usos não residenciais que a área edificada seja igual ou superior a 6.000 m^2;

II. os destinados a uso residencial que tenham mais de 150 unidades;

III. os destinados a uso misto em que o somatório da razão entre o número de unidades residenciais por 150 (cento e cinqüenta) e da razão entre a área da parte da edificação destinada ao uso não residencial por 6.000 m² (seis mil metros quadrados) seja igual ou superior a 1 (um);

IV. os parcelamentos de solo vinculados, exceto os propostos para terrenos situados na ZEIS - Zona de Especial Interesse Social - com área parcelada inferior a 10.000 m² (dez mil metros quadrados);

V. os seguintes empreendimentos e os similares: aterros sanitários e usinas de reciclagem de resíduos sólidos; autódromos, hipódromos e estádios esportivos; cemitérios e necrotérios; matadouros e abatedouros; presídios; quartéis; terminais rodoviários, aeroviários; vias de tráfego de veículo com duas ou mais faixas de rolamento; ferrovias, subterrâneas ou de superfície; terminais de minério, petróleo e produtos químicos; oleodutos, gaseodutos, mineriodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários; linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230 kV (duzentos e trinta quilovolts); usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 mW (dez megawatts); obras para exploração de recursos hídricos, tais como barragens, canalizações de água, transposições de bacias e diques; estações de tratamento de esgotos sanitários; distritos e zonas industriais; usinas de asfalto.

Os desafios nas diversas esferas no gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil são:

- Construtoras: implementar a gestão dos resíduos no sistema de gestão dos seus empreendimentos e viabilizar a constituição de uma bolsa virtual/eletrônica de resíduos da construção civil.
- Poder público: promover, por meio das normas legais, do comando e controle, e do poder de polícia administrativa, a gestão pública dos resíduos da construção civil, e pelo manejo diferenciado e pela reciclagem a correção dos problemas ambientais decorrentes da disposição indiscriminada de resíduos da construção na malha urbana de Belo Horizonte, além de reduzir a quantidade de resíduos destinados para aterramento, reintegrando-os ao ciclo produtivo.
- Fabricantes de materiais: desenvolver produtos e embalagens cujos resíduos possibilitem a reutilização ou reciclagem.

Os prazos estabelecidos pela Resolução nº 307/2002 do CONAMA e exigências do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) (MINISTÉRIO, 1998) são:

- Municípios e Distrito Federal: a partir de 2 de julho de 2004, implantar o PMGRCC e fim da disposição dos resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de bota-fora.
- Construtoras: a partir de 2 de janeiro de 2005, os grandes geradores, excluídos os municípios e o Distrito Federal, deverão incluir os projetos de gerenciamento dos RCC nos projetos de obras a serem submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes.
- Exigências do PBQP-H. O Sistema de Avaliação de Conformidade de Empresas de Serviços e Obras - SIAC do PBQP-H, prevê, em seu regimento normativo, a necessidade da consideração dos impactos no meio ambiente dos resíduos sólidos e líquidos produzidos pela obra (entulhos, esgotos, águas servidas), definindo um destino adequado para os mesmos, como condição para certificação das construtoras nos níveis B e A. A falta de observância desses requisitos poderá resultar na restrição ao crédito oferecido por instituições financeiras que exigem tal certificação como critério de seleção para seus tomadores de recursos. (MINISTÉRIO, 1998)

3.6.2 Gerenciamento privado dos RCC em Belo Horizonte

Com o intuito de gerenciar os RCC no Município, algumas empresas privadas e entidades de classe estão desenvolvendo mecanismos de gerenciamento que serão descritos a seguir.

3.6.2.1 Caçambas Lafaete

A empresa é pioneira na segregação e reciclagem dos RCC na cidade de Belo Horizonte, possuindo uma ATT para onde é encaminhado todo o material recolhido por seus caminhões e caçambas e realizada a separação do material (FIG. 6). No processo de separação, que é feito por meio de uma pequena carregadeira ou manualmente, são separados o ferro, o vidro, o plástico, a madeira e os demais materiais que podem ser comercializados diretamente com empresas de reciclagem (FIG. 7). O resíduo da construção civil é separado e enviado para as usinas de reciclagem e o restante do material é destinado ao aterro sanitário.

A economia neste caso não é apenas a ambiental, uma vez que tudo o que pode ser reciclado terá esta finalidade, mas também econômica, pois com a ATT a empresa está deixando de enviar ao aterro sanitário aproximadamente 50% do material recolhido, ou seja, a

empresa está ganhando na comercialização do material reciclável, no número de descargas no aterro, onde é cobrada a taxa de R$ 19,00 a caçamba, e na logística, pois o volume descartado no aterro é transportado por veículos com maior capacidade. Por outro lado lucra também toda a sociedade e o meio ambiente, que deixa de explorar recursos novos por meio da reciclagem e não sobrecarrega o aterro sanitário com materiais que podem servir como matéria prima novamente.

Figura 6 - Área de transbordo e triagem (ATT) da empresa.

Figura 7 - Material separado para reciclagem.

3.6.2.2 O Brechó da Construção

O objetivo do Brechó da Construção (FIG. 8) é incentivar a reinserção dos resíduos reutilizáveis e recolher materiais aproveitáveis que sobram e não serão mais utilizados nas obras, em reformas de particulares, em lojas e indústrias. Estes materiais são recolhidos no local da doação e enviados para a Central de Distribuição, onde são classificados, armazenados e encaminhados às famílias de baixa renda cadastradas segundo os critérios da Política Municipal de Habitação da PBH. As famílias vão obtê-los por um preço simbólico, podendo assim melhorar as condições de sua moradia. É uma iniciativa de caráter social destinada a ajudar famílias de baixa renda a reformar e melhorar sua moradia. Idealizada por empresários do setor da construção e suas entidades representativas, SINDUSCON-MG, Serviço Social da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais (SECONCI-MG), Sindicato da Indústria da Construção Pesada no Estado de Minas Gerais (SICEPOT-MG), Associação do Comércio de Materiais de Construção de Minas Gerais (ACOMACMG) e Sindicato das Empresas Locadoras de Equipamentos, Máquinas e Ferramentas de Minas Gerais (SINDILEQ-MG), foi bem recebida e também apoiada pela PBH, Pontifícia Universidade Católica de Minas (PUC-Minas), Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais (SEBRAE-MG) e instituições religiosas, por meio da Ação Social Arquidiocesana (ASA), Fundo Cristão para a Criança e dos Maristas, hoje parceiros importantes. Tal iniciativa, vem ao encontro da necessidade de amenizar o sério problema das habitações em condições precárias vivido por milhares de famílias, principalmente na periferia de Belo Horizonte.

Figura 8 - Centro de Distribuição do Brechó da Construção.

3.6.2.3 Cartilha do SINDUSCON-MG

A Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil é um programa desenvolvido pelo SINDUSCON-MG e tem como objetivo, prover informações

para as empresas da cadeia produtiva da construção civil do município de Belo Horizonte para a implantação de Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, conforme Resolução nº 307/2002 do CONAMA, contribuindo para a redução do impacto causado pelo setor no meio ambiente. (SINDUSCON-MG; SENAI-MG, 2005)

As interações das atividades produtivas com o meio ambiente, positivas ou negativas, em grau e forma diferentes para cada empreendimento e região de implantação, indicam a necessidade de seu gerenciamento tendo como foco o aperfeiçoamento do ambiente construído e a sustentabilidade do setor. No caso específico da empresa construtora, o seu interesse começa a ser despertado a partir de fatores externos. Entre eles, destaca-se a disponibilidade de soluções para minimizar os impactos ambientais negativos identificados e de ferramentas de gestão aplicáveis. Os métodos de avaliação de desempenho ambiental de edificações e o aumento da competição no setor e das exigências dos clientes também se apresentam como elementos impulsionadores, que vêm se somar ao ganho de consciência ambiental por parte das empresas.

Do mesmo modo, o fato de inúmeras construtoras possuírem sistemas de gestão da qualidade que lhes trouxeram benefícios aumenta o seu interesse em introduzir os aspectos ambientais nos sistemas existentes. Percebe-se, no entanto, que ainda são poucas as empresas construtoras comprometidas com a questão ambiental. Mesmo assim, algumas ferramentas e soluções ambientais já começam a ser aplicadas gradativamente e em empreendimentos isolados, embora isso não garanta a melhoria contínua e o desenvolvimento sustentável do setor.

O SINDUSCON-MG, motivado pelo pioneirismo da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte (SLU-BH) na gestão pública dos resíduos e implantação das usinas de reciclagem de resíduos da construção civil, e ainda, induzido pela Resolução nº 307/2002 do CONAMA, criou em 2004, o Grupo de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil. Grupo este que agregou em um único fórum de discussão todos os agentes envolvidos com a gestão de RCC na capital, criando assim um ambiente de perfeita sinergia. Após inúmeras reuniões e levantamento de experiências positivas e negativas de diversas construtoras na gestão de seus resíduos, em maio de 2005, esse Grupo lançou a "Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil", iniciativa que induziu a transformação do Grupo em Comissão de Meio Ambiente do SINDUSCON-MG.

Vale ressaltar que o SINDUSCON-MG vem desenvolvendo projetos e ações que visam à modernização e industrialização nos canteiros de obras, por meio da busca de novas tecnologias e de processos com foco estratégico na redução dos resíduos gerados nas obras. Dentre eles, pode-se destacar os treinamentos contínuos de mão-de-obra por meio do Centro

de Treinamento e do Programa de Requalificação de Mão-de-Obra da Construção Civil, e a constante sensibilização do setor em torno da produção com foco em perda "zero", promovida pela Comissão de Materiais e Tecnologia, por meio do programas QUALISERV e QUALIMAT.

O primeiro resulta em vídeos-treinamentos que objetivam a qualidade nos serviços por meio da racionalização de processos construtivos e o segundo, na elaboração de procedimentos que orientam para a compra e o uso de materiais de qualidade. Some-se a isso a indução à contínua elevação dos níveis de qualidade e exigências de qualificação dos fornecedores e prestadores de serviços do setor, ampliada a partir da implantação da Secretaria Executiva do PBQP-H em Minas Gerais.

Essas ações, desenvolvidas e concretizadas pelo SINDUSCON-MG, são reflexos da preocupação das empresas filiadas com a construção sustentável, que tem como principal pilar, o uso consciente dos recursos naturais e a gestão do meio ambiente, possibilitando também a redução do custo de construção.

A necessidade de se aproveitar os RCC não resulta apenas da vontade de economizar. Trata-se de uma atitude fundamental para a preservação do nosso meio ambiente. É importante ressaltar que a gestão de resíduos deverá ser iniciada na fase de concepção do empreendimento, possibilitando maior interface entre projetos, processos construtivos e gerenciamento dos RCC. O importante a ser implantado no setor é a gestão do processo produtivo, com a diminuição na geração dos resíduos sólidos e o correto gerenciamento dos mesmos no canteiro de obra, partindo da conscientização e sensibilização dos agentes envolvidos, criando uma metodologia própria em cada empresa.

Segundo a Cartilha dentre as diretrizes a serem alcançadas pelo setor, preferencialmente e em ordem de prioridades, deve-se:

- Reduzir os desperdícios e o volume de resíduos gerados;
- Segregar os resíduos por classes e tipos;
- Reutilizar materiais, elementos e componentes que não requisitem transformações;
- Reciclar os resíduos, transformando-os em matéria-prima para a produção de novos produtos.

Dentre as vantagens da redução da geração de resíduos tem-se:

- Diminuição do custo de produção;
- Diminuição da quantidade utilizada de recursos naturais e energia;
- Diminuição da contaminação do meio ambiente;
- Diminuição dos gastos com a gestão dos resíduos.

Vale ressaltar que se faz necessária uma mudança de cultura junto a todos os envolvidos no processo da construção, evidenciando a importância da preservação do meio em que se vive.

A classificação dos RCC segundo a Cartilha segue a Resolução CONAMA nº 307/2002, sendo:

- Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como os oriundos de: pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros); argamassa e concreto; processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, entre outros) produzidas nos canteiros de obras.
- Classe B: são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.
- Classe C: são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos fabricados com gesso.
- Classe D: são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos, amianto e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Figura 9 - Coleta seletiva em um canteiro de obras.

Segundo a orientação dada pela Cartilha o gerador de resíduos deverá gerenciar os resíduos desde a geração até a destinação final, com adoção de métodos, técnicas, processos

de manejo compatíveis com as suas destinações ambientais, sanitárias e economicamente desejáveis. Os prestadores de serviços e transportadores deverão cumprir e fazer cumprir as determinações normativas que disciplinam os procedimentos e operações do processo de gerenciamento de resíduos sólidos. O cedente de área para recebimento de inertes deverá cumprir e fazer cumprir as determinações normativas que disciplinam os procedimentos e operações de aterros de inertes, em especial o seu controle ambiental. O Poder público deverá normalizar, orientar, controlar e fiscalizar a conformidade da execução dos processos de gerenciamento do Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil. Compete-lhe, também, equacionar soluções e adotar medidas para estruturação da rede de áreas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes de resíduos de obra civil para posterior destinação às áreas de beneficiamento.

A Cartilha propõe ações, tratamento e destinação dos RCC conforme orientações descritas abaixo:

- Terra de remoção – Classe A: utilizar na própria obra; reutilizar na restauração de solos contaminados, aterros e terraplanagem de jazidas abandonadas; utilizar em obras que necessitem de material para aterro, devidamente autorizadas por órgão competente ou em aterros de inertes licenciados.
- Tijolo, produtos cerâmicos e produtos de cimento – Classe A: encaminhar para as Estações de Reciclagem de Entulho da PBH; Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes da PBH quando até 2 m³; Brechó da Construção, quando os materiais estiverem em condições de uso ou aterros de inertes licenciados.
- Argamassas – Classe A: encaminhar para as Estações de Reciclagem de Entulho da PBH; Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes da PBH até 2 m³ ou aterros de inertes licenciados.
- Madeira – Classe B: encaminhar para empresas e entidades que utilizem madeira como energético ou matéria-prima.
- Metais – Classe B: encaminhar para empresas de reciclagem de materiais metálicos; cooperativas e associações de catadores; depósitos de ferros-velhos devidamente licenciados ou Brechó da Construção, quando os materiais estiverem em condições de uso.
- Embalagens, papel, papelão e plásticos – Classe B: encaminhar para empresas de reciclagem de materiais plásticos e papelão; cooperativas e associações de catadores; depósitos e ferros-velhos devidamente licenciados. Para as embalagens de cimento e argamassa caberá ao gerador buscar soluções junto ao fornecedor do produto.

- Vidros – Classe B: encaminhar para empresas de reciclagem de vidros; cooperativas e associações de catadores ou depósitos e ferros-velhos devidamente licenciados.
- Gesso e derivados – Classe C: até o momento não existe no município de Belo Horizonte uma destinação adequada, cabendo ao gerador buscar soluções junto ao fabricante.
- Resíduos perigosos e contaminados (óleos, tintas, vernizes, produtos químicos e amianto) – Classe D: encaminhar para empresas de reciclagem de tintas e vernizes; empresas de co-processamento. Não existe destinação adequada para grande parte dos resíduos perigosos ou contaminados, cabendo ao gerador buscar soluções junto ao fabricante.
- Resíduos orgânicos: acondicionar os resíduos produzidos durante as refeições em sacos plásticos. Os sacos devem ser colocados nos locais e horários previstos pela empresa concessionária de limpeza pública, sendo ela responsável pela coleta, transporte e destinação final destes resíduos.

A Comissão de Meio Ambiente lançou em dezembro de 2006 a Cartilha que trata especificamente da destinação dos RCC indicando os respectivos receptores credenciados.

3.7 *Considerações finais*

A avaliação da Cartilha de gerenciamento de resíduos em canteiros de obras, apresentando os resultados obtidos com sua implantação e comparando esses resultados com referências de outros autores e da própria construtora antes da implantação dessa Cartilha, possibilitará indicar um modelo a ser seguido pelas empresas do setor da construção civil, que poderá reduzir significativamente a quantidade de resíduos gerados e descartados, que atualmente correspondem à aproximadamente a metade dos resíduos gerados nas cidades brasileiras.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Em meados de 2004 o SINDUSCON-MG percebeu a necessidade de um PGRCC para servir de modelo para as empresas filiadas, sempre com o propósito de atender a Resolução CONAMA nº 307/2002. Nesse intuito iniciou-se um trabalho de equipe, onde se buscou elaborar uma Cartilha que pudesse servir de guia para as construtoras. A metodologia descrita a seguir, apresenta os passos para a aplicação dessa Cartilha em uma obra, com a finalidade de apresentar dados quantitativos que possam dar suporte à proposta da Cartilha e fornecer como Indicadores para o setor da construção civil.

4.1 *Processo metodológico*

A estratégia adotada para o desenvolvimento desta dissertação segue dois caminhos que se complementam:

- Qualitativo: com base em levantamento de informações por meio da busca na literatura e da pesquisa no Brasil e em países que estão mais avançados na questão do gerenciamento dos resíduos da construção civil, de modo que se possa explorar mais amplamente o assunto;
- Quantitativo: com base em levantamento de informações por meio de dados numéricos obtidos durante o acompanhamento da obra do edifício Cittá Giardino da Construtora Castor, aplicando-se a Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil proposta pelo SINDUSCON-MG.

Jick (1979) chama a combinação de métodos quantitativos e qualitativos de "triangulação". Já Morse (1991) propõe o emprego da expressão "triangulação simultânea" para o uso ao mesmo tempo de métodos quantitativos e qualitativos. Ressalta que, na fase de coleta de dados, a interação entre os dois métodos é reduzida, mas, na fase de conclusão, eles se complementam.

Duffy (1987) indica dentre alguns benefícios do emprego conjunto dos métodos qualitativos e quantitativos os seguintes:

- Possibilidade de enriquecer constatações obtidas sob condições controladas com dados obtidos dentro do contexto natural de sua ocorrência;
- Possibilidade de completar um conjunto de fatos e causas associadas ao emprego de metodologia quantitativa com uma visão da natureza dinâmica da realidade;

- Possibilidade de congregar controle dos desvios (pelos métodos quantitativos) com compreensão da perspectiva dos agentes envolvidos no fenômeno (pelos métodos qualitativos).

4.2 *Universo de análise*

A pesquisa aqui proposta foi desenvolvida baseando-se em um estudo de caso, a obra do Edifício Cittá Giardino da Construtora Castor (FIG. 10), devido à abertura proporcionada pela empresa e à representatividade desta obra. O Condomínio do Edifício Cittá Giardino se localiza na Rua Marechal Bittencourt, 63, Bairro Alto Cidade Jardim, Belo Horizonte/MG.

Figura 10 - Foto do Edifício.

O empreendimento impressiona pelo tamanho e pelo projeto arquitetônico. Trata-se de apartamentos de altíssimo luxo com 593 m^2 de área privativa e 7.224 m^2 de terreno, situado em uma rua exclusiva, cercada de verdes e com vista definitiva. Cada apartamento possui um salão com 93 m^2, varanda com espaço gourmet com 77 m^2, quatro suítes com closet, *home office*, biblioteca, dois banhos, closet para louças, duas dispensas, dois quartos de empregada, *family room* e cinco vagas de garagem. As áreas comuns do edifício possuem sala de motorista, dois *carwash*, refeitório para funcionários, quadra de tênis coberta, quadra de *squash*, piscina com raia de 25 m coberta e aquecida, churrasqueira, quadra poli-esportiva, playground, pista de *cooper* com 350 m, spa e solário, sauna a vapor, sala de massagem,

fitness center, salão de festas, piscina de recreação, espaço gourmet e equipamentos de segurança sensoriados de última geração.

4.3 *Desenvolvimento e implantação do modelo*

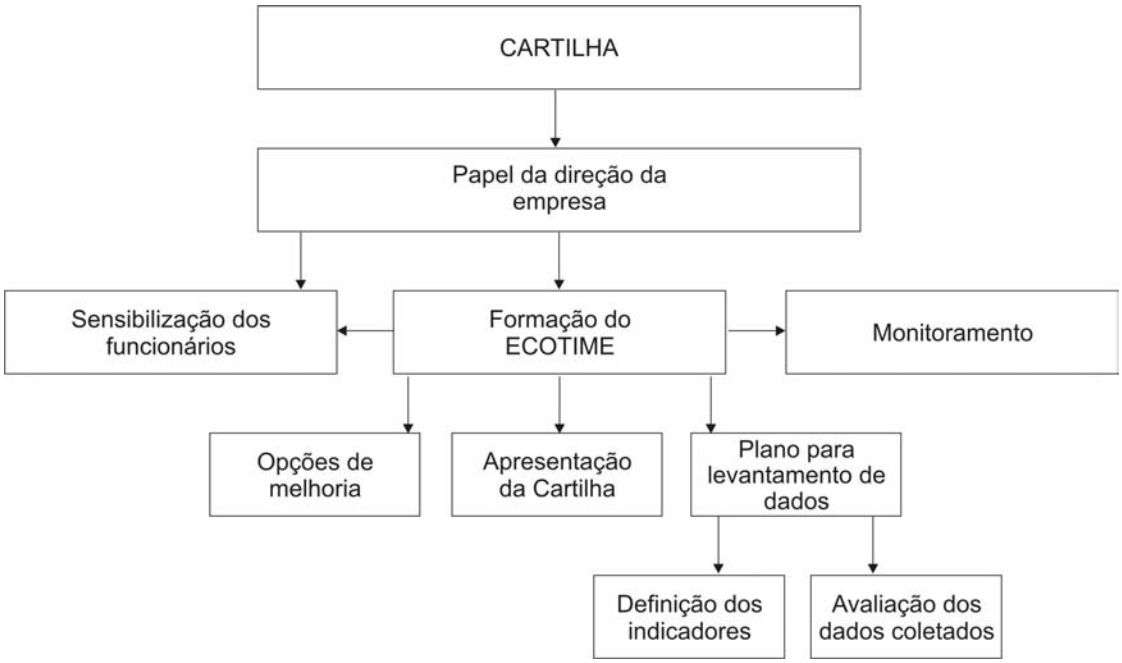
4.3.1 Criação da Cartilha

A equipe formada para elaborar a Cartilha foi composta de vários representantes de diversas construtoras, do SINDUSCON-MG, do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-MG), representante da prefeitura, da SLU-BH e da Secretaria de Meio Ambiente, que levaram experiências positivas e negativas em sua área de atuação no que diz respeito ao gerenciamento de resíduos, com o objetivo de agregar valores e informações dos vários setores responsáveis pelo gerenciamento dos RCC no município.

4.3.2 Protocolo de implantação

A implantação da Cartilha baseou-se nos processos e diretrizes descritos na FIG. 11.

Figura 11 - Fluxograma.



FONTE: Dados compilados pelo autor.

- Papel da direção da empresa

  O primeiro passo para o início do trabalho foi o comprometimento explícito do dono da empresa, da direção e da alta gerência. Isso foi fundamental para a realização do trabalho. A direção da empresa foi responsável pelas ações descritas a seguir.

  01 - Sensibilização dos funcionários.

- A primeira tarefa da direção da empresa foi a comunicação a todos os funcionários sobre a realização do programa na obra. Foram reunidos todos os funcionários que tiveram informações sobre o programa que seria desenvolvido na obra, onde foi explicada a importância da participação de todos para a saúde financeira da empresa e para a manutenção dos postos de trabalho.

02 - Formação do ECOTIME.

- A segunda tarefa da direção da empresa foi a formação do ECOTIME que foi composto pelos funcionários que conhecem a empresa mais profundamente e/ou que eram responsáveis por áreas importantes, como produção, meio ambiente, qualidade, saúde, segurança e manutenção. Essas pessoas foram responsáveis por repassar a metodologia aos demais e fazer a implantação da Cartilha na obra. Identificou-se um coordenador para o ECOTIME, que teve a responsabilidade de manter o grupo informado sobre o desenvolvimento das atividades.

- Papel do ECOTIME

Iniciou-se uma série de reuniões técnicas do ECOTIME, com a finalidade de apresentar os objetivos de cada etapa da metodologia e como atingi-los. Comunicou-se também que cada atividade exigiria interação entre os setores, para a busca das informações necessárias.

O ECOTIME foi responsável pelas ações descritas a seguir:

01 - Apresentação da Cartilha.

Nesta etapa foi apresentada a todos os envolvidos na obra a metodologia de trabalho baseada nas propostas descritas a seguir, segundo orientação da Cartilha do SINDUSCON-MG:

- Todo material antes de ser descartado deveria ser separado para possível reaproveitamento. A ordem da obra foi reutilização dos materiais na própria obra.
- No caso do descarte de materiais, existiriam dutos de condução sinalizados e com entradas em todos os andares que conduziriam o material descartado à sua respectiva caçamba de acondicionamento. Existiriam na obra quatro tipos de caçambas, sendo todas sinalizadas e cada uma correspondente a uma CLASSE de resíduo determinada pela Resolução CONAMA nº 307/2002.
- As caçambas iriam separar o material de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 e deveriam ser cubadas (avolumadas) com 4 m^3, após serem compactadas manualmente com soquetes e pedaços de madeira.

02 - Plano para levantamento de dados.

- A etapa seguinte foi a criação e o preenchimento pelo ECOTIME de uma tabela que poderia expressar a quantidade de resíduos gerada em cada mês de construção, assim como separar esses resíduos por suas respectivas CLASSES. Essa tabela possibilitou calcular a quantidade total de resíduos gerados por CLASSE e também criar os INDICADORES de geração de resíduos da obra.

03 - Definição dos INDICADORES da obra.

- Foram definidos pelo ECOTIME os indicadores de geração de resíduos que determinaram a quantidade de resíduo gerada de cada CLASSE e também o total por m^2 de construção. Esses indicadores servirão como referência para a construtora em outros empreendimentos. Foi definida a meta de geração total de resíduos que deveria ser menor que 0,10 m^3 de resíduo gerado por m^2 de área construída. Essa meta foi definida baseada em obras anteriores da construtora que tiveram geração de resíduos de aproximadamente 0,12 m^3 por m^2 de construção.

04 - Avaliação dos dados coletados.

- Uma vez preenchidas as tabelas com os valores quantitativos referentes à geração mensal de resíduos de cada CLASSE, foi calculada a quantidade total gerada de cada resíduo, que dividida pela área total de construção, resultou no INDICADOR de geração de resíduo da obra, que foi comparado com dados referentes a outras obras encontradas na literatura e com dados da própria construtora, referentes a obras anteriores. Com os dados obtidos da geração de resíduo foram determinados os meses de maior geração e a fase em que a obra se encontrava naquele período, com o intuito de identificar e intervir nos processos onde se gerou maior quantidade de resíduos. Foram traçados gráficos representando a geração de resíduos de cada CLASSE para maior facilidade de identificação da quantidade de cada resíduo gerado e de possíveis alterações na representatividade de cada resíduo ao longo da obra. Por meio dos gráficos foram determinadas as CLASSES que mais geraram resíduos, assim como identificada à etapa da obra na qual ocorreu essa geração.

05 - Avaliação do processo e opções de melhoria.

- Feito o levantamento e análise dos dados de geração de resíduos numa etapa da obra, o ECOTIME avaliou as causas da geração de cada resíduo identificado e propôs medidas para minimizar a quantidade de geração desse resíduo na etapa seguinte da obra.

06 - Plano de monitoramento.

- Implementado o programa, o ECOTIME estabeleceu um plano de monitoramento para a avaliação da minimização da quantidade de resíduo gerada, da eficiência da separação do resíduo por CLASSE, sempre analisando qualquer desvio anormal na geração de resíduos. Os indicadores estabelecidos e medidos mensalmente foram as ferramentas utilizadas para o acompanhamento e verificação de possíveis alterações na geração de resíduos.

4.4 *Questionário de avaliação do modelo*

Foi aplicado um questionário dirigido aos trabalhadores da obra objetivando à percepção sobre o modelo proposto. Este questionário visou determinar os fatores positivos que foram apurados por aqueles que estavam diretamente envolvidos no processo.

Para isso foi tomada uma amostragem de 10% de funcionários, representando 20 trabalhadores de um total de 200.

Essas 20 pessoas se dividiam em: dois engenheiros, dois pedreiros, dois serventes, dois armadores, dois marceneiros, um serralheiro, um vigia, um mestre de obras, um estagiário, um pintor, uma faxineira, um bombeiro, um eletricista, um encarregado e um gesseiro, objetivando uma amostragem bem ampla de todos os setores da obra.

O questionário elaborado foi o seguinte:

1- Você achou a obra mais organizada com a implantação da Cartilha do SINDUSCON-MG?
2- Sua preocupação com a preservação do meio ambiente mudou?
3- Você notou alguma redução dos custos da obra com a implantação do programa?
4- Houve melhora na administração e separação dos resíduos?
5- A obra conseguiu se adequar à Resolução CONAMA nº 307/2002?
6- Você notou mudança na imagem da construtora?
7- Houve redução dos resíduos gerados?
8- Quais foram os fatores que levaram a essa redução?
9- Você percebeu alguma mudança de cultura no processo de construção da empresa?
10- Como você avalia a atitude da construtora ao implantar este projeto piloto?

4.5 *Análise dos dados quantitativos*

Para calcular os INDICADORES de geração de resíduos expressos em t/m^2 ou m^3/m^2, foi determinado o peso específico do resíduo por meio da pesagem em balança mecânica de 10 caçambas de resíduo compactado manualmente da CLASSE A, cinco caçambas de resíduo da CLASSE B e uma caçamba de resíduo da CLASSE D. Foram tomadas essas amostragens de cada CLASSE de resíduo devido à representatividade de cada resíduo em relação ao volume total de resíduos gerados. Esta representatividade foi baseada em outras obras e em experiências pessoais, que apontavam para uma forte predominância dos resíduos da CLASSE A, seguidos pelos da CLASSE B, sendo muito pequeno o volume da de resíduos da CLASSE D e quase desprezível o volume da CLASSE C. Para efetuar esse cálculo a caçamba vazia foi pesada e depois a caçamba preenchida e compactada com 4 m^3 de resíduo.

Foram levantados e comparados os dados quantitativos referentes aos resíduos de CLASSE A, B, C e D com os dados de desperdício e retirada de material de obras anteriores à implantação do programa.

Foi avaliada a eficiência do sistema de reciclagem e disposição final dos resíduos após sua triagem e acondicionamento na obra.

Foi avaliado o quantitativo de resíduos que saiu da obra por meio do número de caçambas de cada CLASSE de resíduo, sendo que cada caçamba foi preenchida com 4 m^3, analisando a melhora no aproveitamento dos materiais e a maior facilidade para reciclagem e reutilização, após a implantação do programa.

Foram comparados os resultados obtidos com a implantação da Cartilha com dados da literatura e para dar sustentação aos resultados, foram executadas as seguintes atividades:

- Pesquisa bibliográfica para a obtenção de informações sobre os resíduos gerados pela construção civil, onde foi pesquisado o tipo de material, suas características físicas e químicas, o volume em relação à obra, sua destinação, métodos para maximizar a utilização dos materiais, regulamentação do gerenciamento desse material e formas de reutilização e reciclagem.
- Participação na Comissão de Meio Ambiente formada pelo SINDUSCON-MG, que trabalhou no desenvolvimento da Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil.
- Acompanhamento das medidas e obras de infra-estrutura realizadas pela PBH no sentido de separar, reciclar, aplicar, padronizar e monitorar o uso do agregado reciclado proveniente da construção civil.

5 RESULTADOS

O processo de urbanização acelerada e o fato de que nunca a sociedade consumiu tanta matéria-prima, transformando-a em tantos resíduos inúteis, impulsionou alguns sindicatos brasileiros da indústria da construção civil a intervir na gestão dos RCD, alterando as formas tradicionais de ação. As experiências por eles desenvolvidas são, todas elas, ímpares, constituindo referência importante para os sindicatos de outros estados que convivem com problemas semelhantes.

A seguir serão apresentados os resultados obtidos com a implantação do programa proposto pelo SINDUSCON-MG, Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil no canteiro de obra citado, seguindo os passos propostos na metodologia.

5.1 *Formação do ECOTIME*

O objetivo da pesquisa por meio da implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos em Canteiros de Obra foi promover a integração entre o meio ambiente e os empreendimentos, buscando formas de minimização dos impactos ambientais gerados, maximizando o uso de materiais e atendendo a Resolução CONAMA nº 307/2002. Para alcançar tais objetivos foi formada uma estrutura organizacional (ECOTIME) FIG. 12, composta pelo superintendente de obra (Dr. Cantídio Drummond), seguido do engenheiro da obra e coordenador do ECOTIME (Dr. Ricardo Gallo), do coordenador da qualidade (Estagiário Renato Vieira), do mestre de obra e do técnico em segurança do trabalho. Nota-se a importância da participação de toda uma equipe gestora envolvida diariamente no processo, repassando o treinamento necessário, decisões e resultados do processo aos demais operários.

Figura 12 - Reunião da Equipe Gestora de Resíduos Sólidos da Obra Cittá Giardino (ECOTIME).

5.2 *Sensibilização dos funcionários*

O ECOTIME promoveu diversas reuniões (FIG. 13) que objetivaram a orientação sobre a importância da metodologia a ser aplicada e realizou-se o treinamento do pessoal para adequação à nova política de gerenciamento dos resíduos. Nessas reuniões, que foram realizadas mensalmente, eram destacados os pontos de maior dificuldade com relação à implantação da Cartilha e discutidas as opções para solução dos problemas encontrados. O grupo também analisou os resultados já obtidos e buscou encontrar opções de melhora, sempre destacando a importância do programa a ser implantado.

Figura 13 - Palestra de treinamento para o Gerenciamento dos Resíduos Sólidos.

5.3 *Apresentação da Cartilha*

O ECOTIME se encarregou de apresentar a Cartilha para os funcionários da obra. Nesta apresentação deixou-se claro que a ordem seria NÃO GERAR RESÍDUOS, para isto foram discutidas diversas opções de reutilização do resíduo na própria obra como: resto de tijolos, concreto e argamassa serem reutilizados para execução de contra-pisos, enchimento, vigas e pilares de baixa solicitação (baixa resistência), assentamento de batentes, marcos e esquadrias; pontas de ferro ser utilizadas como amarrações ou vigamento de portas e janelas; madeiras serem reutilizadas como forma, escora ou rampas de passagens provisórias; sobras de PVC serem reutilizados como luvas de vedação ou conexões entre tubulações; sobras de tintas e massa corrida serem juntadas e reutilizadas; sobras de cerâmica, mármore ou granito serem reutilizados para acabamentos como rodapé, roda-bancada ou complementos.

Como é impossível fazer uma obra sem gerar resíduo, foi apresentada a metodologia de gerenciamento para os resíduos gerados. Foram instalados dutos sinalizados (FIG. 14) para condução de resíduos ao longo de toda a estrutura da obra, onde o funcionário deveria jogar os resíduos gerados no duto que correspondia a CLASSE do resíduo. Esses dutos tinham bocas de entrada em todos os andares, além de conduzir os materiais de cada CLASSE de

resíduo para sua respectiva caçamba de acondicionamento (FIG. 15 e 16). Após a cubagem da caçamba compactada manualmente, que se dava com 4 m^3, esta era destinada à Estação de Reciclagem do Estoril (caçambas da CLASSE A) (FIG. 17 e 18) ou à ATT da empresa responsável pela coleta dos resíduos na obra (resíduos das demais CLASSES), onde era feita a separação do material que poderia ser comercializado e a destinação ao Aterro Sanitário da parcela que não poderia ser reciclada.

Figura 14 - Duto para condução de resíduo da CLASSE A.

Figura 15 - Caçamba de recebimento de resíduos da CLASSE A.

Figura 16 - Caçamba de recebimento de resíduos da CLASSE B.

Figura 17 - Retirada da obra da caçamba de resíduos da CLASSE A.

Figura 18 - Descarga da caçamba da CLASSE A na Usina de Reciclagem do Estoril.

As ações desenvolvidas para a implantação da Cartilha foram:

- Apropriação e definição dos indicadores ambientais e montagem de um plano de monitoramento para acompanhar a geração de resíduos;
- Projeto das áreas de descarte e armazenamento dos resíduos a serem descartados;
- Formação das equipes para implantação e fiscalização (ECOTIME). Definição, atribuições e responsabilidades de cada um;
- Disponibilizar os recipientes para acondicionamento dos materiais selecionados;
- Definição das cores dos recipientes segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002;
- Afixação de cartazes explicativos e informativos em toda a obra;
- Estudo e otimização da logística do transporte desde a separação no local que foi gerado o resíduo até o lançamento nas caçambas;
- Desenvolvimento de opções que permitam a reutilização do resíduo;
- Controle e levantamento do quantitativo de resíduo que saiu da obra e verificação se o seu destino foi respeitado;
- Realização de treinamentos mensais dos funcionários e conferência da eficácia desses treinamentos;
- Redução dos desperdícios, reciclagem, reutilização.

5.4 *Levantamento dos dados de geração de resíduos*

Durante toda a obra foram desenvolvidas tabelas quantitativas mensais referentes ao processo de geração de resíduos, quantificando-os e distinguindo-os nas quatro CLASSES determinadas pela Resolução CONAMA nº 307/2002. A TAB. 23, se refere ao mês de setembro de 2005 e quantifica a geração de resíduos por CLASSE.

Tabela 23 - Levantamento da geração de resíduos na obra Cittá Giardino no mês de set/05

CQO COMITÊ DA QUALIDADE DA OBRA		SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE ATA DE REUNIÃO	
OBRA COND. DO ED. CITTÁ GIARDINO	**número da reunião 022**	**Data 10/09/05**	**Horário 10:30**
a. Indicadores da Qualidade:			

OBJETIVO	METAS	INDICADOR DA QUALIDADE DO MÊS	INDICADOR DA QUALIDADE ACUMULADO
Respeitar o meio ambiente, promovendo sua integração nos nossos empreendimentos.	Atingir a taxa < 0,10m3 na somatória de resíduos gerados classe A, B, C e D por m2 de área construída no empreendimento.	184,5 m³ de resíduo total retirado / 20.916,79 m² = 0,008821m³	0,068414 m³
Resíduos classe A	Parte integrante do quantitativo gerado.	126 m³ de resíduo gerado / 20.916,79 m² = 0,0060m³	—
Resíduos classe B	Parte integrante do quantitativo gerado.	58,5 m³ de resíduo gerado / 20.916,79 m² = 0,0028m³	—
Resíduos classe C	Parte integrante do quantitativo gerado.	0 m³ de resíduo gerado / 20.916,79 m² = 0,0m³	—
Resíduos classe D	Parte integrante do quantitativo gerado.	0m³ de entulho retirado / 20.916,79 m² = 0,0m³	—

FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

Cálculo do peso específico dos resíduos:

O cálculo do peso específico dos resíduos foi necessário para se obter a relação entre volume (m^3) e massa (t). Para determiná-lo foram pesadas em balança mecânica dez caçambas compactadas manualmente de resíduo da CLASSE A, cinco caçambas de resíduo

da CLASSE B e uma caçamba de resíduo da CLASSE D (devido à representatividade de cada resíduo no volume total) e obtidos os seguintes resultados:

Tabela 24 - Levantamento do peso dos resíduos.

RESÍDUO	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE D
Caçamba		Peso (kg)	
1	5150	2810	1680
2	5250	2920	-
3	4980	3000	-
4	5020	3040	-
5	5080	2850	-
6	5150	-	-
7	5220	-	-
8	5300	-	-
9	5100	-	-
10	5200	-	-

FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

Os resíduos da CLASSE C não foram pesados pois representaram apenas 0,34% dos resíduos totais gerados.

Para calcular o peso específico dos resíduos foi multiplicado a representatividade no montante total do resíduo (ver item 5.6) pela média aritmética do peso de cada resíduo e dividido pelo volume da caçamba, assim:

$$\frac{0,85 * 5145\ \text{kg} + 0,11 * 2924\ \text{kg} + 0,04 * 1680\ \text{kg}}{4\ \text{m}^3} = 1190\ \text{kg/m}^3 = 1,2\ \text{t/m}^3$$

Sabendo o peso específico dos resíduos tem-se também o INDICADOR de geração de resíduos em tonelada por metro quadrado de construção.

A TAB. 25 foi desenvolvida para a quantificação final de geração de resíduos por CLASSE e também total. Ela foi preenchida mensalmente durante todos os meses da obra, determinando-se o volume de resíduo gerado de cada CLASSE.

Tabela 25 - Volume de resíduos (m^3) de cada classe por tempo (meses).

Volume de resíduos gerados (m^3)	set/04	out/04	nov/04	dez/04
Geração acumulada resíduos t/m^2	0,007487	0,012908	0,017814	0,028677
Geração acumulada resíduos m^3/m^2	0,006239	0,010757	0,014845	0,019148
Classe A	130,5	94,5	85,5	90
Classe B	0	0	0	0
Classe C	0	0	0	0
Classe D	0	0	0	0
Total (m^3)	130,5	94,5	85,5	90
Total (t)	156,6	113,4	102,6	108
Total acumulado (t)	156,6	270	372,6	480,6
Geração resíduos (t/m^2)	0,007487	0,005421	0,004906	0,005163
Geração resíduos (n^3/m^2)	0,006239	0,004518	0,004088	0,004303

Continua...

...Continuação

Volume de resíduos gerados (m^3)	jan/05	fev/05	mar/05	abr/05	mai/05	jun/05	jul/05	ago/05	set/05	out/05	nov/05	dez/05
Geração acumulada resíduos t/m^2	0,028657	0,03098	0,036401	0,041048	0,04492	0,050342	0,061702	0,071512	0,082097	0,087278	0,093014	0,097718
Geração acumulada resíduos m^3/m^2	0,023881	0,025817	0,030335	0,034207	0,037434	0,041952	0,051418	0,059593	0,068414	0,072731	0,077512	0,081432
Classe A	99	40,5	94,5	81	67,5	94,5	198	171	126	54	60	35
Classe B	0	0	0	0	0	0	0	0	58,5	28	32	36
Classe C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,3	2	1
Classe D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	10
Total (m^3)	99	40,5	94,5	81	67,5	94,5	198	171	184,5	90,3	100	82
Total (t)	118,8	48,6	113,4	97,2	81	113,4	237,6	205,2	221,4	108,36	120	98,4
Total acumulado (t)	599,4	648	761,4	858,6	939,6	1053	1290,6	1495,8	1717,2	1825,56	1945,56	2043,96
Geração resíduos (t/m^2)	0,00568	0,002323	0,005421	0,004647	0,003872	0,005421	0,011359	0,00981	0,010585	0,005181	0,005737	0,004704
Geração resíduos (n^3/m^2)	0,004733	0,001936	0,004518	0,003872	0,003227	0,004518	0,009466	0,008175	0,008821	0,004317	0,004781	0,00392

Continua...

...Continuação

Volume de resíduos gerados (m^3)	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06	mai/06	jun/06	jul/06	ago/06	set/06
Geração acumulada resíduos t/m^2	0,099887	0,101402	0,102635	0,10392	0,104334	0,104569	0,106296	0,106754	0,106927
Geração acumulada resíduos m^3/m^2	0,083239	0,084502	0,085529	0,0866	0,086945	0,087141	0,08858	0,088962	0,089106
Classe A	12	9	5	6	0	0	26	4	2
Classe B	18	10	8	7	4	2	2	2	0
Classe C	0,8	0,4	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0	0
Classe D	7	7	8	9	3	2	2	2	1
Total (m^3)	37,8	26,4	21,5	22,4	7,2	4,1	30,1	8	3
Total (t)	45,36	31,68	25,8	26,88	8,64	4,92	36,12	9,6	3,6
Total acumulado (t)	2089,32	2121	2146,8	2173,68	2182,32	2187,24	2223,36	2232,96	2236,56
Geração resíduos (t/m^2)	0,002169	0,001515	0,001233	0,001285	0,000413	0,000235	0,001727	0,000459	0,000172
Geração resíduos (m^3/m^2)	0,001807	0,001362	0,001028	0,001071	0,000344	0,000196	0,001439	0,000382	0,000143

FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

5.5 *Definição dos INDICADORES de geração de resíduos*

Os indicadores de geração de resíduos da obra foram calculados dividindo-se a geração de resíduos em metro cúbico ou em tonelada pela área total construída que foi de 20916,79 m^2, sendo o peso específico dos resíduos = 1,2 t/m^3. Da TAB. 25 obtém-se a quantidade de resíduos gerados, que foi de 1.585,50 m^3 de resíduos da CLASSE A, 207,50 m^3 de resíduos da CLASSE B, 7,8 m^3 de resíduos da CLASSE C e 63 m^3 de resíduos da CLASSE D.

A TAB. 26 apresenta os indicadores por CLASSE de resíduo ou pelo total de resíduos gerados. Os indicadores obtidos pela pesquisa serão de suma importância para a própria construtora pois servirão como referência para obras futuras e também para todo o setor da construção civil que disporá dos dados obtidos com a implantação da Cartilha.

Tabela 26 - Indicadores da geração de resíduos

	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	CLASSE D	TOTAL
INDICADOR m^3/m^2	0,0758	0,0099	0,0004	0,0030	0,0891
INDICADOR t/m^2	0,0909	0,0119	0,0005	0,0036	0,1069

5.6 *Avaliação dos dados coletados*

O INDICADOR de geração de resíduos final foi de 0,089106 m^3 por metro quadrado de construção ficando dentro da meta proposta pela pesquisa que foi a de gerar no máximo 0,1 m^3 de resíduos por metro quadrado de construção.

A obra teve início em maio de 2004, sendo que nos meses de junho, julho e agosto do mesmo ano a quantidade de resíduo gerado foi desprezível, pois durante esse período foi feita somente movimentação de terra, marcações e fundação. Vale aqui relatar que não houve quase nenhuma retirada de terra do canteiro de obras, quase toda terra escavada foi utilizada como aterro no próprio canteiro.

No período de setembro de 2004 a agosto de 2005 só foram retirados da obra os resíduos da CLASSE A. Os resíduos das CLASSES B gerados foram basicamente ferro e madeira que ficaram armazenados na obra para uma possível reutilização. Os resíduos das CLASSES C e D tiveram quantidades desprezíveis, devido à obra estar na fase de estrutura e alvenaria.

Desenvolvendo a TAB. 25 tem-se o volume total de resíduos gerado na obra que foi de 1.863,80 m^3 o que equivale a 2.236,56 toneladas. (massa específica dos resíduos = 1,2 t/m^3).

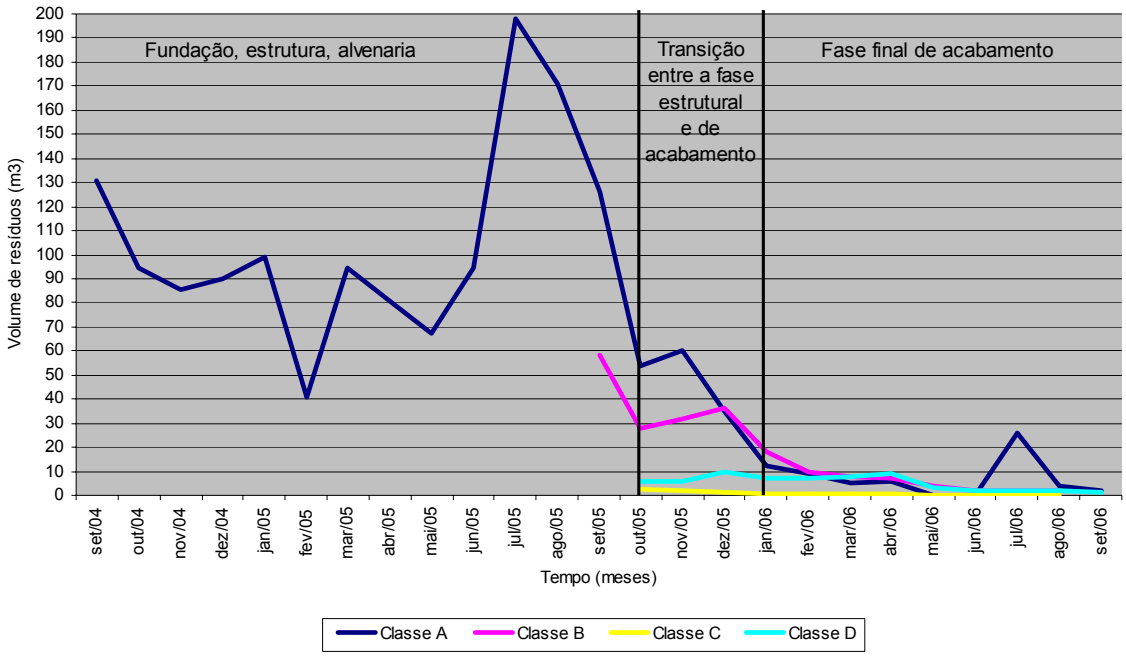
Os meses de maior geração de resíduos foram julho, agosto e setembro de 2005, nos quais a obra se encontrava na fase final da estrutura e da alvenaria, gerando assim um volume grande de resíduos da CLASSE A, principalmente argamassa, tijolos cerâmicos e concreto.

Os resíduos da CLASSE A, como já era de se esperar, representaram 85,1% dos resíduos totais gerados, seguidos dos resíduos da CLASSE B que representaram 11,1% dos resíduos totais, da CLASSE D que representaram 3,4% e da CLASSE C que representaram 0,4% do total de resíduos gerados.

Nota-se que no mês de julho de 2006 houve um aumento na quantidade de resíduos da CLASSE A devido a modificações de projeto, ou seja, apartamentos que já estavam prontos e foram parcialmente demolidos para reforma. A geração de resíduos estimada para essa demolição foi de aproximadamente 20 m^3, todos da CLASSE A, o que correspondeu a 1,1% da quantidade total de resíduos gerados.

A FIG. 19 representa o volume de resíduos gerados de cada CLASSE durante o período da obra. Nele pode-se caracterizar a fase de fundação, estrutura e de alvenaria da obra, que ocorreu do mês de setembro de 2004 a setembro de 2005, onde houve a geração apenas de resíduos da CLASSE A representados principalmente por tijolos, argamassa e concreto. O mês de setembro de 2005 caracterizou o final da fase estrutural, onde foi gerada a maior quantidade de resíduos da CLASSE B, representados pelo descarte de madeira e sobras de ferragem utilizadas e estocados durante esta fase. Não significa portanto que, até então não foram gerados resíduos de outras CLASSES, eles apenas não foram descartados pois havia até esse momento a possibilidade de reutilizá-los antes do descarte. A partir do mês de outubro de 2005 a obra começou a gerar quantidades significativas de resíduos das CLASSES B, C e D, além dos resíduos da CLASSE A, indicando que naquele momento a construção estava fazendo a transição entre a fase estrutural e a fase de acabamento onde os resíduos de metal, madeira, plástico, gesso, massa corrida e tinta começaram a assumir valores significativos.

Figura 19 - Volume de resíduos (m^3) de cada CLASSE por tempo (meses).



FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

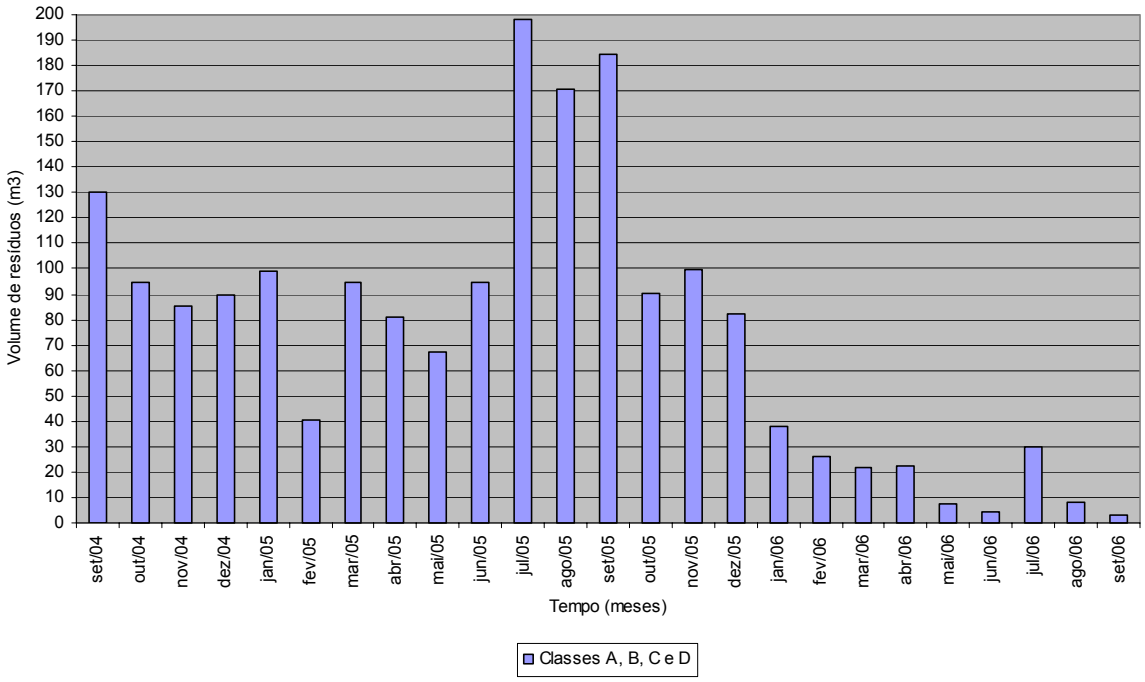
No período de janeiro a setembro de 2006 houve um equilíbrio na geração de resíduos das quatro CLASSES caracterizando a fase final de acabamento onde além dos resíduos de argamassas, concreto e cerâmicas (CLASSE A), também foram gerados resíduos de gesso, madeira, ferro, plástico, tinta, vidro, solventes, resíduos contaminados com produtos de limpeza, porcelana, papelão (CLASSES B, C e D).

Ressalta-se novamente que no mês de julho de 2006 houve uma elevada geração de resíduos da CLASSE A, devido ao fato de reformas realizadas nos apartamentos que já se

encontravam praticamente prontos, não representando assim uma geração natural do processo de construção.

A FIG. 20 permite visualizar mais facilmente os meses de maior geração de resíduos que foram julho, agosto e setembro de 2005, onde foi caracterizada a fase final de execução da estrutura e da alvenaria. O mês de setembro de 2004 teve uma geração elevada de resíduos, devido ao fato de que até então não havia saído nenhuma caçamba de resíduos da obra. A obra começou no final de maio de 2004 e durante os meses de junho, julho e agosto houve um acúmulo de resíduos nas dependências da obra, que foram retirados apenas no mês de setembro.

Figura 20 - Volume total de resíduos por período.



FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

A partir do mês de maio de 2006 à quantidade de resíduos gerados passou a ter valores muito baixos, excetuando-se o mês de julho de 2006 onde foram realizadas as reformas citadas anteriormente.

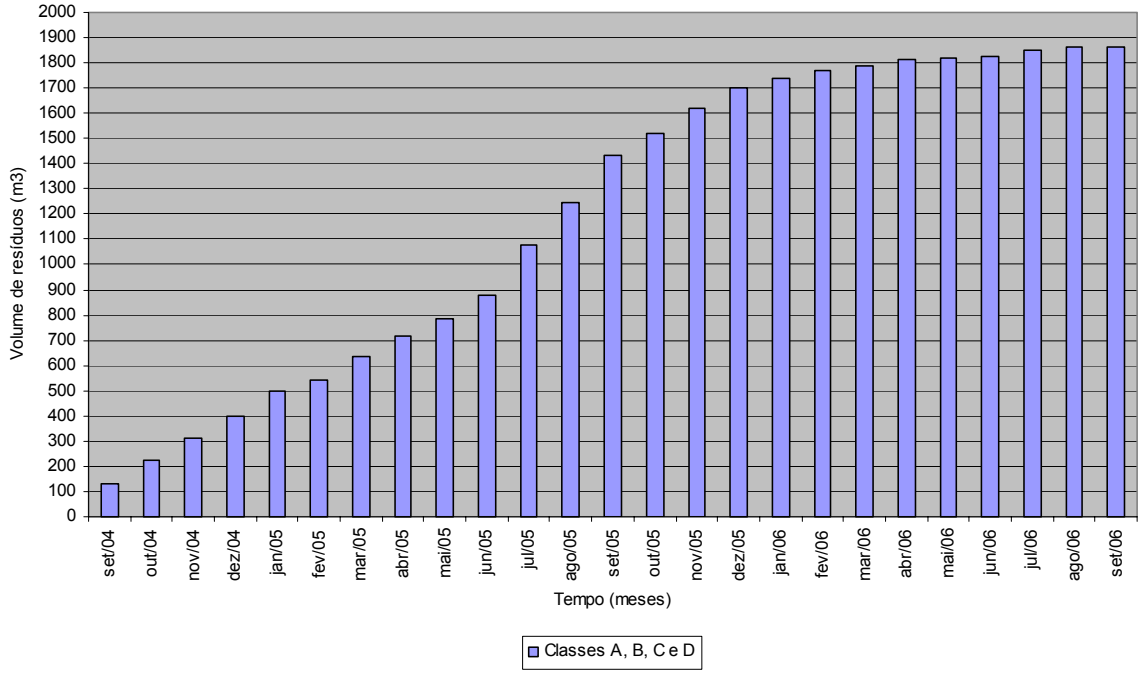
A FIG. 21 representa o volume acumulado de resíduos durante o período da obra. Nele identifica-se uma geração praticamente constante de resíduos durante o período de setembro de 2004 a junho de 2005, determinando a fase estrutural da obra e começo da alvenaria, caracterizadas também pela remoção de somente resíduos da CLASSE A. Essa quantidade similar de geração de resíduos fez o gráfico ter inclinação praticamente constante neste período. Excetua-se nesse período o mês de fevereiro de 2005 onde devido aos feriados e ao fato do mês ter tido menos dias trabalhados, houve uma menor geração de resíduos.

Nos meses de julho, agosto e setembro de 2005 houve um aumento da geração de resíduos da CLASSE A, caracterizando uma aceleração na fase final de estrutura e alvenaria, para cumprir o cronograma traçado pela obra.

Os meses de outubro, novembro e dezembro de 2005 também tiveram geração de resíduos similares, quando foram gerados resíduos de todas as CLASSES, indicando que a obra estava na fase de acabamento.

A partir de janeiro de 2006 até setembro de 2006 foram gerados resíduos de todas as CLASSES, sendo que a quantidade de geração foi diminuindo progressivamente, caracterizando a fase final de acabamento e limpeza da obra.

Figura 21 - Volume acumulado de resíduos por tempo



FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

A TAB. 27 compara o desempenho da obra objeto desta pesquisa com o desempenho de outras três obras residenciais, com o mesmo padrão de acabamento, estudadas por Picchi (1993). Na tabela foram criados INDICADORES de desempenho para estas obras, calculados a partir do volume total de resíduos dividido pela área construída de cada obra, para que se possa compará-los com a obra estudada.

Analisando a tabela nota-se que a obra estudada teve uma geração de resíduos em metro cúbico por metro quadrado de área construída pouco maior do que a obra A, muito menor do que a obra C e muito semelhante à obra B, fato este comprovado pela PERDA (% em massa) de materiais que foi de 12,58%, determinada pelo volume de resíduos gerados em m^3 multiplicado pela massa específica dos resíduos que foi de 1,2 t/m^3, dividido pela área

construída em m^2 multiplicada pela massa específica do edifício que, segundo Pinto (1997) é de 0,85 t/m^3.

Analisando a TAB. 27, percebe-se que quanto maior a área construída, maior o INDICADOR de geração de resíduos, fato que, pode ser explicado pelas perdas devido a longas distâncias de percurso que, além de aumentar as perdas de material, também dificultam a reutilização destes e também pela maior dificuldade de administração da obra. Ou seja, conclui-se que a implantação do modelo proposto pelo SINDUSCON-MG (Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil) obteve um resultado positivo, pois obteve INDICADORES de geração de resíduos abaixo dos valores médios que, segundo Picchi (1993), são de 0,10 m^3/m^2, além de reduzir significativamente o índice de geração de resíduos da Construtora Castor, que era em torno de 0,12 m^3 de resíduos por metro quadrado de área construída (índice levantado em obras anteriores). Além disso foi conseguido enviar praticamente todo o resíduo de todas as CLASSES (excetuando-se o gesso que é da CLASSE C) para suas respectivas indústrias de reciclagem, daí a enorme vantagem obtida pela triagem no canteiro de obras.

Outro fato que deve ter relevância é que a obra foi executada por administração possibilitando que os condôminos fizessem alterações no projeto original, fato que foi observado e que aumentou a quantidade de resíduos gerados.

Vale lembrar que nesta pesquisa não foram levantados os desperdícios de materiais incorporados à construção como por exemplo: correções no prumo das paredes utilizando argamassa, corte desnecessário de pedras de revestimento, uso excessivo de concreto e ferragem entre outros. Segundo Zordan (2002), a quantidade de resíduos gerada corresponde, em média, a 50% do material desperdiçado na obra.

Tabela 27 - Comparação dos indicadores de quatro obras.

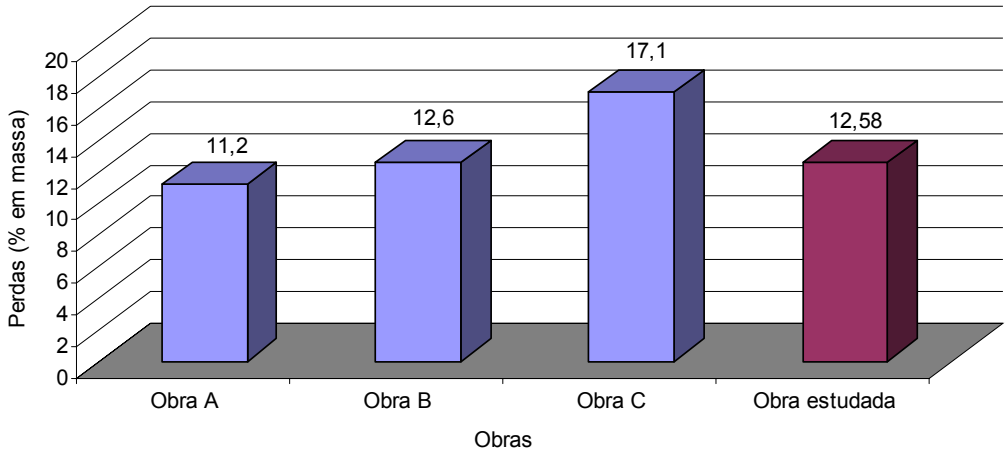
Obra	Área (m^2)	Duração meses	Volume de resíduo gerado	Massa de resíduo gerada (m^3)	Massa de resíduo gerada (t/m^2)	Perda (*) (%) em massa	Volume de resíduo gerado (m^3/m^2)
A	7.619	17	605,5	726,6	0,095	11,2	0,079
B	7.982	15	707,7	849,24	0,107	12,6	0,089
C	13.581	16	1645	1947	0,145	17,1	0,121
Obra do Edifício Cittá Giardino	20.916,79	28	1863,8	2.236,56	0,107	12,58	0,089

NOTA: (*) Volume de resíduo gerado (m^3) x massa específica do resíduo por área construída (m^2) x massa específica do edifício t/m^3.

FONTE: PICCHI (1993) e Obra do Edifício Cittá Giardino.

A FIG. 22 permite comparar as PERDAS determinadas em três obras da literatura com a PERDA da obra pesquisada.

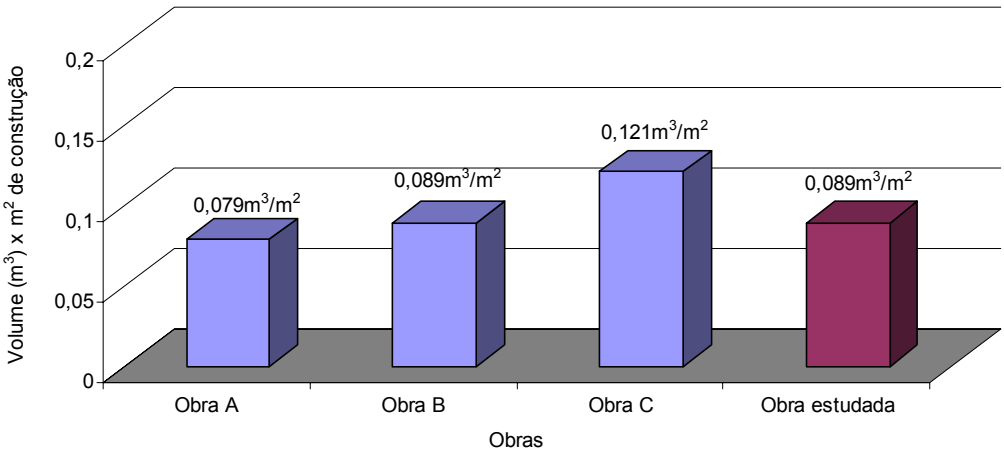
Figura 22 - Perda em massa por obra (%)



FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

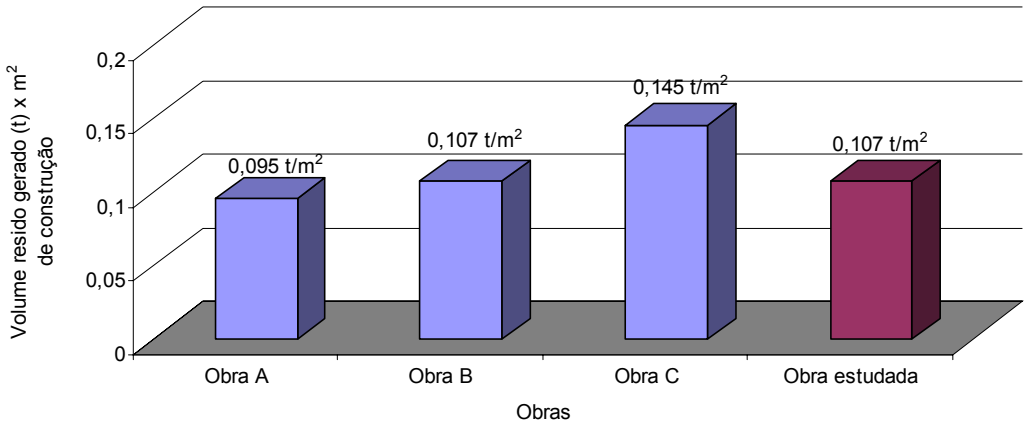
As FIG. 23 e 24 fazem uma comparação entre o INDICADOR de geração de resíduos de três obras da literatura e o INDICADOR de geração de resíduos da obra estudada. O INDICADOR de geração de resíduos foi calculado dividindo o volume total de resíduos gerado em cada obra em metros cúbicos e também em toneladas por suas respectivas áreas construídas.

Figura 23 - Volume de resíduos em metro cúbico por metro quadrado de construção



FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

Figura 24 - Peso dos resíduos em toneladas por metro quadrado de construção



FONTE: Obra do Edifício Cittá Giardino.

5.7 *Avaliação do processo e opções de melhoria*

As maiores dificuldades encontradas relativas ao processo foram devidas a fatores externos da obra como: falta de receptores credenciados para recebimento de resíduos, dificuldade de firmar parcerias com fornecedores, falta de receptores de resíduos da CLASSE B – principalmente madeira, dificuldade do controle da destinação dos resíduos.

Internamente à obra notou-se dificuldade de conscientização da mão de obra, dificuldade na logística de materiais para acabamento e principalmente uma necessidade de definir INDICADORES para todas as etapas da obra, o que não foi feito pois não foi quantificado o resíduo por etapa da obra. Poderiam ter sido definidos INDICADORES independentes para cada CLASSE em cada fase da obra, ou seja, INDICADORES de cada CLASSE para a fundação, estrutura, vedação e acabamento.

5.8 *Plano de Monitoramento*

O monitoramento da implantação da Cartilha foi realizado em reuniões mensais ao longo de todo o período da obra, onde foram levantadas as alterações no processo de geração de resíduos e realizadas as intervenções necessárias.

Esse monitoramento se deu baseado nas tabelas de geração de resíduos, analisando as alterações significativas e intervindo no processo. Durante uma mesma fase da obra, o mês corrente tinha que gerar menos resíduos do que o mês anterior. Para atingir esse objetivo, diversas medidas de reutilização dos materiais foram discutidas com os operários.

Além disso houve reuniões mensais com todos os envolvidos na obra com o intuito de se identificar alternativas de minimização dos resíduos.

5.9 *Percepção dos agentes envolvidos no processo quanto à eficácia e desempenho da Cartilha*

O questionário aplicado na obra apontou os seguintes resultados relacionados às vantagens da implantação da gestão de resíduos.

As respostas foram referentes ao questionário descrito na metodologia.

1- 18 funcionários ou 90% dos entrevistados acharam a obra mais organizada.

2- 14 funcionários ou 70% dos entrevistados disseram que aumentaram sua responsabilidade ambiental.

3- 10 funcionários ou 50% dos entrevistados notaram redução do custo da obra.

4- 19 funcionários ou 95% dos entrevistados afirmaram que houve melhora na separação dos resíduos.

5- 14 funcionários ou 70% dos entrevistados acham que a obra conseguiu se adequar à Resolução CONAMA nº 307/2002.

6- 12 funcionários ou 60% dos entrevistados afirmaram que melhorou a imagem da construtora com a implantação do programa.

7- 16 funcionários ou 80% dos entrevistados afirmaram que houve redução dos resíduos gerados.

8- 14 funcionários ou 70% dos entrevistados acham que foi a implantação da Cartilha que levou a redução dos resíduos gerados.

9- 14 funcionários ou 70% dos entrevistados perceberam mudanças positivas no processo de construção da construtora.

10- 19 funcionários ou 95% dos entrevistados afirmaram ser positiva a atitude da construtora em implantar o programa de gerenciamento de resíduos.

Notou-se que os participantes sentiram-se gratificados por participar do programa. Houve uma forte percepção de modernização dos sistemas de trabalho. O programa transferiu valor a quem participou.

A pesquisa revelou outro aspecto relevante: os entrevistados avaliaram como positiva a atitude do SINDUSCON-MG em implantar este programa-piloto, pois demonstra sua preocupação com o meio ambiente e com o acesso dos profissionais à informação e capacitação com relação às novas tendências.

5.10 *Destinação dos resíduos gerados na obra*

Todos os resíduos gerados na obra foram recolhidos pela empresa Caçambas Lafaete, sendo que os resíduos da CLASSE A foram encaminhados diretamente à Estação de

Reciclagem do Estoril e os demais à ATT da empresa, onde foi feita a triagem do material e sua destinação final.

Por meio de contato com a empresa pôde-se identificar a destinação dos materiais listados abaixo:

- Metais: comercializados com as empresas Assis Metais, Depósito de Metais Paulista e AKI Tambores.
- Madeira: comercializada com a empresa Resicom - Resíduos Industriais Ltda.
- Papelão e sacarias não contaminadas: doados a ASMARE que retirava o material ainda na obra.
- Plástico: comercializado com as empresas Ambiental Materiais Recicláveis, Bem Plast e Depósito Santa Clara.
- Vidro: comercializado com as empresas Ambiental Materiais Recicláveis e Caco Limpo.

Os demais resíduos tiveram como destinação final o Aterro Sanitário de Belo Horizonte.

5.11 *Custo do gerenciamento em relação ao custo total da obra*

Embora não ter sido levantado com exatidão, estima-se que o custo da implantação desta Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil tenha sido muito pequeno em relação ao custo total da obra, que foi de grande porte. Todos os agentes envolvidos no processo já faziam parte do quadro de pessoal da obra e os equipamentos utilizados como dutos, cartazes e caçambas já eram de propriedade da construtora. Todo o treinamento para a implantação do modelo foi introduzido nas reuniões periódicas que já ocorriam na obra, para planejamento e prevenção de acidentes.

Ressalta-se que, o custo de implantação da Cartilha, pode se tornar relevante, quando se tratar de obras de pequeno porte.

6 CONCLUSÕES

O INDICADOR da geração de resíduos da obra ficou dentro da meta de 0,10 m^3 de resíduo gerado por m^2 de área construída; a obra teve resultados de aproveitamento de materiais melhores que os resultados citados em bibliografia de obras com características semelhantes; o volume maior de resíduos gerados foi da CLASSE A; nas etapas estruturais e de vedação houve grande predominância dos resíduos CLASSE A; na fase de acabamento houve um equilíbrio na geração de resíduos CLASSE A, B e D; o menor volume gerado foi de resíduos da CLASSE C.

As maiores dificuldades relativas ao programa foram: falta de receptores credenciados para recebimento de materiais, falta de receptores adequados à demanda da obra, dificuldade de conscientização da mão de obra, dificuldade de firmar parcerias com fornecedores, dificuldade na logística de materiais para acabamento, dificuldade do controle da destinação dos resíduos.

As facilidades encontradas na implantação do programa foram: apoio da gerência da construtora, apoio da equipe de produção e uso de novas tecnologias.

As melhorias verificadas com a implantação do programa foram: comprometimento social, comprometimento ambiental, melhora da imagem da empresa, maior valorização da empresa pelos funcionários e fornecedores, obra mais limpa (organização, segregação, acondicionamento e destinação dos resíduos), melhoria da segurança da obra, união e comprometimento da equipe, conscientização ambiental dos funcionários e fornecedores, redução do custo de coleta e da destinação, redução do desperdício, maior reutilização do material na própria obra, criação de indicadores.

A avaliação final demonstrou a necessidade da continuidade de ações junto aos órgãos municipais na definição dos programas municipais de gerenciamento de RCC, programas estes que possibilitam a implantação das ATT's e dos aterros de inertes, seja pela elaboração das legislações pertinentes, seja pelo incentivo a novos negócios, como a reciclagem dos resíduos.

Atualmente a maior dificuldade encontrada pelas empresas que incorporam em seus processos a gestão de resíduos está relacionada à correta destinação, solução que somente poderá ser encontrada se houver a efetiva participação da cadeia produtiva, envolvendo construtoras, incorporadoras, projetistas, transportadores, ATT's, aterros, recicladoras, fabricantes, órgãos públicos e entidades de pesquisa.

Este estudo focou a necessidade da adoção de uma nova metodologia para a gestão dos resíduos da construção civil, em função de sua expressiva presença nos ambientes urbanos dos municípios de médio e grande porte brasileiros, entendendo que essa nova metodologia precisa ser inserida em perspectivas mais amplas, que persigam o saneamento ambiental, conjunto integrado de ações dirigidas a todos os componentes que influenciam a qualidade do ambiente urbano.

A massa de RCD gerado nas regiões urbanas pode ser superior à dos resíduos domiciliares. As estimativas brasileiras são raras e os números apontam para uma produção anual entre 220 a 670 kg/hab/ano, com mediana de 510 kg/hab/ano. Devido a grande quantidade gerada e a sua disposição ilegal, que pode ser entre 20 e 50% do gerado nas cidades sem política adequada para este resíduo, eles são um problema sério nas médias e grandes cidades brasileiras.

A reciclagem dos resíduos de construção é viável do ponto de vista técnico e ambiental. O risco de contaminação ambiental por este tipo de reciclagem pode ser considerado baixo, embora um controle mínimo seja desejável, especialmente quando se trata de RCD oriundos de instalações industriais. O desafio do próximo período é generalizar a prática, inclusive por meio da viabilização da atividade privada. Para que esta meta seja atingida, são necessárias políticas públicas consistentes, abrangendo as áreas de legislação, pesquisa e desenvolvimento, legislação tributária e educação ambiental.

A implantação das URPV's e das ATT's também são de muita importância para o correto gerenciamento dos resíduos da construção civil, pois como já mencionado, os resíduos provenientes de pequenas construções informais são responsáveis por 2/3 do total de resíduos gerados por essa indústria, então de pouco adiantará se ter um programa muito eficiente de gerenciamento de resíduos junto às construtoras ou grandes geradores, se não for desenvolvido um programa conjunto com os pequenos geradores que quando somados tornam-se os maiores geradores.

A implantação da Cartilha, objeto desta pesquisa, faz acreditar que o gerenciamento adequado dos resíduos produzidos pelas empresas do setor da construção civil, incluindo a sua redução, triagem, reutilização e reciclagem, tornará o processo construtivo mais rentável e competitivo, além de mais saudável e leva a acreditar que, se realizado em conjunto com o gerenciamento municipal, o desenvolvimento sustentável fará parte de nossas vidas em um futuro breve.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. C.; ROCHA, J. C.; PRUDÊNCIA JR., L. R. CHERIAF, M. Aproveitamento do entulho da construção civil como agregado para concreto. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2., Porto Alegre. *Anais*... Porto Alegre: PURGS, 1998, p. 139-143.

ÂNGULO, S. C. *Gestão de entulho em canteiros de obras*. 1999. 50f. Trabalho e seminário apresentado à disciplina PCC 5047 (Canteiro de obras de edifícios). Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1999.

ANVI Comércio e Indústria Ltda. *Catálogo comercial*. São Paulo, 1995. 4 p.

ANVI Comércio e Indústria Ltda. *Comparativo de custo de argamassas*. Argamasseira "Anvi 500" x betoneiras. São Paulo, ANVI, 1992.

ASSIS, C. S.; OLIVEIRA, M. J. E. Estudo da reciclagem de resíduos gerados pela construção civil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL - Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Certificação Ambiental, 2., Porto Alegre, 1998. *Anais*... Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998, v. I. p. 99-104.

BATTISTI, S.; MACHADO, G. S; KAZMIERCZAK, C. S.; SCHERER, A. R.; CALARGE, L., SANTOS, S. S. Aproveitamento de resíduo industrial para a aplicação em componentes construtivos tijolos e blocos para habitação de interesse social. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2., Porto Alegre, 1998. *Anais*... Porto Alegre: PURGS, 1998, p. 145-149.

BERNSTEIN, H. Briding the globe: creating in international climate and challenges of sustainable design and construction. *Industry and environment*, Paris, v. 29, n. 2, p. 19-21, 1996.

BIOCYCLE. *Canada targets C&D debris*, v. 32, n. 1, p. 35-36, jan. 1994.

BODI, J. Experiência brasileira com entulho reciclado na pavimentação. In: RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL (Workshop), São Paulo, 1997. *Anais*. São Paulo: EPUSP, 1997, p. 56-64.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. *Resolução nº 307*, de 05 de julho de 2002. Diretrizes e procedimentos para gestão dos resíduos da construção. Brasília: MMA/CONAMA, 2002.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. Secretaria de Política Urbana - SEPURB. Departamento de Saneamento. *Política nacional de saneamento*. Brasília, 2007.

CAMPINAS. Secretaria dos Serviços Públicos / Secretaria da Administração. *Campinas*: a gestão dos resíduos urbanos. Concepção, Coordenação Técnica e Supervisão Geral: Ernesto Dimas Paulella e Clair de Oliveira Scapim. Campinas: CAMPINAS, 1996.

CARNEIRO, Alex Pires; CASSA, José Clodoaldo Silva; BRUM, Irineu Antônio Schadach. *Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção*: Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal, 2001.

CAVALCANTE, J. R., CHERIAF, M. Ensaios de avaliação para controle ambiental de materiais com resíduos incorporados. In: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (Workshop), São Paulo, 1997. *Anais*. São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1997, p. 31-38.

COLOMBO, C. R. *A qualidade de vida dos trabalhadores da construção civil numa perspectiva holístico-ecológica*: vivendo necessidades no mundo trabalho-família. 1999. Dissertação (Mestrado) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

COMITÊ CEN 154 - AHG - RECYCLED AGGREGATES. CEN/TC 154 Ad hoc group for recycled aggregates. Technical Report. Draft (Dec 96). 1996.

CONCRETE. Concrete re-cycled. *Crushed concrete as aggregate*, London, v. 27, n. 3, p. 9-13, May/Jun. 1993.

CONNEL, Greg. Life after demolition. *Pit & Quarry*, v. 82, n. 12, p. 30-37, jun. 1990.

CORBIOLI, N. Do caos à solução. *Construção*, São Paulo, n. 2505, p. 4-7, fev. 1996.

CUR. COMMISSIE VOOR UITVOERING VAN RESEARCH. *Betonpuingranulaaten als Toeslagsmateriaal vor Beton. Aanbeveling* 4. CUR-VB, Holanda, 1984. (Concreto britado como agregado para concreto. CUR-VB, recomendação 4. Centro Holandês para Pesquisas e Códigos em Engenharia Civil)

CUR. COMMISSIE VOOR UITVOERING VAN RESEARCH. *Betonpuingranulaaten Metselwerkpuins Granullat alls Toeslagmeterial van Beton*. Rapport 125. CUR, Holanda, 1986. (Entulho de concreto e alvenaria como agregado para concreto. CUR Relatório 125)

CUR. COMMISSIE VOOR UITVOERING VAN RESEARCH. *Metselwerkpuingranulaat als Toeslagsmateriaal vor Beton. Aanbeveling 5.* CUR-VB, Holanda, 1994. (Argamassa britada como agregado para concreto. CUR-VB, recomendação 5. Centro Holandês para Pesquisas e Códigos em Engenharia Civil)

DE PAUW, C.; LAURITZEN, E. K. *Disaster planning, structural assessment, demolition and recycling* (RILEM REPORT 9). Londres: E&FN Spon, 1994.

DUFFY, Mary E. Methodological triangulation: a vehicle for merging quantitative and qualitative research methods. *Journal of Nursing Scholarship*, n. 19, v. 3, 1987, p. 130-133.

FRANCHI, C. C.; SOILBELMAN, L. S.; FORMOSO, C. T. As perdas de materiais indústria da construção civil. In: SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1993, Porto Alegre. *Anais*... Porto Alegre: NORIE, UFRGS, 1993.

FREITAS, Edianez Nascimento G.de Oliveira. *O desperdício na construção civil: Caminhos para sua redução*. 1995. 120f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

HAMASSAKI, L. T.; SBRIGHI NETO, C.; FLORINDO, M. C. Uso de entulho como agregado para argamassas de alvenaria. In: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (Workshop), São Paulo, 1997. *Anais*... São Paulo: EPUSP/ANTAC, 1997, p. 107-115.

HANSEN, T. C. *Recycling of demolished concrete and masonry.* Londres: E&FN Spon, 1992.

I&T. Informações e Técnicas em Construção Civil Ltda. *Manual de uso dos resíduos de construção reciclados*. São Paulo: I&T, 1995 (documento interno).

I&T. Informações e Técnicas em Construção Civil Ltda. *Relatório informativo das atividades do estudo de viabilidade técnico-econômica da reutilização de resíduos de Santo André*. São Paulo, I&T. 1990 (documento interno).

I&T. INFORMAÇÕES E TÉCNICAS EM CONSTRUÇÃO CIVIL LTDA.. *Diagnóstico da geração e destinação de Resíduos de Construção no Município de São José do Rio Preto/SP*. São Paulo: I&T, 1997. (Documento interno).

JICK, Todd D. Mixing qualitative and quantitative methods: triangulation in action. *Administrative Science Quarterly*, v. 24, n. 4, dez. 1979, p. 602-611.

JOHN, V. M. J. Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. In: Carneiro, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. (Org.*). Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção*: projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA/Caixa Econômica Federal, cap. 1, 2001, p. 28-45.

JOHN, V. M. J. Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. In: SEMINÁRIO DESENVOVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., São Paulo, 1999. *Anais*... São Paulo: IBRACON, 1999. p. 44-55.

LATTERZA, L. *Concreto com agregado graúdo proveniente da reciclagem de resíduos de construção e demolição. Um novo material para fabricação de painéis leves de vedação*. 1997. Dissertação (mestrado). Departamento de Estruturas, Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

LEVY, S. M. *Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria.* 2002. 194p. Tese (doutorado). Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LEVY, S. M. *Reciclagem de entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas.* 1997. 146p. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MAWAKDINE, A. Menos com mais: produtividade nos canteiros ainda é baixa. *Revista Construção*, São Paulo, n. 2680, p. 16-16, jun. 1999.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concreto*: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini Editora, 1994.

MESEGUER, Álvaro Garcia. *Controle e Garantia da Qualidade na Construção*. Tradução por Roberto José Falcão Bauer, Antônio Carmona Filho, Paulo Roberto do Lago Helene. São Paulo: SINDUSCON-SP/Projeto/PW, 1991. 178p.

MORSE, J. Approaches to qualitative-quantitative methodological triangulation. *Nursing Research*, v. 40, n. 1, 1991, p. 120-132.

MARQUES NETO, José da Costa. *Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil*. São Carlos: RIMA, 2005. 162 p.

MINISTÉRIO das Cidades. Portaria n. 134, de 18 de dezembro de 1998. Institui o *Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat* - PBQP-H. Brasília: Ministério das

Cidades, 1998. Disponível em: < http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/index.php>. Acesso em: 16 abr. 2006.

PERA, J. State of the art - use of waste materials in construction in Western Europe. In: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (Workshop), São Paulo. *Anais*... São Paulo, EPUSP/ANTAC, 1997, p. 1-20.

PICCHI, F. A. *Sistemas de qualidade*: uso em empresas de construção de edifícios. São Paulo. 1993. Tese (doutorado) - Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. 1999. 189p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 1999.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Perda de materiais em processos construtivos tradicionais*. Pesquisa de campo. São Carlos: Departamento de Arquitetura e Planejamento da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1989a. 33p. (texto datilografado)

PINTO, Tarcísio de Paula. Reciclagem de resíduos da construção urbana no Brasil. Situação atual. In: RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL (Workshop), São Paulo. *Anais*... São Paulo, EPUSP/ANTAC, 1997, p. 156-170.

PINTO, Tarcísio de Paula. Reciclagem de resíduos de construção e possibilidades de uso de resíduos reciclados em obras públicas. In: SEMINÁRIO RECICLAGEM DE RESÍDUOS PARA REDUÇÃO DE CUSTOS NA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL, Belo Horizonte. *Anais*... Belo Horizonte, IPT, 1994, p. 49-55.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Utilização de resíduos de construção. Estudo do uso em argamassas*. 1989. 140p. Dissertação (mestrado). Departamento de Arquitetura e Planejamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989b.

RAMONICH, E. V. Utilização dos resíduos pela CEE. Aspectos políticos e ambientais, estado da arte e normalização. In: RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL (Workshop), São Paulo. *Anais*. São Paulo, EPUSP, 1997, p. 64-66.

RILEM. RILEM TC 121 - DRG. Specifications for concrete with recycled aggregates. *Materials and Structures*, v. 27, 1994, p. 557-559.

SANTOS, P. S. *Tecnologia das argilas aplicada às argilas brasileiras*. São Paulo: Edgard Blüccher, Ed. USP, 1975.

SENAI-SE. *Gestão de Resíduos na Construção Civil*. Aracajú: SENAI-SE, 2005. 40p.

SINDUSCON-MG, Sindicato da Indústria da Construção Civil de Minas Gerais; SENAI-MG, Serviço Nacional da Indústria de Minas Gerais. *Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil*. 2. ed. Rev. e aum. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2005. 68p.

SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo. *Gestão Ambiental dos Resíduos da Construção Civil*. São Paulo: SINDUSCON-SP, 2005. 48p.

SJÖSTRÖM, C. Durability and Sustainable use of building materials. In: LLEWELLYN, J. W.; DAVIES, H. *Sustainable use of materials*. London: BRE/RILEM, 1992.

SKOYLES, E. R. *Site accounting for waste of materials*. Building Research Establishment, Jul/ago. Os números referem-se às perdas na forma de entulho, e não devem ser comparadas diretamente com as outras apresentadas (entulho + incorporado), 1976.

SLU-BH. Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte. *Relatórios internos*. Belo Horizonte: PBH, 2005.

SOIBELMAN, L. (1993). *As perdas de materiais na construção de edificações: suas incidência e seu controle*. Porto Alegre. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C.; AGOPYAN, V. Perdas de materiais nos canteiros de obras. A queda do mito. *Qualidade na Construção*, SINDUSCON-SP, ano II, nº 13, p. 10-15, 1998.

SWANA. The Solid Waste Association of North America. *Construction waste and demolition debris recycling... a primer*. Maryland: SWANA, 1993.

TCPO 10. *Tabelas de Composições de Preço para Orçamento*. 1. ed. São Paulo: Pini, 1996.

TÉCHNE. *Minas de entulho*. São Paulo: Pini, n. 15, p. 15-19, mar./ abr.1995.

ZORDAN, S. E. *A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto*. Campinas, 1997. 140p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

ZORDAN, S. E. *Entulho na indústria da construção*. Artigo. São Paulo: PCC-EPUSP, 2002. Disponível em: <http: //www.reciclagem.pcc.usp.br/>. Acesso em: 16 abr. 2006.

8 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABNT. Associação Brasileiras de Normas Técnicas. *NBR 10004*: Resíduos da construção civil sólidos Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileiras de Normas Técnicas. *NBR 15112*: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos Áreas de transbordo e triagem Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004. 7p.

ABNT. Associação Brasileiras de Normas Técnicas. *NBR 15113*: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes Aterros Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004. 12p.

ABNT. Associação Brasileiras de Normas Técnicas. *NBR 15114*: Resíduos sólidos da construção civil Áreas de reciclagem Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004. 7p.

ABNT. Associação Brasileiras de Normas Técnicas. *NBR 15115*: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. Associação Brasileiras de Normas Técnicas. *NBR 15116*: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

ANVI Comércio e Indústria Ltda. *Nova velha proposta para melhorar a qualidade das argamassas*. São Paulo: ANVI, s.d.

ASSEMBLÉIA Legislativa do Estado de Minas Gerais. *Legislação*. Disponível em: <www.almg.gov.br>. Acesso em: 16 abr. 2006.

BARRA, M. Dosagem de concretos com agregados reciclados: aspectos particulares. In: RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: Alternativa Econômica para Proteção Ambiental (Workshop), São Paulo, 1997. *Anais*... São Paulo: EPUSP, 1997, p. 39-43.

BARRA, M. *Estudio de la durabilidad del hormigón de árido reciclado en su aplicación como hormigón armado*. Barcelona, 1996. 223p. Tese (doutorado). Escola Técnica Superior d'Énginyers de Camin, Canal i Ports, Universitat Politécnica de la Catalunya, Barcelona, 1996.

BLUMENSCHEIN, Raquel Naves; SPOSTO, Rosa Maria. *Projeto de gerenciamento de resíduos sólidos em canteiros de obras*. Programa de Gestão de Materiais (PGM)/Universidade de Brasília /CBIC/SINDUSCON-GO.

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.

CASTRO, M. C. A.; SCHALCH, V.; FERNANDES JUNIOR, J. L. F.; LEITE, W. C. A. Caracterização física e granulométrica dos entulhos gerados na construção civil na cidade de São Paulo. In: CONGRESSO ASSEMAE, São Paulo, 1997. *Anais*... São Paulo, 1997.

CNTL. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI. *Produção mais Limpa*. s.n.t

FUNDAÇÃO Estadual do Meio Ambiente. *Normas Ambientais*: Legislação Estadual. Disponível em: <www.feam.br>. Acesso em: 16 abr. 2006.

FURTADO FILHO, Francisco. *Proposta para coleta seletiva de resíduos sólidos na construção civil*. Monografia de Engenheiro. Pós-graduação em Engenharia Ambiental - Instituto de Educação Tecnológica - IETEC.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. *Qualidade*: cada erro tem seu preço. Tradução de Vera M. C. F. Hachich. São Paulo: Téchne, nov./dez. 1992, p. 32-34.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. M. *Técnicas de Pesquisa*: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. São Paulo: Atlas, 1990.

OLIVEIRA, M. J. E. *Materiais Descartados pelas Obras de Construção Civil*: Estudo dos resíduos de Concreto para Reciclagem. 2002. 191f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

PBH. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. *Legislação - Legislação Municipal*. Disponível em: <www.pbh.gov.br>. Acesso em: 16 abr. 2006.

SINDUSCON-DF Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal; Eco Atitude Ações Ambientais; Universidade de Brasília. *Programa entulho limpo*: coleta seletiva. Brasília, 2002.

SLU-BH. Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte. *Relatórios internos*. Belo Horizonte: PBH, 1996.

THEODORO (org.) *et al*. *Conflitos e Uso Sustentável dos Recursos Naturais*. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 344p.