



**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**  
**Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo**

**Aureo Yogi**

## **Reciclagem de Entulho e a Mineração**

São Paulo  
2004

**AUREO YOGI**

## **Reciclagem de Entulho e a Mineração**

Trabalho de formatura apresentado ao  
Departamento de Engenharia de Minas  
e de Petróleo

São Paulo  
2004

TF-2004  
Y752  
1422179

M2004E

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005439

sem orientador

## **Dedicatória**

Aos meus amigos e familiares, pelo apoio nas horas difíceis, pela compreensão, pelo carinho e pelo incentivo ao longo desses anos.

## ***Resumo***

Neste trabalho apresenta a reciclagem do entulho, mais especificamente para a produção de agregados, pois necessitam de etapas de cominuição e classificação para adequação ao processo de reciclagem. Serão apresentados alguns exemplos de reciclagem e comentários sobre os equipamentos empregados para adequação do material.

**Palavras chave:** entulho, reciclagem, resíduos de construção e demolição.

## ***Abstract***

This work presents the construction waste recycling, more specifically for the aggregate production, therefore crusher stages and classification stages are need. Some examples of recycling and commentaries on the equipment used will be presented.

**Keywords:** waste materials, recycling, wastes of construction and demolition

## ***Lista de Ilustrações***

Figura 1 – Estação de reciclagem.....	8
Figura 2 – Coleta de entulho pelos carroceiros.....	8
Figura 3 – Conjunto móvel de britagem sendo transportado por carreta.....	9
Figura 4 – Conjunto móvel em operação.....	9
Figura 5 – Esquema do conjunto.....	10
Figura 6 – Capacidade e posição de trabalho.....	11
Figura 7 – Detalhe do transportador/ elevador.....	11

## ***Lista de Tabelas***

Tabela 1 – Componentes do entulho nas diferentes cidades.....	6
---	---

## **Sumário**

1.Introdução .....	5
2.História da Reciclagem.....	5
3. O entulho .....	6
4.Usos .....	6
5.Exemplo de Belo Horizonte.....	7
5.Outros Equipamentos .....	9
6.Por que Reciclar? .....	12
7.Conclusões .....	13
8.Referências Bibliográficas.....	14



## **1.Introdução**

O entulho gerado pela construção civil pode ser originado basicamente de três formas: de novas construções, de reformas e de demolições. Dentre os materiais gerados podemos citar: concretos, argamassas, blocos de concreto, telhas, tijolos, azulejos, solo, gesso, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro, isopor e outros.

Segundo o SEBRAE, os materiais que são recicláveis para a produção de agregados, pertencem a dois grupos:

- Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassas, blocos de concreto.
- Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.

Com o alto custo para a disposição de entulho, devido a escassez e distância das regiões metropolitanas, os pequenos produtores de entulho tendem a depositá-los de maneira irregular em terrenos abandonados ou à beira de ruas e estradas agravando o problema de enchentes e proliferação de insetos e roedores.

## **2.História da Reciclagem**

Na época da edificação do Império Romano datam os primeiros registros de reutilização de resíduos minerais da construção civil na produção de novas obras (LEVY, S. M., 1997).

Entretanto, somente a partir de 1928, começaram a ser desenvolvidas pesquisas de forma sistemática, para avaliar o efeito do consumo de cimento, da quantidade de água e da granulometria dos agregados, oriundos de alvenaria britada. Porém, a primeira aplicação significativa só foi registrada após o final da 2ª Guerra Mundial na reconstrução de diversas cidades européias que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e os escombros ou entulho resultante, britado para produção de agregados (WEDLER, B.; HUMMEL A. 1946 apud LEVY, S. M., 1997).

---

WEDLER, B.; HUMMEL A. Trümmerverwertung und Ausbau von Brandruinen Wilhelm Ernest & Sohn. Berlim. 1946

Segundo Levy (1997), a reciclagem ocorreu devido à necessidade de se remover as ruínas a um baixo custo e atender a grande demanda de materiais de construção.

### 3. O entulho

Diversos autores fizeram uma caracterização do entulho em diferentes cidades no Brasil e no exterior. O resultado está expresso na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Componentes do entulho nas diferentes cidades

<b>Material</b>	<b>ORIGEM</b>						
	Reino Unido	Hong Kong	São Carlos	São Paulo	Ribeirão Preto	Salvador	Londrina
Concreto e argamassa	9	17	69	33	59	53	33
Solo e areia	75*	19	-	32	-	22	-
Cerâmica	5	12	29	30	23	14	52
Rochas	-	23	1	-	18	5	-
Outros	11	28	1	5	-	6	15

\* Solo, areia e rochas

Fonte: Hong Kong Polytechnic, 1993; Pinto, T. P. (1989); Brito Filho, 1999; Zordan, 1997; Carneiro, A. P. (2000 apud Carneiro, A. P. et. al. 2001); Levy, S. M.; Helene, P. R. L. (1997)

Esses dados mostram a variabilidade dos componentes do entulho nas diversas cidades. Tal fato se justifica pelo maior ou menor acesso a determinados componentes dependendo da cidade além dos fatores culturais.

### 4. Usos

Algumas administrações municipais já incentivam a reciclagem de entulho, porém na maioria das vezes é utilizado apenas como base e sub-base para pavimentação. Tal utilização deve-se ao menor custo do processo, pois permite a utilização de todos os componentes minerais do entulho (tijolos, argamassas, materiais cerâmicos, areia, pedras, etc) sem necessidade de separação, além de poder ser utilizada “corrida”, ou seja, num número maior de faixas granulométricas (BODI, J., 1997).

Além da pavimentação, o entulho também pode ser utilizado como argamassa. Seu uso mais freqüente ocorre no próprio canteiro de obras. O resíduo é moído na granulometria próxima à da areia. Pode ser usado como argamassa de assentamento ou revestimento.

Quando feitos com controle tecnológico adequados apresentam uma série de vantagens como a utilização do resíduo no local gerador, redução no consumo do cimento e cal, ganho na resistência à compressão das argamassas. Alguns dos componentes do entulho apresentam ainda efeito pozolânico (MIRANDA, L. F. R., 2000; PINTO, T. P., 1986).

Outra forma de aproveitamento é sua utilização como agregado na confecção de artefatos de concreto como guias, sarjetas, blocos para pavimentação de calçadas e praças, mourões, blocos para alvenaria, etc. As vantagens são praticamente as mesmas da pavimentação e podem melhorar o desempenho do concreto em relação aos agregados convencionais, quando se utiliza baixo consumo de cimento. Uma limitação é a presença de faces polidas em materiais cerâmicos que interferem na resistência do concreto e outros contaminantes como gesso e material orgânico nas frações finas. Por isso, seu uso se restringe apenas a concretos não estruturais. (ZORDAN, S. E., 1997).

Também utilizados por algumas prefeituras é a utilização de blocos de concreto utilizados em vedação. As vantagens são principalmente o baixo custo de produção; a regularidade dos blocos fornece um material modular diminuindo o desperdício, não apresentam grande diferença de resistência à compressão em relação aos agregados naturais. Apesar de apresentarem maior porosidade e permeabilidade, os mecanismos de deterioração do concreto comum não afetaram a sua durabilidade (ÂNGULO, S. C., 1998).

## ***5.Exemplo de Belo Horizonte***

Em Belo Horizonte, de 40% a 50% dos resíduos são provenientes de entulho da construção civil, cerca de 1.500 toneladas por dia. Destes, 390 toneladas são reciclados nas estações de reciclagem de Pampulha e Estoril conforme Figura 1.



A aplicação do material reciclado em obras de pavimentação gerou uma economia de 50% aos cofres públicos. Esse material foi utilizado em substituição à areia e à brita ou ao minério de ferro na execução sub-base e base das vias de trânsito. A captação é feita através de uma rede de Unidades de Recebimento de Pequenos Volumes de Entulho. Para pequenos volumes, os carroceiros fazem o transporte conforme Figura 2.

Figura 2 - Coleta de entulho pelos carroceiros



Somente é recebido nas estações entulho que não esteja misturado com matéria orgânica, plásticos ou outros materiais. Os demais materiais são encaminhados a aterros. O material passa por uma triagem simples para remoção de ferragens e contém essencialmente materiais cerâmicos, peças de concreto e argamassa, areia e brita. Além da coleta a Secretaria Municipal de Limpeza Urbana também faz programas de conscientização de modo a diminuir a quantidade de entulho gerado.

## 5.Outros Equipamentos

A Metso Minerals possui um conjunto móvel de britagem, o NW80 100HPS Nordberg.

Figura 3 – Conjunto móvel de britagem sendo transportado por carreta



Figura 4 – Conjunto móvel em operação





Figura 5 – Esquema do conjunto

**Alimentador de velocidade variável**

Alimentador vibratório MV35080 com tremonha ampla e robusta. Controle da alimentação através de conversor de frequência para variação contínua de velocidade.

**Rebritador cônico Nordberg HP100**

Excelente produtividade, baixos custos operacionais e com material de desgaste, longa durabilidade e produtos de ótima qualidade são alguns dos benefícios da série HP (High Performance).

O sistema hidráulico de regulação de abertura garante as condições ideais para o balanceamento do circuito de britagem e a otimização da produtividade do conjunto.

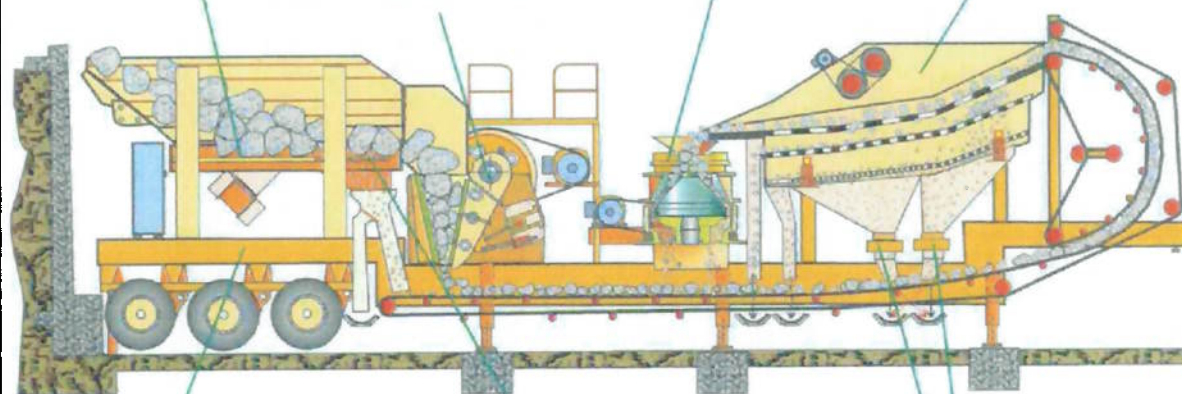
Ampla abertura de alimentação graças ao perfil da câmara para extra-grossos

**Britador de Mandíbulas Nordberg C80**

Britador de mandíbulas primário para serviço pesado incorpora componentes robustos em aço fundido de alta qualidade, combinados com uma estrutura modular sem soldas. Tal projeto oferece maior resistência possível à fadiga, excelente confiabilidade, disponibilidade excepcionalmente alta do britador e baixo custo por tonelada produzida.

**Peneira vibratória tipo banana**

Peneira vibratória tipo banana de alta capacidade 1,5m x 3,6m (5' x 12'). Três decks com inclinações variadas. Fácil ajuste de amplitude. Classificação eficiente de 3 ou 4 produtos.



**Chassis sólido e robusto**

Esta estrutura resistente apoia todos os equipamentos reduzindo as vibrações. Suspensão composta de três eixos e doze pneus 10" x 20". Dotado de freio a ar e luzes de tráfego. Deslocamento mesmo em lugares de difícil acesso graças à sua alta estabilidade e baixo peso.

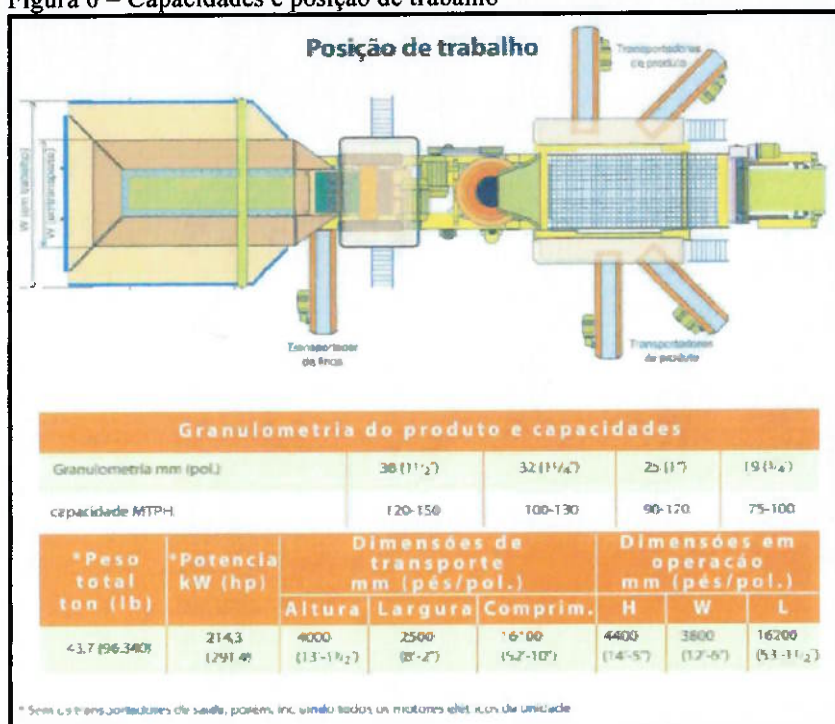
**Grelha de escalpe**

dos finos naturais aumenta a capacidade do britador. Pode-se remover este material e empilhá-lo através de equipamento opcional.

**Último deck da peneira dividido em dois**

Dois pequenos transportadores reversíveis fazem a retirada do material, permitindo combinar ou separar os materiais.

Figura 6 – Capacidades e posição de trabalho



Os seus principais atrativos são a mobilidade do conjunto e facilidade de manutenção. Permite trabalhar com até 4 faixas granulométricas. A baixa altura de alimentação proporciona menores custos operacionais. Pode-se fazer o carregamento através de caminhões basculantes escavadoras e até por pás-carregadoras utilizando-se pequenas rampas. A largura da tremonha de alimentação pode ser estendida, para o emprego de caminhões de maior capacidade. Outro destaque é o transportador/ elevador dotado de uma seção em *loop*, formando um circuito fechado de britagem (Metso Minerals, catálogo).

Figura 7 – Detalhe do transportador/ elevador



## **6. Por que Reciclar?**

As administrações municipais têm tido dificuldade em lidar com o entulho gerado, principalmente nas regiões metropolitanas. Como exemplo, segundo a prefeitura de São Paulo há a geração de 4.000 t/dia sem contar as deposições irregulares. Desse total, 2.400 t/dia são de concreto ou pavimento asfáltico puro (COELHO, P. E., 1998). Além do problema da disposição do entulho, há o problema de enchentes e proliferação de insetos e roedores onerando ainda mais os cofres públicos. Além de ajudar a minimizar esses problemas a reciclagem torna-se até rentável, pois a utilização de agregados reciclados na pavimentação gera uma redução de custos entre 40% a 70% em relação à utilização de agregados naturais (COELHO, P. E., 1998). Além disso, com o agregado reciclado é possível fazer blocos de concreto a um custo mais barato, baixando o custo da construção de casas populares.

Para as empresas privadas, a reciclagem juntamente com a redução do desperdício nas obras reduz o custo aumentando a eficiência e a competitividade da empresa além de gerar um marketing positivo.

Para a população, além da melhoria na qualidade de vida, haverá uma redução no custo dos materiais de construção. Com a valorização do entulho a sua captação poderá até ser rentável assim como as latas de alumínio.

Quanto às pedreiras, a reciclagem de entulho é feita com os mesmos equipamentos utilizados nas pedreiras. Igualmente demanda espaço e lay-out condizente com a disposição em pilhas e movimentação do material, ou seja, instalações típicas de pedreiras. Além disso, dependendo do tipo de entulho processado, ela pode gerar algum rejeito, necessitando igualmente de uma cava abandonada ou bota-fora presentes nas pedreiras. Assim sendo todos os custos de capital e tempo de instalação inexistem ou são drasticamente reduzidos para a implantação da reciclagem de entulho em uma pedreira. Além disso, deve-se notar que muitas pedreiras não operam aos fins de semana, permitindo até o desenvolvimento de um piloto de reciclagem em tais dias. Com a reciclagem as pedreiras podem aumentar a vida útil do empreendimento, já a demanda pelo agregado natural terá uma certa retração. Em contrapartida reduziria o impacto ambiental causado pelas detonações primárias e secundárias além de melhorar a imagem do empreendedor (COELHO, P. E.).



## **7. Conclusões**

Segundo Carneiro, A. P. (2000), a reciclagem do entulho, independente do uso, apresenta vantagens tais como:

- Redução dos impactos ambientais e sociais do descarte inadequado e de suas consequências negativas (alagamentos, deslizamento de encostas, proliferação de vetores de doenças, poluição, entre outras);
- Otimização do uso dos aterros;
- Transformação de uma fonte de despesa numa fonte de faturamento ou, pelo menos, de redução das despesas de deposição;
- Redução de custos no orçamento municipal com a eliminação da gestão corretiva;
- Redução dos custos de aquisição de matéria-prima e preservação das reservas naturais, devido à substituição de materiais convencionais – areia, rocha britada, entre outros;
- Criação de uma alternativa para mineradoras, que estão, cada vez mais, sujeitas a restrições ambientais, tendo de se instalar em locais distantes dos centros urbanos;
- Geração de emprego e renda, com a criação de novas oportunidades de negócios;
- Redução do uso de energia e da geração de CO<sub>2</sub> na produção e transporte dos materiais;
- Produção de materiais de menor custo, com redução do preço final das habitações e de obras de infra-estrutura (vias, drenagem, elementos pré-moldados, etc.);
- Contribuição no desenvolvimento de ações dirigidas à minimização dos resíduos e ao gerenciamento ambiental;
- Vinculação a ações de educação ambiental e participação comunitária, necessárias para a implantação da reciclagem.

Quanto às pedreiras, todos empreendimentos deverão estar atentos ao mercado, pois quando aumentar a demanda por agregados reciclados haverá uma queda na demanda de agregados naturais, tornando o mercado de agregados naturais ainda mais competitivo. O investimento em agregados recicláveis deve ser considerado, pois em sua etapa inicial poderá gerar grande retorno compensando o investimento efetuado.

## **8.Referências Bibliográficas**

Prefeitura de Belo Horizonte, 2000. Reciclagem de Entulho na Construção Civil. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br/siga/limpeza/entulho.htm>>. Acesso em: 03 dez. 2004.

CIDADES DO BRASIL, **Bota fora**, Curitiba, Editora Cidades do Brasil, mensal, edição 41, mai.2003. Disponível em: <<http://www.cidadesdobrasil.com.br/cgi-cn/news.cgi?cl=099105100097100101098114&arecod=19&newcod=24>>

CARNEIRO, A. P., Reciclagem de Resíduos de Construção em Áreas Urbanas, **Revista Eletrônica – Gestão Ambiental Urbana**, nº1, ano 1, disponível em: <<http://www.unilivre.org.br/revista/artigos3.htm>>

BODI, J., **Experiência brasileira com entulho reciclado na pavimentação**. In: Reciclagem na Construção Civil, Alternativa Econômica para Proteção Ambiental, 1997, São Paulo. Anais ... São Paulo: PCC-USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1997. p. 56-59

MIRANDA, L. F. R., **Estudo de fatores que influenciam na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. São Paulo, 2000. 172p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

ZORDAN, S. E.; PAULON, V. A. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto**. Campinas: Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Dissertação (Mestrado), 1997.

ÂNGULO, S. C., **Produção de Concretos com agregados reciclados**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Departamento de Construção Civil. Universidade Estadual de Londrina. 1998.

COELHO, P. E., **Reciclagem de Entulho**. Disponível em: <<http://www.unilivre.org.br/centro/Forum/recientulh.htm>>

**COELHO, P. E., Pedreiras - Como ampliar os negócios, diminuir a ociosidade e ampliar a vida útil através da redução do impacto ambiental. Disponível em:**  
<<http://www.unilivre.org.br/centro/Forum/pedreiras.htm>>

