

SERGIO STEVANATO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE
USINA DE MOAGEM DE ENTULHO COM
RECURSOS DA INICIATIVA PRIVADA NO
MUNICÍPIO DE BAURU**

SERGIO STEVANATO

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE
USINA DE MOAGEM DE ENTULHO COM
RECURSOS DA INICIATIVA PRIVADA NO
MUNICÍPIO DE BAURU**

Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia da
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita
Filho”, Campus de Bauru, para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador: **Prof. Dr. Jorge Hamada**

Bauru
2005

DADOS CURRICULARES

SERGIO STEVANATO

NASCIMENTO	26.01.1965 – ARAÇATUBA/ SP
FILIAÇÃO	Valdenor Stevanato Marlene Baruffaldi Stevanato
1983/1988	Curso de Graduação UNESP – Faculdade de Engenharia Civil de Ilha Solteira
1994	Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, UNESP - Bauru

Aos meus filhos, Luis Henrique, Ana Julia e João Vitor

Na esperança de que este trabalho possa ajudar na
recuperação daquilo que eu ajudei a destruir.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	06
LISTA DE TABELAS.....	07
LISTA DE FOTOS.....	10
Resumo.....	11
Abstract.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 Volumes de resíduos de construção e demolição gerados no Brasil e outros países.....	16
2.2 Composição do resíduo de construção e demolição.....	18
2.3 Características físicas do RCD.....	21
2.4 O Resíduo de construção e demolição e o seu potencial para a reciclagem.....	30
2.5 A instalação de uma usina de moagem de entulho.....	36
2.6 Legislação.....	58
3 A IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE MOAGEM DE ENTULHO COM RECURSOS DA INICIATIVA PRIVADA NO MUNICÍPIO DE BAURU.....	67
3.1 Estimativa do volume de entulho gerado no Município de Bauru.....	69

3.2 A cooperação entre os caçambeiros para instalação e obtenção dos recursos complementares para instalação da usina.....	74
3.3 Levantamento de custos para instalação e operação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru.....	75
4 DISCUSSÃO.....	107
5 CONCLUSÃO.....	112
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
Anexos.....	117

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Gráfico da composição média dos entulhos depositados no aterro de Itatinga, São Paulo	20
Figura 2.2	Gráfico da porcentagem média dos constituintes do entulho analisado em caracterização qualitativa	21
Figura 2.3	Curva Granulométrica de amostra analisada	24
Figura 2.4	Gráfico da distribuição normalizada de fração graúda em função dos produtos de separação	28
Figura 2.5	Corte de britador de mandíbula	40
Figura 2.6	Corte esquemático da câmara de moagem – Moinho de martelos	45
Figura 2.7	Corte esquemático do alimentador vibratório	46
Figura 2.8	Corte esquemático da calha vibratória	48
Figura 2.9	Corte esquemático da grelha vibratória	50
Figura 2.10	Corte esquemático da peneira vibratória	51
Figura 3.1	Gráfico do número de caçambas descarregadas mensalmente no bolsão Pousada Esperança em Bauru	71
Figura 3.2	Fluxograma básico de funcionamento de uma usina de moagem de entulho	78
Figura 4.1	Comparativo entre custos de materiais naturais e moídos	111

LISTA DE TABELAS

Tabela	2.1	Estimativa de geração de resíduos de construção civil	17
Tabela	2.2	Classificação dos municípios brasileiros de acordo com a geração de RCD pela população urbana	18
Tabela	2.3	Peneiras utilizadas na caracterização granulométrica	22
Tabela	2.4	Porcentagem retida acumulada nas peneiras	23
Tabela	2.4a	Classificação Granulométrica da amostra	25
Tabela	2.4b	Classificação Granulométrica - ABNT	25
Tabela	2.5	Resultados característicos obtidos por (LEVY, 2001)	26
Tabela	2.6	Resultados da massa específica aparente para os produtos da separação	29
Tabela	2.7	Resultados de absorção de água para os produtos da separação	29
Tabela	2.8	Produção nacional de agregados naturais e participação dos segmentos de venda	35

Tabela 2.9	Análise do produto – Britador de Mandíbula(material de média dureza)	41
Tabela 2.10	Britador de Mandíbula – Produção média em m³/h	42
Tabela 2.11	Análise do Produto- Moinho de Martelos	44
Tabela 2.11a	Produção Aproximada em ton/h	44
Tabela 2.11b	Curvas Granulométricas	44
Tabela 2.12	Análise do Produto – Alimentador Vibratório	47
Tabela 2.12a	Dimensões – Alimentador Vibratório	47
Tabela 2.13	Análise do Produto – Calha Vibratória	49
Tabela 2.14	Análise do Produto – Grelha Vibratória	50
Tabela 2.15	Análise do Produto – Peneira Vibratória	52
Tabela 2.16	Análise do Produto – Transportador de Correia	53
Tabela 2.16a	Potência dos Motores	54
Tabela 2.16b	Informações Complementares	54
Tabela 3.1	Quantidades declaradas pelas empresas coletoras	70
Tabela 3.2	Quantidades de caçambas depositadas em bolsão	72
Tabela 3.3	Resumo para custos e produtividade para as três plantas de usina de moagem	82
Tabela 3.4	Resumo de custo para aquisição de máquinas e veículos	86
Tabela 3.5	Orçamento para obras de infra-estrutura	88
Tabela 3.6	Totalização dos custos de implantação de uma usina de moagem de entulho	90
Tabela 3.7	Custos operacionais com mão-de-obra	90
Tabela 3.8	Custo mensal para consumo de energia elétrica	91
Tabela 3.9	Custo mensal para consumo de água	92
Tabela 3.10	Custos mensais com máquinas e veículos	94
Tabela 3.11	Custos de operação - Planta 1	98
Tabela 3.12	Custos de operação – Planta 2	98
Tabela 3.13	Custos de operação – Planta 3	99
Tabela 3.14	Custos de operação das usinas de plantas 1,2, e 3	100

Tabela 3.15	Totalização dos custos mensais de operação de uma usina de moagem de entulho	100
Tabela 3.16	Valor médio para venda dos produtos negociados pela usina	104
Tabela 3.17	Rentabilidade sobre o capital investido na usina de moagem	104
Tabela 3.18	Custo para produtos de extração e moídos	105

LISTA DE FOTOS

Foto 2.1	Britador de Mandíbula mod. JC 8060	42
Foto 2.2	Moinho a Martelo modelo 80MF-fab. Maquinas Furlan	43
Foto 2.3	Detalhe da ampla câmara de moagem, dos revestimentos Laterais e pára-choques.	44
Foto 2.4	Alimentador vibratório – Fabricação Maquinas Furlan	46
Foto 2.5	Calha vibratória – Fabricação Maquinas Furlan	48
Foto 2.6	Grelha Vibratória – Fabricação Máquinas Furlan	49
Foto 2.7	Peneira vibratória – Fabricação Maquinas Furlan	51
Foto 2.8	Transportador de correia –Fabricação Maquinas Furlan	53
Foto 2.9	Usina de moagem de Piracicaba-SP	55
Foto 2.10	Usina de moagem de Piracicaba-SP	56
Foto 2.11	Fabrica de Blocos de concreto	56
Foto 2.12	Usina de moagem de Ribeirão Preto-SP	57
Foto 2.13	Usina de moagem de Ribeirão Preto-SP	58

STEVANATO, S. *Estudo de viabilidade de implantação de uma usina de moagem de entulho com recursos da iniciativa privada no município de Bauru*. Bauru, 2005. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Faculdade de Engenharia, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

O aumento da deposição irregular dos resíduos de construção e demolição em áreas de interesse ambiental tem despertado o interesse dos pesquisadores. Pesquisas para a substituição de materiais, controle de qualidade da mão-de-obra, melhoria dos projetos e reutilização dos resíduos dentro da obra têm obtido grandes avanços. Porém, a grande parcela do total gerado de entulho nos municípios ainda é despejada por caçambeiros à beira de recursos hídricos. Visando a reutilização deste material, redução nos gastos com a recomposição destas áreas e redução de vetores e enchentes, algumas prefeituras de cidades brasileiras têm implantado usinas de moagem que reduzem a granulometria do entulho à equivalentes às dos agregados graúdos e miúdos utilizados na construção civil. Buscando ampliar este horizonte e incentivar a injeção de capital privado nesta atividade, este trabalho avaliou os custos de implantação e operação de uma usina de moagem de entulho através da união dos coletores no município de Bauru, estado de São Paulo, e comparou o custo do material moído produzido com o do material natural, obtendo-se valores de redução de custo de até 40,5% para os moídos. Os resultados obtidos neste trabalho, embora não possam ser tomados como a solução do problema do entulho em Bauru, foram positivos, permitindo-se obtenção de retorno do capital investido em dobro, no prazo de 6 anos. Fica evidente a necessidade de participação do governo municipal, inibindo através da fiscalização as deposições irregulares, adquirindo produtos, isentando impostos ou ofertando áreas licenciadas para instalação.

STEVANATO, S. *Feasibility study on the implantation of a grinding plant for constructions remains employing private companies' funds in the city of Bauru*. Bauru, 2005, 136p. (Master Degree in Engineering) Faculdade de Engenharia, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".

ABSTRACT

The increasing amount of irregular deposition of construction remains and demolition material in areas of environmental preservation has brought up the concern of researchers. Studies have been undertaken about replacement of construction material, quality control of working labor, improvement of projects and reutilization of construction remains in the construction site. However, a great amount of waste material is still attributed to small construction builders, which use dumping carts to transport waste material and leave it over inadequate sites. The city halls of Belo Horizonte-MG and Piracicaba-SP have implanted grinding plants, which transform construction remains into different sizes, to be reutilized in civil construction, aiming the reutilization of this waste material and cost reduction, for the revitalization of these sites, decreasing the incidence of vectors and floods. In order to extended this view and encourage the employment of private companies funds for this type of business, this research has assessed the costs to establish and to operate a grinding plant for construction remains, in the city of Bauru, comprising the companies which collect waste material. This research has also compared the costs of crushed material to raw material. The results where satisfactory, although they cannot be considered as the solution for the remains disposal in Bauru city. The invested amount of funds would be returned in double within six years. It is mandatory the participation of city hall administration team inspecting the irregular deposition of construction remains, exempting of taxes, purchasing products generated by the grinding plant and offering licensed areas for its installation.

1 Introdução

Vive-se hoje tempos de preocupação com o que fazer com todos os tipos de resíduos gerados, tanto em processos industriais como com os resíduos originados dentro das residências. A construção civil, como um processo industrial que é, embora com características peculiares, também é geradora de grande quantidade de resíduos que embora não tão prejudiciais ao meio ambiente como os resíduos industriais químicos, tem também ocupado lugar de destaque nos estudos para aproveitamento de resíduos.

Muito se tem estudado sobre as quantidades geradas de resíduo de construção, ou simplesmente entulho. Muitas técnicas têm sido criadas para que se diminua tanto o entulho que sai da obra como o entulho que fica na obra,

fruto das falhas de projeto e da má administração. Muito também se tem estudado para viabilizar o reaproveitamento deste entulho.

Prefeituras de cidades como Belo Horizonte-MG, Salvador-BA, Ribeirão Preto-SP e Piracicaba-SP, têm desenvolvido projetos piloto para centrais de moagem de entulho. Outros projetos têm sido desenvolvidos visando o aproveitamento dos produtos reciclados obtidos através da moagem de entulho, tais como fabricas de blocos de concreto para alvenaria e pavimentação de ruas.

Embora a iniciativa destas prefeituras seja de grande valor, uma vez que tem caráter social, a quantidade de entulho moída é pequena se comparada com a produzida nesses grandes centros. Problemas como a falta de pré-seleção na origem, a ausência de cultura para o despejo em lugares adequados por parte da população e o desconhecimento das possibilidades de reaproveitamento, contribuem para um baixo rendimento na moagem e reciclagem de entulho nessas cidades.

Para que se incremente esses trabalhos, faz-se necessária a aplicação de maiores investimentos, pesquisas e estudos de viabilidade técnica e econômica. Faz-se necessária a presença de investimentos de natureza privada. Uma vez que se prove à iniciativa privada que a moagem e reaproveitamento de entulho é viável economicamente, ou ainda, que proporciona lucro, haverá maior incentivo aos investimentos para exploração desses recursos.

O município de Bauru, localizado na região noroeste do estado de São Paulo, tem sido prejudicado com o despejo indiscriminado de entulho tanto por parte da população, quanto por parte dos coletores de entulho ou caçambeiros. O combate a infestações de vetores como os da dengue, leishmaniose e ainda a proliferação descontrolada de caramujos africanos vem consumindo grande parte dos recursos do município. O despejo de entulho à beira os mananciais hídricos também tem contribuído negativamente ao combate às enchentes e assoreamento desses mananciais, além ainda do custo de limpeza e recuperação dessas áreas.

A Prefeitura de Bauru, em parceria com os caçambeiros, iniciou trabalho de conscientização para centralização dos despejos em áreas pré-determinadas, os bolsões de entulho.

Embora o primeiro passo tenha sido dado, ainda fica a questão de o quê fazer com este entulho que será armazenado.

O objetivo deste trabalho é avaliar a viabilidade de implantação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru com capital estritamente privado. Após a apresentação de subsídios para o completo entendimento sobre os equipamentos utilizados, seus custos, possibilidades de financiamentos para sua instalação, forma de administração e possibilidades para utilização dos produtos ali gerados, este trabalho apresenta uma simulação de montagem de uma usina de moagem de entulho utilizando os subsídios apresentados. Finalmente são avaliados os resultados através da comparação de custo de obtenção entre materiais moídos e produtos convencionais utilizados pela construção civil.

2 Revisão da Literatura

2.1 Volumes de resíduos de construção e demolição gerados no Brasil e outros países

O Resíduo de Construção e Demolição (RCD) ou simplesmente entulho, possui características bastante peculiares. Suas características podem variar sensivelmente em função do local de geração e da tecnologia utilizada para construção ou demolição, dos estágios em que é gerado dentro da construção ou demolição, da idade da obra que o originou ou mesmo do tempo em que se encontra depositado (pós-origem), além ainda das variantes quanto ao material aplicado durante a obra, a mão de obra utilizada, a qualidade do projeto, etc. Estas variantes interferem diretamente na quantidade gerada de entulho, tanto no Brasil,

que vê hoje a necessidade de reduzir, reutilizar e reciclar o RCD, quanto nos países da Europa, EUA e Japão, que estão bastante adiantados neste assunto. A **Tabela 2.1** mostra a variação de estimativas apresentadas por diferentes fontes para um mesmo país. Uma das razões (JOHN, 2000) da grande variabilidade é a classificação do que é considerado resíduo de construção. Alguns autores incluem a remoção de solos, enquanto outros excluem este componente. Certo é, que os dados obtidos no Brasil devam ser validados a partir de uma metodologia única.

Tabela 2.1 Estimativa de geração de resíduos de construção civil em vários países (JOHN, 2000)

País	Quantidade anual		Fonte
	Mton/ano	Kg/hab.	
Suécia	1,2 - 6	136 - 680	TOLSTOY, BÖRKLUND & CARLSON (1998); EU (1999)
Holanda	12,8 – 20,2	820 - 1300	LAURITZEN (1998); BROSSINK; BROUWERS & VAN KESSEL (1996); EU (1999)
EUA	136 - 171	463 - 584	EPA (1998); PENG, GROSSKOPF, KIBERT (1994)
UK	50 - 70	880 a 1120	DETR (1998); LAURITZEN (1998)
Bélgica	7,5 – 34,7	735 - 3359	LAURITZEN (1998), EU (1999)
Dinamarca	2,3 – 10,7	440 - 2010	
Itália	35 - 40	600 - 690	
Alemanha	79 - 300	963 - 3658	
Japão	99	785	KASSAI (1998)
Portugal	3,2	325	EU (1999)
Brasil	Na	230 - 760	PINTO (1999)

As estimativa para Brasil são extraídas de PINTO (1999), citado por JOHN (2000) e de outros autores para as cidades de Jundiaí, Santo André, São José dos Campos, Belo Horizonte, Ribeirão Preto, Campinas, Salvador e Vitória da Conquista, que variam entre 230 kg/hab.ano para a última até 760 kg/hab.ano para a primeira. Nesta amostra a mediana foi de 510 kg/hab.ano, valor coerente com as estimativas estrangeiras.

A **Tabela 2.2** apresenta uma estimativa realizada à partir de dados da população urbana dos municípios brasileiros medida pelo IBGE em 1996, admitindo-se uma geração de RCD de 0,51 ton/hab.ano, que corresponde a mediana dos valores medidos por PINTO (1999), citado por JOHN (2000), com ano típico com 300 dias úteis. Das 4.974 áreas urbanas, 152 apresentam geração estimada de resíduo acima de 200 toneladas por dias úteis. É nestes municípios com mais de 120 mil habitantes que residem 56% da população urbana.

Tabela 2.2 Classificação dos municípios brasileiros de acordo com a geração de RCD pela população urbana (PINTO, 2000), apresentada por JOHN (2000).

População (mil)	RCD (ton/dia útil)	Nº mun.	População		RCD médio (ton/dia)
			%	Média (hab)	
< 120	<200	4.822	44,2	11.281	18
120 a 300	200 a 500	103	16,0	190.873	318
300 a 600	500 a 1000	25	8,3	410.865	684
600 a 3000	1000 a 5000	22	19,3	1.082.086	1.803
>3000	>5000	2	12,1	7.471.325	12.452

2.2 Composição do resíduo de construção e demolição

O entulho está entre os mais heterogêneos dentre os resíduos industriais. Ele é constituído de restos de praticamente todos os materiais de construção (argamassa, areia, cerâmicas, vidros, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc.) e sua composição química está vinculada à composição de cada um destes seus componentes.

Segundo JOHN (2000), os resíduos de construção são constituídos de uma ampla variedade de produtos, que podem ser classificados em:

- **Solos;**
- **Materiais cerâmicos:** rochas naturais; concreto; argamassas a base de cimento e cal; resíduos de cerâmica vermelha como tijolos e telhas; cerâmica branca, especialmente a de revestimento; cimento-amianto, gesso-pasta e placa; vidro;
- **Materiais metálicos:** aço para concreto armado, latão, chapas de aço galvanizado;
- **Materiais orgânicos:** madeira natural ou industrializada; plásticos diversos; materiais betuminosos; tintas e adesivos; solventes; papel de embalagem; restos de vegetais e outros produtos de limpeza de terrenos.

A **Figura 2.1** apresenta a composição típica dos resíduos recebidos no aterro de Itatinga em São Paulo, analisados por BRITO FILHO (1999) e apresentados por JOHN (2000). Estes entulhos são originados predominantemente de atividades de construção de edifícios. A fração predominante é a de natureza cerâmica, seguida pelo solo.

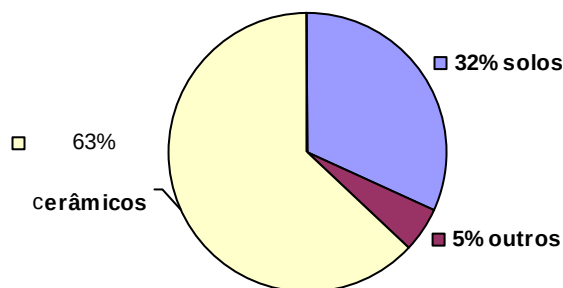


Figura 2.1 Composição média do entulho depositado no aterro de Itatinga, São Paulo (BRITO FILHO, 1999)

Na usina de reciclagem de entulho de Ribeirão Preto, ZORDAN (1997) realizou ensaios de caracterização para o material ali gerado. A caracterização foi realizada a partir dos seguintes elementos:

- **Argamassa:** toda parcela constituída por areia e um material aglutinante (cal ou cimento) sem a presença de agregado graúdo ou pedrisco;
- **Cerâmica:** todo material cerâmico não polido, constituído basicamente por tijolos e telhas cerâmicas;
- **Cerâmica polida:** parcela constituída pelos materiais cerâmicos com pelo menos uma das superfícies polidas, tais como azulejos, ladrilhos, manilhas, pisos vitrificados, etc.;
- **Concreto:** todo material composto pela união de areia, cimento e pedra, cuja identificação fosse possível;
- **Pedras:** fragmento de rocha ainda sem uso, ou que fizera parte de um concreto, podendo portanto possuir parcelas de argamassas, que não as de uma outra pedra;
- **Outros:** materiais como madeira, metais, plásticos, amianto, torrões de terra ou de cal, trapos, etc.

O ensaio, como mostra a **Figura 2.2** revelou uma predominância das argamassas (37,4%), seguida pelo concreto (21,1%) e pelos materiais cerâmicos não polidos (20,8%). A predominância da argamassa no entulho também já havia sido detectada por PINTO (1986) que constatou que 64% do resíduo de construção da cidade de São Carlos, interior de São Paulo, era constituída de argamassa, seguida de 29% de materiais cerâmicos.

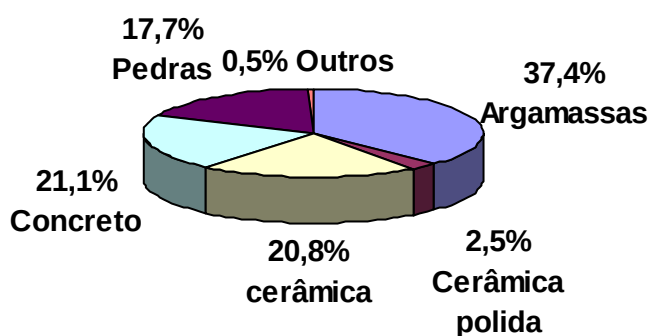


Figura 2.2 Porcentagem média dos constituintes do entulho analisado na caracterização qualitativa (ZORDAN, 1997)

2.3 Características físicas do RCD

2.3.1 Caracterização granulométrica

Na usina de reciclagem de Ribeirão Preto-SP, ZORDAN (1997) realizou ensaios de caracterização granulométrica para o entulho moído proveniente de bica corrida na composição de agregados graúdos e miúdos para confecção de concretos.

Como resultado, o autor obteve uma curva granulométrica bem distribuída, resultado este já esperado, pois o material ensaiado era proveniente de bica corrida (material que sai do britador primário) e não passou por nenhum processo de peneiramento.

Tabela 2.3 Peneiras utilizadas na caracterização granulométrica

Série Normal	Série Intermediária	
-	50mm	Material graúdo
38mm	-	
-	32mm	
-	25mm	
19mm	-	
-	12,5mm	
9,5mm	-	
-	6,3mm	
4,8mm	-	Material miúdo
2,4mm	-	
1,2mm	-	
0,6mm	-	
0,3mm	-	
0,15mm	-	

2.3.1.1 Dimensão Máxima Característica

Observa-se pela **Tabela 2.4** que a dimensão máxima característica (imediatamente inferior a 5%) das amostras são, 38 mm para a amostra A e 32 mm para as amostras B, C e D.

Tabela 2.4 Porcentagem retida acumulada (ZORDAN, 1997)

Peneiras (mm)	Amostra A (%)	Amostra B (%)	Amostra C (%)	Amostra D (%)
50	0,6	0,4	0,0	0,8
38	3,0	2,2	1,5	2,4
32	5,2	4,1	3,7	5,0
25	7,4	8,1	6,5	8,7
19	11,9	15,2	12,9	15,1
12,5	25,8	32,3	27,2	31,9
9,5	31,1	37,1	32,2	37,0
6,3	40,9	46,4	41,9	47,0
4,8	45,5	51,5	47,7	52,1
2,4	53,9	61,3	57,1	60,2
1,2	61,5	68,8	64,8	67,4
0,6	70,2	76,0	72,6	75,0
0,3	83,0	85,1	82,8	84,9
0,15	97,5	95,8	95,6	96,3
Fundo*	100,0	100,0	100,0	100,0

*Fundo colocado sob o jogo de peneiras

Após 2 aferições, observou-se que o limite de 0,3%(ABNT 1987-b) de diferença entre a massa seca inicialmente introduzida e o somatório de todas as massas retidas em cada uma das peneiras não foi obtido, mantendo-se uma média de 1,8% de perda de massa da amostra. O autor aponta a grande quantidade de finos presente no material analisado como causa do valor superior ao esperado.

2.3.1.2 Módulo de Finura

Analisando-se a porcentagem retida acumulada, pode-se retirar o valor do módulo de finura do agregado, que por sua facilidade de cálculo é muito utilizado na dosagem experimental do concreto, principalmente quando se estudam agregados cujas curvas granulométricas apresentam analogias de forma. Os módulos de finura (soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras de série normal, dividida por 100), encontrados para os agregados miúdos de cada uma das amostras foram:

Amostra A : 2,55

Amostra B : 2,67

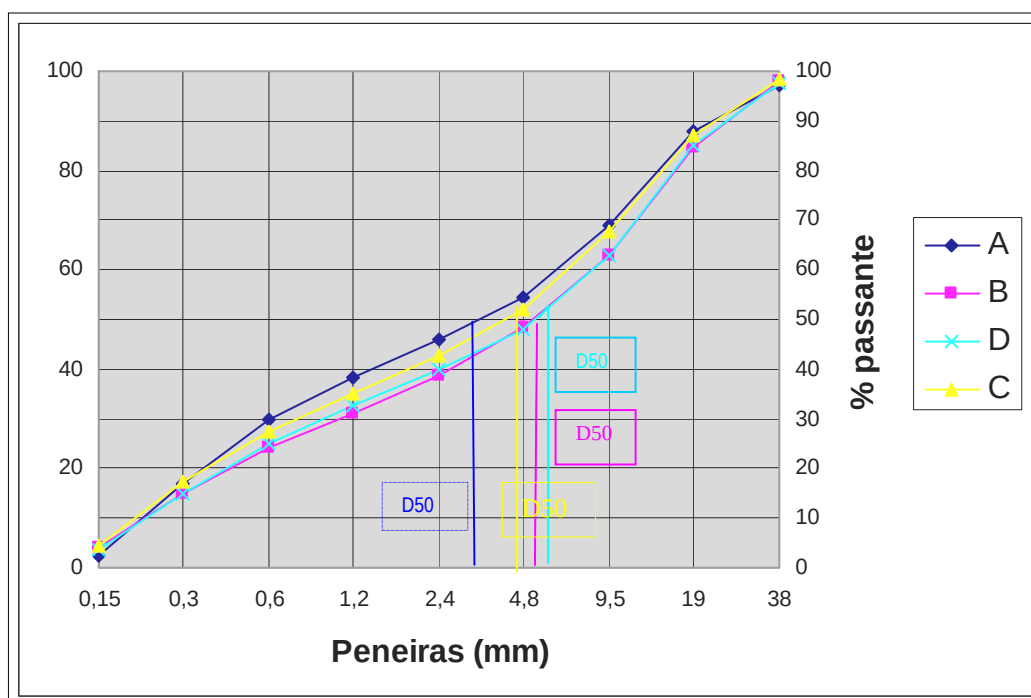
Amostra C : 2,57

Amostra D : 2,57

Média = 2,59

Os resultados ficaram bem próximos, com uma diferença entre os valores mínimo e máximo de 7,1%, o que evidencia a similaridade na granulometria das amostras.

Figura 2.3 Curva Granulométrica das amostras extraídas da usina de Ribeirão Preto-SP (ZORDAN, 1997)



Efetuada-se a projeção no eixo das abscissas, do ponto onde cada curva intercepta a linha perpendicular ao valor de 50% (eixo das coordenadas), obtém-se o diâmetro que divide ao meio cada amostra, ou seja, metade do material possuirá dimensão maior que esse diâmetro (D_{50}). Pode-se concluir desse fato, que a amostra A é a que possui maior finura, e as amostras B e D as menores finuras, ficando assim na seguinte ordem decrescente A, C, B e D.

O fato mais expressivo, segundo ZORDAN (1997), pode ser analisado observando-se que as projeções destes pontos (locais geométricos que correspondem à 50% de material) estão próximas de 4,8mm, significando que cada uma das amostras é constituída por aproximadamente metade de material graúdo e metade miúdo.

Agregado Miúdo

A **Tabelas 2.4a e 2.4b**, apresentadas por ZORDAN (1997), classificam o entulho de acordo com os limites granulométricos para o agregado miúdo, estabelecidos pela ABNT (1983), tomando-se como porcentagem retida acumulada os valores da tabela de porcentagem retida acumulada:

Tabela 2.4a Classificação Granulométrica da amostra

Peneiras (mm)	Amostra A (zonas)	Amostra B (zonas)	Amostra C (zonas)	Amostra D (zonas)
2,4	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4
1,2	3	3 ou 4	3 ou 4	3 ou 4
0,6	3	3	3	3
0,3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3
0,15	1, 2, 3 ou 4	1, 2, 3 ou 4	1, 2, 3 ou 4	1, 2, 3 ou 4

Verifica-se que todas as amostras estão dentro dos limites da Zona 3 (ABNT, 1983), em todas as peneiras classificando assim a parte miúda do entulho como uma areia média, conforme a **Tabela 2.4b**.

Tabela 2.4b Classificação ABNT

Zonas	Granulometria da areia
1	muito fina
2	fina
3	média
4	grossa

2.3.3 Características físicas avaliadas por ANGULO et al (2003)

Amostras de instalações de reciclagem de entulho de Vinhedo-SP e Itaquera-São Paulo Capital foram analisadas por ANGULO et al (2003). Das instalações de Itaquera foram extraídas amostras de coloração vermelha(proveniente de resíduos cerâmicos, solos e demais materiais combinados) e amostras de coloração cinza(proveniente de compostos à base de cimento), enquanto que da unidade de Vinhedo foram extraídas somente amostras de coloração vermelha. Após classificação realizada por peneiramento, as curvas granulométricas obtidas são semelhantes às já apontadas por outros autores.

As frações granulométricas (diâmetro > 4,8mm) foram objeto de separações por líquidos densos nas seguintes densidades de corte: 1,9 kg/dm³ com solução de cloreto de zinco e água, e em 2,2 e 2,5 kg/dm³ com solução de bromofórmio e álcool etílico. A **figura 2.4** mostra a distribuição da fração graúda em função do intervalo de densidade medido pela separação por líquidos densos. O método consiste na criação de fluxo vertical turbulento para cima, de líquidos de densidades diferentes, que ao passarem pela amostra arrastam partículas com densidade inferior à do líquido. Os resultados demonstram que não houve diferença significativa entre a distribuição de massa nos intervalos de densidade do produto vermelho e cinza de Itaquera. A classificação dos agregados graúdos como cinza e vermelho, segundo o autor é pouco precisa.

Já a distribuição de massa do produto vermelho de Itaquera foi muito diferente da obtida no produto vermelho de Vinhedo, uma vez que os agregados graúdos de Itaquera apresentam maior participação de produtos de separação acima d 2,2 kg/dm³, enquanto que os de Vinhedo apresentam maior participação de produtos de separação abaixo deste valor.

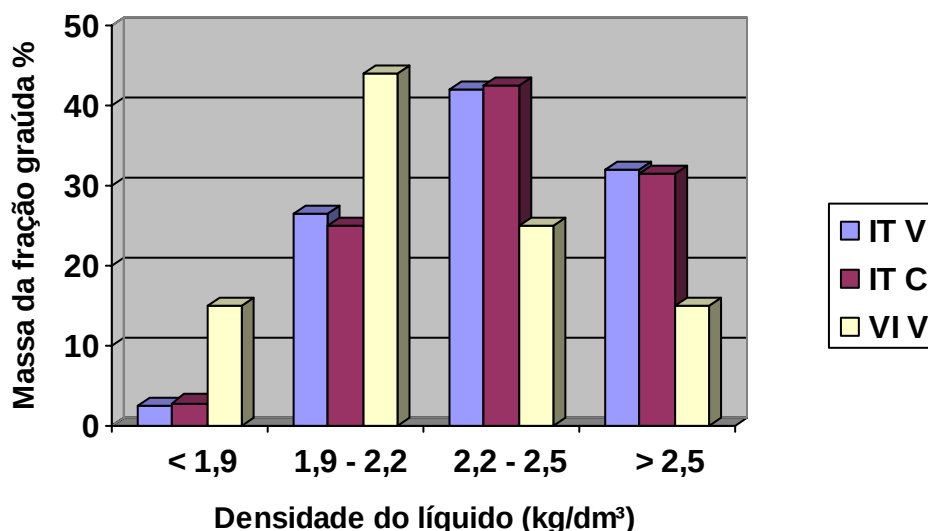


Figura 2.4- Distribuição normalizada a fração graúda em função dos produtos de separação (ÂNGULO et al, 2003)

Como, segundo ANGULO et al (2003), os produtos de RCD têm composição química, massa específica aparente e absorção de água muito similares (**Tabela 2.5**), este concluiu que os agregados do produto vermelho e cinza de Itaquerá apresentam as mesmas características físicas quanto a massa específica e absorção de água, inclusive de resistência mecânica. Já o produto vermelho de Vinhedo possui maior concentração de produtos porosos, e, portanto, de menor resistência mecânica que o do produto vermelho de Itaquerá. Desta forma, a classificação do RCD de acordo com a cor foi pouco efetiva para estas propriedades. Os produtos do intervalo de peso específico inferior a 1,9 kg/dm³ não devem ser utilizados como agregado em razão da presença de resíduos não minerais, tais como plásticos, materiais betuminosos, madeira, entre outros.

ANGULO et al (2003) aponta ainda, que os produtos de separação por meio denso contidos no intervalo de peso específico $1,9 < d < 2,2$ kg/dm³ não atendem a especificação da RILEM (RILEM RECOMMENDATION,

1994) para uso dos agregados graúdos em concretos estruturais comuns (resistência mecânica até 50/60 MPa) quanto ao critério massa específica e absorção de água, quando presentes em teores superiores à 57%.

Tabela 2.6 Resultados de massa específica aparente para os produtos da separação - (ANGULO et al, 2003)

Produtos (mm)	1,9 < d < 2,2			2,2 < d < 2,5			d > 2,5		
	IT V	VI V	IT C	IT V	VI V	IT C	IT V	VI V	IT C
-25,4 + 19,1	1,99	1,93	2,03	2,14	2,27	2,34	2,62	2,61	2,60
-19,1 + 12,7	2,02	1,90	1,99	2,12	2,24	2,18	nd	2,62	2,59
-12,7 + 9,5	1,98	1,83	1,93	2,12	2,15	2,15	2,59	2,67	2,63
-9,5 + 4,8	1,88	1,96	1,95	2,15	2,09	2,11	2,60	2,58	2,60
Média	1,90	1,97	1,97	2,19	2,13	2,19	2,61	2,62	2,61
Desv. Padrão	0,05	0,06	0,04	0,08	0,01	0,10	0,02	0,04	0,02

O texto em cinza indica o não atendimento dos valores frente às especificações de uso como agregados graúdos reciclados em concretos sem limites de resistência mecânica.

Tabela 2.7- Resultados de absorção de água para os produtos da separação - (ANGULO et al, 2003)

Produtos (mm)	1,9 < d < 2,2			2,2 < d < 2,5			d > 2,5		
	IT V	VI V	IT C	IT V	VI V	IT C	IT V	VI V	IT C
-25,4 + 19,1	7,1	11,6	7,9	3,8	7,1	4,3	0,7	0,9	1,3
-19,1 + 12,7	6,4	11,8	9,2	3,9	7,4	6,9	nd	0,6	1,4
-12,7 + 9,5	6,5	14,7	10,3	5,5	8,2	6,4	1,1	0,3	1,0
-9,5 + 4,8	10,5	9,4	10,5	7,0	7,6	7,4	1,3	1,3	1,1
Média	7,6	11,9	9,5	5,0	7,6	6,2	1,0	0,8	1,2
Desv. Padrão	2,0	2,2	1,2	1,5	0,5	1,4	0,3	0,4	0,2

O texto em cinza indica o não atendimento dos valores frente às especificações de uso como agregados graúdos reciclados em concretos sem limites de resistência mecânica.

Os demais intervalos, de pesos específicos superior a 2,2 kg/dm³ são potencialmente adequados para o uso como agregados graúdos em concretos estruturais comuns. Cerca de 70% da massa dos agregados produzidos em Itaquera e 50% dos agregados produzidos em Vinhedo tem esta característica. Assim, a inclusão de equipamento na instalação para realizar separação por

densidade permitiria obter agregados de melhor qualidade do ponto de vista mecânico, viabilizando aplicações de maior valor agregado, conclui o autor.

2.4 O Resíduo de construção e demolição e o seu potencial para a reciclagem

2.4.1 A reciclagem através da separação e moagem, as primeiras experiências

Segundo autores alemães, GRÜN (1953), WALS (1949), HELLER (1958), LAMPRECHT (1980/84), citados por LEVY (2001), há notícias de obras executadas com agregados de tijolos britados já nas cidades do Império Romano. Também os canais de Eiffel, cuja finalidade foi garantir o suprimento de água da cidade de Colônia na Alemanha, são exemplos de estruturas onde a mistura aglomerante e agregado foi composta por cal e entulho de alvenaria, sendo o endurecimento resultante de uma reação pozolânica.

Na Alemanha, a partir de 1928, começaram a serem 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 do uso de entulho reciclado, só foi registrada após o final da 2ª Guerra Mundial na reconstrução de diversas cidades Européias que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e o escombros ou entulho resultante, britado para produção de agregados. Assim, pode-se dizer que a partir de 1946 teve início o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem do entulho de construção civil.

Tendo sido iniciada a reconstrução das cidades Européias no período pós-segunda grande guerra, cresceu a demanda por materiais de construção, sem contar a necessidade premente de remover as ruínas. Para suprir a demanda por materiais de construção e minimizar o custo decorrente das

operações de limpeza, a opção das autoridades locais por reciclar todos estes materiais foi evidente. Para dar uma idéia da quantidade de material disponível, o volume de entulho existente nas cidades alemãs na época, foi estimado em 400 a 600 milhões de m³.

Como exemplo dos resultados obtidos na Alemanha vale a pena citar alguns dados mencionados por HELLER (1958):

- Em 1955 as instalações de reciclagem lá existentes produziam algo em torno de 11,5 milhões de m³ de agregados, com os quais foram construídas 175.000 unidades habitacionais.
- Conforme estatísticas elaboradas pela associação das cidades alemãs, no final de 1956 cerca de 85% do entulho da segunda grande guerra havia sido removido.
- Em 1960 todo entulho oriundo da segunda grande guerra existente na República federal da Alemanha havia sido reciclado.

Porque as sociedades que atualmente adotam esta política ainda reciclam entulho:

- Para preservar recursos naturais não renováveis.
- Suprir a demanda de agregados em países desenvolvidos que convivem com problema crônico de escassez de matéria-prima.
- Apresentar uma alternativa de desenvolvimento para a indústria de equipamentos para mineração e britagem, uma vez que a pressão exercida por movimentos ambientalistas em diversos países tem dificultado cada vez mais a exploração de recursos naturais; os equipamentos para reciclagem são basicamente os britadores tradicionais com algumas pequenas adaptações.

2.4.2 Usinas de moagem na Europa, Estados Unidos e Brasil

Na Inglaterra, nos últimos anos há uma tendência de que as construtoras sejam “organizadoras” de empresas menores e especializadas, não mais fazendo a construção em si e com seu próprio pessoal.

O Estado cobra uma taxa da construtora de todo o entulho que sai da obra. Com isto, incentiva-se a empresa a não gerar entulho. A preocupação em princípio, não é apenas com o desperdício em si, mas sim o impacto que este entulho gerará em algum outro lugar do país. Caso o entulho saia separado da obra, isto é, plástico em um container e agregados em outro, etc, a taxa é menor. O governo começa agora a cobrar maiores taxas para extração de agregadas, visando pois o uso de materiais reciclados.

Alguns órgãos públicos estão concordando em pagar até dez por cento a mais em suas obras se executada com material reciclado (reciclados entenda-se qualquer material provindo de sobra de outra obra ou demolição).

Entre os construtores, começa até mesmo a haver um sistema de permuta, onde se divulga com antecedência uma determinada demolição e sua área (como uma espécie de “classificados” de materiais de demolição). Com essa informação, outros construtores podem projetar já com a hipótese de se trabalhar com materiais de obras demolidas nas proximidades.

A construção na Inglaterra representa 4% do PIB total do país e emprega 400.000 pessoas. Exportam, em serviços de construção, o equivalente a 7 bilhões de reais, sendo que este número tem crescido muito nos últimos anos. Usa 6 toneladas de material de construção por ano por habitante, sendo 50% deste total para reformas e manutenção, o que demonstra que obras de novos edifícios é bem menos comum que no Brasil. Há números que confirmam que o país está conseguindo aproveitar 50% do que demolem em peso.

Nos EUA, Japão, França, Itália, Alemanha e outros países a reciclagem também se consolidou, com centenas de unidades instaladas, sendo que os governos locais também dispõem de leis exigindo o uso de materiais reciclados na construção e em serviços públicos.

No Brasil, entretanto, o reaproveitamento do entulho é restrito, praticamente, à sua utilização como material para aterro, e em muito menor escala à conservação de estradas de terra.

Prefeituras como de Belo Horizonte-MG, Salvador-BA, São Paulo-SP, Ribeirão Preto-SP, Londrina-PR, e Piracicaba-SP, têm implantado usinas de moagem de entulho com bastante sucesso. Embora a quantidade moída normalmente não ultrapasse os 10 % do total produzido no município, a aplicação deste material em obras sociais tem rendido grande economia aos cofres públicos, e grandes benefícios à população de baixa renda.

2.4.3 Aproveitamento dos resíduos de construção civil

2.4.3.1 Aproveitamento na confecção de concretos

LEVY (2001), mostrou que o incremento de até 20% de resíduos de concreto e alvenaria não afeta o comportamento do concreto em relação a uma amostra de referência confeccionada com agregados naturais, demonstrando que poderão ser utilizados sem qualquer restrição quanto à resistência e à durabilidade. Conclui ainda que no estado fresco, para manter a consistência de 70 ± 10 mm a demanda de água não é sensivelmente afetada quando se substitui agregado natural por agregados reciclados de concreto. Já a adição de agregados reciclados graúdos de alvenaria, conclui o autor, apresentaram uma tendência crescente na absorção de água e índice de vazios.

MACHADO JR. et al (2002) concluiu pela viabilidade da utilização de agregados graúdos reciclados de entulhos de obra, com graduação de 0 a 1 (NBR 7211/83), no preparo de concretos da classe 15. Os ensaios foram realizados em corpos de prova de concreto confeccionados à partir de entulho moído retirado da Estação de Reciclagem de Entulhos de Ribeirão Preto. Neste estudo, comparou-se os agregados graúdos reciclados aos agregados leves, sendo sugerida a sua utilização na composição de concretos destinados às obras de classes sociais de baixa renda.

2.4.3.2 Aproveitamento na confecção de argamassas

MIRANDA (2000) avaliou o efeito de entulhos reciclados nas propriedades das argamassas no estado endurecido, por procedimentos racionais de dosagem. Concluiu-se que a adição de até 18% de finos, representados por entulho moído, não alterou significativamente os valores de retração em relação à amostra de referência estudada. Houve maior retração das argamassas com maior teor de finos, ainda que possuindo menor relação água/cimento corrigida do que as argamassas com menores teores de finos. Observou-se que as propriedades mecânicas de argamassas deveriam ser analisadas através de relação a/c corrigida, ou seja, descontando a absorção do entulho, principalmente em argamassas com grande teor de material cerâmico.

2.4.3.3 Aproveitamento em obras de pavimentação

A utilização de agregados de resíduos de construção e demolição (RCD), ou entulho, como base de pavimentação é a primeira alternativa tecnologicamente consolidada. As especificações do uso destes agregados estão em fase de normalização pela Associação Brasileira de Normas Técnicas e já se encontra especificada pela Prefeitura Municipal de São Paulo, “PMSP/SP ETS – 001/2003 – Camadas de Reforço do Subleito, Sub-base e Base Mista de Pavimentações com Agregado Reciclado de Resíduos Sólidos de Construção Civil”.

O trabalho de ANGULO et al (2002) aponta um consumo de pedra britadas na região metropolitana de São Paulo da ordem de 31,8 bilhões t/ano, e estima um consumo de pedras britadas para base de pavimentações na ordem de 4,3 bilhões ton/ano ou 250 kg/hab.ano, valor que comparado à média per capita nacional de geração de entulho de 510 kg/hab.ano, apresentado por PINTO (1999), citado por JOHN (2000), indica que a utilização do RCD reciclado

em obras de pavimentação consumiria metade do entulho gerado na Região Metropolitana de São Paulo.

ANGULO et al (2002) apresenta, como mostrado na **Tabela 2.8**, os valores de produção nacional de agregados naturais e a participação dos segmentos de vendas à partir de outros autores.

Tabela 2.8 Produção nacional de agregados naturais e participação dos segmentos de venda – (ANGULO et al, 2002)

Aplicações		Concreto		Argamassas	Pavimentação Órgãos públicos	Pré moldados (indústria)	Revendedores/ consumidor	Total
		Usinado	Construtoras					
Agregados Graúdos	Segmentos de vendas(%)	32,7	23,6	-	13,5	6,4	23,8	100,0
	Produção no segmento (10 ⁶ ton/ano)	50,9	36,8	-	21,0	10,0	37,1	155,8
Agregados Miúdos	Segmentos de vendas(%)	32,7	23,6	23,8	13,5	6,4	-	100,0
	Produção no segmento (10 ⁶ ton/ano)	73,5	82,7	53,5	30,3	14,4	-	224,8

2.4.3.4 Aproveitamento das frações minerais

O trabalho de ANGULO et al (2002) cita que nenhum outro uso, além de agregados, foi imaginado para a parcela mineral dos RCD, e sugere que

estes resíduos podem ser potencialmente aproveitados do ponto de vista químico e mineral. A provável alta porcentagem de sílica presente na parcela mineral dos resíduos de construção os faz potencialmente úteis como matéria-prima para a indústria cerâmica e de vidros.

2.4.3.5 Outras utilizações

Experiência práticas menos complexas tem consumido parte do entulho gerado nos municípios. Segundo Stocco (2003)¹, a usina de moagem instalada no município de Piracicaba tem substituído em até 60% a quantidade de agregados naturais por agregados reciclados de sobras de concreto endurecido em seus blocos de concreto para alvenaria, cuja fábrica se encontra instalada nos domínios da usina e destina-se a produção à construção de casas para a população de baixa renda.

Durante a seleção na origem, ou antes da moagem, outros resíduos imprestáveis à geração de agregados são coletados. A madeira pode ser picada e queimada em fornos de cerâmicas, os metais, papeis, vidros e plásticos destinam-se à reciclagem.

2.5 A instalação de uma usina de moagem de entulho

Considerações iniciais

A crescente tendência à preservação de recursos naturais não renováveis e o suprimento da demanda de agregados para solucionar o problema crônico da escassez de matéria-prima, tornam inevitáveis à criação de métodos de reciclagem dos resíduos de construção e demolição (entulho). A instalação de

¹ Stocco, Claudio. (ENDHAP - Empresa de Desenvolvimento Habitacional de Piracicaba) Comunicação pessoal, 2003.

usinas de reciclagem de entulho através de equipamentos de britagem também tem se tornado uma forte tendência em países desenvolvidos e agora no Brasil. Muito embora um número expressivo destas usinas de moagem de entulho já esteja instalado no Brasil, sua quase totalidade é de domínio público municipal, e o destino do produto se limita a utilização em reforço de pavimentação de vias públicas. ANGULO et al (2002) mostram que do total produzido nacionalmente para agregados graúdos e miúdos, 13,5% e 30,3% respectivamente referem-se ao consumo destes em obras de pavimentação, valores pouco significativos considerando-se o alto investimento necessário à instalação de uma usina de moagem. A baixa demanda do material produzido pelas usinas de domínio público podem se refletir na elevação dos custos de operação, acúmulo de material reciclado ou não nos pátios, ou até mesmo a continuidade de despejos em locais incorretos por falta de continuidade no processo.

Faz-se necessária a utilização deste produto em outros processos, tais como a produção de concreto, blocos de concreto para alvenaria, etc. Faz-se portanto necessária a participação da iniciativa privada. A limitação dos pontos de despejo destes resíduos, que passam a ser gerenciados pelos municípios por força da RESOLUÇÃO CONAMA nº 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil, elevarão de forma inevitável os custos operacionais de coleta destes resíduos, custos estes que também inevitavelmente serão repassados aos geradores, de grande ou pequeno porte, tornando-se um atraente negócio, à exemplo do que acontece nos países que se encontram mais adiantados neste aspecto de preservação ambiental.

Segundo ZORDAN (1997), em 1990, os governos municipais, estaduais e até o federal, dos EUA, começaram a criar leis que regulamentaram a disposição de resíduos de C&D (Concreto e Demolição). O trabalho dos empreiteiros, à procura de locais para dispor seus resíduos tornou-se mais difícil.

Segundo PIT & QUARRY (1990b), citado por ZORDAN (1997) 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 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 de 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), citado por ZORDAN (1997).

De acordo com WASTE AGE (1992), citado por ZORDAN (1997) na América do Norte a reciclagem é vista como um mercado altamente rentável pela iniciativa privada. Muitas empresas possuem equipamentos sofisticados para a separação dos materiais, o que acaba aumentando a qualidade do produto reciclado e a eficiência do sistema.

Segundo J. Hixon (WASTE AGE, 1992, apud ZORDAN, 1997), vice-presidente de uma companhia que começou a investir na reciclagem de resíduos de C&D em 1992, a Environmental Resource Return Corp.(Portsmouth, New Hampshire), o essencial é que o material colocado no mercado tenha qualidade. Sua instalação foi projetada para receber resíduos de demolição misturados a US\$55/t, concreto a US\$20-25/t, e madeira a US\$20-30/t. A empresa mais próxima oferece estes serviços a cerca de US\$65/t. Ele diz que as empresas que estão com dificuldade na venda de seus produtos, é porque não oferecem qualidade. A maioria das usinas não possui flotadores d'água, separadores magnéticos e a ar, ou separação secundária. Com estes equipamentos Hixon pode vender o material processado, como o concreto e a madeira, de 6 a US\$ 8/t, e de 10 a US\$ 18/t, respectivamente, e manter as taxas para o recebimento dos resíduos a valores mais baixos.

De acordo com GRANATO (TÉCHNE, 1995, apud ZORDAN, 1997), diretor de uma empresa que comercializa máquinas britadeiras usadas em

pedreiras, a reciclagem de entulho em usinas com equipamentos britadores é viável, quando a geração em quantidades regulares, estiver entre 30 e 500t/hora. Entretanto, de acordo com T.P. Pinto, arquiteto especialista na reciclagem de resíduos de C&D, 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, segundo ele, é salientar que não basta a simples transposição dos equipamentos de britagem para o ambiente urbano. É necessário que sejam tomados uma série de cuidados, que vão adequar o maquinário à sua finalidade, visando principalmente a contenção da geração de resíduos e material particulado.

Segundo GRANATO (TÉCHNE, 1995, apud ZORDAN, 1997), 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 do produto e aplicações;
- Saber quais são as possibilidades de industrialização dos materiais e agregados e de comercialização do refugo (madeira, metal, papel e plástico).

A partir daí, segundo ele, 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.

2.5.1 Equipamentos utilizados em uma usina de moagem de entulho

2.5.1.1 Britadores

2.5.1.1.1 Britadores e rebritadores de mandíbula

Equipamentos normalmente utilizados como britadores primários, apresentam em sua câmara de britagem uma placa metálica maciça e fixa e outra também maciça e com movimentos excêntricos, simulando uma mandíbula. Entre as duas placas o material é rompido por compressão e somente abandona a câmara quando estiver reduzido ao tamanho da abertura inferior desta, que pode ser regulado. Apresenta como vantagens um baixo custo de manutenção e produz materiais com melhores curvas granulométricas, e como desvantagens o elevado grau de ruído, baixa produtividade e produção de grãos lamelares com maior porcentagem de graúdos.

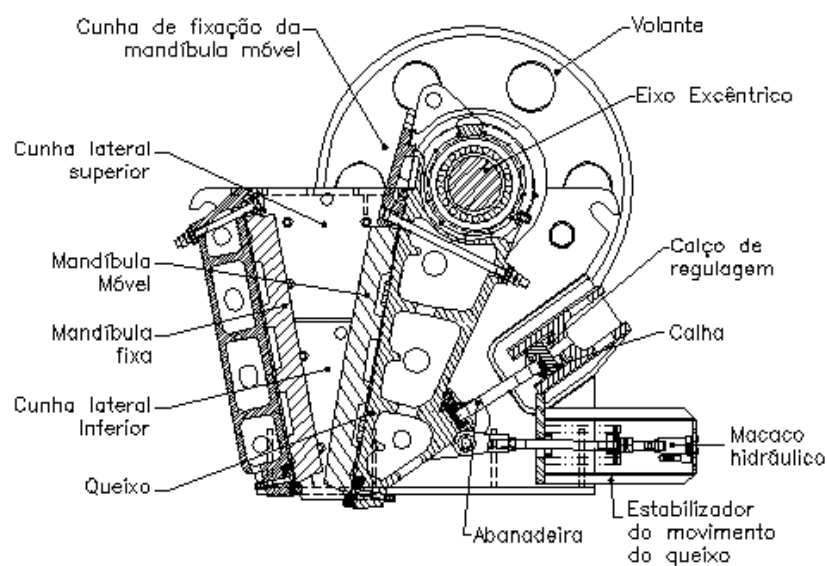


Figura 2.5 - Corte de britador de mandíbula mod. JC 8060

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

A **Tabela 2.9** permite determinar a porcentagem aproximada dos produtos britados, de acordo com os tamanhos estabelecidos pela abertura da boca de saída na posição fechada, ou seja, na posição mínima de afastamento entre as mandíbulas quando o britador estiver operando em circuito aberto, isto é, sem retorno do material.

Ex.: Um britador JC 8060 (**Foto 2.1**) trabalhando com uma abertura de saída de 100 mm produz em média 80m³/h.

Analisando a **Tabela 2.9** observa-se o seguinte:

- 96% do produto britado é menor que 150mm, isto é, passa por uma peneira com malha desta abertura. Neste caso 4% fica retido sobre a peneira.
- 75% do produto britado é menor que 100 mm. Como 4% do produto já ficou retido sobre a primeira peneira, teremos: 21%, 25-04=21% retido sobre a peneira com malha 100mm, equivalente ao tamanho entre 100 e 150 mm. E assim sucessivamente conforme Tabela 2.9.

Tabela 2.9- Análise do produto –Curva Granulométrica Britador de Mandíbula (material de média dureza)

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

TAMANHO DA PEDRA (mm)	ABERTURA DE SAÍDA NA POSIÇÃO FECHADA (mm)									
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300
300						97	96	92	87	75
250					100	96	91	86	75	67
225				100	97	91	84	75	68	57
200				98	94	84	75	67	61	52
175			100	94	86	75	67	59	54	45
150		100	96	89	75	65	57	51	47	38
125		98	91	75	63	55	48	43	38	32
100		94	75	61	51	44	38	34	30	25
88	100	86	66	54	45	38	33	29	27	24
75	96	75	57	46	38	32	28	25	23	20
63	90	63	48	38	32	27	24	22	20	17
50	75	51	38	31	26	22	20	18	16	14
38	57	39	28	24	20	17	15	14	13	12
25	38	26	20	17	15	13	12	11	10	9
13	20	14	14	10	9	8	8	7	7	6



Foto 2.1 Britador de Mandíbula mod. JC 8060

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

Tabela 2.10 Produção média em m³/hora (circuito aberto)

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

Modelos	Boca de alimentação (mm)	Mov. do queixo (mm)	Abertura de saída na posição fechada (mm)							
			6	12	20	25	40	50	75	100
BM-84	80 x 40	8	0,1-0,2	0,2-0,3						
BM-2010	200 x 100	12	0,8-1	1-2	2-3	3-4				
BM-2515	250 x 150	13		2-3	3-4	4-5	5-6			
BM-5030	500 x 300	19				11-15	15-18	18-23	23-28	28-36
BM-6040	600 x 400	19				15-20	20-25	25-30	30-35	35-48

Nota: A produção indicada nesta tabela é aproximada, podendo variar de acordo com o material a ser britado e a granulometria desejada

2.5.1.1.2 Britadores de impacto

Equipamentos utilizados como britadores tanto primários quanto secundários, os materiais são britados por impacto entre uma placa metálica fixa e maciça e placas metálicas menores fixadas a um rotor. Apresenta como vantagens a britagem de grãos de formas mais regulares, ideais para a utilização em pavimentações, baixa emissão de ruídos e o processamento de peças de concreto armado. Apresenta como desvantagens o alto custo de manutenção, com substituições periódicas das placas metálicas.

2.5.1.1.3 – Moinhos de martelos

Equipamentos utilizados tanto como britadores primários quanto como secundários, os materiais são britados por impacto entre uma placa metálica fixa e martelos metálicos fixados em rotores. Pode trabalhar em regime fechado, quando o material só deixa a câmara quando atingir a granulometria desejada.

Apresentam-se **Fotos 2.2 e 2.3** e **Figura 2.6** do Moinho a Martelo modelo 80MF, fabricado por Maquinas Furlan, além das **Tabelas 2.11, 2.11a e 2.11b** com dados construtivos e de produção do moinho.



Foto 2.2 Moinho a Martelo modelo 80MF-fab. Maquinas Furlan
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.



Foto 2.3 Detalhe da ampla câmara de moagem, dos revestimentos laterais e pára-choques.

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

Tabela 2.11 Análise do Produto- Moinho de Martelos

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

MODELOS	POTÊNCIA (cv.)	TRANSMISSÃO		ALIMENTAÇÃO (mm)	MARTELOS (Qtd.)	PESO (kg)
		PADRÃO	OPCIONAL			
MM80F1-A	2 de 150	COM ACOPLAMENTO FLEXÍVEL	COM POLIAS E CORREIAS	até 76	8	5920
MM80F1-B	2 de 125					4920

Tabela 2.11a Produção aproximada em t/h (consid. Y=1,6 t/m³)

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

ABERTURA DAS GRELHAS (mm)								
MODELOS	2	3	4,5	6	10	15	20	25
MM80F1-A	23	30	35	40	46	52	57	63
MM80F1-B	12	16	20	24	28	31	34	39

Tabela 2.11b Curvas granulométricas

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

MINÉRIOS	ABERTURA DAS GRELHAS (mm)	% PASSANTE NAS MALHAS				
		10	20	50	100	200
CALCÁRIO DE BAIXA E MÉDIA DUREZA.	10	79	68	40	22	16
	5	90	86	65	42	35
	2	99	97	81	68	54
	1,5	100	99	90	75	65
CALCÁRIO DE ELEVADA DUREZA, DOLOMITO E BASALTO	10	77	58	27	18	12
	5	85	83	55	30	20
	2	98	91	64	48	36
	1,5	100	98	85	73	62

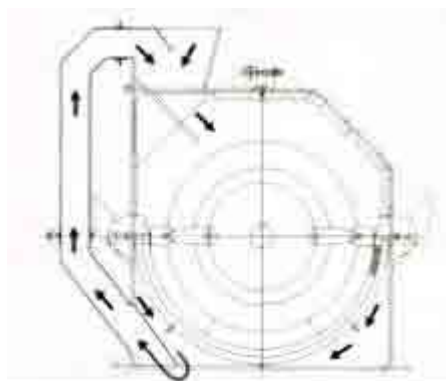


Figura 2.6 Corte esquemático da câmara de moagem – Moinho de martelos
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

O fluxo de ar passante pelas grelhas, pressionado pelos martelos retorna à boca de alimentação fechando o circuito. Este fluxo desobstrui os vãos das grelhas, melhorando a produção. Além disso, este sistema de circulação de ar minimiza a emissão de poeira ao meio ambiente.

O sistema de pastilhas substituíveis foi criado para aumentar as vidas úteis dos martelos, que são fundidos em ligas especiais a fim de se reduzir o custo operacional da moagem.

2.5.1.2 Equipamentos auxiliares

2.5.1.2.1 Alimentador vibratório

Equipamentos utilizados para alimentar de forma contínua e regular os britadores primários e secundários. Funcionamento através de motor vibratório e molas que permitem o direcionamento do material para dentro dos britadores. Podem ser revestidos por mantas anti-ruído e podem receber grelha pré-classificatória de modo a diminuir a quantidade de finos antes que sejam despejados nos britadores.

Apresenta-se **Foto 2.4** e **Figura 2.7** do alimentador vibratório fabricado por Maquinas Furlan, além das **Tabelas 2.12** e **2.12a** com dados construtivos e de produção do alimentador.



Foto 2.4 Alimentador vibratório – Fabricação Maquinas Furlan
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

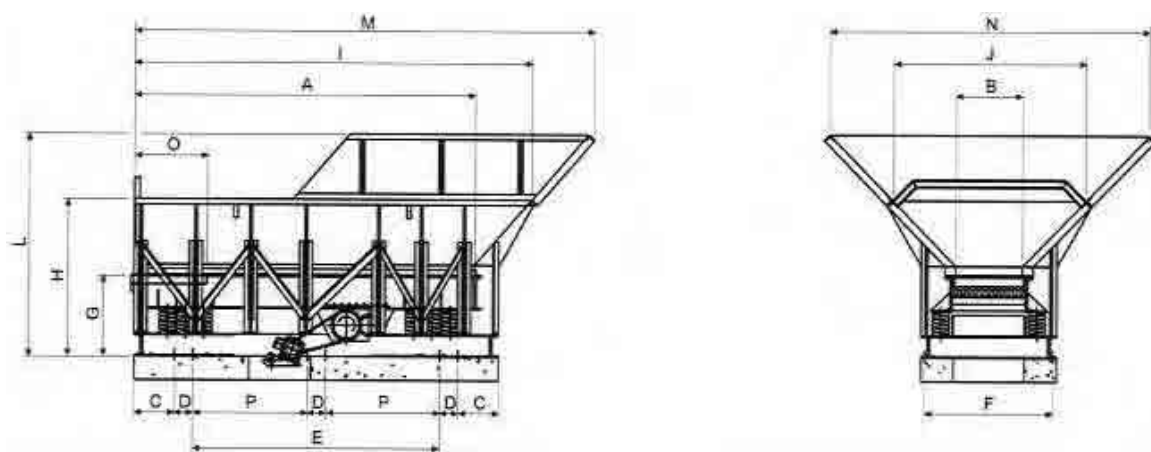


Figura 2.7 Corte esquemático do alimentador vibratório
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

Tabela 2.12 Análise do Produto – Alimentador Vibratório**Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.**

MODELO	UTILIZ. NOS BRITADORES	POTÊNCIA A MOTOR 4 POLOS		ROTAÇÃO DA MÁQUINAS (rpm)	ABERTURA DAS GRELHAS	CAPAC. (m³/h)	CAPACIDADE E APROX. C / SOBRE TREMIONHA (m³)	PESO
		Q T D .	CV					
AV 27060	6040 - 8060	1	7,5	930	2" a 4"	30 - 150	7,5	3100
AV 40090A	8060 - 9070	1	20	940	2" a 4"	80 - 250	12	7100
AV 40120	9070 12080	2	7,5 20	940 c/ eixo cardan	2" a 5"	120 - 350	16,5	9200
AV 60120	12080 130120	2	12,5 30	950 c/ eixo cardan	2" a 7"	150 - 450	23	14000

Tabela 2.12a Dimensões – Alimentador Vibratório**Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.**

MODELO	DIMENSÕES														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P
AV 27060	2720	600	150	400	1950	1270	764	1610	3400	1984	2320	4100	3390	900	-
AV 40090A	4000	900	300	400	2900	1530	880	1780	4650	2258	2480	5535	3628	1050	-
AV 40120	4000	1200	300	400	2900	1830	880	1780	4650	2650	2550	5535	4050	1500	-

2.5.1.2.2 Calhas vibratórias

Equipamento com características idênticas às dos alimentadores vibratórios, porém mais simples e normalmente utilizados para alimentação dos britadores secundários.

Apresenta-se **Foto 2.5** e **Figura 2.8** de calha vibratória fabricada por Maquinas Furlan, além da **Tabela 2.13** com dados construtivos e de produção da calha.



Foto 2.5 Calha vibratória – Fabricação Maquinas Furlan
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

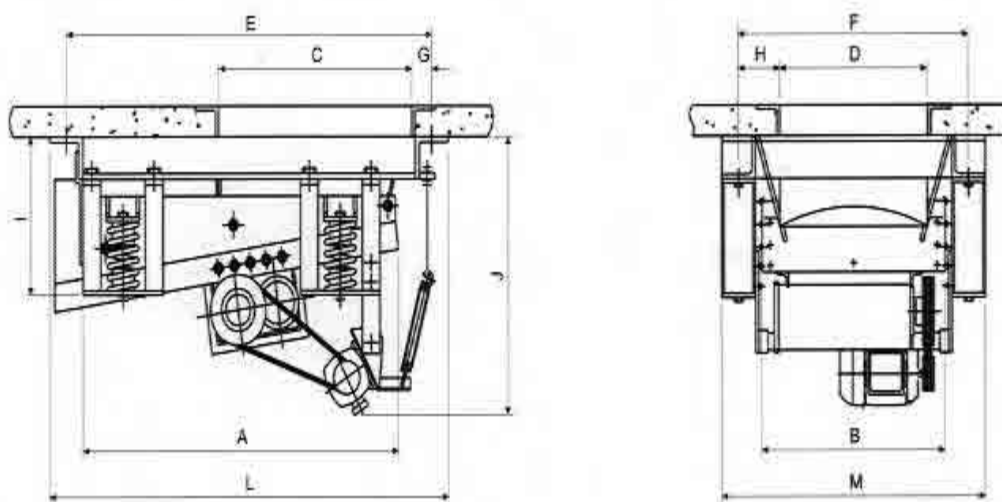


Figura 2.8 Corte esquemático da calha vibratória
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

Tabela 2.13 Análise do Produto – Calha Vibratória**Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.**

MOD	CAPAC. (m³/h)	TAM. MAX. DE ALIM.	POT. MOTOR 4 POLOS (CV)	DIÂM. POLIAS (mm)		PESO (kg)	DIMENSÕES												
				MOT.	MOV.		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	
CV 10050	30 a 80	4"	3	120	210	510	1000	485	570	540	1182	720	86	90	500	855	1335	950	
CV 14080	75 a 150	8"	5	125	246	1000	1400	785	830	800	1600	1030	90	115	558	905	1756	1180	
CV 200120	130	16"	7,5	143	265	1630	2000	1185	1125	1250	2190	1400	90	75	585	1022	2345	1574	

2.5.1.2.3 – Grelhas vibratórias

Equipamentos instalados antes dos britadores secundários e permitem uma pré-seleção de finos em até duas granulometrias, reduzindo a carga no britador. O equipamento seleciona o material por peneiramento (vibratório) enquanto direciona o excedente para dentro do britador.

Apresenta-se **Foto 2.6** e **Figura 2.9** de grelha vibratória fabricada por Maquinas Furlan, além da **Tabela 2.14** com dados construtivos e de produção da grelha.



Foto 2.6 Grelha Vibratória – Fabricação Máquinas Furlan
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

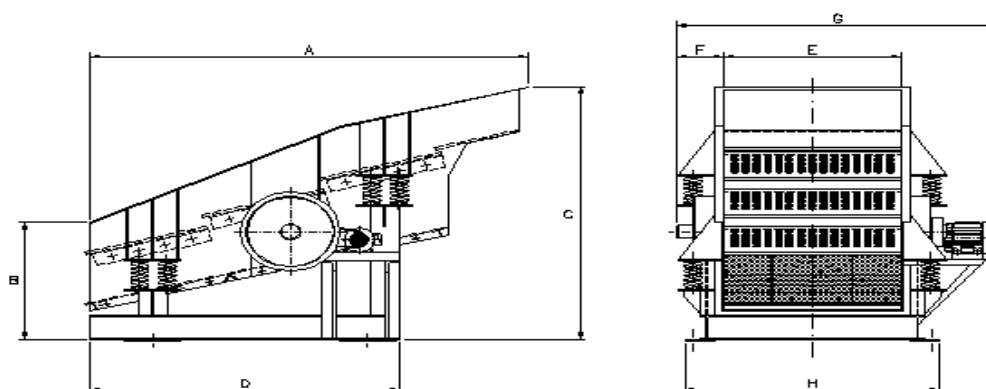


Figura 2.9 Corte esquemático da grelha vibratória
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

Tabela 2.14 Análise do Produto – Grelha Vibratória

Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

DENOMINAÇÕES	UNIDADE DE MEDIDA	MODELOS			
		GV - 250120		GV - 300150A	
Número de Decks	qtd.	1	2	1	2
Rotação nominal da máquina	rpm	1050			
Potência do motor (IV Polos)	cv	10		20	
Diâmetro da polia motora	mm	166			
Diâmetro da polia movida	mm	260			
Abertura entre grelhas	poleg.	2" a 8"		2" a 10"	
Capacidade de alimentação	m3/h.	80 - 180		120 - 300	
Elemento vibratório	nº	3 - 12		2- 15	
Dimensões aproximadas da máquina:					
A	mm	3015		3440	
B	mm	835	1070	950	1150
C	mm	1990	2225	2370	2570
D	mm	2092		2575	
E	mm	1200		1500	
F	mm	315		325	
G	mm	2210		2640	
H	mm	1720		2050	
Peso aproximado da máquina	kg	2720	2915	4540	4780

2.5.1.2.4 – Peneiras vibratórias

Equipamentos de separação do produto final. Promovem por peneiramento vibratório a separação das areias finas e grossas, pó de brita e britas, dependendo das peneiras instaladas.

Apresenta-se **Foto 2.7** e **Figura 2.10** de peneira vibratória fabricada por Maquinas Furlan, além da **Tabela 2.15** com dados construtivos e de produção da peneira.



Foto 2.7 Peneira vibratória – Fabricação Maquinas Furlan
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

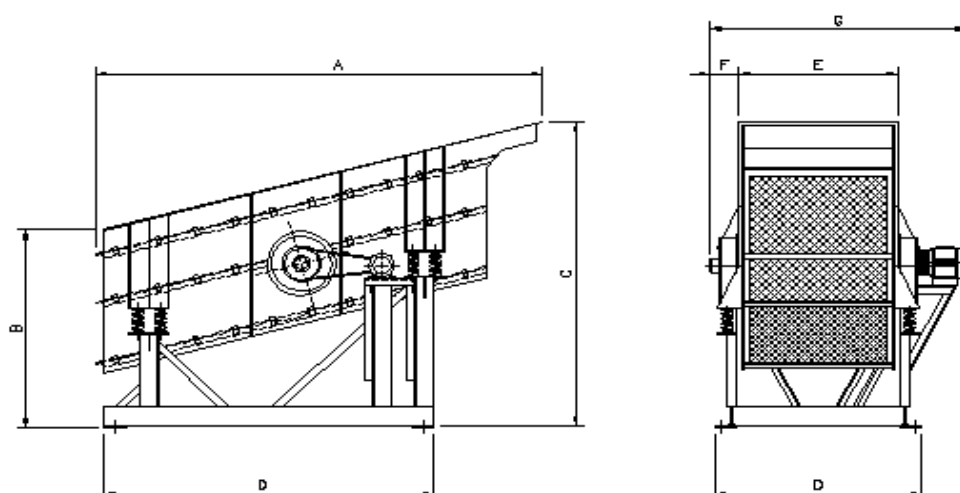


Figura 2.10 Corte esquemático da peneira vibratória
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

Tabela 2.15 Análise do Produto – Peneira Vibratória**Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.**

MODELOS	Nº DE DECKS	DIM TELA (mm)	POT. MOTOR 4 POLOS (CV)	DIMENSÕES (mm)								
				MOT.	A	B	C	D	E	F	G	H
PV-200100		2000 x 960	3	166	2415	790	1435	1833	1000	305	1855	1420
			5			1125	1770				1890	
PV-300100	1	3000 x 960	7,5	166	3440	1015	1920	2695	1000	305	1915	1520
	2					1250	2155					
	3					1380	2285					
PV-350120	1	3500 x 1160	10	150	3935	985	2020	3067	1200	315	2210	1770
	2		1210			2245						
	3		1555			2590						
	4		1930			2965						
PV-400150	1	4000 x 1460	10	150	4420	1055	2220	3360	1500	315	2510	2050
	2		12,5	185		1390	2555			325	2540	
	3		15			1720	2885				2645	
	4		20			2065	3250					
PV-500200	1	5000 x 1960	25	185	5425	1220	2645	4427	2000	325	3190	2635

2.5.1.2.5 – Transportadores de correia fixos e móveis

Equipamentos responsáveis pelo transporte interno do material britado; do britador primário para o secundário, do secundário para as pilhas ou peneiras vibratórias. Os transportadores de correia podem ser fixos, usualmente utilizados em usinas mais completas (com britador primário e secundário), ou móveis, quando a usina dispõe de um único britador e produz apenas a chamada “bica corrida”, produto originado da britagem primária. O transportador móvel é montado sobre uma estrutura que gira em torno do britador, permitindo a descarga em várias pilhas em torno deste.

São compostos de esteiras de lona emborrachada, que apoiadas sobre roletes e impulsionadas por motores, transportam o material britado que é despejado de forma contínua pelos britadores. Dispõem de tracionadores que mantêm a correia sempre tencionada, adequando-se à carga transportada.

Apresenta-se **Foto 2.8** de transportador de correia fixo fabricado por Maquinas Furlan, além das **Tabelas 2.16, 2.16a e 2.16b** com dados construtivos e de produção do transportador.

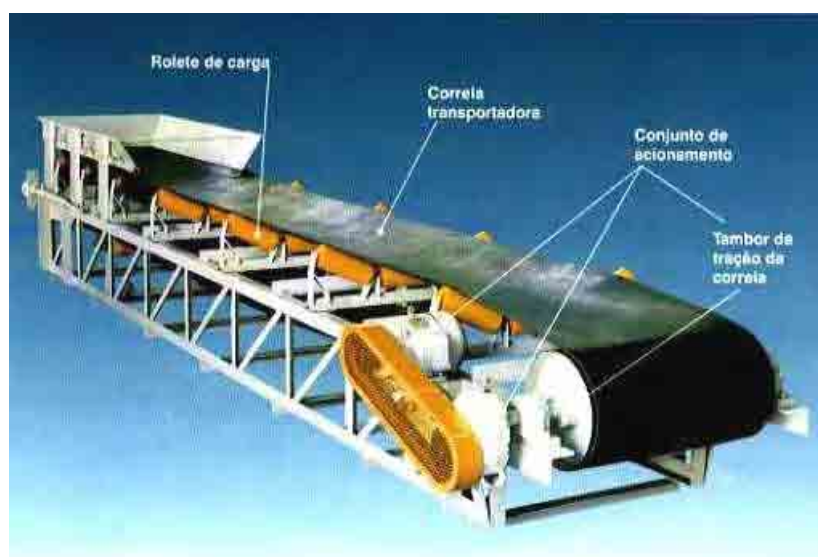


Foto 2.8 Transportador de correia –Fabricação Maquinas Furlan
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

Tabela 2.16 Análise do Produto – Transportador de Correia
Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.

DENOMINAÇÕES	UNIDADE DE MEDIDA	MODELOS					
		TC- 16	TC -20	TC -24	TC -30	TC -36	TC- 42
Largura da correia transportadora	Pol.	16"	20"	24"	30"	36"	42"
Capacidade de transporte	m³/hora	60	90	140	210	300	400
Altura da treliça	mm	400		500	600		700
Distância entre centros para uso do esticador de gravidade	m	>35	>30	>27	>25	>22	>20
Distância entre suportes dos roletes de carga	m	1.2					1
Distância entre suportes dos roletes de retorno	m	3					

Tabela 2.16a - Potência dos Motores**Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.**

POTÊNCIA DOS MOTORES (IV POLOS)								
Comprimento em metros do transportador	Até 6 metros	cv	3	3	4	6	7,5	10
	7 a 10	cv		4	6	7,5	10	15
	11 a 15	cv	4	5	7,5	10	15	20
	16 a 20	cv		7,5	10	15	20	25
	21 a 25	cv	5					
	26 a 30	cv	6	12,5	12,5	20	25	40
	31 a 35	cv	7,5		15		30	
	36 a 40	cv		15		25		

Nota:

1- As potências acima relacionadas são para transportadores com capacidade máxima, com uma inclinação de 18° e para um material de 1,6 t/m³ podendo portanto variar conforme aplicação do cliente.

2- Velocidade aproximada das correias transportadoras: 100 m/min

Tabela 2.16b – Informações Complementares**Fonte: Catálogo comercial Maquinas Furlan Ltda.**

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	UNID. DE MEDIDA	POTÊNCIA DOS MOTORES			
		ATÉ 5 CV	DE 6 A 12,5 CV	DE 15 A 30 CV	DE 40 A 50 CV
Diâmetro do tambor de tração	mm	320	400	500	600
Diâmetro do tambor de retorno	mm	320			400
Rotação do tambor de tração	rpm	88	79	63	53
Redução do redutor	red.	1:20			
Diâmetro polia motora	mm	125	140		
Diâmetro polia movida	mm	125	160	200	290

2.5.1.2.6 Fotos ilustrativas de usinas instaladas:

As **Fotos 2.09 e 2.10** mostram usina de moagem de entulho instalada no início de 2003 no município de Piracicaba-SP pela EMDHAP- Empresa de Desenvolvimento Habitacional de Piracicaba. Segundo Stocco (2003)¹, o município gera 650 toneladas de resíduo por dia, coletados por 27 caçambeiros e colaboradores da usina que moe 170 toneladas a cada dia. Os materiais produzidos são utilizados em base para estradas vicinais e como agregado para produção de blocos de concreto para utilização em alvenaria de casas populares (**Foto 2.11**). Ainda segundo Stocco, os blocos produzidos pela usina têm utilizado 60% de agregados reciclados em sua composição, obtendo-se resultados satisfatórios.



Foto 2.9 (out2003) – Usina de moagem de Piracicaba-SP, da esquerda para a direita, plataforma de abastecimento, alimentador vibratório, sala de operação, britador de mandíbula (abaixo da sala de operação), transportadores de correias fixos e móveis e rebritador de impacto.

¹ Stocco, Claudio. (ENDHAP - Empresa de Desenvolvimento Habitacional de Piracicaba Comunicação pessoal, 2003)



Foto 2.10(out2003)- Usina de moagem de Piracicaba-SP, da esquerda para a direita, pilha pulmão de “bica corrida”, rebritador, transportadores de correias e peneira vibratória. Ao fundo usina de asfalto que utiliza agregados reciclados da usina.



Foto 2.11 (out2003) – Fabrica de blocos de concreto para alvenaria instalada na Usina de Moagem de Piracicaba-SP. Produção diária de 1.400 un.

As **Fotos 2.12 e 2.13** mostram a usina de moagem de entulho instalada no município de Ribeirão Preto-SP. Instalada pela prefeitura municipal foi inaugurada em 27 de setembro de 1996, uma das pioneiras na atividade, moendo 200 m³ de bica corrida ao dia, fornecidos de forma espontânea pelos coletores do município. Encontra-se paralisada desde março de 2002 devido à falta de reposição de equipamento e instalações furtados, segundo informações do encarregado Antonio Manoel dos Reis.



Foto 2.12(ago2003)- Usina de moagem de Ribeirão Preto-SP. Modelo chamado de piloto, da esquerda para a direita, plataforma de abastecimento, alimentador vibratório, moinho de martelos e esteira móvel.



Foto 2.13(ago2003)- Usina de moagem de Ribeirão Preto-SP. Vista do alimentador vibratório e moinho de martelos.

2.6. Legislação Correlata

2.6.1 Licenciamento de Áreas para Empreendimentos

2.6.1.1 Definição dos Parâmetros Legais

Enfatiza-se que a legislação federal aborda de forma genérica a questão dos resíduos, ao contrário do tratamento dado aos assuntos ligados à poluição das águas e do ar. Ela carece de complementações normativas de forma a contemplar todos os aspectos do problema, considerados importantes.

Sob o ponto de vista jurídico institucional, o grande número de diplomas legais incidentes, de diferentes épocas e instituições governamentais setoriais sugere uma revisão/condensação e compilação dos mesmos, de forma a permitir não só, uma rápida e consistente identificação das diretrizes e restrições legais como, também, uma maior eficácia em sua aplicação, para controle e

fiscalização das diversas ações afetas à limpeza urbana e ao saneamento básico metropolitano. Assim, são apresentados a seguir os principais instrumentos legais federais.

No que tange aos instrumentos normativos e legais incidentes no âmbito de regiões metropolitanas observa-se sobreposições e vazios institucionais, especialmente no que respeita à questão dos resíduos sólidos, ao controle do uso do solo e à prestação de serviços de interesse metropolitano.

Por oportuno, apresentam-se os principais instrumentos legais que se aplicam direta ou indiretamente ao assunto resíduos sólidos.

2.6.1.2 Legislação Federal

Apresentam-se, a seguir, os principais instrumentos legais elaborados em nível federal.

Leis e Decretos

São elencados, abaixo, os principais instrumentos legais que cuidam, direta ou indiretamente do controle da poluição ambiental, ou que podem interferir com a questão dos resíduos sólidos. Não constam dessa lista as normas relativas aos resíduos nucleares.

Constituição Federal

A Constituição Federal, promulgada em 1988, aborda a questão de meio ambiente, o controle da poluição e a disposição final de resíduos sólidos, de maneira abrangente, ao definir que:

Art. 225 – Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

V – controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente.

Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Institui a Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Regulamentada pelo Decreto nº 88.361 de 01.06.83

Lei nº 9.605, de 28 de janeiro de 1998 – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências (conhecida como a lei de crimes ambientais).

Resoluções CONAMA

Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1988 – Submete ao licenciamento ambiental as obras de sistemas de abastecimento de água, sistemas de esgotos sanitários, sistemas de drenagem e sistemas de limpeza urbana.

Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997 – Dispõe sobre o processo de Licenciamento Ambiental, e estabelece a relação mínima das atividades ou empreendimentos sujeitos a este Licenciamento.

Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002 - "Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais".

Enfatiza-se quanto ao Diplomas Legais o enfoque das responsabilidades a seguir sintetizadas:

QUANTO À RESPONSABILIDADE:CIVIL: a responsabilidade pelo transporte e a destinação dos resíduos é do gerador e permanece do gerador ainda que os resíduos tenham sido entregues a terceiros e que estes tenham aprovação do órgão estadual e/ou estaduais.

PENAL: este tipo de responsabilidade varia em função do comportamento do gerador e vai depender de prova ou culpa. Se ocorrer danos ambientais, o gerador terá agido com culpa por não ter dado destinação adequada a seus resíduos, mesmo que tenha contratado terceiros, autorizados por órgãos competentes.

DANOS AMBIENTAIS: o gerador, terceiros e o próprio órgão ambiental competente, que tenha dado autorização para o tratamento e/ou disposição de resíduos, poderão ser chamados pelo Ministério Público para responder por danos ambientais que porventura venham a ser causados por resíduos dispostos inadequadamente.

Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil".

Portarias

Portaria do Ministério do Interior - MINTER nº 53, de 1º de março de 1979 - Dispõe sobre o tratamento e disposição final de resíduos sólidos de qualquer natureza.

Portaria IBAMA nº 113, de 25 de setembro de 1997 - Obriga ao registro no Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais, as pessoas físicas ou jurídicas que se

dedicam a atividades potencialmente poluidoras e/ou a extração, produção, transporte e comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como de minerais, produtos e sub produtos da fauna, flora e pesca.

2.6.1.3 Legislação do Estado de São Paulo

A seguir apresenta-se a Legislação Estadual, bem como, Decretos, Portarias e Resoluções.

Constituição Estadual

A Constituição do Estado de São Paulo, de 1989, em alguns casos, foi mais detalhista que a Constituição Federal quando, no capítulo referente ao Meio Ambiente e Saneamento Básico determina que: “*Artigo 191 – O Estado e Municípios providenciarão, com a participação da coletividade, a preservação, conservação, defesa, recuperação e melhoria do meio ambiente natural, artificial e do trabalho, atendidas as peculiaridades regionais e locais e em harmonia com o desenvolvimento social e econômico.*”

Decreto nº 52.497, de 21 de julho de 1970 – Proíbe o lançamento dos resíduos sólidos a céu aberto, bem como a sua queima nas mesmas condições.

Lei Estadual nº 9.509, de 20 de março de 1997 – Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.

2.6.1.4 Normas

As normas não têm força de lei, porém, indicam as ações e parâmetros a serem observados em situações específicas. As principais normas são editadas pela:

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas,

CETESB - São Paulo,

FEAM - Minas Gerais,

FEEMA - Rio de Janeiro,

CPRH – Pernambuco,

IAP – Paraná e

Órgãos Ambientais de outros Estados

Com relação às Normas Técnicas elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT destacam-se as principais normas relativas a resíduos.

- Normas ABNT - Resíduos Sólidos **NBR 10.004** - Resíduos Sólidos – Classificação

NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos

NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos

NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos

NBR 10.703 - Degradação do Solo - Terminologia

NBR 12.988 - Líquidos Livres - Verificação em Amostra de Resíduo

- Normas ABNT sobre Aterros Sanitários/Industriais

NBR 8418 - Apresentação de Projetos de Aterros de Resíduos Industriais Perigosos.

NBR 8419 - Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos.

NBR 10.157 - Aterros de Resíduos Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação.

NBR 13.896 - Aterros de Resíduos Não Perigosos - Critérios para Projeto, Implantação e Operação. Normas ABNT sobre Tratamento, Armazenamento e Transporte de Resíduos

NBR 11.174 – Armazenamento de Resíduos

NBR 11.175 - Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos - Padrões de Desempenho (antiga NB 1265)

NBR 13.894 - Tratamento no Solo (Landfarming)

NBR 12.235 - Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos (antiga NB-1183)**NBR 11.174** - Armazenamento de Resíduos Classe II - Não Inertes e III - Inertes (Antiga NB-1264)

NBR 13.221 - Transporte de Resíduos

2.6.1.4 Legislação Municipal de Bauru

A Prefeitura Municipal de Bauru passa a legislar sobre resíduos de construção à partir de 12 de dezembro de 1995, com a publicação da LEI Nº 3982, que “disciplina a colocação nas vias públicas, de caçambas e containers destinados ao recolhimento de entulhos e similares”.

A LEI Nº 4646, de 27 de março de 2001, altera a redação do artigo 8º da Lei nº 3982, determinando à Secretaria Municipal do Meio Ambiente a indicação e autorização dos locais para depósito de entulho e similares, e determina que as Secretarias Municipais de Obras e as Administrações Regionais devem inspecionar o efetivo depósito nos locais pré-determinados.

A LEI Nº 4796, de 06 de fevereiro de 2002, determina criação de grupo de estudo técnico sobre destinação final de entulhos no meio urbano, responsável por indicar à Secretaria Municipal do Meio Ambiente, local adequado, sem riscos ao meio ambiente para destinação final de entulho. Em 23 de março de 2002, o Diário Oficial nº 678 publica COMUNICADO do Departamento de Ações e Recursos Ambientais, determina que os “resíduos caracterizados como resíduos de construção ou demolição, sem mistura de qualquer outro material deverão ser depositados, pelas pessoas físicas jurídicas, ressalvados os casos especiais, na erosão localizada na Rua Jardim Gonçalves Soriano, na Pousada da Esperança I”.

2.6.2 Licenciamento de fontes de poluição

Embora já previsto em quase todas as legislações estaduais, o sistema de licenciamento foi disciplinado, em nível federal, pela Lei nº. 6.938/81, alterada pela Lei nº 7.804/89 (art. 10) e seu Regulamento, aprovado pelo Decreto nº 99.274/90 os quais estabelecem o sistema de licenciamento de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras.

Dependerão de licenciamento ambiental, sem prejuízo de outras licenças exigíveis, a localização, a construção, a instalação, a ampliação, a modificação e a operação dos empreendimentos ou atividades que utilizarem recursos ambientais efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental.

2.6.2.1 Etapas do procedimento do licenciamento ambiental

A Resolução CONAMA n.º 237/97 estabelece no seu Artigo 10º as etapas do licenciamento ambiental que são as seguintes:

- Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida;
- Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
- Análise pelo órgão ambiental competente dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;
- Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;

- Audiência pública quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente;
- Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico;
- Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.
-

2.6.2.2 As licenças Ambientais

LICENÇA PRÉVIA - LP concedida na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo. É nesta fase que poderá ser solicitado, quando for o caso, o Estudo de Impacto Ambiental - EIA, que será objeto de apreciação mais detalhada ao longo deste módulo.

LICENÇA DE INSTALAÇÃO - LI autoriza o início da implantação do empreendimento, de acordo com as especificações constantes do projeto executivo aprovado.

LICENÇA DE OPERAÇÃO - LO autoriza, após as verificações necessárias, o início da operação da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos, de acordo com o estabelecido na licença prévia e de instalação.

Por se tratar de legislação específica ao tema deste trabalho, apresenta-se no **ANEXO A**, a íntegra da **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002** - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil".

3 Análise da viabilidade técnica e econômica da implantação de usina de moagem de entulho com recursos da iniciativa privada no município de Bauru

3.1 Considerações iniciais

Bauru, município com população urbana de 310 mil habitantes, situado à noroeste do estado de São Paulo, e ocupando lugar de destaque nacional pelo elevado nível de crescimento, tem na sua administração, tal como na administração da maioria dos municípios brasileiros, a preocupação de reutilizar, reduzir e reciclar seus resíduos originados pela construção e demolição de obras civis. Por força da legislação, Resolução nº 307/2002 do CONAMA, sua administração tem visto o tempo se esgotar antes da aplicação de sanções por parte da união para aqueles que não implantarem seu plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil. Bauru tenta, a exemplo de municípios como Piracicaba e Belo Horizonte, implantar sistema de gestão baseado na instalação de usina de moagem destes resíduos, além da implantação

de áreas de coleta espalhadas pelo município para atender o despejo de pequenos geradores, enquanto que para os grandes geradores e coletores serão instaladas áreas de transbordo e reciclagem, onde deverão ser separados os resíduos (Jornal da Cidade, 17 de abril de 2004, página 12). Segundo o Engenheiro Florestal e então diretor do Departamento de Ações e Recursos Ambientais, Carlos Barbieri, ainda em reportagem da mesma edição jornalística, o descumprimento das normativas municipais incidiriam em multa de R\$ 500,00, enquanto que a reincidência seria multada em R\$ 5000,00. Finalmente, segundo a mesma reportagem, as áreas de transbordo e reciclagem seriam de gestão privada e parte dos seus custos de implantação, seriam repassados aos clientes, ou geradores.

Não obstante a urgência da administração municipal na implantação de seu plano de gerenciamento de resíduos, medidas como multas e repasse de custos não parecem ser as mais estimulantes para a implantação de qualquer sistema que envolva usuários de serviços de coleta ou ainda aqueles que transportam seus próprios resíduos gerados por pequenas construções ou reformas. Tais medidas podem provocar efeito contrário, estimulando o despejo clandestino em áreas que causem enorme prejuízo ao meio ambiente e custos ainda maiores para a administração quando da recomposição destas áreas.

A participação do capital privado na implantação do plano de gerenciamento é de vital importância. Embora a totalidade das usinas de moagem de entulho instaladas no Brasil seja de capital público municipal, todas padecem da baixa produtividade, originada, ou na falta de resíduos separados para a moagem, ou na falta de saída do produto sem opções para sua utilização, ou ainda por falta de recursos da administração para manutenção das usinas. A falta de programas orientativos à população também contribui para a baixa qualidade dos resíduos a serem reciclados, que quando chegam às usinas são descartados devido a grande mistura de vários resíduos diferentes, elevando o custo para separação, que ocorreria inevitavelmente de forma manual.

A presença de lixo doméstico inserido às caçambas pelos geradores deve ser coibida pela Prefeitura Municipal de forma enérgica, através de sobretaxas que atinjam também os coletores que se proponham ao transporte

do lixo misturado ao entulho. A presença de lixo doméstico inserido ao entulho se torna um fator de redução quantitativa e qualitativa no aproveitamento do entulho, e quando esta soma lixo-entulho é lançada em áreas irregulares, tornam-se abrigos e alimentação para vetores.

Os custos para instalação de uma usina de moagem de entulho podem variar dependentemente da sua capacidade de produção, variação de produtos (britas, areias finas e grossas), opção pelo reaproveitamento de madeiras, metais, etc, inseridos ao entulho, e ainda dependendo do transporte do resíduo até a usina.

3.2 Estimativa do volume de entulho gerado no Município de Bauru

Para obtenção do volume gerado diariamente de entulho no município de Bauru, foram comparados dois parâmetros. O primeiro foi a realização de entrevistas realizadas entre novembro e dezembro de 2003, com os próprios coletores ou caçambeiros através de preenchimento de questionário com quantidades coletadas em média por dia. Das quatorze empresas localizadas através de cadastro junto à Prefeitura, quatro responderam ao questionário, quatro não colaboraram, e as outras oito, ou não existem mais ou associaram-se às anteriormente citadas. Por se tratar de um trabalho de caráter exclusivamente científico, as empresas que forneceram os dados serão identificadas como empresas A, B, C, e D. Os dados foram coletados entre os meses de outubro e novembro de 2003.

Tabela 3.1 Quantidades de caçambas coletadas pelas empresas, obtidas em entrevista junto aos coletores

Empresa	Capacidade das caçambas	Nº de caçambas/mês (un)	Volume coletado/mês (m³)	Número de caminhões coletores (un)
A	5 m³	1000	5000	06
B	3m³	150	1950	04
	5m³	300		
C	5m³	100	500	01
D	4m³	150	600	01

Através do questionário, se obtiveram ainda as seguintes informações:

- Todos declararam realizar descarga somente no bolsão instalada pela Prefeitura Municipal no Bairro Pousada da Esperança.
- É freqüente a presença de resíduos orgânicos misturados ao entulho coletado nas caçambas.
- A maioria dos proprietários das empresas coletoras expressa interesse em informações sobre reciclagem de entulho, ou através da leitura sobre o assunto ou através de visita à uma usina já instalada. Demonstram também interesse em participar da montagem de uma usina, desde que obtivessem dados que apontassem para lucratividade neste ramo de atuação.
- Todos conhecem ou dispõem de área que comporte a instalação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru.

O segundo parâmetro considerado para obtenção do volume gerado diariamente de entulho no município de Bauru, foi a verificação dos dados de volume de descarga de entulho no único bolsão do município localizado no Bairro Pousada da Esperança. Através dos dados fornecidos pela Secretaria do Meio Ambiente para o período compreendido entre março/2002 e agosto/2003, obteve-se o gráfico apresentado na **Figura 3.1**.

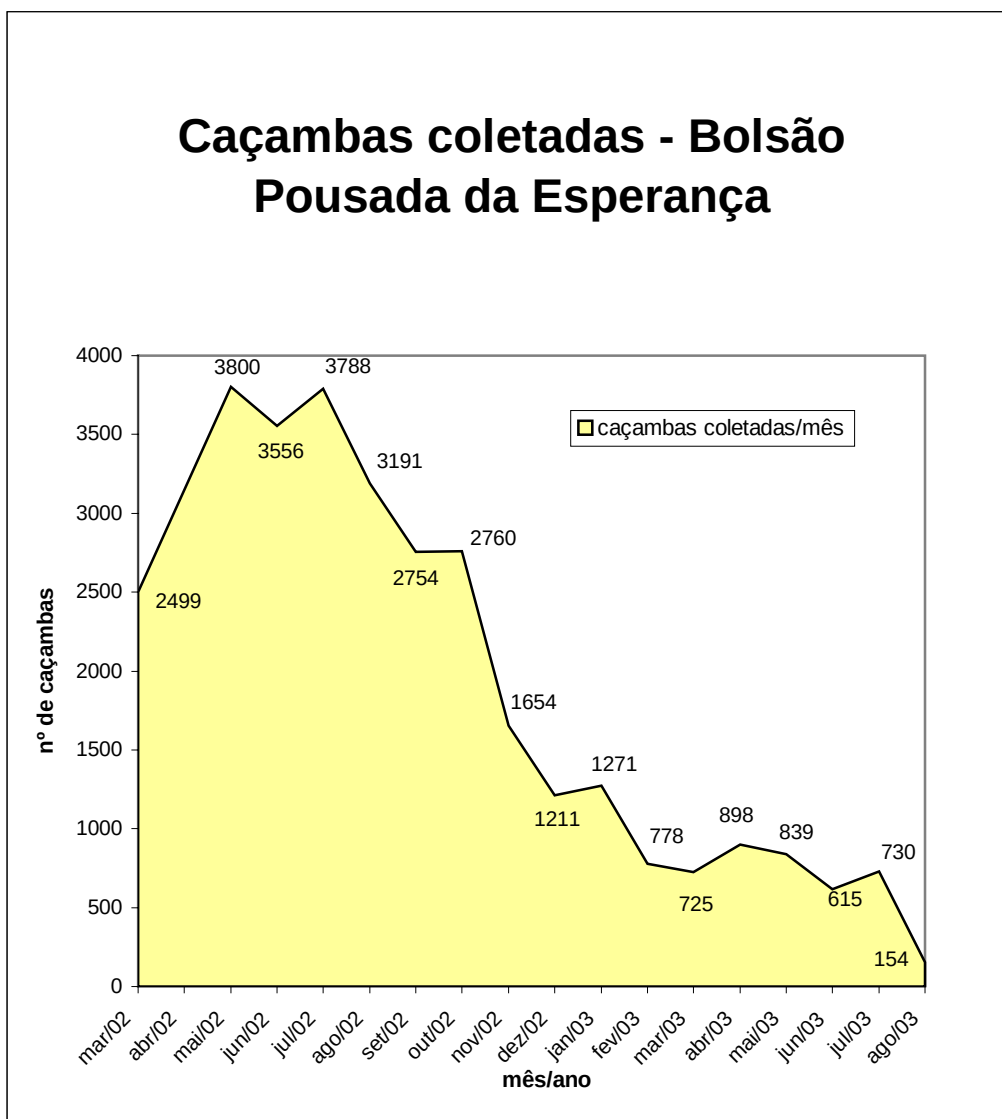


Figura 3.1 Gráfico do número de caçambas descarregadas mensalmente no bolsão Pousada Esperança – Dados fornecidos pela Secretaria do Meio Ambiente para o período compreendido entre maio/2002 e agosto/2003

Observa-se, que o número de caçambas coletadas nos primeiros meses da abertura do bolsão se mantém numa quantidade coletada bem superior às dos meses posteriores. Este decréscimo contínuo em relação aos primeiros meses pode ser entendido ou como uma redução real no número de caçambas geradas no município, pouco provável para uma cidade em franco crescimento

como Bauru, ou por uma redução no número de caçambas entregues no bolsão, ou seja, o aumento de caçambas descarregadas em locais impróprios. A segunda hipótese é a mais provável, haja visto o movimento politicamente turbulento por que passou, e passa o município, impedindo um bom desenvolvimento de fiscalização das secretarias. Este trabalho desconsiderará portanto os dados obtidos à partir de novembro de 2002.

Dos dados fornecidos pela Prefeitura Municipal, extraíram-se as quantidades de caçambas descarregadas no bolsão pelas empresas A, B, C e D nos 7 primeiros meses da abertura do bolsão, e extraíram-se as médias mensais para cada empresa neste período obtendo-se os valores abaixo:

Tabela 3.2 Quantidades de caçambas depositadas em bolsão pelas empresas A, B, C e D, segundo dados da Secretaria do Meio Ambiente

Empresa/mês	A	B	C	D
março/2002	768	360	1	87
maio/2002 ¹	894	590	-	125
junho/2002	1095	549	14	147
julho/2002	984	642	14	151
agosto/2002	734	422	-	122
setembro/2002	573	165		114
outubro/2002	632	96	-	106
Média	812	403	Prejudicado	122

(1) A Secretaria não procedeu a contagem no mês de abril/2002

Lembrando que os valores de caçambas coletadas mensalmente declaradas pelas empresas A, B e D (**Tabela 3.1**) são respectivamente 1000un, 450un e 150un, podemos considerar que a média para os sete primeiros meses (considerados de fiscalização efetiva por parte da prefeitura), declaradas e anotadas no bolsão para as empresas A, B e D, são em média iguais, e que representam com boa proximidade (variação de 10 a 20%) o valor efetivo de coleta mensal para as três empresas. Podemos, portanto, considerar que a média dos 7 primeiros meses para todas as empresas (**Figura 3.1**) representam também com boa proximidade o valor total coletado em caçambas no município de Bauru mensalmente e correspondem a 3.193 caçambas/mês.

Cálculo em peso:

Considerando-se que a densidade do entulho pode ser estimada em $1,0 \text{ kg/dm}^3$ (ZORDAN, 1997), que cada uma das 3.193 caçambas coletadas mensalmente transporta 5 m^3 de entulho, que a população urbana de Bauru está estimada em 310.442 (IBGE, senso 2000/2001) e que a coleta é realizada em 300 dias úteis por ano, obtém-se uma geração de entulho per capita de $2,05 \text{ kg/hab/dia}$ ou ainda 617 kg/hab/ano .

Estes valores levaram em consideração a fração de entulho coletada através de caçambas. Não foram levantadas as quantidades de entulho transportadas por pequenos veículos e carroças, embora cada vez menos comuns ainda contribuem para o transporte e disposição irregular de entulho. Estimativas de PINTO (1999), mostram que para as cidades de Santo André, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto o sistema de coleta por caçamba é responsável pelo transporte de 80 a 90% do entulho gerado nestes municípios.

Considerando-se Bauru município com características semelhantes aos anteriormente analisados por PINTO (1999), deve-se considerar a taxa obtida de 617 kg/ano.hab , equivalente a 85% em média, como coleta total do município e 15% referente à coleta não organizada, obtendo-se uma taxa final de entulho gerado por habitante, no período de um ano, de 726 kg/hab.ano , ou ainda, Bauru gera aproximadamente 750 toneladas de entulho por dia. Este valor é coerente com os obtidos pelo mesmo autor em 1999, quando analisou cidades cujos resultados ficaram entre 230 e 760 kg/hab.ano e cuja mediana foi avaliada em 510 kg/hab.ano .

3.1.1 O custo per capita da remoção de entulho em Bauru

Considerando-se a geração de 726 kg/hab.ano, e considerando-se que o custo médio destas caçambas para um volume 5m³ (ou 5 toneladas), é de R\$ 35,00/caçamba, obtêm-se um valor faturado por habitante de R\$ 5,08/hab.ano. Há que se somar ainda o valor gasto pela Prefeitura Municipal na limpeza de terrenos e remoção de galhos (poda de árvores), que segundo a Secretaria Municipal do Meio Ambiente este custo atingiu em 2003 a valor de R\$ 531.708,00, ou ainda R\$ 1,55/hab.ano. Estima-se, portanto, em R\$ 6,63/hab.ano o custo anual do manejo do entulho por habitante em Bauru, ou pode-se ainda grosseiramente dizer que o negócio de coleta de entulho em Bauru, fatura aproximadamente 2,0 milhões de reais anuais.

O valor obtido encontra-se abaixo dos R\$ 9,90 a R\$ 11,90 estimados por PINTO (1999) para cidades com população entre 300 e 600 mil habitantes. Considerando os custos por caçamba adotados pelo autor no ano de 2000 para as cidades de São José do Rio Preto (R\$ 20,00/caçamba), Santo André (R\$ 45,00/caçamba) e Ribeirão Preto (R\$ 40,00/caçamba) entende-se que o custo para a coleta por caçamba em Bauru é inferior às cidades analisadas e a causa pode estar no baixo custo operacional destas empresas de coleta, que podem irregularmente efetuar a descarga em lugares próximos à coleta, sem serem incomodados pela fiscalização da Prefeitura.

3.2 A cooperação entre os caçambeiros para instalação e obtenção dos recursos complementares para instalação da usina

A instalação de uma usina a partir da união dos caçambeiros é possivelmente a mais promissora forma de garantir boa produtividade, boa

qualidade dos produtos, baixo custo na obtenção do entulho à ser moído e finalmente boa rentabilidade e retorno rápido dos valores investidos.

O formato contábil desta união entre os caçambeiros deverá ser melhor analisado. A formação de cooperativas é vedada para pessoas jurídicas (Lei 5764 de 16 de dezembro de 1971-Cap. II – Art. 4º), e as associações só devem ser formadas quando não têm fins econômicos (Lei 10.406 de 10 de janeiro de 2002 – Cap. II – Art. 53º).

A união entre os caçambeiros deve anular os gastos com coleta e transporte de resíduos fornecidos a usina. Incentivos à população tais como descontos oferecidos por caçambas que contenham entulho selecionado e campanhas de orientação sobre o que pode ser reciclado devem ser estimulados.

3.3 Levantamento de custos para instalação e operação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru

Para avaliação de custos para instalação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru, são tomadas as seguintes considerações:

- Será instalada com capacidade de produção em torno de **30 toneladas por hora**, capacidade inicial da maioria das usinas de domínio público municipal instaladas no Brasil. Embora a capacidade produtiva seja equivalente, serão apresentados três modelos de usinas que se diferenciam além do custo de montagem, na qualidade do material produzido e na maior diversificação para a utilização do produto final.
- A área destinada à instalação deverá ser determinada pela prefeitura municipal, deverá ser concessionada para uso e deverá atender a área necessária para instalação e estocagem, tanto dos produtos não moídos

quanto para os já moídos. A ação conjunta entre a Prefeitura e os coletores é a intenção deste trabalho, por entender-se que só esta associação será capaz de resolver de forma adequada os problemas ambientais sofridos atualmente por este município. Trabalhos realizados pela Prefeitura já apontam para área lindeira que está em fase de licenciamento ambiental.

- Para os custos apresentados, não se levou em consideração valores para a aquisição do entulho a ser moído, pois caberá aos associados coletores o fornecimento desta matéria prima, devendo-se a exemplo do que preconiza a prefeitura, cobrar-se taxa para esta descarga, e podendo-se ainda diferenciar esta taxa para coletores associados e não associados, ambos isentados desta se o material for selecionado. Ficam, portanto excluídos do levantamento de custos os valores para veículos e outros dispositivos de coleta e entrega. Admite-se que o caminhão que trouxer entulho à usina, retorna com material moído (sistema de “leva e traz”).

Caberá a Prefeitura Municipal legislar para que todo o entulho gerado no município seja direcionado para este ponto de disposição final, ou para pontos intermediários (pequenos geradores), que tomarão o mesmo destino final. Caberá também à Prefeitura Municipal, a fiscalização e taxação dos geradores e transportadores que depositarem ou transportarem em caçambas material orgânico misturados ao entulho.

A prefeitura deverá ser o principal veículo de propaganda da usina, dando preferência à aquisição de seus produtos em suas tomadas de preços para aquisição de materiais e serviços. A exemplo dos materiais já usuais a PM poderá sempre em seus serviços licitados incluir a exigência de ensaios destes produtos, de maneira a demonstrar tanto à população, quanto aos próprios fornecedores destes serviços, que o material é viável.

A prefeitura e os órgãos ligados à construção civil deverão ser informados dos resultados obtidos nos ensaios, de maneira a propagar a utilização destes produtos para as pequenas e médias obras.

3.3.1- Custos de implantação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru

Para obtenção dos custos de instalação de uma usina de moagem de entulho, devem ser considerados além dos equipamentos de moagem, ou da usina propriamente dita, os custos das instalações, máquinas para carga e descarga, veículos para transporte horizontal, edificações e fechamentos da área.

3.3.1.1 – Equipamentos e acessórios de moagem, peneiramento e transporte por esteiras

Estão apresentados orçamentos para instalação de três plantas de usinas de moagem de entulho, cada uma delas fornecidas por empresas diferentes e com plantas e preços totais diferenciados. Pôde-se observar que as diferenças entre os equipamentos individuais não se apresentam discrepantes. Os preços finais se apresentam bastantes diferenciados em função da apresentação de plantas mais ou menos completas de cada fornecedor, e evidentemente que plantas mais completas, embora mais onerosas, apresentam como vantagens um produto de maior qualidade e maior diversidade de utilizações do produto final. Este trabalho apresenta os dados mais importantes de cada orçamento, porém, em respeito ao bom atendimento destes fornecedores às necessidades deste trabalho, e ainda em respeito ao mercado que estas empresas representam, os nomes destas empresas serão omitidos e no **ANEXO B** estão apresentadas as plantas de instalação destes modelos de usinas. Abaixo, apresenta-se esquema básico de funcionamento de uma usina de moagem.

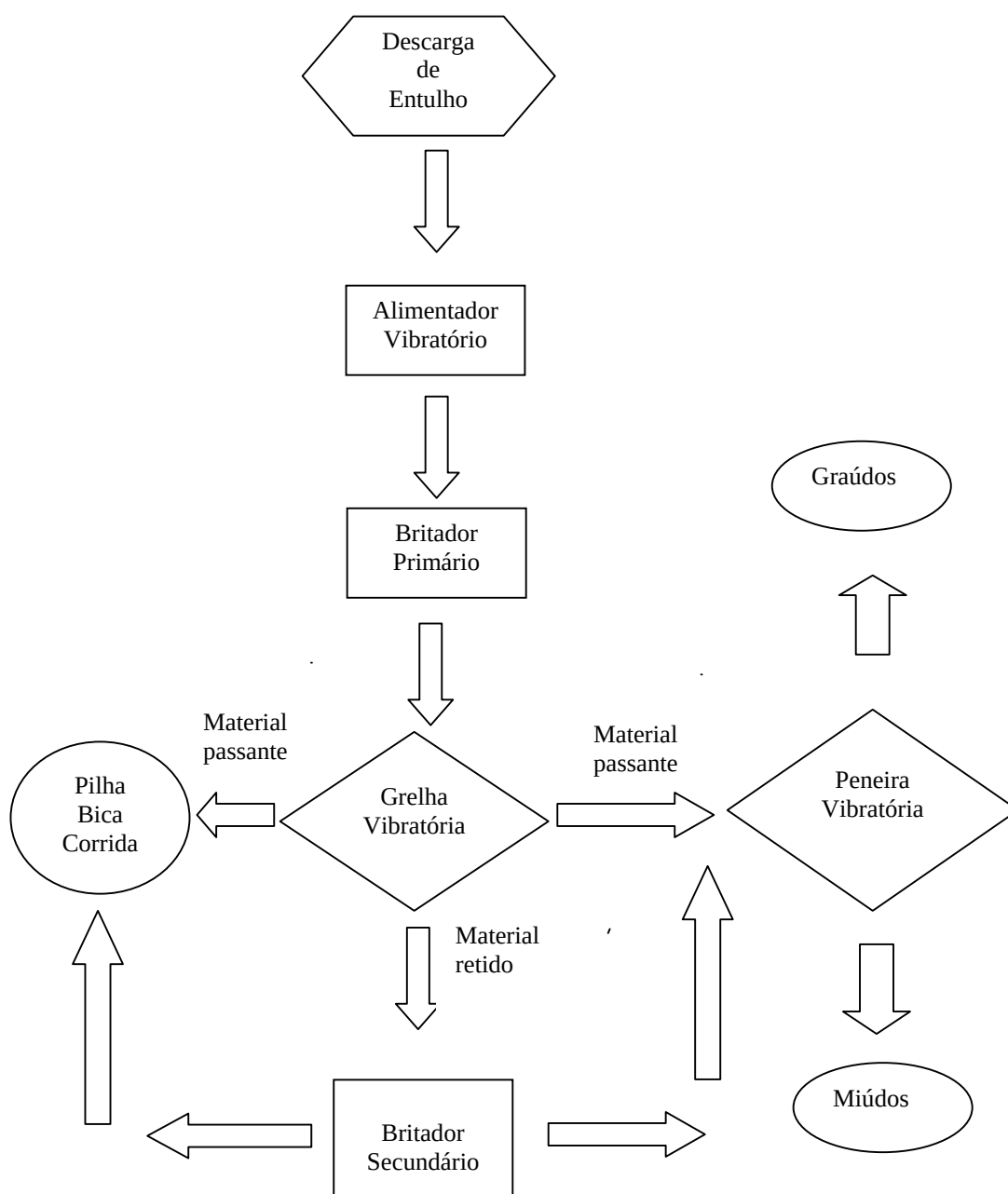


Figura 3.2 Fluxograma básico de funcionamento de uma usina de moagem de entulho

Planta nº1

Capacidade de produção: 30/35 ton/hora

Composição:

- **um alimentador vibratório** completo, com capacidade de 40 m³/h, motor elétrico trifásico blindado, mesa vibratória com grelha classificatória, tremonha de carga com capacidade de 3m³.
- **um transportador de correia fixo**, largura 16", comprimento 14m, capacidade de transporte de 30 m³/h.
- **um britador de impacto**, com capacidade 35 ton/h, em circuito aberto, com 95% de produtos passantes em peneiras de 60 mm, produção contínua, alimentação de material de 300 mm, revestimento interno substituível.
- **uma calha metálica**, com sistema de acesso para limpeza e manutenção, vedação contra pó, sistema "by pass" para recolhimento de finos do AV.
- **um transportador de correia fixo**, largura 24", comprimento 9m, capacidade de 50 m³/h, imã permanente.
- **um transportador de correias móvel**, tipo móvel, giro mínimo de 180°, largura de 20', comprimento de 14m, capacidade de transporte de 40 m³/h, para leira de estoque até 4,5 m, com rodas giratórias, rolamentos de apoio na parte traseira e tremonha de carga com vedação em borracha.
- **um imã permanente**, tipo suspenso.
- **um sistema de contenção de particulado**, para controle ambiental completo, com capacidade de 40 l/min, pressão regulável, conjunto moto-bomba com nebulizador spray, para operação mínima de 8 horas ininterruptas.
- **um sistema de contenção de ruído**, para controle ambiental completo, com manta de borracha anti-ruído/choque, instaladas em tremonhas de carga, bicas de transferência, calha metálica, peneira vibratória e bicas de distribuição e revestimento externo do BI, com placas de laminado asfáltico, protegido com filme de polietileno de espessura mínima de 3,0 mm.
- **uma estrutura metálica de sustentação**, com plataformas para operação, inspeção e manutenção, guarda-corpo de segurança e escada de acesso.
- **quatro bicas de transferência.**
- **uma peneira vibratória**, com capacidade de 30 m³/h, área de peneiramento de 3,0 m², três decks para telas com malhas de aberturas 22.0, 9.52 e 4.8 mm.
- **uma estrutura metálica de sustentação.**
- **quatro transportadores de correia fixos.** largura 16", comprimento 10m, capacidade de transporte de 30 m³/h.

Custo Total = R\$ 502.200,00 (quinhentos e dois mil e duzentos reais)

Base março/2005

Potência Total estimada = 60cv

Planta nº2

Usina de Reciclagem de Entulho com capacidade de 23 ton/hora

Composição:

- **um alimentador vibratório** com estrutura metálica
- **um britador de mandíbula**, com estrutura metálica e plataforma de serviço.
- **um rebritador de mandíbula**, com estrutura metálica e plataforma de serviço.
- **um transportador de correia fixo**, com pés de sustentação.
- **um transportador de correia fixo** 16"x11m com pés de sustentação.
- **uma peneira vibratória** com estrutura metálica e plataforma de serviço.
- um separador magnético para extração de não britáveis.
- **três transportadores de correia fixo** com pés de sustentação.

Custo Total Estimado pelo fornecedor = **R\$ 588.570,00(quinhentos e cinquenta e oito mil, quinhentos e setenta reais)**

Base junho/2005

Potência Total = 84 cv.

Planta nº 3

Sistema de Britagem e Moagem de Entulho com capacidade de 30 ton/hora

Composição:

- **um alimentador vibratório** com grelha
 - **um transportador de correia fixo 30" x 9.000mm**
 - **uma mesa de escolha com 42" x 8.000mm** com estrutura de sustentação e 4 (quatro) caixas de separação para materiais não desejáveis ao Britador.¹
 - **um britador de impacto**
Capacidade: até 30 toneladas/hora
Granulometria de entrada: até 14" = 355mm
Granulometria de saída: 95% < 1 ¾" = 45mm
 - uma estrutura de sustentação do Britador com plataforma de acesso e guarda-corpo
 - **um transportador de correia fixo 20" x 10.000mm**, com tambor magnético para extração dos ferros.
 - uma **peneira vibratória 3 decks**
 - **um transportador de correia fixo de 16" x 12.000mm** com tambor magnético .
 - **um moinho de impacto 75 x 35**
Capacidade: até 20 toneladas/hora
Granulometria de entrada: até 2" = 50mm
Granulometria de saída: 98% < 12mm sendo 60% < 3mm
 - uma estrutura de sustentação com plataforma de acesso e guarda-corpo.
 - **11- um transportador de correia fixo 16" x 15.500mm**
 - **uma peneira vibratória 3 decks**
 - uma estrutura de sustentação da peneira, com plataforma, guarda-corpo e escada de acesso.
 - **três transportadores de correia fixos 16" x 12.000mm**
 - um painel elétrico e quadro sinótico para sala de operação
- obs(1):* O item mesa de escolha não será considerado para efeito de orçamento e cálculos de consumo de energia por considerarmos que o material a ser moído já é pré-selecionado.

Preço Estimado pelo Fornecedor= R\$ 659.900,00,00 + 2% de IPI

Preço Total estimado pelo fornecedor = **R\$ 673.098,00 (seiscentos e setenta e três mil e noventa e oito reais)**

Base março/2005

Potência Total = 142,0 cv

Tabela 3.3 Resumo para custos e produtividade para as três plantas de usina de moagem

Planta	Equipamentos	Produção (m³/h)	Custo (R\$)	Características
1	-Alimentador vibratório -Britador de Impacto -Peneira vibratória -Transportadores de correia fixos e móvel -Imã permanente -Sistema de contenção de particulados	30 ton/h Pot = 60cv	502.200,00 base mar/2005	Conta com apenas um britador, tem sua capacidade produtiva de miúdos reduzida, atingindo sua capacidade produtiva máxima para produção de bica corrida (pavimentações), durante o peneiramento grande parte do material fica retido na peneira de 22mm.
2	-Alimentador vibratório -Britador primário de mandíbula -Rebritador de mandíbula -Peneira vibratória -Transportadores de correia fixos -Imã permanente	23 ton/h Pot=84cv	558.570,00 base jun/2005	Britadores de mandíbula produzem agregados graúdos de formato lamelar, indicados para utilização em concretos. Baixa quantidade de materiais retidos na peneira de 22 mm (recondução ao rebritador). Boa produção de miúdos e graúdos. Menor custo de manutenção.
3	-Alimentador vibratório -Mesa de escolha (4 caixas) -Britador de impacto -Peneira vibratória -Rebritador de impacto -Peneira vibratória nº2 -Transportadores de correia fixos -Imãs permanentes- 2 un	30 ton/h Pot=152cv	673.098,00 base mar/2005	Britadores de impacto produzem agregados de formas regulares, indicados para a utilização em pavimentações. A mesa de escolha permite a recepção de materiais menos selecionados na origem. A instalação de uma segunda peneira vibratória no processo propicia menor desgaste no rebritador. Maior produção de agregados miúdos. Maior custo de manutenção com trocas periódicas de martelos e placas.

- (1) Dados de custo e produtividade fornecidos pelo fabricante da planta 1
 (2) Dados de custo e produtividade fornecidos pelo fabricante da planta 2
 (3) Dados de custo e produtividade fornecidos pelo fabricante da planta 3

3.3.1.2 Máquinas e veículos

Estão apresentados abaixo valores de cotação para aquisição de máquinas e veículos necessários ao transporte vertical e horizontal do resíduo de construção, antes e depois do processo de moagem, além de transporte de pessoal de escritório para de pagamentos, compras e outros.

3.3.1.2.1 Pá carregadeira

Para transporte do material da pilha até o alimentador vibratório, e carga do material moído, será necessário a utilização de máquina tipo pá-carregadeira de porte médio, que deve atender à demanda de 30 m³ por hora.

Segundo Coelho Neto¹ a pá carregadeira de pneus Caterpillar mod.924F atenderia a necessidade da usina. Com um consumo estimado de 16 litros de óleo diesel por hora de trabalho, este equipamento conta com uma concha de 1,7 m³ e com uma capacidade de elevação de 3000 kg. Considerando-se uma densidade de 1000 kg/m³ para o entulho, uma concha completamente cheia de entulho teria como carga 1700 kg, inferior aos 3000 kg suportados pelo equipamento. Considerando-se ainda uma produtividade de entulho moído de 30m³/h, a pá-carregadeira terá que efetuar 18 ciclos de carga/hora para abastecer o alimentador vibratório, ou ainda 1 ciclo a cada 3,3 minutos, tempo intuitivamente suficiente para tomada de material em pilhas próximas ao alimentador vibratório(Max 100m). A Metramaq apresentou através do Eng^o Coelho Neto¹, duas opções de compra para a pá-carregadeira Caterpillar 924F:

¹ Coelho Neto, Antonio, Engenheiro Mecânico (METRAMAC Equipamentos Pesados – São Paulo-SP) Comunicação pessoal, 2005.

1- N° de referência no site Metramaq 11980, ano 1997, série 4YNOO745, 8781 horas trabalhadas, lotada em Pernambuco, excelente manutenção, pneus em bom estado.

Preço: R\$ 137.000,00.

2- N° de referência no site Metramaq 12148, ano 1998, série 4YNO1376, único dono, lotada em Goiás, e ótimo estado de conservação.

Preço: R\$ 120.000,00.

Para efeito de custo de aquisição de uma pá-carregadeira com as características apresentadas, este trabalho adotará o preço médio entre os dois valores obtidos:

Valor adotado para custo de pá carregadeira: R\$ 128.500,00.

3.3.1.2.2 Caminhão Basculante

Para transporte interno do material moído, será necessária a utilização de caminhão tipo basculante de porte médio, com caçamba de 7 m³ a 10 m³, dois eixos traseiros com até 10 anos de uso. A Metramaq (2005), revendedora de equipamentos usados, apresenta em tabela de equipamentos disponíveis para venda as opções:

1-Ref. 12493- Caminhão basculante marca FORD mod. F14000, ano de fabricação 1997, 50.000 km rodados, carroceria marca FACCHINI, ótimo estado de conservação.

Preço: R\$ 45.000,00

2-Ref. 12339- Caminhão basculante marca FORD mod. F14000, ano de fabricação 1995, de boa procedência.

Preço: R\$ 55.000,00

Para efeito de custo de aquisição de um caminhão basculante, porte médio, caçamba de 7 a 10 m³, dois eixos traseiros e com até 10 anos de uso, este trabalho adotará o preço médio entre as duas opções apresentadas:

Valor adotado para custo de caminhão basculante: R\$ 50.000,00.

3.3.1.2.3 Automóvel

Para pequenos serviços de escritório se fará necessária a aquisição de veículo de pequeno porte, motor 1.0 com até 05 anos de uso.

Segundo Jornal da Cidade, Caderno AUTOMERCADO, 22 de janeiro de 2005, pgs 21 e 22 tem-se:

1-Marca VOLKSWAGEM, carro Gol Special 1.0, 3 portas, anos 2000 a 2004

Preço médio = R\$ 14.642,00

2-Marca CHEVROLET, carro Celta 1.0 2p, anos 2001 a 2004

Preço médio = R\$ 17.758,00

3-Marca FORD, carro Ka 1.0, anos 2000 a 2004

Preço médio= R\$ 15.479,00

3-Marca FIAT, carro Uno Mille 2p, anos 2000 a 2004

Preço médio = R\$ 13.142,00

Para efeito de aquisição de automóvel de pequeno porte, motor 1.0, com até 5 anos de uso, este trabalho adotará o preço médio entre as 4 marcas apresentadas:

Valor adotado para aquisição de veículo: R\$ 15.255,00

Tabela 3.4 Resumo de custo para aquisição de máquinas e veículos

Máquina/Veículo	Valor de aquisição (R\$)	Quantidade (un)	Valor total (R\$)
Pá carregadeira	127.500,00	01	127.500,00
Caminhão basculante	50.000,00	01	50.000,00
Automóvel	15.255,25	01	15.255,00
Custo total			192.755,00

3.3.1.3- Infra-estrutura e Edificações

Embora a área de instalação da usina seja considerada neste trabalho como sendo oferecida pela Prefeitura Municipal, há que se desenvolver alguns trabalhos para operacionalização desta. Instalações de água, energia elétrica e edificações fazem parte da infra-estrutura necessária ao funcionamento de uma usina de moagem de entulho. Relaciona-se abaixo toda a infra-estrutura considerada e orçada para estas instalações:

- Entrada de energia em alta tensão, medição indireta, transformador de 112 kva, composta por transformador em poste, abrigo em alvenaria para medidores e acessórios conforme padrão da Companhia Paulista de Força e Luz-CPFL
- 2- Instalação de entrada de água padrão Departamento de água e Esgoto de Bauru, bitola de 1 ½ polegadas e reservatório metálico com capacidade de 8 m³.

- 3- Instalação de escritório em alvenaria e cobertura em laje e telhado, rebocado e pintado, piso em cimentado pintado, área de 50 m², divididos em 3 salas e um wc.
- 4- Instalação de refeitório/vestiário/wc em alvenaria e cobertura de telhado, rebocado e pintado, piso em cimentado pintado, área de 50 m².
- 5- Instalação de almoxarifado em alvenaria e cobertura de telhado, sem reboco, piso em cimentado rústico, área de 60 m².
- 6- Instalação de guarita de vigilância em alvenaria e cobertura de laje, rebocado, piso em cimentado pintado, área de 6 m².
- Execução de terraplanagem e fechamentos para área de 5.000 m²

A **Tabela 3.5** apresenta a estimativa de custos para os itens relacionados. O orçamento foi elaborado por empresa construtora de Bauru e considera um BDI (Bônus para Despesas Indiretas) de 20%, percentual de custo que pode ser economizado se a associação de caçambeiros responsável pela instalação da usina administrar as obras de infra-estrutura.

Tabela 3.5 Orçamento para obras de infra-estrutura

	Descrição do serviço	Un.	Quantid.	Unitário Total (R\$)	Preço do Serviço (R\$)
1	TERRAPLANAGEM				
1.1.	Execução de limpeza de terreno	m2	5.000,00	2,50	12500,00
1.2.	Execução de terraplanagem com compensação	m2	5.000,00	1,50	7500,00
2	IMPLANTAÇÕES				
2.1	Fechamento em cerca de alambrado com postes de concreto, três	m	280,00	35,00	9800,00
	fios de arame farpado e tela trançada malha de 2" e altura de 2,00 m				
2.2	Portão em tubo galvanizado de diâmetro 2" em uma folha de correr	un	1,00	950,00	950,00
	com 3,50 metros de comprimento e 1,80 metros de altura.				
2.3	Sistema de abastecimento de água composto por entrada padrão	cj	1,00	15.500,00	15.500,00
	DAE-Bauru, diâmetro 11/2", reservatório metálico tipo cálice				
	com reserva para 15 m³, incluso fundações, e 100 metros de tubulação em pvc marrom				
	diâmetro de 1" e conexões.				
2.4	Entrada de energia elétrica em alta tensão, padrão CPFL, em poste com transformador de 112,5kva, caixas de medidores em muro externo, e quadro de distribuição de energia composto por um disjuntor tripolar de 250A, um disjuntor tripolar de 150A, três disjuntores tripolares de 40A e 20 disjuntores bipolares entre 16 e 20A	cj	1,00	22600,00	22600,00
2.5	Cabos alimentadores				
2.5.1	Cabo flex #120mm² 750v em tubo PVC d=100mm	m	200,00	75,00	15000,00
2.5.2	Cabo flex #70mm² 750v em tubo PVC d=75mm	m	120,00	49,00	5880,00
2.5.3	Cabo flex #10mm² 750v em tubo PVC d=32mm	m	200,00	3,80	760,00
2.5.3	Cabo flex #2,5 mm² 750v em tubo PVC d=25mm	m	600,00	2,00	1200,00
2.6	Postes de iluminação em tubo galvanizado curvo, diâmetro de 21/2" com um iluminador aberto para uma lâmpada de 300w, vapor metálico,	un	6,00	550,00	3300,00

Tabela 3.5 Continuação

	Descrição do serviço	Un.	Quantid.	Unitário Total (R\$)	Preço do Serviço (R\$)
3	EDIFICAÇÕES				
3.1	Escritório em alvenaria de tijolo comum revestido e pintado em latex sem massa corrida, cobertura em telha cerâmica e madeira, forro de madeira, piso em cerâmica, esquadrias metálicas, tubulações elet. e hidráulicas externas, composto por duas salas e um sanitário.	m²	50,00	420,00	21000,00
3.2	Instalações para refeitório/sanitário/vestiário em alvenaria revestida e pintada em latex e barrado impermeável, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cimentado pintado, esquadrias metálicas, tubulações elétricas e hidráulicas externas.	m²	50,00	390,00	19500,00
3.3	Instalações para almoxarifado/oficina em alvenaria sem revestimento e pintura à cal, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cimentado rústico, esquadrias metálicas, tubulações elétricas externas.	m²	60,00	280,00	16800,00
3.4	Instalações para guarita em alvenaria revestida e pintada em latex e barrado impermeável, cobertura em telha cerâmica e madeira, piso em cimentado pintado, esquadrias metálicas, tubulações elétricas e hidráulicas externas.	m²	6,00	390,00	2340,00
4	INFRA-ESTRUTURA PARA EQUIPAMENTOS				
4.1	Execução de bases em concreto armado, fck=180 kgf/cm², fundação 4 estacas de concreto armado (prof. 3m), volume de 3,5 m³.	un	4,00	1200,00	4800,00
Total do orçamento				159.430,00	

Preços: SPS Engenharia e Construções Ltda. Bauru – Data base Mar 2005

Tabela 3.6 Totalização dos custos de implantação de uma usina de moagem de entulho

Ítem	Descrição	Custo
3.3	Equipamentos e acessórios	Planta 1: 502.200,00 Planta 2: 558.570,00 Planta 3: 673.098,00
3.4	Máquinas e veículos	192.755,00
3.5	Infra-estrutura e edificações	159.430,00
	Custo de implantação	Planta 1: 854.385,00 Planta 2: 910.755,00 Planta 3: 1.025.283,00

3.3.2 Custos de operação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru

3.3.2.1 Levantamento de custos para mão-obra operacional

Estima-se abaixo os custos com mão-de-obra de operação de uma usina de capacidade de moagem de 30 ton/hora.

Tabela 3.7 Custos operacionais com mão-de-obra

Atividade	Nº de funcionários	Salário mensal ¹ (Reais)	Encargos Sociais ² (%)	Custo total mensal (Reais)
escritório	02	600,00	185,65	1.713,90
operador de usina	01	600,00	185,65	1.713,90
Auxiliar	02	450,00	185,65	1.285,42
operador de pá carregadeira.	01	800,00	185,65	2.285,20
Motorista	02	660,00	185,65	1.885,29
Vigia Noturno	01	450,00	185,65	1.285,42
			Custo total mensal com salários	10.169,13

(1) Valores obtidos através de consultas de médias salariais para o setor da construção civil praticados em Bauru.

(2) Percentual aplicado sobre os valores salariais obtidos junto ao SindusConSP (Sindicato da Indústria da Construção para o estado de São Paulo), tabela de dezembro de 2004.

3.3.2.2 Taxa mensal de energia elétrica

Estima-se na **Tabela 3.8** os gastos com consumo de energia elétrica para cada uma das plantas de usina propostas, diferenciados pela quantidade de motores entre as plantas mais simples e as mais completas.

Tabela 3.8 Custo mensal para consumo de energia elétrica

Equipamento	Carga considerada (kilowatts)	Tempo de atividade/dia (hora)	Consumo (kwh/dia)	Consumo (kwh/mês) ²	Taxa (R\$/kwh) ³	Custo Mensal (R\$)
Motores ¹						
Planta1 (60,0cv)	20,76	6,0	124,56	2740,32	0,29958	820,94
Planta 2 (84,0cv)	29,06	6,0	174,36	3835,92	0,29958	1149,16
Planta 3 (154,5cv)	49,13	6,0	294,80	6485,60	0,29958	1942,96
Lâmpadas vapor metálico (externas)	1,80	8,0	14,4	432,00	0,29958	129,41
Lâmpadas fluorescentes	1,44	8,0	11,52	276,48	0,29958	82,82
Outros	2,0	8,0	16,0	384,00	0,29958	115,04
Totais acrescidos de 25% referente cálculo ICMS				Planta 1 R\$ 1.435,26/mês		
				Planta 2 R\$ 1.433,03/mês		
				Planta 3 R\$ 2837,78/mês		

(1) Cálculos simplistas, podendo diminuir dependendo da carga individual de cada motor

(2) Considerando-se 22 dias de atividade por mês

(3) Valor extraído de tabela de taxas e tarifas da CPFL Companhia Paulista de Força e Luz (www.cpfl.com.br/new/serviços/taxas_tarifas.asp) grupo B, não residencial, base março/2005

3.3.2.5 Custos para operação de máquinas e veículos com reposição de peças, manutenção dos equipamentos, combustíveis e remuneração do capital

Segundo tabela SOBRATEMA (2003) publicada pela Associação Brasileira de Tecnologia para Equipamentos e Manutenção, os custos operacionais para os veículos da usina são dados conforme segue:

1- Caminhão Basculante, potência 127HP, volume 5,0 m³.

Custo por hora trabalhada é R\$ 37,26/hora

2- Pá carregadeira de rodas, potência de 100HP, categoria 1,7 m³.

Custo por hora trabalhada é R\$ 62,63

1- Automóvel, motor 1.0: Considerando-se a ausência de cálculo de custo operacional para veículos de pequeno porte na tabela da SOBRATEMA (2003), este trabalho adotou o mesmo critério de cálculo e chegou ao custo operacional de R\$ 9,84/hora para o automóvel.

Considerações: Rodando 150 km/dia em 6 horas de utilização efetiva.

Custo de reposição de R\$ 20.300,00

Consumo de combustível de 12 km/litro de gasolina

Para obtenção dos custos operacionais para máquinas e veículos adota-se a tabela publicada pela SOBRATEMA (2003), porém com a subtração dos valores de mão-de-obra, já levantados anteriormente, e atualização monetária do valor final (base março/2005), utilizando-se como indexador o valor do combustível, que invariavelmente norteia os preços de veículos, peças e lubrificantes.

Tabela 3.10 Custos mensais com máquinas e veículos

Descrição	Custo horário ¹ (R\$/h)	Custo mão-de-obra (R\$/h)	Atualização(23%) (R\$/h)	Custo mensal ² (R\$/mês)
Pá carregadeira de rodas	62,63	2,54	73,91	10.643,04
Caminhão Basculante	37,26	2,55	42,69	6.147,36
Automóvel	9,84	-	-	1.416,96
Custo mensal com maquinas e automóveis				18.207,36

(1) Valores extraídos da tabela

SOBRATEMA(www.sobratema.org.br/servicos/calculodecustos.html)

(2) Considerando-se 6 horas de operação por dia e 24 dias de operação por mês e considerando-se a remuneração do capital empregado

3.3.2.6 Custos para operação de equipamentos e acessórios de moagem, peneiramento e transporte por esteiras

Aplicando-se a metodologia de cálculo de custo operacional da tabela SOBRATEMA (2003) para obtenção do custo operacional dos equipamentos de moagem e transporte apresentados pelos fabricantes, temos a considerar os seguintes dados:

Vida útil: vida útil do equipamento em horas

Horas/ano: número de horas efetivamente trabalhadas por ano pelo equipamento

Reposição: valor do equipamento novo em reais

Depreciação: a perda de valor do equipamento em reais/hora

$$\text{Depreciação} = (\text{reposição} - \text{residual}) / \text{vida útil}$$

Residual: valor % sobre o valor novo do equipamento após a vida útil

Taxa de juros: taxa percentual a ser considerada para remuneração do valor aplicado na compra do equipamento

Juros: remuneração média do valor aplicado após aplicação de taxa de juros em reais/hora

Juros = $\frac{(\text{reposição-depreciação}) \times (\text{tx de juros anual})}{\text{horas/ano}}$ calculado durante a vida útil

Material de desgaste: valor médio em reais/hora gasto com materiais com substituições previstas

Lubrificação: valor médio de gastos com lubrificantes em reais/hora

Custo/hora: custo total em reais/hora para operação do equipamento

Considerações:

- Considera-se que as atividades de moagem são desenvolvidas durante 6 horas por dia, e durante 22 dias por mês, ficando o restante do tempo comercial para atividades de manutenção e empilhamento de materiais.
- A taxa anual de juros adotada para remuneração do valor aplicado é a TAXA SELIC, publicada pelo COPOM, com valor de 18,75%/ano, base março de 2005.
- Os valores foram calculados à partir de informações dos fornecedores de equipamentos, tais como custo de reposição, depreciação, residual, etc.

3.3.2.6.1 Cálculo dos custos para operação de equipamentos e acessórios de moagem, peneiramento e transporte por esteiras para a planta 1

Vida útil: 5 anos ou 7920 horas para o conjunto principal

Horas/ano: 1584 horas

Reposição: ver **Tabela 3.12**

Depreciação: 20%/ano

Residual: 0,00 %

Taxa de juros: 18,75 %/ano

Juros: remuneração média do valor aplicado após aplicação de taxa de juros

Material de desgaste e lubrificação: valor médio gasto com materiais com substituições previstas – ver **Tabela 3.12**

Custo/hora: o custo total para operação do equipamento é de R\$ 114,92/hora ou R\$ 15.169,44/mês, conforme **Tabela 3.12**

3.3.2.6.2 Cálculo dos custos para operação de equipamentos e acessórios de moagem, peneiramento e transporte por esteiras para a planta 2

Vida útil: 5 anos ou 7920 horas para o conjunto principal

Horas/ano: 1584 horas

Reposição: ver **Tabela 3.13**

Depreciação: 20%/ano

Residual: 0,00 %

Taxa de juros: 18,75 %/ano

Juros: remuneração média do valor aplicado após aplicação de taxa de juros

Material de desgaste e lubrificação: valor médio gasto com materiais com substituições previstas – ver **Tabela 3.13**

Custo/hora: o custo total para operação do equipamento é de R\$ 88,37/hora ou R\$ 11.664,84/mês, conforme **Tabela 3.13**

3.3.2.6.3 Cálculo dos custos para operação de equipamentos e acessórios de moagem, peneiramento e transporte por esteiras para a planta 3

Vida útil: 5 anos ou 7920 horas para o conjunto principal

Horas/ano: 1584 horas

Reposição: ver **Tabela 3.11**

Depreciação: 20%/ano

Residual: 0,00 %

Taxa de juros: 18,75 %/ano

Juros: remuneração média do valor aplicado após aplicação de taxa de juros

Material de desgaste: valor médio gasto com materiais com substituições previstas – ver **Tabela 3.11**

Lubrificação: valor médio de gastos com lubrificantes – **Tabela 3.11**

Custo/hora: o custo total para operação do equipamento é de R\$ 154,23/hora ou R\$ 20.358,36/mês, conforme **Tabela 3.11**

Tabela 3.14 Custo de operação das usinas de plantas 1, 2 e 3

Planta	Custo horário de operação (R\$/hora)	Custo mensal de operação (R\$/mês)
Planta 1	114,92	15.169,44
Planta 2	88,37	11.664,84
Planta 3	154,23	20.358,36

A tabela 3.15 apresenta o resumo para o custo mensal de operação de uma usina de moagem de entulho.

Tabela 3.15 Totalização dos custos mensais de operação de uma usina de moagem de entulho

Ítem	Descrição	Custo (R\$/mês)
3.3.2.1	Custo mensal de mão-de-obra operacional	10.169,13
3.3.2.2	Taxa mensal de energia elétrica	Planta 1: 1.435,26 Planta 2: 1.433,03 Planta 3: 2.837,78
3.3.2.3	Taxa mensal de consumo de água	Planta 1: 5.398,84 Planta 2: 340,45 Planta 3: 340,45
3.3.2.4	Taxa mensal para utilização de telefone	700,00
3.3.2.5.	Custo mensal para operação de máquinas e veículos	18.207,36
3.3.2.6.	Custo mensal para operação de equipamentos e acessórios de moagem, peneiramento e transporte por esteiras	Planta 1: 15.169,44 Planta 2: 11664,84 Planta 3: 20.358,36
Custo operacional total (R\$/mês)		Planta 1: 51.080,03 Planta 2: 42.514,81 Planta 3: 52.613,08

3.3.2.7 Avaliação de Custos de Produção das Plantas 1, 2 e 3

3.3.2.7.1 Planta 1

Produtividade: 30 ton/hora

Materiais Produzidos: Areia

Pedrisco

Brita 1

Bica corrida ($22\text{mm} < d < 60\text{mm}$)

As quantidades de cada produto são variáveis de acordo com a qualidade do entulho a ser moído.

Produção mensal total= 3.960 ton ou aproximadamente 3.960 m³

Custo operacional mensal (calculado no item 3.3.2.6.2.)= R\$ 51.080,03

Cálculo do custo operacional médio por m³ = $\frac{\text{R\$ } 51.080,03}{3.960 \text{ m}^3} = \text{R\$ } 12,90/\text{m}^3$

3.3.2.7.2 Planta 2

Produtividade: 23 ton/hora

Materiais Produzidos: Areia - 6 ton/h

Pedrisco - 5,5, ton/h

Brita 1- 11,5 ton/h

As quantidades de cada produto são variáveis de acordo com a qualidade do entulho a ser moído.

Produção mensal total= 3.036 ton ou aproximadamente 3.036 m³

Custo operacional mensal (calculado no item 3.3.2.6.2.)= R\$ 42.931,93

Cálculo do custo operacional médio por m³ = $\frac{\text{R\$ } 42.514,81}{3.036 \text{ m}^3} = \text{R\$ } 14,00/\text{m}^3$

3.3.2.7.2 Planta 3

Produtividade: 30 ton/hora

Materiais Produzidos: Areias fina, media e grossa

Pedrisco

Britas 1, 2 e 3, bica corrida

Esta planta apresenta composição mais completa e pode em função de ajustes no britadores e substituição das malhas das peneiras, diversificar o produto final. As quantidades de cada produto são variáveis de acordo com a qualidade do entulho a ser moído.

Produção mensal total= 3.960 ton ou aproximadamente 3.960 m³

Custo operacional mensal (calculado no item 3.3.2.6.2.)= R\$ 52.613,08

Cálculo do custo operacional médio por m³ = $\frac{\text{R\$ } 52.613,08}{3.960 \text{ m}^3}$ = R\$ 13,29/m³

3.3.2.7 Levantamento dos impostos e classificação contábil

Conforme citado no item 3.2, o formato contábil da união entre os caçambeiros sugerida neste trabalho deverá ser melhor analisada. A formação de cooperativas é vedada para pessoas jurídicas (Lei 5764 de 16 de dezembro de 1971-Cap. II – Art. 4º), e as associações só devem ser formadas quando não têm fins econômicos (Lei 10.406 de 10 de janeiro de 2002 – Cap. II – Art. 53º).

A formação de uma associação fica descartada pois este trabalho avalia essencialmente a viabilidade econômica da instalação de uma usina de moagem no município de Bauru, evidenciando-se portanto a finalidade lucrativa, finalidade esta que impossibilita a formação de associações. A cooperação entre os caçambeiros aparentemente também não será possível, pois todos os coletores têm formato jurídico, ou seja, são empresas de prestação de serviço, situação em

que fica impossibilitada a formação de cooperativas. Contabilmente a solução aponta para a abertura de uma empresa de transformação e venda de produtos.

A classificação fiscal se dá à partir do faturamento estimado. Vislumbrando a venda de todo o produto moído pela usina (aproximadamente 47.500 m³/ano) e uma negociação a um valor até aqui estimado em de R\$ 20,00/m³, apontaríamos um faturamento anual de R\$ 950.000,00. Segundo Afonso¹, embasado pela Legislação Tributária vigente, o faturamento anual apontado exclui a possibilidade de formação de uma Micro-Empresa (faturamento anual máximo de R\$ 120.000,00), este faturamento fica ainda muito próximo do limite máximo de faturamento permitido para uma Empresa de Pequeno Porte ou EPP (faturamento máximo anual de R\$ 1.000.000,00). Entende-se, portanto que o formato contábil da usina de moagem de entulho seja de uma EMPRESA, sem redutores de impostos ou incentivos fiscais, com impostos proporcionais ao faturamento que passa a não ter limites. As taxas de impostos são relacionadas abaixo

- PIS – Programa de Integração Social - Taxa de 0,65 % sobre o faturamento e recolhido mensalmente.
- COFINS – Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - Taxa de 3,00 % sobre o faturamento e recolhido mensalmente.
- IRPJ – Imposto de Renda Pessoa Jurídica – Taxa de 4,8 % sobre o faturamento e recolhido mensalmente.
- CSL - Contribuição Social sobre o Lucro - Taxa de 1,00 % sobre o faturamento e recolhido mensalmente.
- ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias – Taxa de 2,1526 % sobre o faturamento e recolhido mensalmente.
- IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados – Taxa de 1,2 % sobre o valor faturado e recolhido mensalmente.

¹ Afonso, Valdir, Contador-Diretor (Escritório contábil NOVO MUNDO, Bauru-SP) Comunicação pessoal, 2005.

- INSS - Ao Instituto Nacional de Seguridade Social - Impostos sobre mão-de-obra – Calculados sobre a fração relativa à mão-de-obra e já apontados no item 3.3.2.1.
- ISSQN – Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza(municipal)- Taxa de 2,0% sobre mão-de-obra(Tab. 3.7 e 3.14, mão-de-obra equivale a 20% do custo total), então, ISSQN = 0,4 %

Taxa Total de Impostos à Recolher sobre o produto negociado = **13,2026%**

Tabela 3.16 Valor médio para venda dos produtos negociados pela usina

Planta	Custo de produção (R\$/m³)	Estimativa de lucratividade¹ (%)	Estimativa de Lucratividade (R\$/m³)	Impostos (%)	Valor final (Médio) (R\$/m³)
Planta 1	12,90	15,00	1,94	13,2026	16,79
Planta 2	14,00	15,00	2,10	13,2026	18,23
Planta 3	13,29	15,00	1,99	13,2026	17,30

(1) Estimativa de lucro líquido, considerando-se que todas as despesas já foram incluídas no custo final

Tabela 3.17 Rentabilidade anual do capital investido na usina de moagem

Planta	Produção anual (m³)	Estimativa de Lucratividade (R\$/m³)	Remuneração por juros¹ (R\$/m³)	Rentabilidade total anual (R\$)
Planta 1	47.520	1,94	1,19	148.737,00
Planta 2	36.432	2,10	1,24	121.682,00
Planta 3	47.520	1,99	1,57	169.171,00
			Média = 146.530,00	

(1) Valores resgatados das tabelas 3.11, 3.12 e 3.13

3.3.3 Estimativa de custo de produtos originados de extração comparados com os custos dos reciclados

Este trabalho consultou preços de três das maiores empresas fornecedoras de areias e pedras britadas de Bauru, aqui classificadas como A, B e C e comparou com os custos de produção de material equivalente obtido da moagem de entulho em usina, os resultados são apresentados na Tabela 3.18:

Tabela 3.18 Custo para produtos de extração¹ e moídos

Produto	Fornecedor A (R\$/m ³)	Fornecedor B (R\$/m ³)	Fornecedor C (R\$/m ³)	Material moído (custo médio) (R\$/m ³)	Redução de custo (média) (%)
Areia Fina	20,00	21,00	19,00	17,44	12,8
Areia Grossa	30,00	30,00	28,00	17,44	40,5
Pedra britada nº1	30,00	30,00	28,00	17,44	40,5
Pedra britada nº2	30,00	30,00	28,00	17,44	40,5
Pedra britada nº3	30,00	30,00	28,00	17,44	40,5
Pedrisco	30,00	30,00	28,00	17,44	40,5
Pó de Pedra	30,00	30,00	28,00	17,44	40,5

(1) Valores para materiais entregue na obra(frete incluso)

A **Tabela 3.18** apresenta os custos de finais para venda do produto moído para as três plantas apresentadas, cuja média equivale a R\$ 17,44 por metro cúbico produzido. A **Tabela 3.18** apresenta ainda a cotação para compra de areias fina e grossa e britados em três fornecedores de Bauru, cujas médias de preço são: areia fina R\$ 20,00 por metro cúbico, areia grossa R\$ 29,30 por metro cúbico, e britados R\$ 29,30 por metro cúbico.

Embora sobre o preço apresentado para o metro cúbico do produto moído em usina não esteja considerado o transporte para entrega e sobre os preços para produtos naturais sejam “posto obra”, a diferença de preços entre areia grossa e britados é de 40,5% mais barato para os moídos, e para areia fina é de 12,8% mais barato. Mesmo que não se considere o sistema de “leva e traz”, leva entulho e traz moído, utilizado pelos caçambeiros de forma a reduzir o custo com transporte, a diferença de preços é significativa e deve absorver os custos com a entrega. A areia fina apresenta um diferencial menor entre preços de moído e natural devido ao menor custo de extração.

4 Discussão

O meio ambiente

A implantação de uma usina de moagem no município de Bauru e a conseqüente agregação de valor ao entulho, hoje despejado em áreas de reserva ambiental, lotes não urbanizados ou próximo a mananciais hídricos será fator de grande redução destes despejos irregulares. Embora este trabalho tenha enfoque na viabilidade econômica da implantação de uma usina, é latente a vantagem ao meio-ambiente e à população que paga pela manutenção destas áreas. A Prefeitura verá reduzida sua despesa com o controle de vetores da dengue e leishmaniose, serão reduzidas as áreas de propensão à proliferação de caramujos africanos, problemas que a muito vem preocupando o governo municipal e os profissionais de saúde do município, além de consumir parte considerável do orçamento em limpeza das áreas afetadas e campanhas de prevenção e combate às doenças. As enchentes ocorridas em Bauru já tomaram lugar de destaque na mídia, conseqüências diretas da deposição de entulho ao longo do leito dos

córregos e rios que assoream e reduzem a capacidade de vazão das águas das chuvas. As áreas degradadas pela deposição irregular poderão ser recuperadas e reutilizadas em benefício da população. A concentração da parcela de entulho não reciclável em erosões ou mesmo aterros, mesmo que não sendo ainda a solução ideal, pode facilitar estudos de decomposição e contaminação, ou ainda pode-se imaginar que um dia será desenterrada para novas formas de reaproveitamento.

A reutilização de materiais como madeira, aço, vidros e plásticos, também presentes no entulho, após separação podem ainda contribuir na diminuição dos desmatamentos, do consumo de energia e do lançamento de poluentes na atmosfera, danos ambientais inerentes aos processos de obtenção destes materiais.

O correto gerenciamento dos resíduos de construção civil e de todos os resíduos sólidos gerados nos grandes municípios, e a conseqüente redução dos seus impactos ambientais, tem trazido benefícios não somente financeiros aos cofres públicos, mas principalmente benefícios à vida da população, que pode ver sua cidade mais limpa, livre de doenças e com mais áreas verdes.

Os custos da extração de produtos naturais

Embora a diferença entre os custos dos materiais moídos reciclados em usina já tenha se apresentado em média 40,5% menor em relação aos produtos naturais, como demonstrou este trabalho, a tendência aponta para uma diferença cada vez maior, em virtude da crescente dificuldade da extração de areias e pedras britadas (agregados miúdos e graúdos). As areias finas, normalmente extraídas da deposição em baixios e pequenos córregos após carreamento pelas chuvas, estão se tornando cada vez mais distantes dos pontos de utilização devido ao crescimento das cidades. As areias de granulometrias mais grossas, extraídas dos fundos dos rios estão se tornando mais escassas. Com o

represamento da maioria dos rios dos estados mais desenvolvidos e a conseqüente redução da velocidade das águas, a reposição do material depositado pela ação das chuvas que acumulam e separam o material por granulometria fica comprometida. Há tempos atrás as empresas de extração de areias não precisavam deslocar seus batelões, pois o material a ser retirado era repostado freqüentemente pelas chuvas, enquanto hoje estes devem se deslocar constantemente, buscando novas jazidas e elevando o custo de extração. Não muito diferente será o destino das pedreiras, empresas de extração de rocha para britagem de agregados graúdos. A dificuldade cada vez maior de licenciamento de novas áreas de extração, o distanciamento dos centros urbanos e o conseqüente aumento no custo do transporte tem elevado consideravelmente o custo destes produtos.

Na contra-mão desta tendência vê-se o acúmulo cada vez maior de entulho de construção civil nos centros urbanos e nova legislação (Resolução CONAMA nº 307/2002), que obriga os geradores a gerenciar seus resíduos. A agregação de valor ao entulho como material reciclável gerador de lucro, deverá incentivar a separação mesmo por parte dos pequenos geradores. Campanhas poderão remunerar a entrega de materiais separados na usina ou em pontos intermediários, coletores poderão oferecer descontos para caçambas que contenham material selecionado, em contrapartida sua descarga na usina ficaria livre de pagamento de taxa.

Novas metodologias e pesquisas de reaproveitamento em desenvolvimento convidam as empresas ao investimento nesta área promissora, sendo que a reciclagem tem ocupado lugar de destaque na área de pesquisa das grandes universidades. A abertura de mercado para produtos reciclados de qualquer natureza é uma tendência cada vez maior.

A viabilidade da usina enquanto negócio

Embora este trabalho tenha demonstrado que a instalação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru pode ser economicamente rentável, apresentando-se redução nos custos de aquisição de materiais graúdos e miúdos da ordem de 40,5%, conforme gráfico abaixo, cumpre ressaltar que uma unidade instalada pode moer 180 toneladas/dia, equivalente à 24% das 750 ton/dia geradas pelo município. Não existem dados sobre quanto destas 750 toneladas podem ser moídas sem a utilização de processo de separação que exijam investimentos adicionais. Pode-se até dizer que a implantação de uma segunda unidade poderia hoje significar a falência de ambas.

Linhas de financiamento de baixo custo como FINAME-Financiamento de Máquinas e Equipamentos, BNDES-Banco Nacional de Desenvolvimento Social, PROGER-Programa de Geração de Empregos, podem ser utilizadas para aquisição de máquinas e equipamentos, ou ainda, as menos recomendáveis linhas de crédito bancárias.

Embora não se possa garantir o sucesso do empreendimento, a tendência de todas as áreas industriais aponta para reciclagem das matérias primas, onde se tem observado grandes investimentos em pesquisas e instalações, e conseqüente geração de empregos. A exemplo de outros países, com política de reciclagem já implantada, a isenção de impostos para indústrias recicladoras tende também a ser adotada no Brasil, estimulando ainda mais este promissor mercado.

Com custo de implantação médio para as três plantas apresentadas de R\$ 930.000,00(Tab.3.6), e uma rentabilidade anual média de R\$ 146.530,00(Tab.3.17), equivale dizer que a implantação de uma usina de moagem com as características apresentadas, pode devolver ao investidor o capital aplicado em aproximadamente 6 anos de operação, e ainda manter-se em operação totalmente renovada, pois os custos de manutenção e reposição estão inseridos no preço de venda.

A **figura 4.1** apresenta um comparativo de custos entre os materiais naturais e moídos.

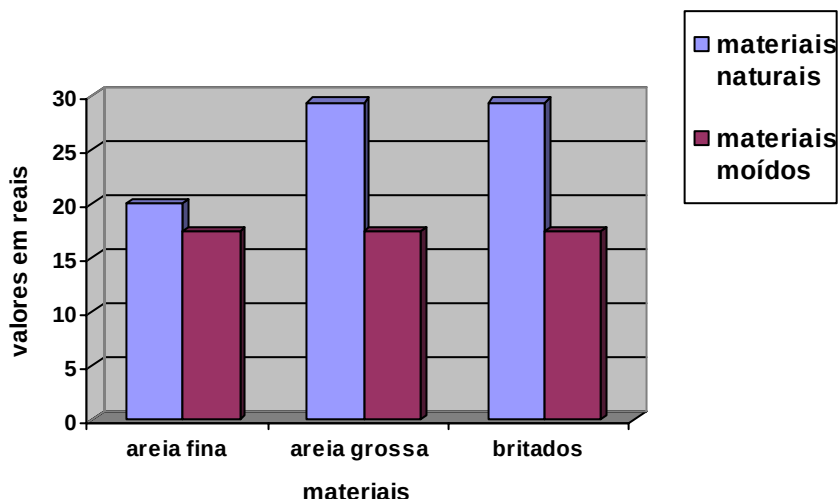


Figura 4.1 Comparativo entre custos de materiais naturais e moídos

A participação dos coletores na implantação da primeira unidade de usina de moagem em Bauru é essencial para uma resposta rápida no incremento de material selecionado para abastecimento da unidade de moagem. A prática do fornecimento de materiais de construção acondicionados em caçambas, hoje adotadas para as pequenas obras, deve ser incentivada e adotada para o fornecimento dos materiais moídos, eliminando assim o despejo nos passeios, passível de multa pela fiscalização municipal, e dando à caçamba a dupla função de levar material moído ao consumidor e retornar entulho à usina.

A fiscalização sistemática por parte da Prefeitura Municipal, através da Secretaria do Meio Ambiente também se torna instrumento importante, de modo a direcionar todo o material gerado para a usina, permitindo ainda a exploração da deposição da parte não reciclável através da cobrança de taxas. Taxas diferenciadas podem ser cobradas, dependendo da participação ou não daquele coletor na empresa de moagem, ou ainda dependendo do aproveitamento ou não do entulho para reciclagem.

5 Conclusão

A substituição de agregados graúdos e miúdos naturais por reciclados moídos, mostrou-se bastante vantajosa sob o aspecto de custo de produção, pode-se dizer que a cada cinco anos é possível se renovar todo o equipamento inicial e se implantar uma nova unidade, tempo de retorno reduzido se considerado o investimento inicial médio de R\$ 930.000,00.

Reduções de até 40,5% no preço dos produtos moídos sobre os naturais tornam estes materiais de origem reciclada bastante viáveis, justificando, portanto, a implantação de uma usina de moagem de entulho no município de Bauru. Deve-se, entretanto, considerar que a instalação de uma unidade de usina de moagem de entulho em Bauru, deve consumir 180 ton/dia, ou 24%, das 750 toneladas geradas diariamente no município, porém não existem estudos sobre quanto deste total gerado pode ser separado para moagem, sendo temeroso alegar que o município comporte mais de uma unidade de moagem.

Como todo produto reciclado novo ao mercado consumidor, os agregados graúdos e miúdos obtidos por moagem de entulho devem ser inseridos através da difusão das informações positivas, que somadas ao diferencial de preço de venda com relação aos naturais, deve ter consumo aceito rapidamente pelo mercado da construção civil. Produtos cujas vantagens se revelam em forma de custo reduzido, embora com restrições de utilização, normalmente são aceitos mais rapidamente pelo pequeno construtor, obras de finalidade social e serviços de menor responsabilidade; posteriormente passam a ser introduzidos no grande mercado consumidor, nas grandes obras privadas e finalmente nas obras estatais. O grande mercado consumidor conseqüentemente descobre novas formas de utilização destes produtos, forçando a sua aceitação e normatização.

A instalação de uma usina de moagem no município de Bauru com capital privado originado da sociedade de coletores, deve contar com a com a inserção colaborativa da administração municipal, que difunde informações, reduz custos com impostos e taxas, utiliza o material produzido e fiscaliza a disposição irregular, tendo como retorno a redução nos gastos de combate à vetores como os da Leishmaniose e Dengue, e diminuição das áreas propícias à infestação de caramujos africanos, infestações que tem causado preocupação e despesas ao governo municipal. Enchentes devem ter suas proporções reduzidas devido a diminuição de entulho depositado à margem dos recursos hídricos e novas áreas verdes surgirão da recuperação de locais hoje destinados ao acúmulo de entulho.

Deve-se contar com a seleção do entulho no local de origem, devendo esta atividade de separação fazer parte do Plano de Gerenciamento de Resíduos, exigido pela Resolução CONAMA nº 307/2002. Deve finalmente, estar embasada na participação dos coletores de entulho, que incentivados pelo lucro fácil, devem coordenar todos os envolvidos.

Tabela 3.12 Custos de operação - Planta 1

Descrição	Vida Útil (hs)	Hs/ano (hs)	Reposição (R\$)	Deprec (R\$/h)	Resid. (%)	Juros (R\$/h)	Taxa (%)	Manutenção ¹	Custo/ h (R\$/h)
Usina de reciclagem Mod. URE35T	7920	1584	502.200,00	63,41	0,00	35,66	18,75	15,85	114,92

(1) Manutenção

Considerado pelo fabricante como sendo equivalente à 3 a 5 % do valor do equipamento por ano. Este trabalho adotou o valor extremo da faixa (5 % ao ano).

Tabela 3.13 Custos de operação - Planta 2

Descrição	Vida Útil (hs)	Hs/ano (hs)	Reposição (R\$)	Deprec (R\$/h)	Resid. (%)	Juros (R\$/h)	Taxa (%)	Manutenção ¹	Custo/ h (R\$/h)
Usina de reciclagem de Entulho Com cap. de 23 ton/hora	7920	1584	558.570,00	50,50	0,00	28,41	18,75	9,46	88,37

(1) Manutenção

Considerado pelo fabricante como sendo equivalente à R\$ 30.000,00 a cada dois anos.

NOTA: Embora os valores de custo de manutenção fornecidos pelos fabricantes sejam apresentados de formas diferenciadas, percentualmente ou valores em reais, todos valem entre 3 e 5% do valor de reposição total do equipamento.

Tabela 3.11 Custos de operação - Planta 3

Descrição	Vida Útil (hs)	Hs/ano (hs)	Reposição (R\$)	Deprec (R\$/h)	Resid. (%)	Juros (R\$/h)	Taxa (%)	Material desgaste ¹ (R\$/h)	Lubrificante ² (R\$/h)	Custo/ h (R\$/h)
Britador de impacto	7920	1584	87.618,00	11,07	0,00	6,22	18,75	4,91	0,86	23,06
Moinho de impacto	7920	1584	70.992,00	8,96	0,00	5,04	18,75	7,00	0,86	21,86
Peneiras Vibratória(02 un)	7920	1584	89.760,00	11,34	0,00	6,36	18,75	4,27	0,42	22,39
Alimentador vibratório	7920	1584	44.778,00	5,65	0,00	3,17	18,75	0,79	0,21	9,82
Correias transportadoras(07 un)	7920	1584	241.883,00	30,54	0,00	17,18	18,75	8,46	1,47	57,65
Estruturas de Sustentação	7920	1584	79.693,00	5,03	50,00	5,18	18,75	1,01	0,00	11,22
Painel elétrico/quadro sinótico	7920	1584	58.375,00	3,69	50,00	3,80	18,75	0,74	0,00	8,23
Custo total por hora de operação										154,23

(1) Material de desgaste

Britador de impacto - Substituição de barras de impacto à cada 704 hs ao custo de R\$ 2380,00/cj (R\$ 3,38/hora)

Substituição de revestimento interno e escudo à cada 1050 hs ao custo de R\$ 16.200,00 (R\$ 1,53/hora)

Moinho de impacto - Substituição de barras de impacto à cada 400 hs ao custo de R\$ 1.100,00/cj (R\$ 2,75)

Substituição de pista de moagem e revestimentos a cada 2400 hs ao custo de R\$ 10.200,00 (R\$ 4,25/hora)

Peneiras vibratórias - Substituição de telas à cada 6000 hs ao custo de R\$ 12.800,00/jogo(R\$ 2,13/hora)

Alimentador vibratório – Vida útil da grelha do alimentador é de 8 anos(12.672 hs). Valor estimado para reposição da grelha R\$ 10.000,00(R\$ 0,79/hora)

Correias transportadoras – Vida útil das correias e roletes é de 5 anos(7920 hs). Custo de substituição de roletes e correias R\$ 67.000,00 (R\$ 8,46/hora)

Estruturas de sustentação – Considerar 2%/ano para conservação (R\$ 1,01)

Painel elétrico/quadro sinótico – Considerar 2%/ano para conservação (R\$ 0,74)

(2) Lubrificante

Britador e moinho – Valor extraído da tabela SOBRETEMA para equipamento similar(bate-estacas)(R\$ 0,86/h base março/2005)

Outros – Considerar 25% do valor utilizado para Britador e Moinho (R\$ 0,21R\$/h por unidade)

Estruturas/Painel – não há lubrificação

NOTA: Embora os valores de custo de manutenção fornecidos pelos fabricantes sejam apresentados de formas diferenciadas, percentualmente ou valores em reais, todos valem entre 3 e 5% do valor de reposição total do equipamento.

6 Referências Bibliográficas

ANGULO, S.C., ULSEN, C., KAHN, H., JOHN, V.M. Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5, 2002, São Paulo.

ANGULO, S.C., ULSEN, C.K., KAHN, H., JOHN, V.M. Metodologia de caracterização de resíduos da construção e demolição. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 6, 2003, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1983). NBR 7211 – Agregado para concreto.

BRITO FILHO, J. Cidade Versus Entulho. In: SEMINÁRIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2, 1999, São Paulo

- GRIGOLI, A.S. Entulho de obra – Reciclagem e consumo na própria obra que o gerou. In: SEMINÁRIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2000, São Paulo.
- JOHN, V. M. Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 112p.
- JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. Tese (Livre Docência), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, 113p.
- KASSAI, Y. Barriers to the reuse of construction by products and use of recycled aggregate in concrete in Japan. In: USE OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATE. Dhir, Henderson & Limbachiya eds. Tomas Telford, 1998.
- LEVY, S. M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. São Paulo, 2001. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PCC.USP, 194p.
- LIMA, J. A. R. Proposição de diretrizes para produção e normalização de resíduos de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concretos. São Carlos, 1999. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 246p.
- LAURITZEN, E. K. The global challenge of recycled concrete. In: USE OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATE. Dhir, Henderson & Limbachiya eds. Tomas Telford, 1998.
- MIRANDA, L.F.R. Estudo de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado. São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 172p.
- ORTH, M.H.A. Licenciamento de empreendimentos de limpeza pública. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS – PROJETOS SÓCIO ECONÔMICOS, 7, 2004, São Paulo.
- PINTO, T.P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 189p.

SOUZA, Roberto de et al. - Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras , São Paulo, Editora Pini, 1996.

ZORDAN, S. E. A Utilização do Entulho como Agregado na Confeção do Concreto. Campinas, 1997. Dissertação(Mestrado), Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, 140p.

CONSULTAS ON LINE:

CEMPRE IMFORMA – Viabilidade Econômica da Reciclagem de Entulho Contribui para Gestão de outros Resíduos – Boletim. Disponível em < www.cempre.org.br >. Acesso em 20/03/1998.

DAE-Bauru/Taxas e tarifas. Disponível em <www.cpfl.com.br/new/serviços/taxas_tarifas.asp>, Acesso em 05/03/2005.

Getulio Tratores/Pá Carregadeira. Disponível em <www.getuliotratores.com.br>. Acesso em 18/12/2004

IBGE/Cidades. Disponível em <www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>. Acesso em 10/01/2005.

Metramac - Equipamentos Pesados/Caminhão Basculante. Disponível em <metramac@metramac.com.br>. Acesso em 21/01/2005.

Robemar – Maquinas e Equipamentos Pesados/Maquinas e Equipamentos. Disponível em <www.robemar.com.br>, Acesso em 18/12/2004.

SOBRETEMA – Associação Brasileira de Tecnologia para Equipamentos e Manutenção – Custos de Manutenção. Disponível em <www.sobretema.org.br/serviços/calculodecustos.html>. Acesso em 02/03/2005.

Tarifação para fornecimento de água. Disponível em <dae@daebauru.com.br>. Acesso em 05/03/2005.

ANEXO A

Legislação

Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil".

Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002 - "Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil".

Por se tratar de legislação específica para resíduos de construção civil, assunto tema deste trabalho, fica reproduzida abaixo, na íntegra, esta resolução.

Publicada no Diário Oficial da União em 17 de julho de 2002, a Resolução Conama número 307 estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Entre estes parâmetros está a classificação dos resíduos em A, B, C e D, suas destinações, e principalmente, responsabiliza os municípios pelo gerenciamento destes resíduos, seja de forma direta no caso dos pequenos geradores, ou de forma indireta para os grandes geradores.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA, no uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, Anexo à Portaria nº 326, de 15 de dezembro de 1994, e

Considerando a política urbana de pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana, conforme disposto na Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001;

Considerando a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil;

Considerando que a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a degradação da qualidade ambiental;

Considerando que os resíduos da construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas;

Considerando que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos;

Considerando a viabilidade técnica e econômica de produção e uso de materiais provenientes da reciclagem de resíduos da construção civil; e

Considerando que a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios de ordem social, econômica e ambiental, resolve:

Art. 1º Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a

minimizar os impactos ambientais.

Art. 2º Para efeito desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da 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, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;

II - Geradores: são pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos nesta Resolução;

III - Transportadores: são as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;

IV - Agregado reciclado: é o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infra-estrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;

V - Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;

VI - Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;

VII - Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;

VIII - Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto;

IX - Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

X - Áreas de destinação de resíduos: são áreas destinadas ao beneficiamento ou à disposição final de resíduos.

Art. 3º Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I - Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

II - Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

III - 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 oriundos do gesso;

IV - Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Art. 4º Os geradores deverão ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

§ 1º Os resíduos da construção civil não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de "bota fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei, obedecidos os prazos definidos no art. 13 desta Resolução.

§ 2º Os resíduos deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10 desta Resolução.

Art. 5º É instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, o qual deverá incorporar:

I - Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil; e

II - Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Art 6º Deverão constar do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil:

I - as diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores.

II - o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;

III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e de disposição final de resíduos;

IV - a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;

V - o incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;

VI - a definição de critérios para o cadastramento de transportadores;

VII - as ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;

VIII - as ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a

sua segregação.

Art 7º O Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil será elaborado, implementado e coordenado pelos municípios e pelo Distrito Federal, e deverá estabelecer diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local.

Art. 8º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos geradores não enquadrados no artigo anterior e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

§ 1º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental, deverá ser apresentado juntamente com o projeto do empreendimento para análise pelo órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

§ 2º O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental competente.

Art. 9º Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas:

I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;

II - triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;

III - acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;

IV - transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;

V - destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido nesta Resolução.

Art. 10. Os resíduos da construção civil deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Art. 11. Fica estabelecido o prazo máximo de doze meses para que os municípios

e o Distrito Federal elaborem seus Planos Integrados de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, contemplando os Programas Municipais de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil oriundos de geradores de pequenos volumes, e o prazo máximo de dezoito meses para sua implementação.

Art. 12. Fica estabelecido o prazo máximo de vinte e quatro meses para que os geradores, não enquadrados no art. 7º, incluam os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil nos projetos de obras a serem submetidos à aprovação ou ao licenciamento dos órgãos competentes, conforme §§ 1º e 2º do art. 8º.

Art. 13. No prazo máximo de dezoito meses os Municípios e o Distrito Federal deverão cessar a disposição de resíduos de construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de "bota fora".

Art. 14. Esta Resolução entra em vigor em 2 de janeiro de 2003.

ANEXO B

Modelos de Usinas
Plantas 1, 2 e 3.

Planta 1

Descrição:

Modelo simplificado que possui somente um britador de impacto (BI) em circuito aberto, ou seja, o material é empurrado para fora da câmara após sofrer a diminuição.

Após a moagem o material vai para o transportador de correia móvel, que através de movimento pivotante distribui o material (bica corrida) em formato de leque, ou transfere este material para outro transportador fixo (TC3 e TC4), e finalmente para a peneira vibratória (PV).

Britadores de impacto produzem agregados de formato regular, mais indicados para utilização em pavimentações, daí a maior produção de bica corrida. Este modelo tem uma baixa produção de material peneirado, em virtude da constante necessidade de esvaziamento das baias das peneiras.

A instalação de um transportador lateralmente ao alimentador vibratório, garante a retirada de material fino ainda na grade do alimentador, evitando que este material, de granulometria já reduzida, passe pelo britador, diminuindo seu desgaste e diminuindo a geração de poeira.

Planta 2

Descrição:

Modelo montado com dois britadores(BM e RM). Após a entrada do material pelo alimentador vibratório, ocorre a primeira diminuição no britador de mandíbula(BM), logo em seguida este material é encaminhado à peneira vibratória (PV) por transportadores (TC). O material retido na peneira retorna ao segundo britador, também de mandíbula (RM), para ser diminuído novamente e retornar aos transportadores e à peneira, e assim sucessivamente até que passe pela peneira e siga através de transportadores fixos a uma das três pilhas de material moído, dependendo de sua granulometria.

Os britadores de mandíbula produzem materiais de formato lamelar, indicados na utilização em concretos, têm um menor custo de manutenção se comparados aos britadores de impacto, embora com um maior índice de ruído. Garantem uma boa produção de material graúdo e miúdo.

Planta 3

Descrição:

Modelo completo com um britador de impacto e um moinho de impacto. Após a saída do material do alimentador vibratório, este percorre a mesa de escolha, equipamento que permite a retirada manual (até 4 pessoas) de materiais como ferro, plásticos e outros que não tenham sido separados na origem. Em seguida o material é diminuído pela primeira vez em um britador de impacto (TI-S), e cai em transportador fixo (TC-2) que descarrega na primeira peneira vibratória (PV). Na primeira peneira são separados o pó e material fino. O material retido vai através de transportador (TC-3) até o moinho de impacto (TI-DV) em circuito fechado(o material só deixa a câmara de moagem após atingir a granulometria que permita sua saída pelo fundo da grelha. Após esta segunda diminuição o material vai para outra peneira vibratória (PV) que separa o material moído em três granulometrias. Este modelo produz materiais de granulometria regular e é mais indicado para a produção de material miúdo.

ANEXO C

Tabela Sobratema

Tabela para estimativa de custo horário para equipamentos e máquinas

ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE EQUIPAMENTOS																	
DESCRIÇÃO	PESO	POT.	CATEGORIA	VIDA	HS ANO	D. MEC.	REPOSIÇÃO	DEPREC.	RESID.	JUROS	TAXA	M. OBRA	PEÇAS	MAT.DESG.	PNEUS	P.VIDA	COMBUST.
Acabadora de Asfalto	12.300	85	3,03 M	6.600	820	85,00	409.500,00	53,98	13,00	33,69	12,00	2,54	51,44	6,43	0,00	0,00	18,86
Bate Estaca Diesel	4.900	51	2,2 TON	6.350	600	80,00	345.100,00	44,67	17,80	37,77	12,00	3,39	41,28	5,16	0,00	0,00	10,82
Caminhão Abastecedor	5.400	127	6,0 M3	10.000	1.600	95,00	118.053,00	9,74	15,00	5,14	12,00	0,85	8,89	1,11	1,92	1.488	7,62
Caminhão Basculante	4.550	127	5,00 M3	8.500	1.150	85,00	96.958,00	8,69	21,00	5,74	12,00	2,55	6,14	0,77	2,46	1.162	9,45
Caminhão Carroceria	4.100	127	11 TON	11.500	1.250	87,00	92.728,00	6,60	15,00	4,93	12,00	2,21	4,39	0,55	3,12	915	7,62
Caminhão Fora de Estrada	16.000	271	25 TON	12.500	1.400	90,00	415.400,00	25,73	15,00	19,80	12,00	1,70	24,03	3,00	10,53	2.917	16,47
Caminhão Guindauto	4.700	127	11 TON	10.000	950	95,00	135.850,00	11,26	15,00	9,40	12,00	0,86	10,40	1,30	1,09	2.625	9,45
Caminhão Pipa	5.400	127	6,0 M3	11.500	1.100	92,00	121.518,00	8,46	17,60	7,26	12,00	1,36	7,10	0,89	2,16	1.323	10,93
Carregadeira de Rodas	9.400	100	1,7 M3	12.000	4.200	85,00	253.000,00	15,90	21,30	4,88	12,00	2,54	13,36	1,67	5,56	1.575	16,28
Carregadeira de Rodas	15.900	170	3,0 M3	12.000	1.575	80,00	442.000,00	26,79	20,60	19,05	12,00	3,39	23,40	2,93	42,49	726	27,68
Compactador de Pneus	9.800	145	27 TON	6.000	950	93,00	237.330,00	32,35	14,00	17,36	12,00	1,20	31,15	3,89	1,93	5.001	12,48
Compactador Vibratório Tandem	6.500	83	23 TON	7.560	850	86,00	295.800,00	35,02	10,50	23,23	12,00	2,37	32,65	4,08	0,00	0,00	7,14
Compactador Vibratório Tandem	10.100	126	32 TON	10.100	850	88,00	335.124,00	29,86	10,00	25,65	12,00	2,03	27,83	3,48	0,00	0,00	13,47
Compressor de Ar	1.800	85	250 PCM	10.000	640	88,00	65.100,00	5,00	21,70	6,49	12,00	2,04	2,96	0,37	0,22	5.001	13,55
Compressor de Ar	5.000	280	750 PCM	10.000	800	89,50	134.400,00	9,05	32,00	10,89	12,00	1,78	7,27	0,91	0,22	5.001	44,64
Escavadeira Hidráulica	17.000	104	0,70 M3	9.125	1.225	86,00	490.000,00	44,52	17,10	27,22	12,00	2,38	42,14	5,27	0,00	0,00	16,62
Moto Scraper	27.900	270	15,0 M3	12.000	1.450	85,00	1.972.000,00	133,64	16,20	91,46	12,00	2,55	131,09	16,39	77,12	627	43,96
Motoniveladora	11.800	115	115 HP	11.385	1.530	85,00	390.000,00	26,37	21,30	17,35	12,00	2,55	23,82	2,98	2,70	2.625	20,25
Motoniveladora	13.900	150	150 HP	11.385	1.530	85,00	480.000,00	32,59	21,30	21,35	12,00	2,55	30,04	3,76	6,10	1.162	26,41
Retroescavadeira	5.800	73	0,64 M3	8.900	890	85,00	130.000,00	12,33	13,70	9,64	12,00	2,55	9,78	1,22	0,99	2.392	9,58
Trator de Esteiras	9.200	80	80 HP	9.750	1.345	82,00	217.000,00	17,38	21,90	11,02	12,00	3,05	14,33	1,79	0,00	0,00	16,98
Trator de Esteiras	14.200	140	140 HP	12.000	4.200	82,00	500.000,00	32,54	21,90	9,64	12,00	3,05	29,49	3,69	0,00	0,00	26,41
Trator de Esteiras	39.900	335	335 HP	12.000	4.200	81,00	1.200.000,00	83,10	16,90	23,14	12,00	3,22	79,88	9,98	0,00	0,00	63,19
Trator de Rodas	4.100	118	118 HP	8.325	1.035	87,00	117.000,00	11,14	15,50	7,63	12,00	2,21	8,93	1,12	2,55	2.363	22,26

Fonte: Publicado pela SOBRATEMA - Associação Brasileira de Tecnologia para Equipamentos e Manutenção

(base dez/2003)

Disponível em : www.sabratema.org.br/serviços/calculodecusto.html

