



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA



Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - DESA
Curso de Especialização em Engenharia Sanitária
Turma 2008

***POSSIBILIDADE DE RECICLAGEM DE ALGUNS
RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM BELO
HORIZONTE***

Luciano de Resende Maia

Belo Horizonte

2010

Luciano de Resende Maia

***POSSIBILIDADE DE RECICLAGEM DE ALGUNS
RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL EM BELO
HORIZONTE***

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA para o Curso de Especialização em Engenharia Sanitária da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

Belo Horizonte

RESUMO

O setor da construção civil é o maior consumidor de recursos naturais e grande gerador de resíduos sólidos. As grandes cidades brasileiras sofrem com a má gestão e destinação desses resíduos, que causam problemas ambientais e se acumulam desordenadamente pela malha urbana.

A presente monografia tem como finalidade abordar a reciclagem de resíduos sólidos da construção civil no Brasil, em alguns aspectos, a partir do ano 2000 até a atualidade.

O trabalho examina de forma exploratória como os resíduos sólidos provenientes da construção incidem em vários âmbitos da vida de um município. Trata-se, portanto de um estudo setorial, que tem como objetivo retratar os problemas causados pela grande quantidade de resíduos gerados pela construção, apontar soluções e mostrar medidas e tecnologias que já vem sendo utilizadas em algumas cidades.

Constata ainda as vantagens da reciclagem, tanto ambientais como socioeconômicas, destacando-a como geradora de empregos e introdutora de grupos sociais excluídos, como ex-presidiários e moradores de rua ao mercado de trabalho e na sociedade.

Não obstante, a importância do estudo está em se mostrar a necessidade de pensar melhor nas formas de consumo que nossa sociedade vem implantando. Principalmente no setor da construção, apesar da sua relevância econômica para o país.

Palavras-chave: Resíduos sólidos; construção civil, reciclagem.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Composição dos resíduos gerados em canteiros de obras no Brasil.....	16
Foto 1 - Descarte clandestino de resíduos de construção em lote vago na Av. Atlântida na cidade de Belo Horizonte, julho de 2010.....	19
Figura 1 - Ciclo da vida útil do vidro: infinita.....	21
Gráfico 2 - Comparativo de recepção de entulho pela SLU em Belo Horizonte entre os anos de 2000 e 2001.....	24
Mapa 1 - Evolução da ocupação e da mancha urbana em Belo Horizonte 1918 - 1935 - 1950 - 1977 – 1995.....	27
Gráfico 3 – Análise anual de população x geração de resíduos de 2004 ao 1º semestre de 2009.....	28
Fluxograma 1 - Destinação de resíduos gerados em Belo Horizonte no primeiro semestre de 2009, valores diários em toneladas.....	29
Foto 2 - Usina de reciclagem da BR 040 em Belo Horizonte.....	32
Foto 3 – Vista geral da usina de reciclagem da BR 040 em Belo Horizonte.....	33
Foto 4 - Agregados reciclados produzidos individualmente, situação ideal....	34

Fluxograma 2 – Esquematização do processo de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil.....	37
Foto 5 – Alimentador viratório da usina de reciclagem da BR 040.....	41
Foto 6 – Britador primário da usina de reciclagem da BR 040.....	42
Foto 7 – Britador secundário da usina de reciclagem da BR 040.....	42
Foto 8 – Transportadores de correia da usina de reciclagem da BR 040.....	43
Foto 9 – Deck de peneiras da usina de reciclagem da BR 040.....	43
Foto 10 – Extrator eletromagnético da usina de reciclagem da BR 040.....	44
Foto 11 - Vista geral da fábrica Artefácil.....	46
Foto 12 - Concreto seco para fabricação das peças para ensaio.....	48
Foto 13 - Moldagem dos corpos de prova.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados estatísticos e demográficos de Belo Horizonte e Região Metropolitana.....	28
Tabela 2 - Relação entre resíduos coletados, reciclados, população de BH e atendimento da SLU compreendidos entre os anos de 2004 ao primeiro semestre de 2009.....	31
Tabela 3 - Custos de implantação de uma usina (base).....	44
Tabela 4 - Custos mensais com mão-de-obra.....	45
Tabela 5 - Resultados de ruptura.....	50
Tabela 6 - Resultados dos ensaios de compressão.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIVIDRO: Associação Técnica Brasileira das Industrias Automáticas de Vidro

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPI: Imposto Sobre Produtos Industrializados

MDF: *Médium Density Fiberboard*

PAC: Programa de Aceleração do Crescimento

PBH: Prefeitura de Belo Horizonte

PET: Politereftalato de Etileno

PIB: Produto Interno Bruto

RCD: Resíduos de Construção e Demolição

RMBH: Região Metropolitana de Belo Horizonte

SINDUSCON-MG: Sindicato da Indústria de Construção Civil de Minas Gerais

SLU: Superintendência de Limpeza Urbana

SUDECAP: Superintendência de Desenvolvimento da Capital

UPRV: Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes

URBEL: Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	9
2 - OBJETIVOS.....	11
3 - METODOLOGIA.....	11
4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
4.1 - OS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	14
4.1.1 - Origem.....	14
4.1.2 - Constituição do resíduo.....	15
4.1.3 - Classificação.....	16
4.1.4 - Problemas causados.....	17
4.2 - A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS.....	19
4.2.1 - Vidros.....	20
4.2.2 - Metais.....	21
4.2.3 - Madeiras.....	22
4.2.4 - Entulho (RCD).....	22
4.3 - DESENVOLVIMENTO X GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	23
5 - PANORAMA DOS RESÍDUOS EM BH.....	25
5.1 - REPRESENTAÇÃO DO RCD.....	30
6- USINAS DE RECICLAGEM.....	32

6.1 - PROCESSOS DE RECICLAGEM.....	35
6.2 - SOBRE A UTILIZAÇÃO DO MATERIAL RECICLADO.....	38
6.3 - VIABILIDADE ECONÔMICA.....	39
6.3.1 - Verificação dos custos de uma usina.....	40
7 - ESTUDO DE CASO.....	46
7.1 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	51
8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
8.1 – PROPOSTAS DE SOLUÇÕES.....	52
9 - BIBLIOGRAFIA.....	54

1- INTRODUÇÃO

A humanidade, desde sua existência, sempre atuou com caráter predatório. As matérias-primas nunca foram preocupações, pois sempre se arbitrava a idéia de que quando se esgotasse o produto bastaria arranjar outra fonte de abastecimento. Contudo, com o crescimento das populações, acarretando em um aumento na demanda de matérias-primas, fez-se necessário rever alguns conceitos sobre os recursos naturais – renováveis ou não - utilizados pela sociedade. A preservação ambiental passou a ser hoje uma preocupação mundial.

A construção civil não é diferente. O setor é um dos que mais gera resíduos sólidos, pois desperdiça grande quantidade de materiais e matéria-prima em seus processos. O volume de resíduos sólidos gerados pela construção civil representa uma participação em relação ao resíduos sólidos urbanos, segundo Pinto (2005), de 61%. Apesar de seus reconhecidos impactos socioeconômicos para o país, como alta geração de empregos e renda, viabilização de moradias, infra-estrutura, estradas e outros, a construção civil ainda necessita de uma firme política para a destinação de seus resíduos sólidos, a fim de minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente. O mercado já vem agindo em busca da solução.

Uma opção eficiente para isso tem sido a reciclagem de resíduos sólidos da construção civil. As experiências de reciclagem de entulho modernas tiveram início após a Segunda Guerra, nos países da Europa. Movidos pela escassez financeira e de matérias primas, vários países lançaram mão de britadeiras utilizadas em pedreiras para processar as ruínas das construções afetadas pela guerra. Assim, moíam o entulho para reutilizá-lo na reconstrução de suas cidades (SHULZ; HENDRICKS, 1992).

No Brasil, os municípios começaram a se movimentar nesse sentido na década de 90, obtendo bons resultados. Cidades como São Jose dos Campos e Belo Horizonte se tornaram referência nesse processo por serem as pioneiras na reciclagem de

entulho, e se anteciparam à resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que definiu as diretrizes para gerenciamento dos resíduos (REVISTA LIMPEZA PÚBLICA, 2009).

São inúmeros os benefícios trazidos pela reciclagem, não só para o meio ambiente. Num primeiro momento, preservar e não poluir é de extrema importância. Como consequência positiva da reciclagem, temos a geração de empregos, a economia de recursos energéticos na extração de novas matérias-primas, a geração de lucro com a venda de um material que seria descartado.

Atualmente, a necessidade e uma crescente conscientização ambiental inspiram o uso dessa tecnologia. O fechamento do ciclo produtivo, utilizando o reciclado como agregado e gerando novos produtos é uma alternativa insubstituível. Assim, é de fundamental importância o desenvolvimento de tecnologias para reciclagem de resíduos ambientalmente eficientes e seguras, que resultem em produtos com desempenho técnico adequado às normas e que sejam economicamente competitivas com o mercado. Ainda faltam incentivos reais para o Brasil avançar no gerenciamento dos resíduos, mas o país deu alguns passos, como a adoção de uma resolução específica pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente. Além de tratar os resíduos, é prioritário também reduzir as quantidades geradas. O gerenciamento desses resíduos tem de ser uma preocupação e ação conjunta de população (pequenos geradores), construtoras, prefeituras e Poder Público.

2 – OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é analisar o panorama da geração de resíduos sólidos provenientes da construção civil e sua destinação.

Sendo assim, o objetivo específico é avaliar o potencial e a viabilidade de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil dentro o volume dos resíduos totais gerados pelo setor no Brasil, com ênfase na cidade de Belo Horizonte, mostrando iniciativas tanto do setor público como do privado, uma vez que a questão ambiental é de grande relevância, sendo hoje uma preocupação global.

3 - METODOLOGIA

A princípio foi realizada pesquisa bibliográfica, através de consulta a livros, artigos de internet, documentos municipais, a fim de conhecer mais sobre o tema e de construir uma fundamentação teórica.

Após o levantamento de informações e constatação do problema, foi feita a análise de dados secundários obtidos através de pesquisas realizadas por empresas que utilizam a reciclagem e experiências já implementadas no município de Belo Horizonte sobre os resíduos sólidos de construção civil e entrevistas com pessoas responsáveis diretamente pela fiscalização e execução dos serviços aqui contemplados.

Foi feita uma avaliação econômica sustentável para os órgãos municipais quanto à implementação de novas usinas de reciclagem pelo setor privado e a avaliação sobre a divulgação incentivando a população e empresas a participarem dos processos de coleta seletiva de resíduos.

4 - REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Em Belo Horizonte, com 112 anos, reside uma população de aproximadamente 2.452.617 habitantes. Economicamente é a quarta cidade mais rica do país, com um PIB de 1,38% do PIB nacional (IBGE, 2010)

A região metropolitana possui o quinto maior parque produtivo da América do Sul, com destaque para indústria automobilística e de autopeças, siderurgia, eletrônica e construção civil. Além de estar entre os sete municípios com a melhor infra-estrutura do país (WIKIPÉDIA, 2010).

Como Belo Horizonte teve um gigantesco salto demográfico e econômico em praticamente um século, o que havia sido planejado não foi o suficiente para atender o crescimento. Dentre os problemas decorrentes, estão os resíduos gerados pela população. Até a década de 70, o município utilizava como depósito de resíduos os mesmos locais determinados desde a construção da cidade no século XIX: as localidades denominadas Baleia, Cercadinho, Horto Municipal, Jardim Zoológico, Várzea do Felicíssimo e alguns outros locais (PBH). Agora a prefeitura possui dificuldades para encontrar terrenos para a instalação do aterro devido as maiores exigências e fiscalizações por parte do governo estadual (PBH, 2010).

A cidade de Belo Horizonte esgotou a capacidade do seu aterro sanitário público do bairro Califórnia desde dezembro de 2007, deixando de receber totalmente os resíduos da cidade no final de 2009. Até o presente momento, enquanto os governantes decidem onde instalar o futuro aterro sanitário, os resíduos domésticos são enviados a um aterro privado na cidade vizinha de Sabará, cerca de 3.000 toneladas por dia. Isso gera um monopólio do aterro, que acaba explorando a população devido à inflação das taxas de despejo. (CÂMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE.).

A proposta em questão quer mostrar que a redução dos resíduos destinados aos aterros irá prolongar a vida útil dos mesmos, além de proporcionar uma redução de custos com materiais para as obras.

Outro ponto a ser observado será quanto aos programas criados para a redução de resíduos e utilização de materiais reciclados, o que gera a redução significativa de custos de uma obra.

Este não é um fato pertinente apenas ao município de Belo Horizonte, mas ao país como um todo. O Brasil precisa se comprometer muito ainda com a geração de resíduos sólidos. A partir de dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE em 2000, estima-se que são gerados no país cerca de 157.000 toneladas de lixo domiciliar e comercial por dia. Entretanto existem ainda 20% da população que não estão incluídos nesses dados porque ainda não contam com serviços regulares de coleta. De 1989 a 2000 houve um crescimento de 54% dos resíduos, enquanto a população cresceu 15,6% (IBGE).

Através desses dados, fica claro que cada brasileiro passou a gerar mais resíduos, seja pelo desenvolvimento, seja pela necessidade de se ter uma vida mais dinâmica, envolvendo maior número de embalagens.

A Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) é o órgão responsável da prefeitura pelo recolhimento, tratamento e destinação dos resíduos sólidos urbanos do município de Belo Horizonte. Dentre os resíduos recolhidos, ocorre a separação daqueles que podem ser reciclados, onde são encaminhados para os devidos tratamentos e beneficiamentos. Os produtos beneficiados são vendidos pelo órgão a custos simbólicos que cobrem o custo do beneficiamento (reciclagem).

Através dos “Relatórios Anuais de Atividades da Limpeza Urbana” correspondentes ao período entre 2004 e 2008, podemos observar um pouco o desenvolvimento do país. Tal desenvolvimento traz consigo um aumento dos cuidados relacionados às

questões ambientais. Essa situação fica demonstrada com clareza nos relatórios da SLU e aponta influência direta do desenvolvimento econômico do Brasil sobre o montante de resíduos gerados e resíduos reciclados.

4.1 - OS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Resíduos sólidos da construção e demolição (RCD) são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plástico, tubulações, fiação elétrica e outros, comumente chamados de entulho de obras, calça ou metralha. (CONAMA, 2002).

4.1.1 Origem

Os resíduos da construção civil são gerados em praticamente todas as atividades desenvolvidas pelo setor, em diferentes fases de um empreendimento, quais sejam: concepção, execução e utilização.

Em edificações novas, o desperdício é o grande responsável por originar resíduos. Isso é resultado do processo construtivo quase que artesanal. No Brasil, 98% das obras utilizam métodos tradicionais (MARINHO, 1991). Há ainda fatores que poderiam ser facilmente superados, como a insuficiência de definição em projetos, ausência de qualidade nos materiais e componentes de construção ofertados ao mercado e falta de procedimentos e mecanismos de controle na execução, que acabam provocando: perda na estocagem e transporte em canteiro, ausência de prumo, nivelamento e planicidade na edificação e acréscimo de materiais para recuperação da geometria (PINTO, 1992).

Já no caso de reformas e demolições, pesa a falta de uma cultura voltada para a reutilização e a reciclagem do material. No contexto global, é fundamental estruturar e aperfeiçoar os processos de construção.

4.1.2 - Constituição do resíduo

A constituição dos resíduos sólidos da construção civil é bem heterogênea. Engloba os restos de praticamente todos os materiais e componentes utilizados, como brita, areia, concretos, argamassas, materiais cerâmicos, madeiras, metais, plásticos, pavimento asfáltico, assim como o solo e lama de escavações.

De forma sólida, suas características físicas variam de acordo com o processo gerador. O entulho de construção compõe-se, portanto, de restos e fragmentos de materiais, enquanto o de demolição é formado apenas por fragmentos, tendo por isso maior potencial qualitativo, comparativamente ao resíduo de construção.

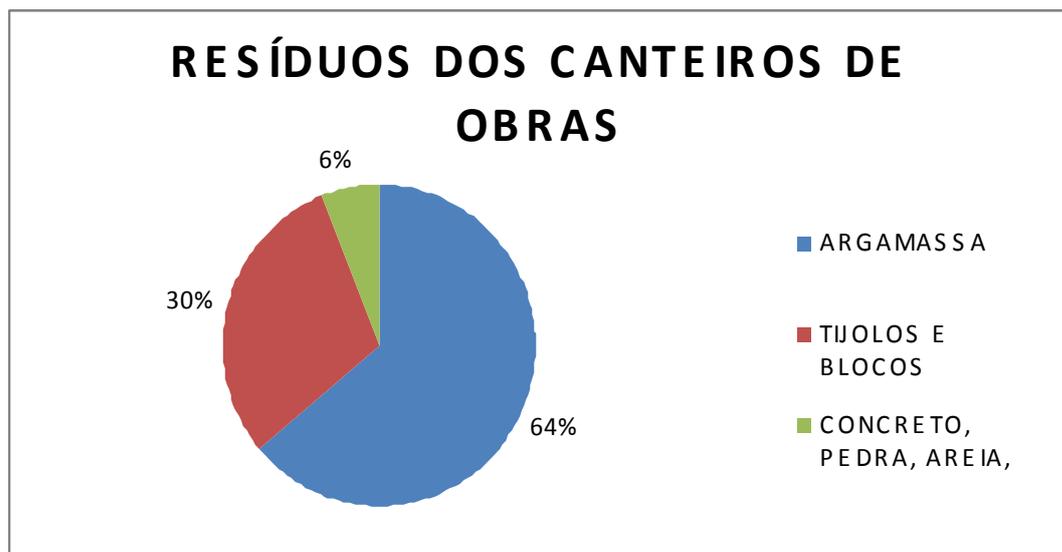
Embora ainda não exista uma estatística de todo o país, na média, o entulho que sai dos canteiros de obra brasileiros é composto (CAMARGO, 1995) basicamente por:

-64% de argamassa;

-30% de componentes de vedação (tijolos e blocos);

-6% de outros materiais (concreto, pedra, areia, metálicos e plásticos).

GRAFICO 1: Composição dos resíduos gerados em canteiros de obras no Brasil.



(fonte: CAMARGO, 1995)

4.1.3 - Classificação

Os resíduos de construção civil foram separados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) através da Resolução N°. 307 de 05/07/02 em quatro classes distintas, de acordo com a composição dos materiais e possibilidades de reaproveitamento.

Estão compreendidos nas seguintes classes:

Classe A, resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados (componentes cerâmicos, argamassa e concreto);

Classe B, resíduos recicláveis para outras destinações (plásticos, vidros, madeiras, papel);

Classe C, resíduos que não possuem tecnologia e aplicações tecnologicamente viáveis para sua reciclagem (gesso);

Classe D, resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos).

O amianto foi inserido na classe D, de resíduos perigosos através da Resolução Nº348 de 16/08/2004, que altera a Resolução Nº307. (Ministério do Meio Ambiente).

Apesar de o gesso ser classificado como material de reciclagem inviável e não haver uma resolução específica para o mesmo, a sua grande e crescente utilização no setor da construção civil, com a introdução da tecnologia *drywall* nas vedações internas, bem como o uso tradicional como material de revestimento, aplicado diretamente em paredes e tetos e em forma de placas para rebaixamento de tetos (sancas), demanda atenção cada vez maior quanto à destinação de seus resíduos.

Desde o final da década de 90, estudos vêm sendo feitos em relação a métodos de reciclagem apresentando avanços significativos, o que torna obsoleta a classificação do gesso como material de reciclagem inviável.

Os resíduos de gesso separados e limpos readquirem as características químicas da gipsita, minério do qual se extrai o gesso. Desse modo, o material pode ser utilizado novamente na cadeia produtiva.

Já foi testado o reaproveitamento dos resíduos do gesso na indústria cimenteira, para a qual o gesso é um ingrediente útil e necessário, que atua como retardante de pega do cimento, e no setor agrícola, no qual é utilizado como corretivo da acidez do solo, sendo não só tecnicamente possíveis, como economicamente viáveis, representando importante contribuição para a sustentabilidade da construção civil (Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall).

4.1.4 - Problemas causados

Apesar dos resíduos sólidos da construção civil serem de baixa periculosidade e classificados como inertes, alguns têm suas peculiaridades, como o gesso, que é solúvel em água. A tinta contém metais pesados em sua composição, que se solubilizam na água. As telhas de fibro cimento antigamente continham amianto que no ar é altamente cancerígeno - de acordo com a norma 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A maioria corresponde a concreto e materiais cerâmicos, geram um grave problema de acúmulo no país, devido ao grande volume produzido e a forma inadequada de

deposição. Em Belo Horizonte, os RDC representaram 43% do total de resíduos produzidos no primeiro semestre de 2009 (SLU).

As formas clandestinas de destinação dos resíduos sólidos causam problemas quanto à saúde pública, pela proliferação de insetos e roedores. Há ainda transtornos causados pelo lançamento em encostas ou em terrenos problemáticos, gerando depósitos instáveis que podem ocasionar deslizamentos. Enfim, o resultado é sempre a degradação da qualidade de vida urbana.

São comuns os despejos clandestinos, pois os municípios não têm responsabilidade na coleta dos RCD. Geralmente é um serviço terceirizado por empresas cadastradas pelas prefeituras. Mas mesmo contratando uma transportadora ou carroceiro para encaminhar o material, não há garantia que ele vá chegar ao local correto. O fim desse material acaba sendo vias públicas, terrenos baldios, margens de rios e em bota-foras irregulares (FOTO 1). Porém, a limpeza desses locais de dispensa irregular acaba ficando a cargo das prefeituras. Em Belo Horizonte, com o esgotamento do aterro sanitário no final de 2009, a quantidade de material de construção despejada clandestinamente aumentou em 15%. A SLU, que costumava recolher uma média de 9.000 toneladas mensais de entulho em lugares indevidos, coleta agora 10.350 toneladas (ESTADO DE MINAS, 2010). Após o fechamento do aterro, aumentou também o custo para destinação dos resíduos. A Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) cobrava R\$ 3,50 por tonelada no ano do fechamento, e esse preço aumentou 600% com a ausência de espaço na capital para a destinação do entulho. No Aterro da Vital Engenharia, em Sabará, na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), por exemplo, o custo da tonelada é de R\$ 22,00. Nos pontos comuns de deposição clandestina, após a limpeza a prefeitura fixa placas com os dizeres de 'Ponto Limpo – Não jogue lixo ou entulho'. Além disso, o informe ainda registra que depositar resíduos nos locais indicados constitui crime ambiental sujeito a multa, com valores que variam de R\$ 121,10 a R\$ 4.036,77, dependendo da quantidade depositada, prevista na Lei 2.968/78. Entretanto, a população parece não se inibir nem se importar em infringir uma lei, pois são raros os flagrantes. Os mesmos locais voltam a receber o descarte (SLU).

FOTO 1: Descarte clandestino de resíduos de construção em lote vago na Av. Atlântida na cidade de Belo Horizonte, julho de 2010.



4.2 - A RECICLAGEM DOS RESÍDUOS

O presente trabalho pretende analisar o potencial de reciclagem dos resíduos mais expressivos, oriundos das classes A e B, que possuem maioria percentual de resíduos nos aterros sanitários, excluído apenas o papel. Optou-se pela sua exclusão devido o papel não ser utilizado diretamente no processo de construção e sim nas embalagens dos materiais.

4.2.1 – Vidros

Do total de vidros planos produzidos no Brasil, 70% voltam-se a construção civil. (REVISTA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO, 2007). Geralmente são usados em janelas, boxes, portas e fechamentos de ambientes. Hoje, com projetos de arquitetura cada vez mais arrojados, o vidro tem se mostrado um importante material no processo construtivo, e muitas vezes se tornando protagonista nas construções. É cada vez mais comum o uso do vidro em paredes totais e até mesmo tetos, uma vez que os avanços tecnológicos na fabricação evoluem num material mais resistente. Novas tecnologias já permitem o uso do vidro em paredes de sustentação, em pisos e em estruturas de escadas, em projetos mais leves. No futuro, é possível que ele possa até ser substituto do concreto e do aço em estruturas.

Ou seja, já existe um alto consumo do material, e a tendência é aumentar cada vez mais. E tal consumo exige do setor maior atenção ao refugo do material e encaminhamento para reciclagem.

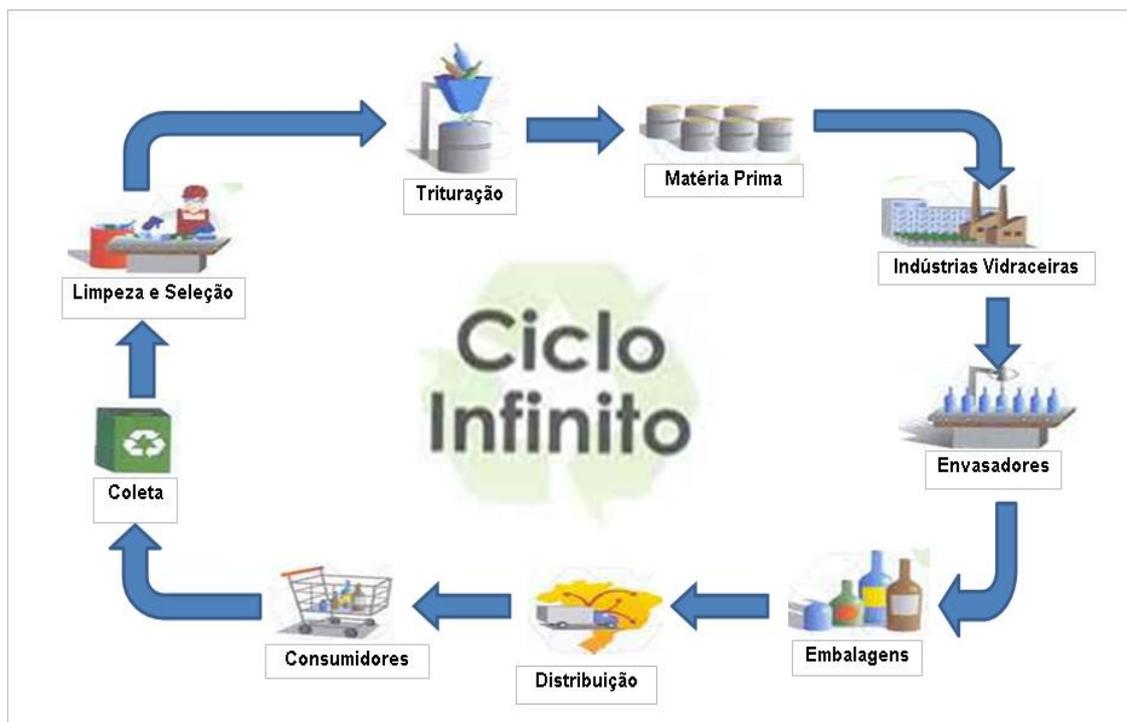
O uso do vidro se mostra muito vantajoso no que diz respeito à reciclagem. É um material que apresenta bom aproveitamento no processo industrial da reciclagem. Sendo assim, todo vidro consumido na construção pode voltar à cadeia produtiva, até mesmo em outros produtos que não para a construção especificamente (FIGURA1).

O processo de reciclagem do vidro tem grande viabilidade econômica, com alto potencial de lucratividade, porém ainda é pouco explorado, apesar de suas inúmeras vantagens ambientais, econômicas e sociais. No Brasil, a reciclagem ainda é vista como atividade marginal, de subsistência, e como tal carece de uma mentalidade mais empresarial. Entretanto, índices da ABIVIDRO mostram que a reciclagem do material aumenta progressivamente a cada ano, chegando a 47% em 2008.

Estudos da Sociedade Brasileira de Química (SBQ) mostram ainda a utilização do vidro na construção civil como material alternativo em diferentes proporções de substituição do cimento Portland e de agregados miúdos (areia) em argamassas, obtendo resultados satisfatórios. Seria mais uma alternativa na reutilização do material. Em algumas cidades americanas, a sucata de vidro já tem sido utilizada na forma de cacos e adicionada ao concreto asfáltico como se fosse um agregado

comum. A vantagem neste caso é a mesma do agregado para cimento Portland. Mas ainda assim é objeto de estudos e desenvolvimento. Os cuidados que devem ser tomados são relativos aos problemas de expansibilidade dos produtos de reações indesejadas (SBQ, 2010).

FIGURA 1. Ciclo da vida útil do vidro: infinita.



(fonte: blog Let's reciclar, 2010)

4.2.2 - Metais

O metal é um material que é bastante presente nas construções, devido a sua elevada durabilidade, resistência mecânica e facilidade de conformação. Ele está presente desde em pregos, arames, vergalhões até em estruturas totalmente metálicas, em edificações, pontes, torres etc.

A grande vantagem da reciclagem de metais é evitar as despesas da fase de redução do minério a metal. Essa fase envolve um alto consumo de energia, e requer transporte de grandes volumes de minério e instalações caras, destinadas à produção em grande escala.

Outro ponto positivo é o fato de o metal ser um material 100% reciclável. Além disso, é facilmente separado de outros materiais através de um processo magnético (imãs) e consome menos água e energia para ser produzido do que qualquer outro material.

Cada tonelada de aço reciclado representa uma economia de 1.140 kg de minério de ferro, 154 kg de carvão e 18 kg de cal (Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2010).

4.2.3 - Madeiras

A madeira é um material amplamente representativo entre os resíduos da construção civil. Ela é utilizada pelo setor de diversas maneiras, atuando com função estrutural de construções, em forma de vigas, caibros, pontaletes e outros, mas em sua maioria em caráter temporário, como fôrmas para concreto, andaimes e escoramento.

A madeira é vista como uma fonte energética valiosa. De forma que a reutilização dessa madeira se dá, em grande parte, de forma fragmentada substituindo a queima de óleo diesel, carvão ou outra fonte mineral, desde em pequenas empresas de cerâmica até grandes cimenteiras, caieiras ou qualquer outra indústria que utilize fornos de matéria em suspensão. A reciclagem das sobras da madeira para transformá-las em cavacos e convertê-las em energia em fornos e caldeiras torna-se viável economicamente, pois o carvão mineral e o petróleo, além de mais caros, só tendem a aumentar de preço devido à disponibilidade cada vez menor e a demanda cada vez maior; ademais, causam danos ao meio ambiente e ao próprio homem. (SEMASA, 2005).

4.2.4 – Entulho (RCD)

O último e mais importante de todos os resíduos devido ao seu volume é o entulho proveniente de argamassas, cerâmicas e concreto que representa cerca de 90% dos RCDs. (PORTAL ECODEBATE). Estes sim são os vilões para os centros urbanos e tem que ser tratados. Vários estudos já foram feitos e várias alternativas de reciclagem já foram estipuladas para diminuir o seu volume destinado aos aterros e

reduzir a exploração de matérias primas, ajudando o meio ambiente. Contudo, mais importante que encaminhar o entulho para o local correto e reciclar, é haver uma mudança de mentalidade em todo o processo construtivo, revendo velhos conceitos e adquirindo novos, de forma a gerar menos resíduos tanto na construção quanto na demolição.

4.3 - DESENVOLVIMENTO X GERAÇÃO DE RESÍDUOS

A construção civil é um segmento representativo na economia brasileira, respondendo por cerca de 10% do PIB. Devido ao grande déficit habitacional e de infra-estrutura do país, é também um mercado muito promissor, que reage com vigor em épocas de crescimento interno. O mercado vive uma de suas melhores fases. O país inteiro está em obras: nos primeiros nove meses de 2009, a construção civil apresentou um crescimento de 7,3% em comparação ao ano anterior (IBGE). Em 2010 esse valor deve ser significativamente maior. O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o projeto Minha Casa Minha Vida, o aumento do crédito e redução do IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) para materiais de construção e o anúncio de obras para a Copa do Mundo de 2014 são alguns motivos para o aquecimento do setor.

Tal desenvolvimento tem ligação direta na geração de resíduos, mais precisamente, no aumento deles.

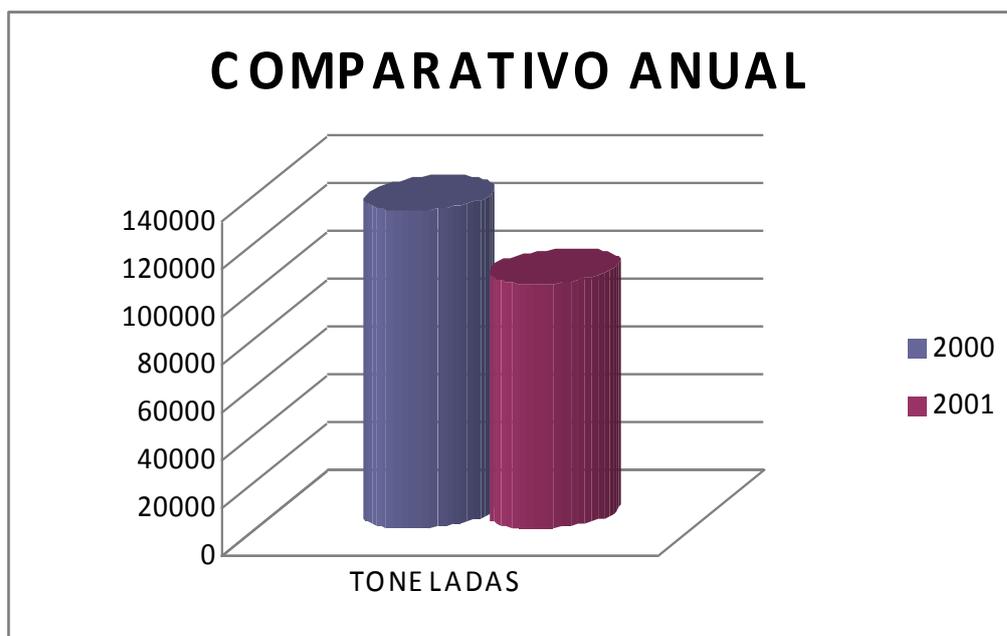
Isso se verifica analisando os anos de desaceleração no setor, ocasionada pela crise financeira mundial nos anos de 2001 e entre 2008 e 2009.

O ano de 2001 foi um ano difícil para a economia de um modo geral. O ataque ao World Trade Center e o *crash* da Nasdaq deixou o mundo inteiro atribulado (blog UMA VISÃO DO MUNDO, 2008).

Na construção civil brasileira notou-se uma intensa retração, resultando no fechamento de vários postos de trabalho, devido à falta de investimentos no setor. Com isso, reduziu-se também a geração de resíduos sólidos.

Em Belo Horizonte, a recepção de entulho pela Superintendência de Limpeza Urbana caiu de 133.732 toneladas em 2000 para 102.778 em 2001, representando uma variação negativa de 23,15%, conforme o Relatório Analítico de Medição das Atividades de Limpeza Urbana da mesma (SLU). (GRÁFICO 2). Esse comportamento do mercado se estendeu a 2002, levando em consideração que a construção é sempre a última a se recuperar, de acordo com o professor João da Rocha Lima Júnior, coordenador do Núcleo de real Estate da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Segundo Júnior, quando a economia se contrai repentinamente, a tendência é que, na recuperação, primeiro retome-se o nível máximo de produtividade já existente e ociosa, para só então repensar novas expansões e investimentos. (site revista Construção Mercado).

GRÁFICO 2: Comparativo de recepção de entulho pela SLU em Belo Horizonte entre os anos de 2000 e 2001.



(fonte de dados:Relatórios de atividades da limpeza urbana da SLU de 2000 e 2001)

Em 2008 o mercado sofreu novo abalo por crises externas, porém a construção não ficou completamente desamparada, pois já é lição antiga entendê-la como forte alavanca para o giro da roda econômica, e a iniciativa pública interferiu com medidas de habitação popular e infra-estrutura. Em Belo Horizonte, a crise representou uma redução na geração de resíduos sólidos de apenas 3,45% em comparação ao ano de 2007, de acordo com os Relatórios Anuais de Atividades da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU).

Ainda analisando os mesmos relatórios, verifica-se que no primeiro semestre de 2009 a SLU coletou 464.294,83 toneladas de RCD, ou seja, pouco mais de 60% do total recolhido no ano de 2008, o que comprova o contínuo aquecimento do setor da construção.

5- PANORAMA DOS RESÍDUOS EM BH

Belo Horizonte foi primeira cidade planejada do Brasil, prevista para abrigar trezentos mil habitantes. Teve a higiene e o saneamento incluídos como requisitos fundamentais em seu projeto.

O tratamento do lixo da cidade se deu primeiramente por incineração, logo após sistema de fermentação em celas e na década de 60 passou a ser depositado a céu aberto no Vazadouro Morro das Pedras, local popularmente conhecido na época como “Boca do Lixo”. Nesse local de total insalubridade, residiam algumas famílias que sobreviviam da catação de dejetos. No início da década de 70, no período das chuvas, ocorreram deslizamentos que vitimaram alguns moradores, expondo a negligência ao tratamento do lixo e apontando a necessidade de mudanças (ABREU, 2009).

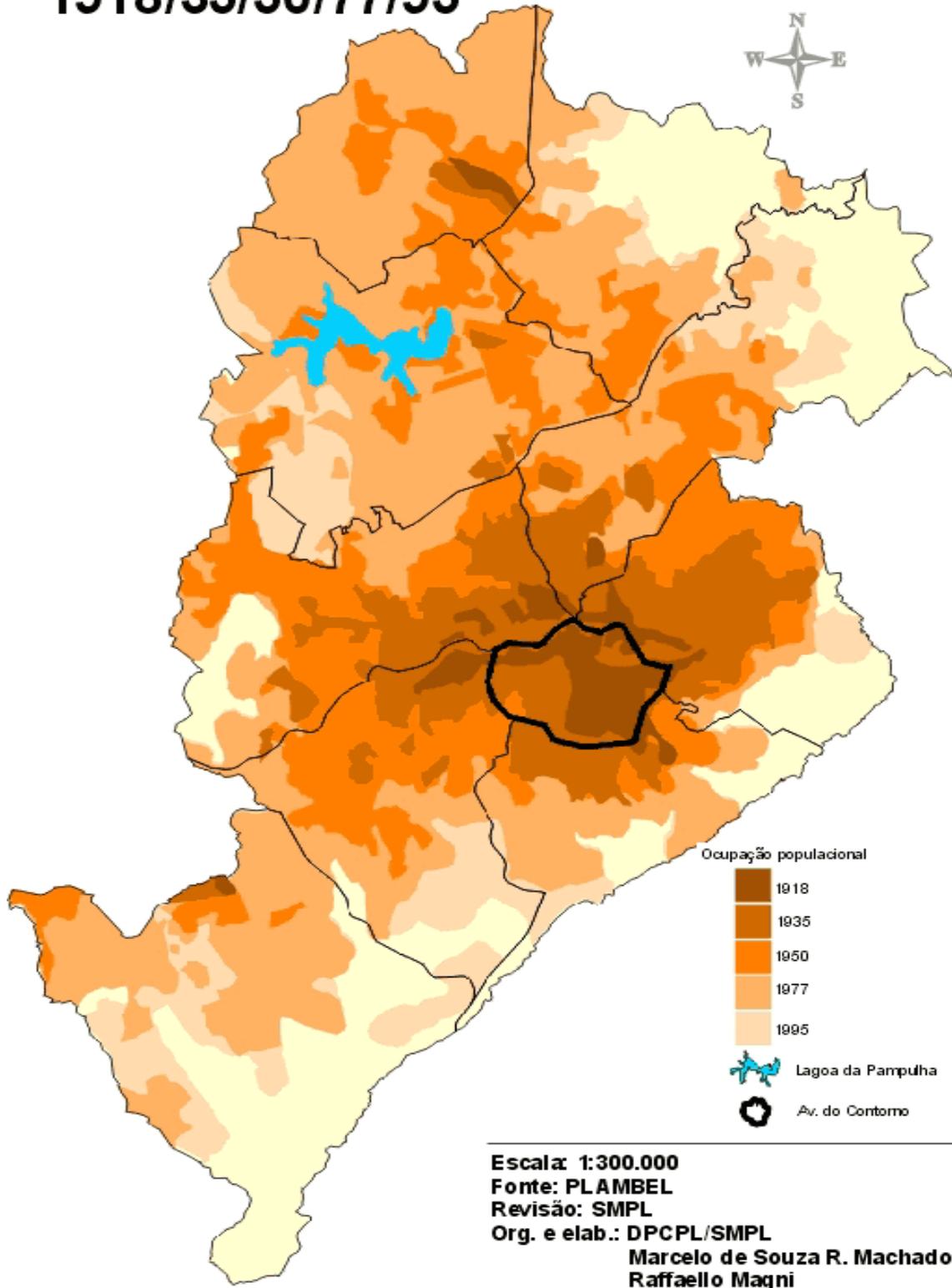
Após este acidente, a municipalidade voltou sua atenção para a questão dos resíduos públicos gerados na cidade e criou em 1973 a Superintendência de Limpeza Urbana- SLU. Em 1975 o Lixão foi transferido para o Aterro Sanitário da BR-040 (PBH, 2010).

Com o rápido adensamento demográfico da cidade (MAPA 1) a questão dos resíduos gerados passou a ter cada vez mais complexidade. Porém Belo Horizonte sempre se destacou pela adequação de seus modelos de gestão de resíduos.

Nos anos 90 o citado modelo tinha como destaque a implantação de programas como de Coleta Seletiva dos materiais recicláveis (que atende somente a região centro-sul e necessita ser estendido às demais regiões da cidade), Compostagem simplificada dos resíduos orgânicos (restos de alimentos, podas e capina), e Reciclagem dos resíduos da construção civil (entulho). Outro fator importante desse modelo foi a trazer a questão da geração de resíduos para conhecimento e conscientização da sociedade, fazendo-a a co-participar no sistema de limpeza urbana (SLU).

MAPA 1: Evolução da ocupação e da mancha urbana em Belo Horizonte 1918 - 1935 - 1950 - 1977 - 1995

1918/35/50/77/95



(fonte: Portal PBH, 2010)

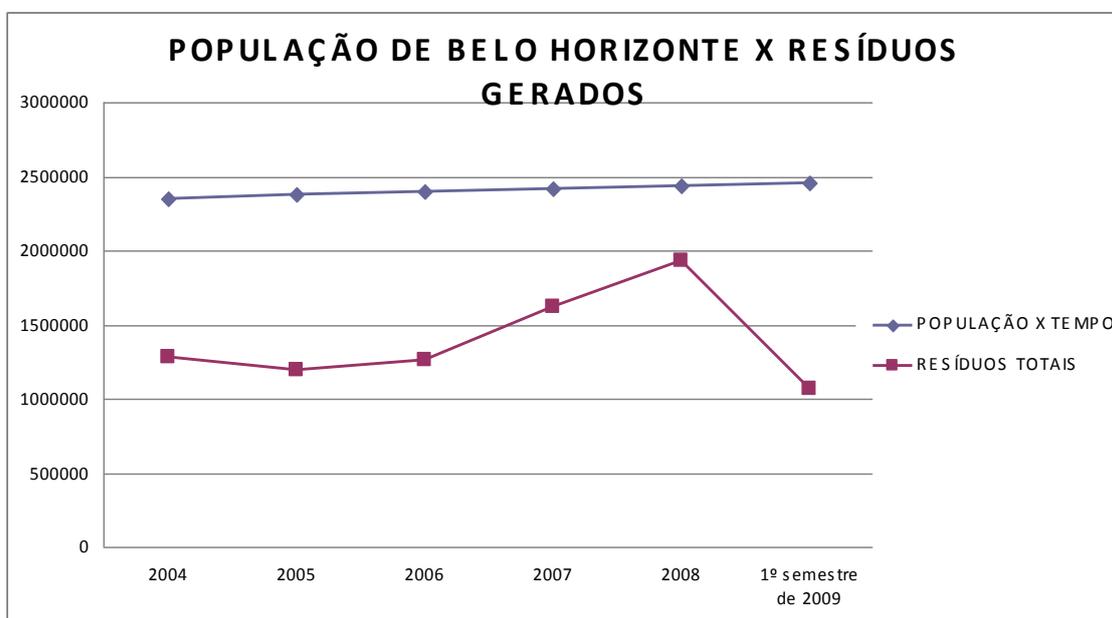
TABELA 1: Dados estatísticos e demográficos de Belo Horizonte e Região Metropolitana.

LOCAL	ANO	POPULAÇÃO	ÁREA (Km ²)	DENSIDADE
BH	2000	2.238.526	330,90	6.764,96
RMBH	2000	4.357.942	9.459,10	460,71
BH	2007	2.412.937	330,90	7.292,0
RMBH	2007	4.899.970	9.459,10	518,0

(fonte: Portal PBH, 2010)

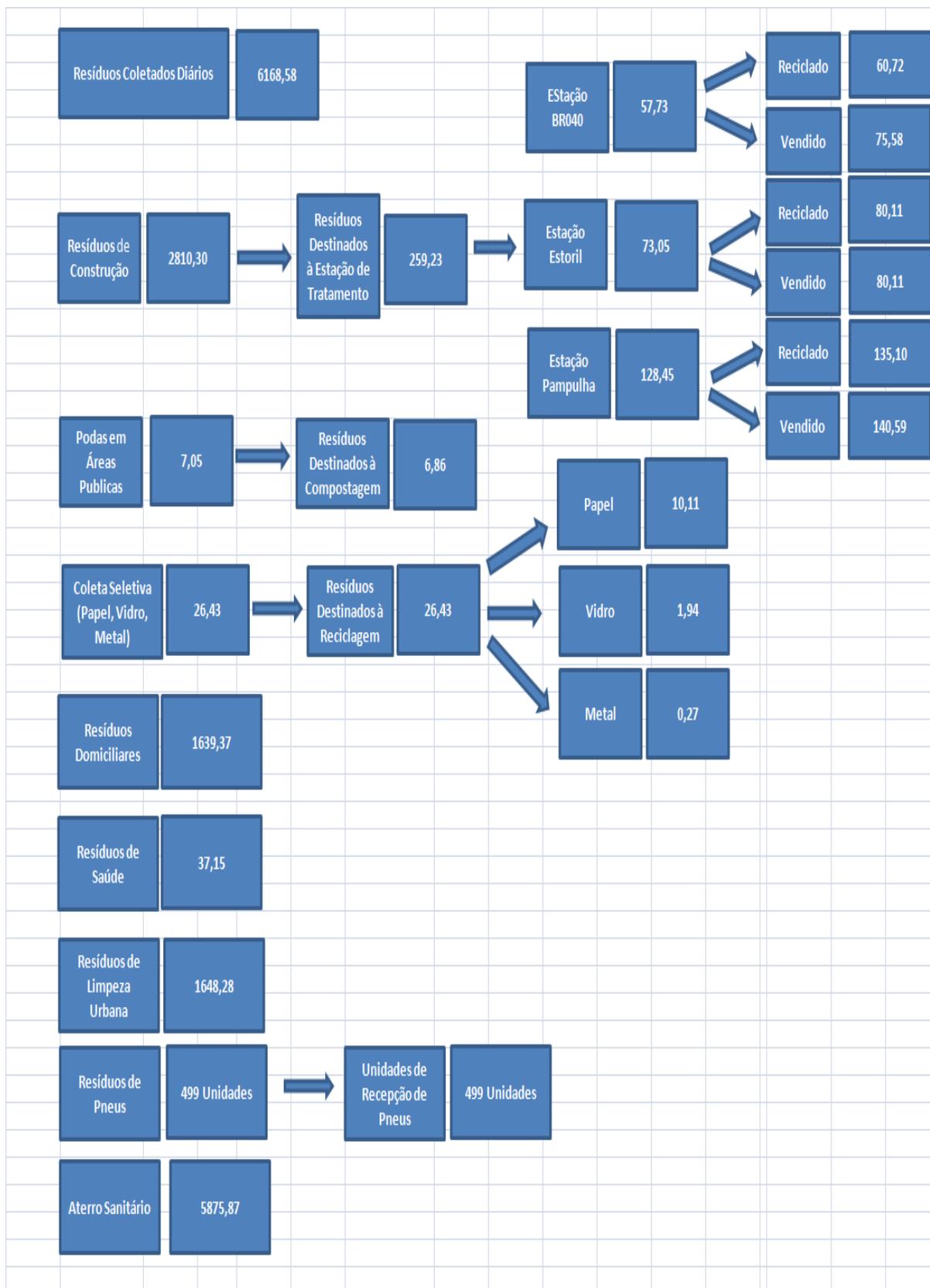
Atualmente, a capital mineira produz aproximadamente 6.168,58 toneladas de lixo diariamente, proveniente de uma população de 2.434.642 de habitantes dentre os quais 95% são atendidos pelo serviço de limpeza urbana (dados da SLU referentes ao primeiro semestre de 2009). Desse volume, 95% se destinam ao aterro enquanto somente 5% são reciclados. A destinação dos resíduos é representada detalhadamente no fluxograma 1.

GÁFICO 3: Análise anual de população x geração de resíduos de 2004 ao 1º semestre de 2009.



(fonte de dados: Relatórios de Atividades da Limpeza Urbana – SLU, 2004-2009.)

FLUXOGRAMA 1: Destinação de resíduos gerados em Belo Horizonte no primeiro semestre de 2009, valores diários em toneladas.



(fonte de dados: Relatório de atividades da limpeza urbana primeiro semestre de 2009 – SLU)

Belo Horizonte vive hoje um novo desafio em relação ao lixo. O aterro da BR 040 criado em 1975 teve sua capacidade esgotada no final de 2009. A falta de planejamento de um novo aterro pode se considerar um caso de irresponsabilidade da administração pública.

A Prefeitura teve então que firmar um contrato com uma empresa privada sem licitação para utilizar um aterro na cidade da região metropolitana de Sabará, que fica a cerca de 40 Km da capital, aumentando o gasto no traslado do lixo.

5.1 - REPRESENTAÇÃO DO RCD

No município de Belo Horizonte, a geração dos resíduos sólidos da construção civil é expressiva, podendo representar mais da metade dos resíduos sólidos urbanos. A estimativa para geração de resíduos de construção civil e demolição apresenta-se em torno de 450 kg/Habitante ano. (SINDUSCON-MG, 2005). Esse índice varia de cidade a cidade, de acordo com a oscilação da economia local.

De acordo com o Ministério das Cidades, os resíduos de construção civil representam 61% do lixo dos municípios (Portal Ecodebate, 2009). Podemos observar que o município de Belo Horizonte vem evoluindo com o passar dos anos em relação à redução da geração e ao gerenciamento dos resíduos de construção civil como mostra a análise da tabela 1. Onde em 2000 representava 51% do total de resíduos sólidos gerados (SINDUSCON-MG, 2005), já em 2009 era de 46% (SLU, 2009), houve uma redução de 5% em relação ao produzido nas respectivas análises.

O município se apresenta sensível à questão dos resíduos, e tem adotado medidas não só para a redução, mas também para a reutilização. A cidade foi pioneira na gestão de resíduos sólidos da construção civil, implantando uma das primeiras usinas de reciclagem do país e se tornando referência nesta questão.

6 - USINAS DE RECICLAGEM

Em 2002, com a publicação da Resolução Nº. 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a construção civil o Brasil deu um grande salto no que diz respeito à gestão de resíduos sólidos. A resolução instituiu diretrizes para o gerenciamento desses resíduos, inclusive quanto às responsabilidades, tanto do Poder Público, no caso as prefeituras, como das construtoras.

Passados alguns anos dos prazos previstos, nem todos os 5.564 municípios brasileiros (IBGE) estão seguindo a risca o que foi determinado pela resolução do CONAMA (REVISTA LIMPEZA PÚBLICA, 2009).

A cidade de Belo Horizonte foi pioneira na reciclagem de entulho se antecipando a resolução. Antes de sua publicação, já incentivava a reciclagem dos resíduos da construção civil. Em 1995, o município construiu a primeira usina de reciclagem para esses resíduos e no ano seguinte mais uma. Atualmente, a Prefeitura de Belo Horizonte possui três Estações de Reciclagem de Entulho: Pampulha, Estoril e BR 040 (Fotos 2 e 3), além de um projeto de implantação de mais uma usina na região norte da cidade.

FOTO 2: Usina de reciclagem da BR 040 em Belo Horizonte.



FOTO 3: Vista geral da usina de reciclagem da BR 040 em Belo Horizonte.



Estas estações têm como objetivo transformar os resíduos da construção civil em agregados reciclados, como mostrados na foto 4, podendo substituir a brita e a areia em elementos da construção civil que não tenham função estrutural. Essas unidades recebem os resíduos transportados por caminhões e empresas de caçambas desde que apresentem, no máximo, 10% de outros materiais (papel, plástico, metal etc.) e ausência de terra, matéria orgânica, gesso e amianto.

FOTO 4: Agregados reciclados produzidos individualmente, situação ideal.



A recepção destes materiais nas três usinas chega à cerca de 2.000 toneladas por dia, e são reciclados aproximadamente 400 toneladas, ou seja, em torno de 25% do que entra sai como agregado reciclado.

A cidade conta também, além das três usinas de reciclagem, com 32 unidades de recebimento de pequenos volumes (UPRVs) espalhadas em sua região. Nesses locais a população pode entregar materiais volumosos e entulho até o limite diário de 2m³. Os resíduos da construção civil são separados na própria unidade e enviados para alguma das usinas.

Além disso, a Prefeitura, em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais, criou em 1997 o Programa Carroceiros. Trata-se de um projeto que transformou os carroceiros, antigamente os principais depositores de entulho em áreas públicas, em parceiros da administração pública, atuando como agentes de limpeza urbana ao coletar e destinar corretamente os pequenos volumes recolhidos pela cidade. Eles são orientados em palestras que explicam os cuidados com o meio ambiente, formas de associação e trato dos animais. Eles aprendem que jogar o entulho em vias públicas, lotes vagos e cursos d'água causam prejuízo ao meio ambiente urbano. Todos recebem uma carteira com os dados pessoais e a identificação do cavalo, que é cadastrado e marcado com nitrogênio líquido. Como benefício, os animais têm assistência dos veterinários da UFMG, incluindo vacinação e exames de prevenção de doenças. A Universidade também desenvolve o melhoramento genético das raças com o objetivo de obter um animal de boa tração para o trabalho. E a população ganha com a disponibilidade de mais um serviço para destinar os resíduos sólidos. Pelo telefone é possível acionar um dos 400 carroceiros cadastrados no projeto para fazer a retirada do entulho gerado em casa por reformas ou construções ou mesmo de móveis velhos (SLU).

6.1 - PROCESSO DE RECICLAGEM

O processo de reciclagem das usinas é dividido em cinco etapas: recepção, seleção, operação de britagem, estocagem em pilhas, e expedição (FLUXOGRAMA 2).

Na recepção, o material é inspecionado na portaria para verificar a sua composição e o grau de contaminação. O material aceito é dividido em duas classes: classe A – resíduos de peças fabricadas com concreto (lajes, pilares, blocos, pavimentação, argamassas, fibrocimento, pedras ornamentais, sem a presença de impurezas. Destinam-se à preparação de argamassa e concreto não estruturais, utilizados na fabricação de bloquetes para calçamento, blocos de vedação, guias para meio-fio dentre outros) e classe B – resíduos predominantemente cerâmicos (tijolos, telhas, azulejos, etc.). Destinam-se à base e sub-base de pavimentação de vias, drenos, e material de enchimento de rip-rap.

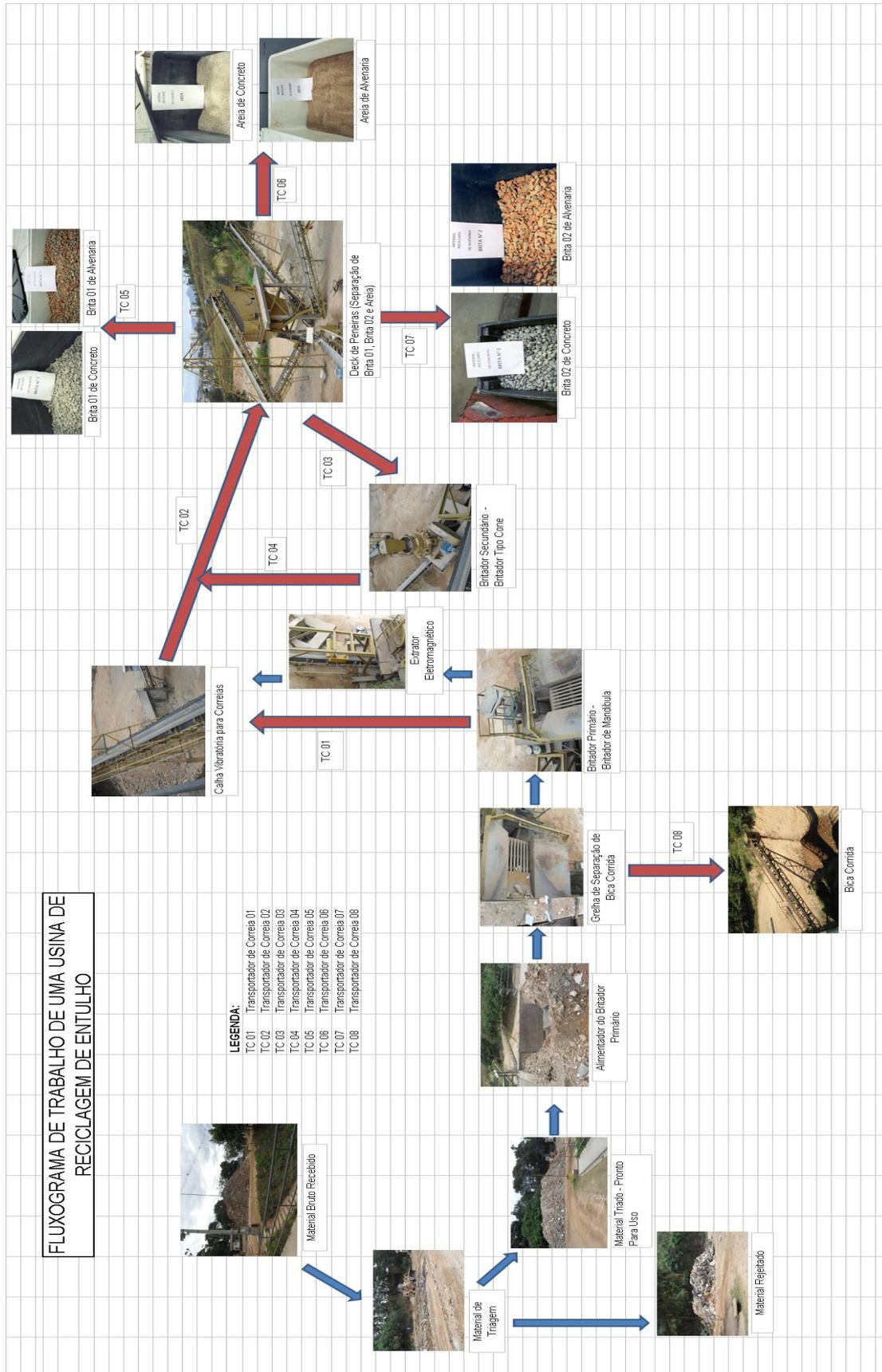
Em seguida ocorre a seleção, onde os materiais recicláveis são separados manualmente dos rejeitos que, se forem recicláveis ou reaproveitáveis, são devidamente destinados.

Na etapa de operação de britagem os resíduos são levados pela pá-carregadeira até o alimentador vibratório do britador de impacto e, por gravidade, para a calha simples e ao transportador de correia. Após a britagem, há eliminação de pequenas partículas metálicas ferruginosas pela ação de um eletroímã sobre o material reciclado conduzido pelo transportador de correia.

Depois é feita a estocagem do material já pronto para utilização, que fica acumulado sob o transportador de correia.

Na expedição o material é transferido para os caminhões com o auxílio de pá-carregadeira (SLU).

FLUXOGRAMA 2: Esquemática do processo de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil.



No setor privado, algumas empresas já fazem a separação dos resíduos no próprio canteiro. Com isso, fica viável o direcionamento desses resíduos previamente separados diretamente às usinas de reciclagem. Há ainda exemplo de empresas que foram além e já fazem a própria reciclagem. como é o caso de uma construtora com sede no Rio de Janeiro, que presta serviços de construção civil pesada, terraplanagem e demolição. A empresa atenta à legislação ambiental das grandes cidades e a crescente tendência das construções sustentáveis importou, em 2007, o primeiro reciclador móvel de resíduos da construção. O equipamento tem a capacidade de processar 200 toneladas de concreto armado/hora, transformando-as em agregado reciclado, com características que se assemelham a da brita, no próprio canteiro de obra.

6.2 - SOBRE A UTILIZAÇÃO DO MATERIAL RECICLADO

As propriedades de certos resíduos ou materiais secundários possibilitam sua aplicação na construção civil de maneira abrangente, em substituição parcial ou total da matéria-prima utilizada como insumo convencional. No entanto, devem ser submetidos a uma avaliação do risco de contaminação ambiental que seu uso poderá ocasionar durante o ciclo de vida do material e após sua destinação final.

O Brasil não dispõe de norma técnica para o uso de agregados reciclados em concreto estrutural.

No entanto, há muitos usos possíveis e com normas estabelecidas, como no uso em obras de pavimentação, camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, segundo os critérios da NBR 15115. Este tipo de uso tem sido o mais adotado e aplicado no Brasil (REVISTA LIMPEZA PÚBLICA, 2009).

E também no preparo de concreto de cimento Portland, sem função estrutural, destinado a usos como enchimento, contra piso, calçadas e fabricação de artefatos

não-estruturais, como blocos de vedação, meio-fio (guias), sarjeta, canaletas, mourões e placas de muro, fundamentadas pela NBR 15.116 (ABNT). O uso do agregado reciclado em substituição à areia ainda não é muito difundido, embora seu uso em argamassas de assentamento de alvenarias e de revestimentos de paredes e tetos seja talvez dos mais viáveis, porque argamassas para essas aplicações não estão sujeitas a exigências estruturais.

Em Belo Horizonte, os principais consumidores dos agregados reciclados produzidos pelas três usinas de reciclagem são órgãos do próprio município: a Urbel (Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte), responsável pela implementação da Política Municipal de Habitação Popular, e a Sudecap (Superintendência de Desenvolvimento da Capital), autarquia executora das obras de infra-estrutura urbana e dos bens imóveis públicos da cidade de Belo Horizonte. De acordo com o coordenador das três usinas de reciclagem da SLU, cerca de 90% do total de material produzido é direcionado para o uso dos órgãos citados. A porcentagem restante é comercializada, tendo como principais compradores empreiteiras de saneamento.

Há ainda uma vertente voltada para a utilização dos resíduos sólidos em terraplanagem, na recuperação de terrenos acidentados.

Os resíduos são depositados de forma a regularizar o solo, sendo devidamente compactados a fim de torná-los planos e aptos para receber qualquer tipo de construção.

6.3 - VIABILIDADE ECONÔMICA

A área ambiental oferece várias oportunidades de negócios. No ano de 2007, apenas a reciclagem de plástico PET movimentou cerca de R\$ 1 bilhão em negócios no Brasil (site Estratégia Empresarial).

Porém, a reciclagem de RCD ainda é um nicho pouco explorado, quase que praticamente restrito às empresas públicas ligadas às prefeituras. O agregado

reciclado, apesar de mais barato, de contribuir com o meio ambiente, poupando aterros sanitários e os recursos naturais, a procura por este tipo de material precisa ser estimulada e o mercado precisa de incentivos.

Alguns municípios têm estimulado o uso de agregados reciclados a partir de legislação específica, criando decretos e portarias que obrigam o uso em obras públicas. Em São Paulo, por exemplo, o Decreto 48.075 de 2006 estabelece que as obras e serviços de pavimentação devem ser executadas com agregados reciclados oriundos de resíduos sólidos da construção civil (site da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2010).

Para os empreendedores, não há garantias que assegurem o sucesso no investimento, pois o mercado na construção civil ainda é embrionário. Mas é certo que há demanda por este material, e o fato dos reciclados serem em torno de 30 a 40% mais baratos que os agregados convencionais os tornam bastante atraentes, apesar de seu uso restrito e altos custos demandados na implantação de uma usina e sua manutenção.

6.3.1 - Verificação dos custos de uma usina

Foram coletados dados a cerca dos custos de implantação e operação de uma usina de reciclagem de entulhos junto a SLU a fim de se verificar a viabilidade do funcionamento de usina, e analisar o custo/benefício da mesma.

De acordo o funcionário da SLU responsável pelas três usinas de reciclagem existentes em Belo Horizonte, para o funcionamento de uma usina são necessários os seguintes equipamentos:

- Alimentador vibratório: equipamento de alimentação linear, com baixa vibração, de ação confiável e longa vida útil. Em linhas de produção de pedra ou areia, o alimentador vibratório pode enviar materiais ao britador de forma uniforme e

contínua. Ao mesmo tempo em que peneira superficialmente, separa os materiais. Através dessa vibração, os materiais caem no funil e avançam até a peneira, onde os materiais menores caem e evitam a posterior britagem.

FOTO 5: Alimentador vibratório da usina de reciclagem da BR 040.



•Britador de mandíbulas: usado para geração do material reciclado conforme diâmetro desejado para britar pedra de alta e média dureza. A capacidade de resistência à pressão é inferior a 200 Mpa, o que o torna adequado para britagem primária. É constituído por aços-liga de alta resistência que garantem a baixa manutenção e longa vida útil.

FOTO 6: Britador primário da usina de reciclagem da BR 040.



FOTO 7: Britador secundário da usina de reciclagem da BR 040.



•Transportador de correia: é composto por partes padronizadas. Possui uma estrutura simples, além de ser de fácil manutenção, podendo ser adaptado a plantas de britagem móveis ou fixas. De acordo com os materiais a serem transportados, o transportador de correias pode ser instalado horizontalmente ou inclinado. É o transportador que liga os distintos equipamentos (as peneiras e os britadores), e sua escolha depende do diâmetro máximo e da produção horária.

FOTO 8: Transportadores de correia da usina de reciclagem da BR 040.



•Peneiras: São dispostas em “decks” para a separação do material segundo sua granulometria. São utilizados para a gradação e o peneiramento de materiais.

FOTO 9: Deck de peneiras da usina de reciclagem da BR 040.



•Extrator eletromagnético: Usado para a retirada de material ferroso dos resíduos a serem britados.

FOTO 10: Extrator eletromagnético da usina de reciclagem da BR 040.



TABELA 3. Custos de implantação de uma usina (base).

Item	Custo (R\$)
Pá-carregadeira	310.000,00
Usina de britagem	370.000,00
Terreno	400.000,00
Infra- estrutura	50.000,00
Total	1130.000,00

Ainda de acordo com o coordenador, a usina dispõe de custos mensais como mão-de-obra. Para o funcionamento de uma usina do porte da situada na BR-040, é necessária uma equipe de doze funcionários, dispostos na tabela a seguir:

TABELA 4. Custos mensais com mão-de-obra.

Nº. de funcionários	Função	Quant. salários	Salário 1=R\$510,00
1	Engenheiro civil	8,5	4.335,00
1	Secretária	2	1020,00
1	Porteiro	1,5	765,00
6	Aux. de triagem	1,5	4.590,00
1	Op. de britagem	1,5	765,00
1	Auxiliar de manut.	1,5	765,00
Total		24	12.240,00

Há também despesas com água, luz, telefone, encargos tributários e sociais e manutenção da usina, que o coordenador das usinas estima em R\$ 47.000,00 por mês. Isso representaria um custo total de aproximadamente R\$ 60.000,00 por mês.

Com a experiência de cinco anos a frente da coordenação das usinas, o responsável por elas conclui que as usinas em Belo Horizonte são auto-suficientes, ou seja, produzem o necessário para se manterem em funcionamento, ressalta ainda que operam em torno de 75% da sua capacidade nominal, mas que não geram grandes lucros. Até porque, não é aplicada uma gestão voltada para geração de lucro, mas sim para redução de resíduos da construção. E esse, na opinião dele, é o grande ganho das usinas de reciclagem, a minimização da deposição irregular do entulho na malha urbana, que por sua vez reflete na melhoria da saúde pública, evita entupimento de galerias, e preserva o meio ambiente. Outro ganho citado por ele, é que o entulho deixa de ir para os aterros de inertes, que é outra economia para a autarquia.

7 - ESTUDO DE CASO

Como exemplo da viabilidade da reciclagem, a presente monografia apresenta o trabalho desenvolvido em uma fábrica de artefatos especiais de concreto em Belo Horizonte, Artefacil (FOTO 11). A empresa fabrica produtos a base de concreto para instalações e redes de saneamento, como caixas de gordura, caixas de passagem, caixas de inspeção seletiva, anéis de concreto, tampão de concreto, sistemas de separador de sólidos, decantadores, filtros e aeradores, além de cochós.

Desenvolvendo tecnologia em artefatos há mais de 14 anos, possui clientes de vários setores econômicos e de diferentes portes como restaurantes, construtoras, estatais, empresas de saneamento, estações de tratamento entre outras.

FOTO 11: Vista geral da fábrica Artefacil.



Dentro do processo de produção, a empresa se utiliza dos próprios resíduos produzidos, inserindo-os assim novamente no ciclo produtivo. O reaproveitamento dos materiais chega a 100%. Os 500 kg de resíduos resultantes da utilização de 400.000 kg de materiais na fabricação de suas peças mensalmente são totalmente reutilizados.

Além dos resíduos sólidos, algumas peças foram fabricadas com adicional de “lama”, que se trata do material que fica retido no sistema de tratamento de água na própria fábrica.

Todas as peças são fabricadas dentro das normas da ABNT 6118, que fixa as condições básicas exigíveis para projeto de estruturas de concreto, e complementada pela 5737, que caracteriza os cimentos portland resistentes aos sulfatos, como o próprio nome diz, que têm a propriedade de oferecer resistência aos meios agressivos sulfatados, tais como os encontrados nas redes de esgotos de águas servidas ou industriais, na água do mar e em alguns tipos de solos, os quais melhor se encaixa na proposta da empresa.

Em fevereiro de 2010, a Artefacil realizou ensaios com o objetivo de aperfeiçoar os processos na fabricação dos artefatos e dosagem de traço para produção de concreto plástico, contribuindo para a melhoria da qualidade sem acréscimo de custos e certificar a manutenção do desempenho do concreto adicionado de resíduos sólidos e lama (material retido nas caixas de decantação da fábrica). (FOTO 12).

FOTO 12: Concreto seco para fabricação das peças para ensaio.



Para as análises de verificação da resistência à compressão do concreto foram moldados 10 corpos de prova de 20 cm x 10 cm (FOTO 13) com os seguintes traços empregados definidos como seco e molhado:

FOTO 13: Moldagem dos corpos de prova.



Traço 1 (seco):

40 kg de cimento CPV ARI

100 l de areia fina

70 l de Brita ½

Água (até abatimento 0)

Traço 2 (molhado):

40 kg de cimento CPV ARI

70 l de areia fina

100 l de brita ½

Água (até abatimento 30 mm)

Os corpos de concreto foram identificados da seguinte forma:

A e B (concreto plástico) – slump 20 mm

C e D (concreto seco) – slump 00 mm

H, I e J (concreto plástico) – slump 20 mm (com adição de 3,6 kg de “lama”)

E, F e G (concreto seco) – slump 20 mm (com adição de 3,6 kg de “lama”)

Nos dois últimos traços foi utilizada a “lama”, resíduo que fica retido no sistema de tratamento de água da fábrica. Os corpos de provas foram rompidos em diferentes idades obtendo-se os seguintes resultados:

TABELA 5: Resultados de ruptura.

Corpo de Prova	Tipo de Concreto	Hora de moldagem	Data de ruptura
A	Molhado	14:00	24 h após a moldagem
B	Molhado	14:00	24 h após a moldagem
C	Seco	14:20	24 h após a moldagem
D	Seco	14:20	24 h após a moldagem
E	Seco + lama	15:40	24 h após a moldagem
F	Seco + lama	15:40	3 dias após moldagem
G	Seco + lama	15:45	7 dias após moldagem
H	Molhado + lama	16:00	24 h após moldagem
I	Molhado + lama	16:00	3 dias após moldagem
J	Molhado + lama	16:00	7 dias após moldagem

Os resultados dos ensaios simples de compressão estão descritos na tabela abaixo:

TABELA 6: Resultados dos ensaios de compressão.

Corpo de Prova	Tipo de Concreto	Carga de Prensa (t)	Resistência MPa
A	Molhado	14,25	18,14
B	Molhado	14,19	18,06
C	Seco	13,72	17,46
D	Seco	13,69	17,43
E	Seco + lama	16,19	20,61
F	Seco + lama	10,15	12,92
G	Seco + lama	23,5	29,92
H	Molhado + lama	20,35	25,91
I	Molhado + lama	26,83	34,16
J	Molhado + lama	21,91	27,89

O corpo de prova “F” apresentou resultado em discordância com os demais e foi desconsiderado como parte do resultado global, que aponta que a adição de 3,6 kg de lama a cada betonada não interfere na evolução da resistência do concreto.

7.1- ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os ensaios, ficou evidenciado que o uso de resíduos no concreto da fábrica não compromete a resistência das peças, muito pelo contrário. As peças adicionadas de lama apresentaram resultados muito mais satisfatórios que as demais, principalmente aquelas de traço molhado, cuja resistência foi maior que todas as outras amostras nos três casos.

Conclui-se também, que a reciclagem é muito atraente para a empresa no âmbito econômico, visto que se tornam nulas as despesas com bota-fora, com a ausência de resíduos descartados. E ainda, todo esse processo pode ser usado na forma de publicidade positiva da empresa, que pode se dizer ecologicamente correta e praticante do desenvolvimento sustentável.

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma vez aplicado o instrumento de coleta de dados, processados os mesmos e obtido a informação que disso se gerou conjuntamente com as respectivas análises, obtiveram-se resultados que permitem apresentar o seguinte conjunto de conclusões: a adequada condução do serviço de limpeza urbana é importante não só do ponto de vista sanitário, mas também econômico-financeiro, social, estético e de bem-estar.

A questão dos resíduos sólidos da construção civil é grave pela enorme quantidade que representa do total de resíduos gerados em uma cidade e pelos problemas que eles causam. A destinação desses resíduos se mostra um desafio para as empresas e autoridades dos municípios. E a reciclagem aparece como alternativa a fim de sanar esse desafio.

Porém, a reciclagem de RCD se depara com algumas barreiras. Uma delas econômica. O alto custo para implantação de uma usina não se mostra atraente para alguns municípios, que muitas vezes não dispõem de recursos para sozinhos arcarem com tal empreendimento, ou não consideram a questão prioritária.

Há que se salientar também o desconhecimento do mercado consumidor de agregados reciclados. Grande parte da produção é voltada para obras públicas. Conseqüentemente, a falta de cultura de reutilização inviabiliza a inserção dos produtos no mercado.

Não basta apenas a iniciativa pública agir. Os produtores de resíduos têm que além de reduzir, também gerir os próprios resíduos. As políticas de gerenciamento dos RCDs têm que caminhar na direção de uma gestão integrada, que se inicia na conscientização ambiental e chega à reciclagem.

Como fator positivo, há a movimentação de alguns municípios antecedentes as resoluções do CONAMA. Várias cidades brasileiras já se comprometem com a gestão correta dos resíduos. Uma cidade como Belo Horizonte possui três usinas em funcionamento e ter projeto para implantação de uma nova é um exemplo considerável. Porém, a quantidade reciclada ainda é muito pequena em comparação a países desenvolvidos.

8.1 – PROPOSTAS DE SOLUÇÕES

No âmbito público, as Secretarias Municipais, que tenham a responsabilidade da limpeza pública, bem como, os Secretários de Meio Ambiente, se houverem, têm que se unirem e iniciar por diagnosticar a situação atual, condições das áreas atuais, identificando locais críticos, quantidade gerada, possíveis locais para implantação de aterros e os atores que podem ser envolvidos no assunto (geradores públicos e privados, educadores ambientais, interessados, etc..).

Após isso, devem consolidar os conceitos de um Plano Integrado de Gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil em cada município, de acordo com a realidade de cada um, de modo que as ações não fiquem apenas no papel.

Uma outra proposta é agir na raiz do problema, ou seja, na conscientização da população. Isso deve ser feito a partir de uma iniciativa de educação ambiental.

É necessário dar conhecimento dos Programas e ações previstas à toda sociedade, com ampla divulgação e orientação, através da distribuição de material educativo, que trate das teses de meio ambiente, dos objetivos da proposta, de prevenção, de reciclagem, de reuso e destino em aterros.

No caso dos principais geradores, como construtoras, incentivar a segregação dos materiais no próprio canteiro de obras, para que possa ser aproveitado ali mesmo, mas se não, aumentar a qualidade do material que chega as usinas de reciclagem.

Com a implementação das propostas, deve haver ação fiscalizadora dos agentes públicos e implantação de um sistema de controle a fim de acompanhar a evolução da proposta.

9 - BIBLIOGRAFIA

1. ABIVIDRO – ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/index.php/24>> Acesso em: 09/04/10.
2. ABNT – Associação de Normas Técnicas, disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em 30/05/2010.
3. ABREU, Fátima. Artigo: Limpeza Urbana em Belo Horizonte: Tecnologia e Inclusão – parte 1. Publicado no site da Fundação Educacional e Cultural Metropolitana de Belo Horizonte, disponível em: <www.metro.org.br>. Acesso em 28/07/2010.
4. BLOG LET'S RECICLAR, disponível em <<http://letsreciclar.wordpress.com/>> Acesso em 01/06/2010.
5. BLOG Uma Visão do Mundo, disponível em < www.umavisaodomundo.com> Acesso em 14/05/2010.
6. BRAGA, Ernesto. Reportagem: Bota-foras invadem BH. Publicado no jornal Estado de Minas, em 29/03/2010.
7. CÂMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE – 2008 – Disponível em: <http://www.cmbh.mg.gov.br/index.php?option=com_content&task=view&id=25271&Itemid=199&filter=>> Acesso em: 09/04/2010.
8. CAMARGO, Antonio. Minas de Entulho. Técnica, nº15, Ed. Pini, São Paulo, abril de 1995.
9. CEMPRES – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em <www.cempre.org.br>. Acesso em 10/04/2010.
10. Decreto 48.075 de 2006, Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <www.ambiente.sp.gov.br/proclima/cursos_seminarios/seminario.../volf.pdf>. Acesso em: 14/05/2010.

11. IBGE, Índices Econômicos da Construção Civil de 2004 a 2008. Disponível em:

2004:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=321&id_pagina=1>. Acesso em: 27/04/2010.

2005:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1016>. Acesso em: 27/04/2010.

2006:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1257&id_pagina=1> Acesso em: 27/04/2010.

2007:

<http://ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1392&id_pagina=1> Acesso em: 27/04/2010.

2008:

<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1330&id_pagina=1> Acesso em: 27/04/2010.

2009:

<http://ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1452&id_pagina=1> Acesso em: 27/04/2010.

12. KRUGER, R. Fábio; AMARAL, O. Darlene; BRAGA, R. O. Q. Sérgio. Incorporação de vidro plano moído em substituição ao cimento e ao agregado miúdo (areia) em argamassas de concreto. Disponível em <<http://sec.sbq.org.br/cdrom/31ra/resumos/T1712-1.pdf>>. Acesso em 09/04/2010.

13. MARINHO, Gabriela. Em busca da Produtividade no Canteiro. Notícias_durador. Informativo Duratex, São Paulo, nº 27, ano VII, mar 1991.

14. PÁGINA DA SLU NO PORTAL DA PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=slu&lang=pt_BR&pg=560> Acesso em: 24/04/2010

15. PBH. Relatório: Resumo dos Serviços Prestados. Disponível em: <http://dspace.lcc.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/VCSA-6XYP5B/5/capitulo_1___descri___o_do_caso.pdf>. Acesso em: 08/04/2010.

16. PINTO, Tarcísio de Paula. Entulho de Construção: Problema Urbano que Pode Gerar Soluções. Construção, São Paulo, Ed. Pini, Nº2325, agosto 1992.
17. PINTO, Tarcísio de Paula. (coord.). Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: a Experiência do Sinduscon – SP. Obra Limpa: I&T: SINDUSCON-SP. São Paulo, 2005.
18. PORTAL ECODEBATE – Disponível em: <www.ecodebate.com.br/2009/05/18/geracao-de-residuos-de-construcao-civil-desafios-e-solucoes-artigo-de-carol-salsa/>. Acesso em: 03/04/2010.
19. PORTAL PBH, disponível em <<http://portalpbh.pbh.gov.br/>>. Acesso em 28/07/2010.
20. Resíduos de gesso na construção civil - Coleta, armazenagem e destinação para reciclagem. Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br>>. Acesso em 01/08/2010.
21. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002, QUE ESTABELECE DIRETRIZES, CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.
22. REVISTA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO (agosto 2007, edição 244, Editora Abril, reportagem: “Vidros para toda obra”), disponível em: <www.casa.abril.com.br/arquitetura/livre/edicoes/0244/funcadao/mt_247200.shtml> Acesso em: 09/04/2010.
23. REVISTA LIMPEZA PÚBLICA, Edição Nº72, 4º trimestre 2009.
24. SEMASA – 2005 - Projeto de usina de reciclagem e recuperação de madeiras. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/Reciclagem_e_recupera%C3%A7%C3%A3o_de_madeiras.pdf>. Acesso em 09/04/2010.
25. SINDUSCON–MG, CARTILHA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL, 2005.
26. SITE ESTRATÉGIA EMPRESARIAL, disponível em: <<http://estrategiaempresarial.wordpress.com/>> . Acesso em 30/05/2010.

27. SITE REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/95/o-que-vem-depois-da-tormenta-saiba-como-a-140601-1.asp>> Acesso em 23/05/2010.
28. SHULZ, R.R.; HENDRICKS, F. Recycling of masonry rubble. In: HANSEN, T.C (editor). Recycling of demolished concrete and masonry. Londres: E&FN Spon, 1992.
29. SLU – RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA, 2000, BELO HORIZONTE.
30. SLU – RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA, 2001, BELO HORIZONTE.
31. SLU – RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA, 2004, BELO HORIZONTE.
32. SLU – RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA, 2005, BELO HORIZONTE.
33. SLU – RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA, 2006, BELO HORIZONTE.
34. SLU – RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA, 2007, BELO HORIZONTE.
35. SLU – RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA, 2008, BELO HORIZONTE.
36. SLU – RELATÓRIO DE ATIVIDADES DA LIMPEZA URBANA, 1º SEMESTRE 2009, BELO HORIZONTE.
37. WIKIPÉDIA, Disponível em: <www.pt.wikipedia.org/wiki/economia_de_belo_horizonte>. Acesso em: 12/04/2010.