

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Área de Projetos e Fabricação

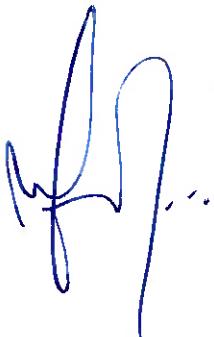
Projeto:

## **LIMPADOR DE AREIA DE PRAIA**

**\* ESTUDO DE VIABILIDADE \***  
**E**  
**\* PROJETO BÁSICO \***

Por LINCOLN Torquato Cordeiro

Orientado por MARCO STIPKOVIC F°



Dezembro de 1997

# ÍNDICE

<b>1. ESTUDO DE VIABILIDADE</b>	<b>3</b>
<b>1.1. ESTABELECIMENTO DA NECESSIDADE</b>	<b>3</b>
<b>1.2. PESQUISA PRELIMINAR</b>	<b>8</b>
<b>1.3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS</b>	<b>16</b>
<b>1.4. SOLUÇÕES</b>	<b>21</b>
1.4.A. Coleta do Material Sujo	22
1.4.B. Separação do Lixo	26
1.4.C. Armazenamento Do Lixo	27
1.4.D. Restituição da areia limpa	29
1.4.E. Transporte do limpador	29
1.4.F. Carenagem do Limpador	31
1.4.G. Estrutura do Limpador	32
1.4.H. Tomada De Potência Principal	33
1.4.I. Sistema De Descarga	34
1.4.J. Transporte Interno Do Lixo	35
<b>1.5. VALOR ECONÔMICO</b>	<b>38</b>
<b>2. PROJETO BÁSICO</b>	<b>40</b>
<b>2.1. Escolha da melhor solução</b>	<b>41</b>
2.1.1. Coleta	41
2.2.2. Transporte Interno	41
2.2.3. Separação Do Lixo	41
2.2.4. Restituição Da Areia	41
2.2.5. Armazenamento	41
2.2.6. Descarga Do Lixo	42
2.2.7. Tomada De Potência	42
2.2.8. Transporte Do Limpador	42
2.2.9. Estrutura	42
2.2.10. Carenagem	42
<b>2.2. Modelamento do projeto</b>	<b>43</b>
2.2.1. Modelo icônico	43
2.2.2. Modelo simbólico	46
<b>2.3. Análise de sensibilidade</b>	<b>53</b>
<b>2.4. Análise de compatibilidade</b>	<b>57</b>
<b>2.5. Análise de estabilidade</b>	<b>57</b>
<b>2.6. DADOS GERAIS</b>	<b>58</b>
<b>3. DISCUSSÃO</b>	<b>59</b>
<b>4. REFERÊNCIAS</b>	<b>60</b>
<i>Anexo 1 - Questionário de Viabilidade do Projeto</i>	<b>61</b>
<i>Anexo 2 - Relação dos Entrevistados</i>	<b>66</b>
<i>Anexo 3 - Reportagem da Solução da KRUPP</i>	<b>68</b>
<i>Anexo 4 - ESTUDO GRANULOMÉTRICO DA AREIA MAIS O LIXO.</i>	<b>69</b>
<i>Anexo 5 - Cópia Parcial do Catálogo da Empresa ROTAR</i>	<b>78</b>
<i>Anexo 6 - Cópia Parcial do Catálogo da Empresa Caterpillar, Produto Modelo 613.</i>	<b>79</b>

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Área de Projetos e Fabricação

**Projeto:**

# **LIMPADOR DE AREIA DE PRAIA**

**\* ESTUDO DE VIABILIDADE \***

Por LINCOLN TORQUATO CORDEIRO

Orientado por MARCO STIPKOVIC Fº

Junho de 1997.

## 1. ESTUDO DE VIABILIDADE

### 1.1. ESTABELECIMENTO DA NECESSIDADE

Tendo em vista a enorme quantidade de lixo sólido encontrado nas areias das praias, tais como bituca de cigarro, copos, restos de embalagens, pneus, tecidos, restos metálicos e etc, a necessidade é desenvolver um meio de limpá-las eficientemente e que possa ser executado periodicamente.

O público beneficiado pelo Limpador é toda a população que habita as praias, entretanto é pouco provável que tais pessoas sejam os consumidores do Limpador.

Os principais consumidores desse produto são as prefeituras das cidades litorâneas, mas podendo ser também donos de ilhas e/ou praias particulares.

Elaborou-se um Questionário de Viabilidade do Projeto(1-Questionário)<sup>1</sup> que foi aplicado a consumidores em potencial (2-Relação de Entrevistados), com o objetivo de obter informações para a construção do LIMPADOR com relação aos seguintes aspectos:

- Avaliar o nível de interesse em atender a necessidade;
- Estimar o valor para investimento e manutenção;
- Verificar qual a expectativa com relação a dimensões e principais características de funcionamento;
- Coletar informações gerais e sugestões adicionais.

Os resultados da aplicação do questionário foram satisfatórios, já que verificou-se a existência de um mercado consumidor interessado e aguardando tal equipamento, como mostra-se a seguir.

O investimento médio que a pesquisa aponta é em torno de R\$30.000,00 (trinta mil reais), cerca de 250 salários mínimos, com um custo manutenção anual médio de R\$3.000,00 (três mil reais). Estes valores são valores bastante discutíveis, pois todos têm investimento em equipamentos da ordem de R\$60.000,00 (sessenta mil reais) em média, considerando que todos têm no mínimo dois caminhões equivalente ao modelo Mercedes 1113 e um trator simples, os quais são quase que exclusivamente utilizados para a limpeza das praias. Além destes equipamentos, cada prefeitura mobiliza cerca de 20 homens (em média) para varrer as praias com rastelos (apresentado mais adiante).

A especificação que necessitam quanto ao ruído do equipamento é unanime de um motor de um carro de passeio, e justificam-se pela necessidade do trabalho ser noturno e com este nível de ruído não incomodaria os moradores da orla marítima. Hoje, executa-se o trabalho durante o dia até às 18 ou 20 horas, conforme o caso, evitando maiores incomodos.

---

<sup>1</sup> O número entre parênteses indica que o documento citado está em anexo, de mesmo número que é mostrado. E quando o número está entre colchetes, ele é encontrado na referência indicada com o mesmo número.

A profundidade que eles estimam que ainda possui lixo é de 10cm. Eles próprios comentam que tal profundidade é excessiva, e iria superdimensionar o equipamento e consequentemente encarecer-lo. Neste estudo, será mostrado adiante se a afirmação procede.

Todos exigem uma periodicidade grande em temporada, sendo neste períodos limpeza diária e fora de temporada varia entre 2 (duas) a 3 (três) vezes semanais. A área a limpar nestes dias é de 20km de praia em média, o que equivale a 1,3km<sup>2</sup>. É importante salientar, que tais clientes já estão conscientes que pode ser necessário mais de um equipamento para suprir tal limpeza diariamente, pois em temporada deve-se limpar a praia em questão de algumas horas, e dispor a maior parte do dia para os banhistas.

Quanto às dimensões do equipamento, sugerem que não seja de grandes dimensões, mais próximo de um veículo de passeio, para facilitar o transporte para o pátio de estacionamento da prefeitura e para manipulação em caso de manutenção.

A maioria dos entrevistados gostaram demais do projeto e não manifestaram mais funções agregadas ao equipamento. Dois sugeriram algumas funções e alertas:

- Sucção da areia depositada nas calçadas e sarjetas de volta para a praia;
- Retirar lixos flutuantes da água;
- Minimizar ao máximo a retirada de areia da praia.

Atualmente as formas de limpeza da areia das praias são executadas basicamente de duas formas:

- manual;
- mecânica.

A opção por um dos métodos vai depender das condições e características de cada praia. Os fatores intervenientes são:

- acessibilidade do local de limpeza;
- capacidade de suporte da areia na área a ser limpa;
- condições para utilização de equipamento mecanizado, como por exemplo a possibilidade de executar manobras;

Lembrando ainda que o processo de limpeza engloba três fases:

1. Limpeza da praia;
2. Transporte do material coletado;
3. Disposição final do material coletado.

A forma manual persiste em locais de difícil acesso, locais onde o solo tem baixa capacidade de suporte, locais de inclinações elevadas e onde a dimensão do lixo é pequena, ou seja, há uma limpeza anterior do lixo grande pela forma mecanizada, e a seguir manual para a tentativa de coleta de lixos pequenos.

Na forma manual há a predominância da utilização do rastelo (ver figura 1.1.1 a seguir).

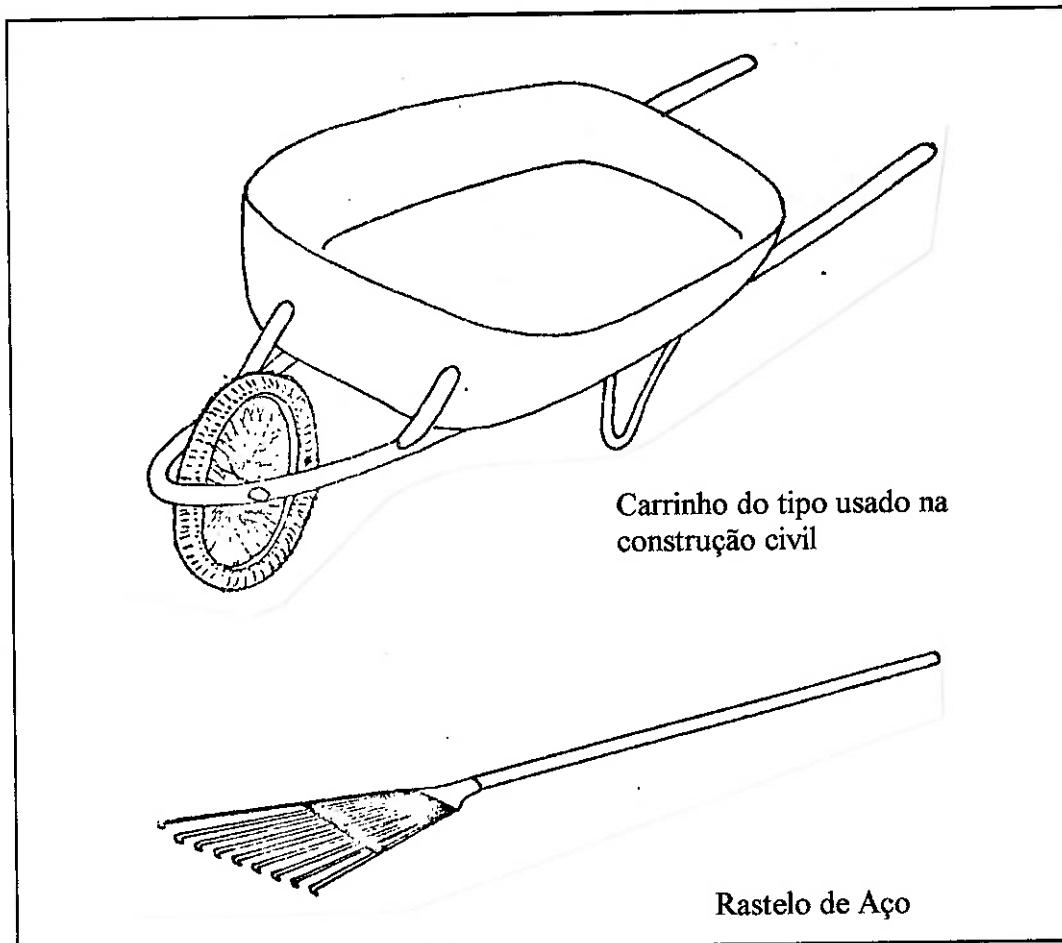


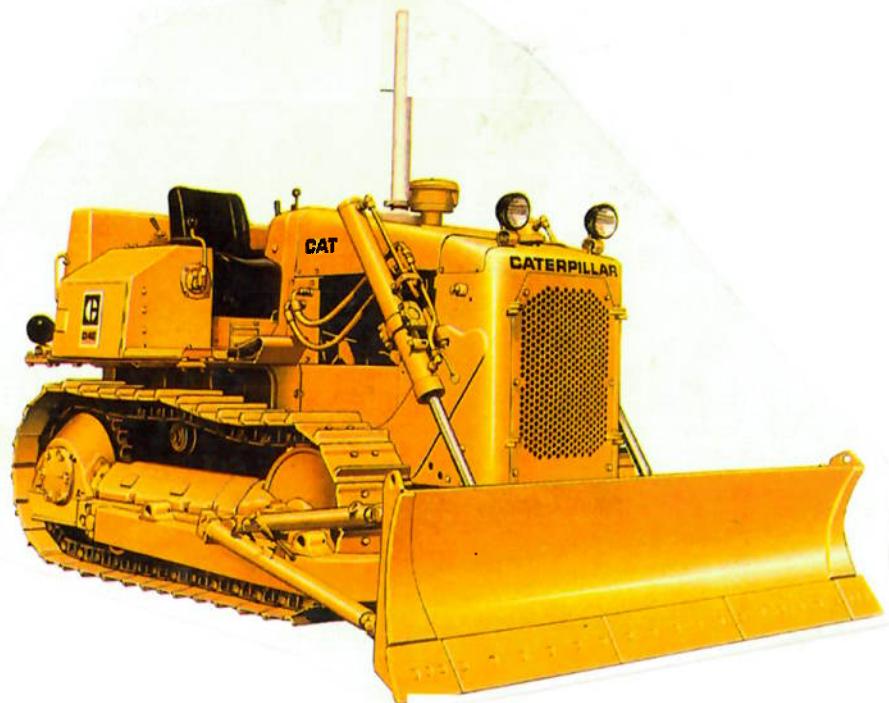
Figura 1.1-1 - Ferramentas manuais para a limpeza das praias.

Em alguns locais utilizam-se vassouras, enxadas, ou até mesmo coleta manual. É importante salientar, que mesmo assim, os lixos de pequeno porte, tais como bitucas de cigarro, palitos, etc, permanecem no local.

A forma mecanizada é mais rápida, porém ainda não se pode dizer que é mais eficaz, pois ou não é possível a utilização somente do método mecanizado ou o método mecanizado não atende satisfatoriamente a necessidade. Respectivamente verifica-se:

No primeiro caso, quando há a utilização de um trator simples de pneus ou um trator de esteiras como mostrado abaixo (figura 1.1-2), onde estes acumulam o lixo em certos locais para serem coletados de forma manual. Neste caso, utiliza-se para o acúmulo, ou a própria caçamba do trator ou adapta-se a ferramenta identificada abaixo (figura 1.1-3) na traseira do trator de pneus e arrasta-se acumulando o lixo.

No segundo caso, quando há a utilização da moto-niveladora (fig. 1.1-4), que arrasta o lixo como no caso anterior, mas que enterra a maior parcela do lixo no próprio local onde estava, é como coloca-se a sujeira sob o tapete.



Este modelo é utilizado com o rodo de madeira apresentado na figura 1.1-3, preso na traseira para acúmulo do lixo em um local determinado.

Figura 1.1-2 - Tratores para o acúmulo de lixo para a coleta.

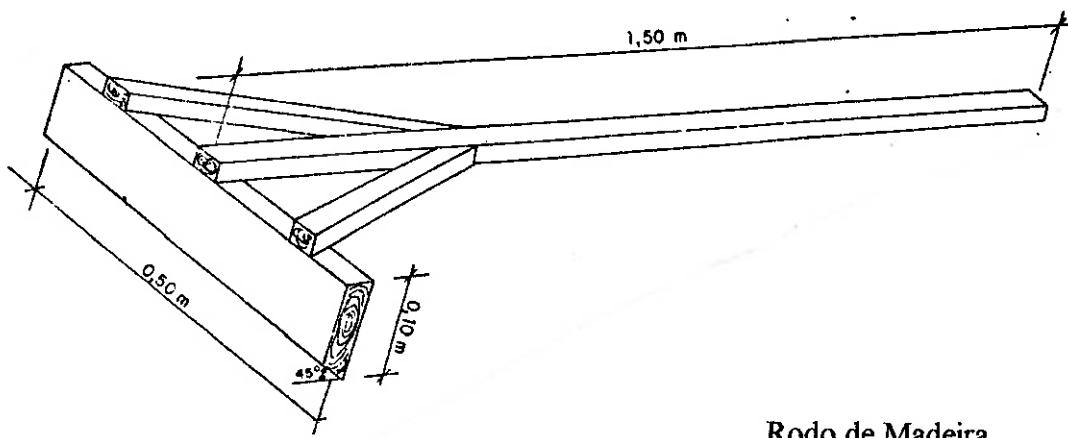


Figura 1.1-3 - Ferramenta auxiliar para o trator de pneus para acúmulo do lixo para a coleta.



Figura 1.1-4 - Trator Moto-Nivelador.

## 1.2. PESQUISA PRELIMINAR

Além das soluções adotadas pelas prefeituras, verifica-se que existem outras que poderiam ser incorporadas a limpeza das praias, mas pelo seu custo bastante elevado ou ineficiência do processo, não são utilizados. Tal estudo tem como objetivo a verificação do conjunto de soluções existentes que atendem a necessidade deste Projeto, bem como a avaliação do potencial de cada solução para atender a necessidade.

Um equipamento fabricado por VAN DALFSEN ROTAR EQUIPAMENT bv, empresa Holandesa (5-cópia parcial do catálogo):

Van Dalfsen Rotar Equipment bv,  
Schering 27, 8281 JW Genemuiden  
P. O. Box 174, 8280 AD Genemuiden - The Netherlands  
Phone (0)5208-55471  
Fax.(0)5208-55402

O produto que fabrica é um equipamento para ser instalado no basculante de tratores, como é mostrado abaixo (figura 1.2-1). Este equipamento pode ser fornecido com outras formas de peneira como é mostrado na figura 1.2-2.

A solução parece bastante interessante, mas o incoveniente é a necessidade de redistribuir a areia como antes. Outro ponto a salientar é que não é um processo contínuo, fazendo com que o tempo seja grande. O desenvolvimento a ser feito nesta solução é basicamente solucionar estes dois problemas.



Figura 1.2-1 - Equipamento ROTAR para instalação em tratores. Com movimento giratório da caçamba com uma malha para peneiramento é feita a separação do material por diferença granulométrica. [3-catálogo da empresa]



Figura 1.2-2 - Opção de forma da malha para a caçamba. [3-catálogo da empresa]

Há uma máquina produzida pela CATERPILLAR BRASIL S.A. (6-cópia catálogo):

Av. das Nações Unidas, 22.540  
CEP 04795 - São Paulo - Cx.Postal 8239  
F.(011)247-1011

A máquina é o SCRÊIPER (fig. 1.2-3). Uma variação para utilização no Projeto do Limpador é o da figura 1.2-4. É um processo contínuo que necessita adaptações.



Figura 1.2-3 - MOTO SCREIPER da Caterpillar. [4-catálogo da empresa]

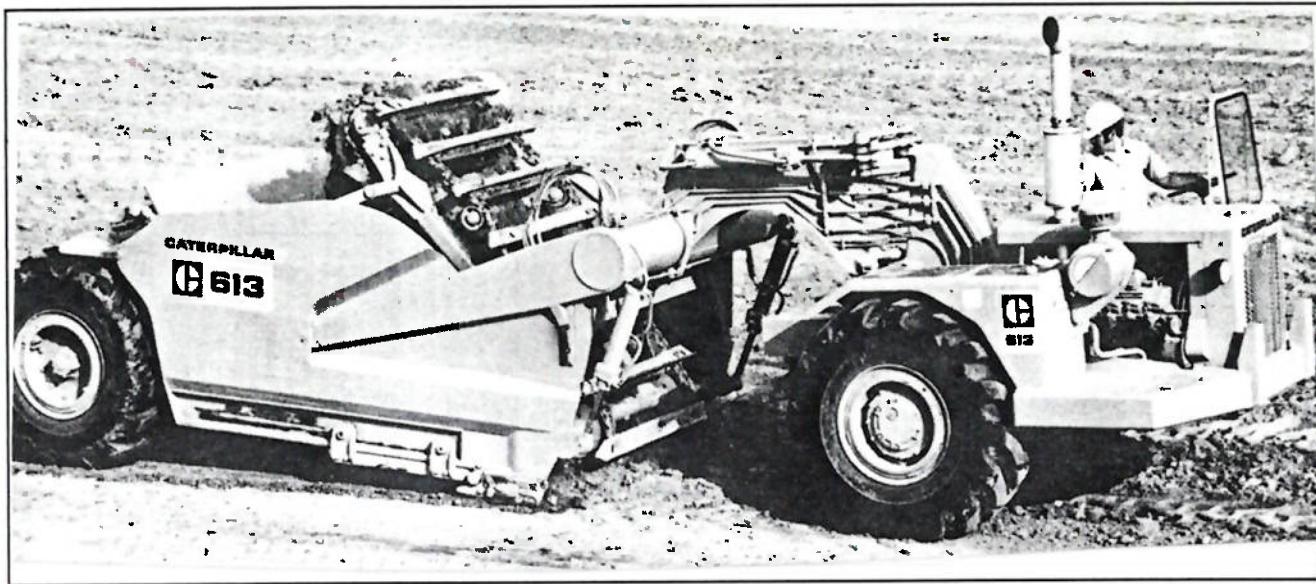


Figura 1.2-4 - MOTO SCREIPER ADAPTADO. [4-catálogo da empresa]  
Outro projeto, mas de grande porte e que acrescenta mais idéias de como construir o projeto, é o da KRUPP INDUSTRIES (não foi identificado a unidade da Krupp responsável por este projeto. A figura 1.2-5 mostra a instalação (ver reportagem em anexo (3)) [1].



Figura 1.2-5 - Sistema da Krupp para extração e tratamento de minerais [1, pg.19].

Existem algumas outras idéias provenientes de catálogos de aplicação mineral que podem ser aproveitadas neste projeto. A vantagem em utilizá-las é a existência de peças no mercado, mesmo que sejam antigas. Estas idéias são mostradas abaixo, e é claro que todas elas devem ser adaptadas para a limpeza de areia de praia.

O primeiro é um abastecedor de caminhões a partir de pilhas de material, como mostra a figura 1.2-6.

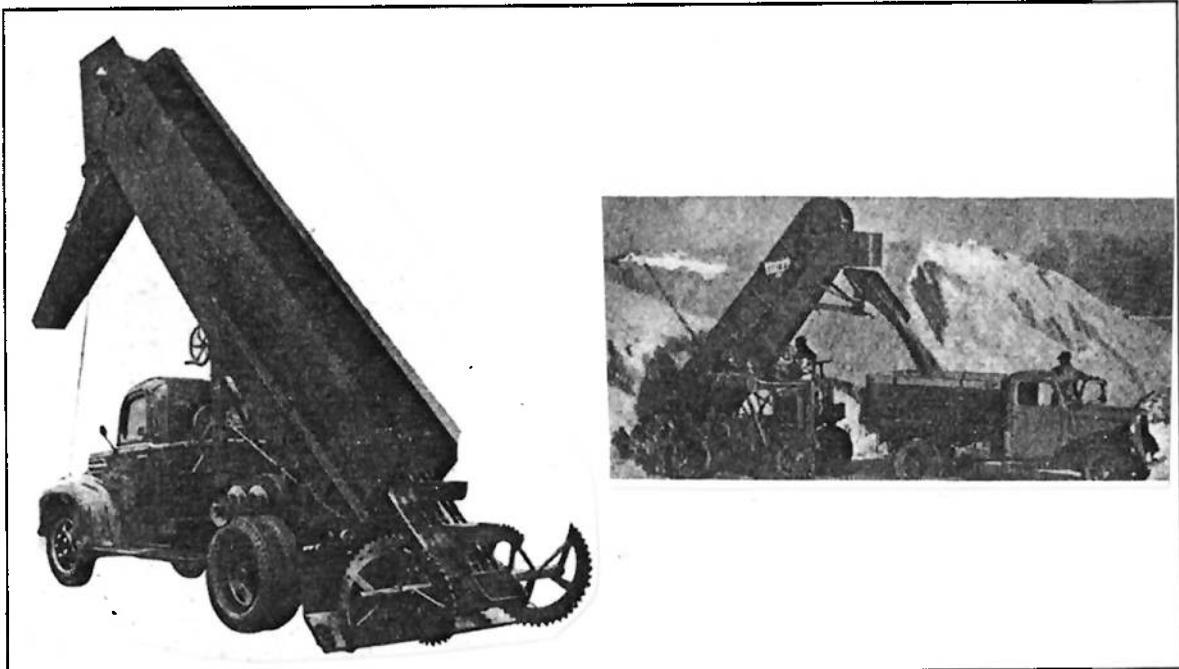


Figura 1.2-6 - Carregador de caminhões a partir de pilhas de material. [2,pg.357]  
O transportador de parafuso é também algo bastante interessante que pode ser aplicado. Veja a figura 1.2-7.

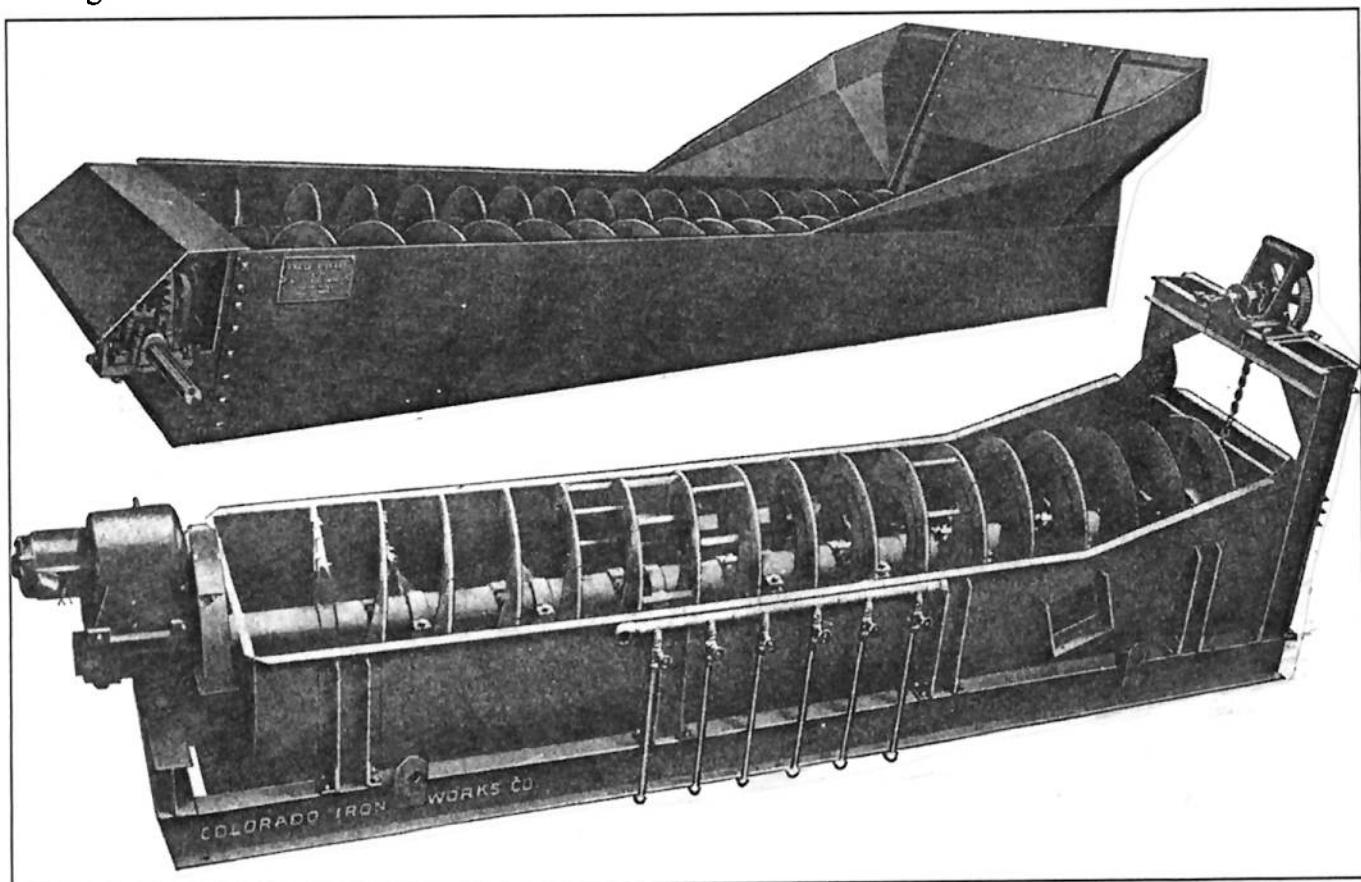


Figura 1.2-7 - Transportador de parafuso. [2-pg.296 e 306].

Diversas estações de britagem móveis, veja a figura 1.2-8. Note que estas estações possuem as operações de coleta tratamento (britagem) e descarregamento.

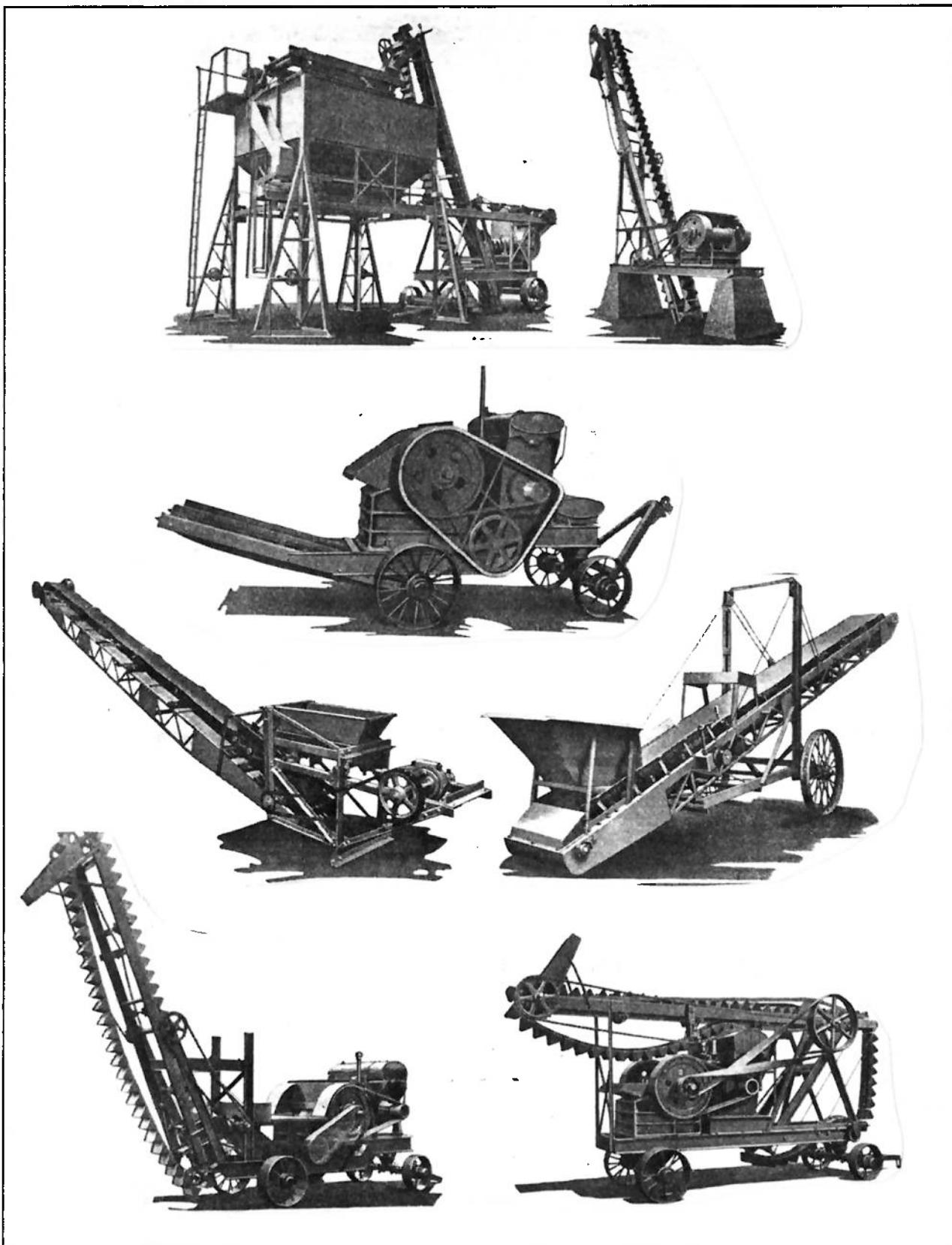


Figura 1.2-8 - Diversas estações de britagem móveis. [2-pg.179 e 180]

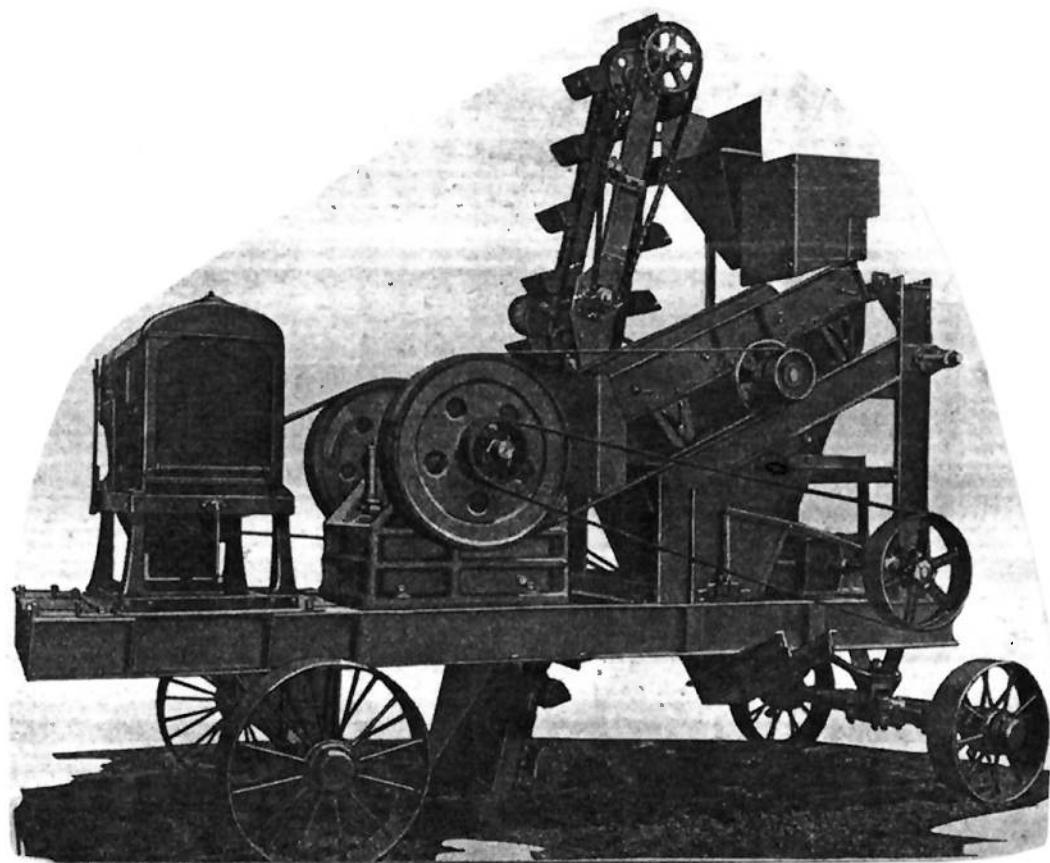


Figura 1.2-8 (cont.)- Diversas estações de britagem móveis. [2-pg.183]

Algumas peneiras existentes no mercado. Apesar destas serem de referência antiga, existem os mesmos modelos na atualidade. Veja figura 1.2-9.

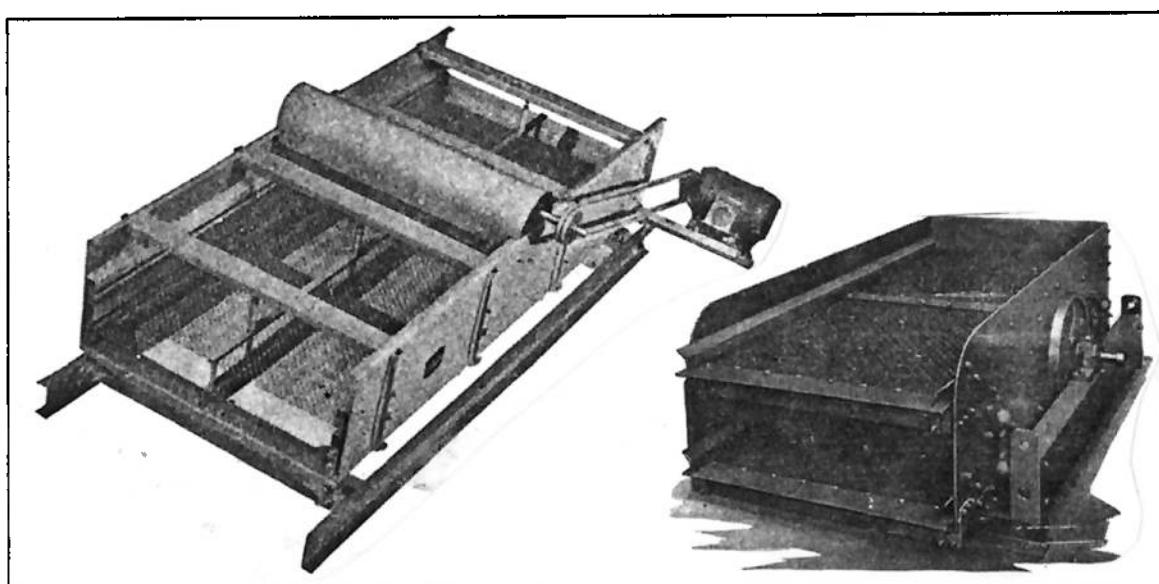


Figura 1.2-9 - Equipamentos para o peneiramento. [2-pg.320].

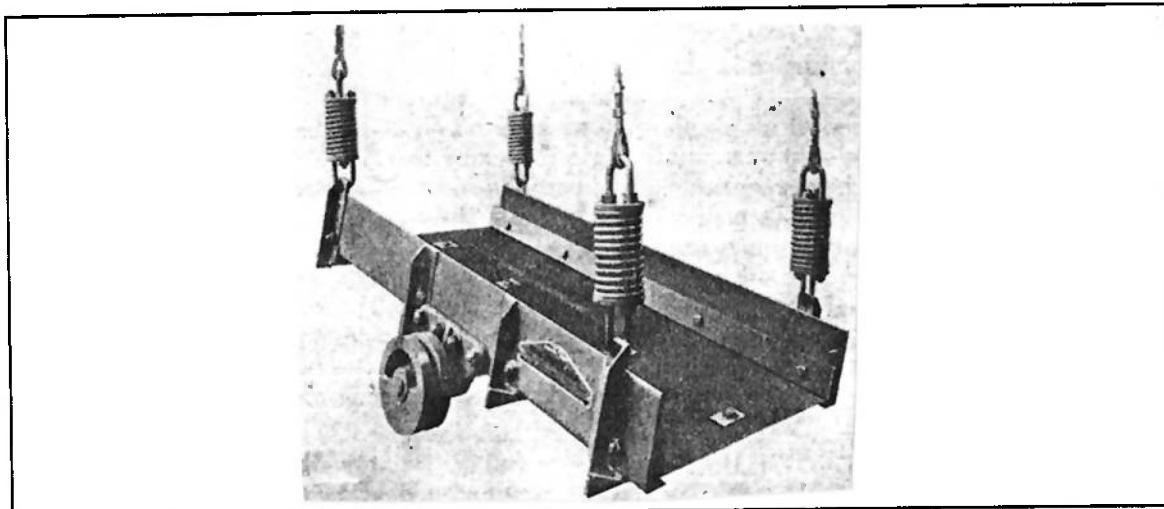


Figura 1.2-9 (cont.) - Equipamentos para o peneiramento. [2-pg.320].

Um outro tipo de peneiramento pode ser feito com grelha do tipo trommel, como mostra a figura 1.2-10.

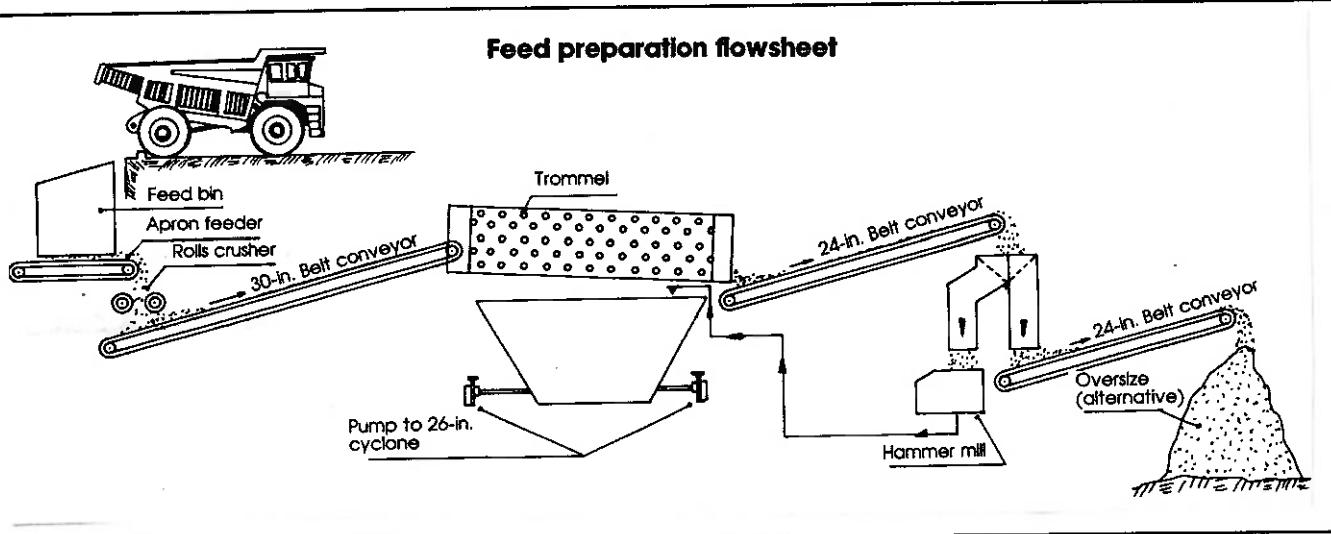


Figura 1.2-10 - Peneiramento com grelha do tipo Trommel. [5-pg.43]

Na busca em prover o projeto com elementos suficientes para a condução do dimensionamento, agregou-se a esta pesquisa a busca de modelos básicos de motores diesel existentes no mercado, e verifica-se a existência dos tipos relacionados abaixo:

Quanto ao número de cilindros: 4, 6 e 8.

Quanto ao tipo de alimentação: Aspirado e Turbinado.

Quanto a emissão: Não Emissionados e Emissionados.

Quanto a aplicação: Automotiva e Industrial.

Ainda no intuito de coletar informações para o projeto, fez-se uma classificação granulométrica do lixo, a fim de identificar a melhor malha de peneira a ser usada, e da areia de

praia, a fim de conhecer o processo com relação a tempo de peneiramento e umidade da areia. Este trabalho foi desenvolvido junto à Engenharia de Minas da Escola Politécnica da USP. As principais conclusões do relatório(4) deste experimento são:

Das amostras peneiradas diretamente(ou seja, com aplicação de apenas uma malha), verifica-se que a malha 4# é a adequada para separação do lixo, apesar de ocorrer duas vezes a passagem de um palito de dente em todo o experimento.

O tempo de peneiramento varia de acordo com a umidade e tamanho do grão da areia. Se a umidade da areia é no máximo de 5% em massa de água, o tempo de peneiramento varia muito pouco de uma granulação para outra, podendo-se usar 10 a 15segundos para a operação. Já com umidade maior, o tamanho do grão começa a ter influência.

Se o tamanho do grão é para 100# e a umidade é superior a 5% em massa de água, recomenda-se a utilização de três malhas de peneira, tal como: 3/8", 1/4" e 4# nesta ordem, e ainda diminuir o tempo de peneiramento, em torno de 40 a 60segundos.

É necessário executar um ensaio com umidade bastante superior, tal como 70 ou 80% em massa de água, a fim de verificar se o melhor escoamento da areia na tela implica em diminuição da malha (para 6#, 8# ou 10#) a fim de reter o lixo.

### **1.3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS**

As especificações técnicas aqui descritas determinam a meta que o produto deve atingir, sendo que a todo instante deve-se verificar a especificação realmente atingida pelo projeto em comparação com a especificada neste item.

O objeto destas especificações destina-se à coleta e transporte de resíduos sólidos existentes no solo das praias e, caso seja necessária, a restituição da areia, evitando ao máximo alterar seus aspectos originais.

As especificações baseiam-se nas seguintes Entradas e Saídas:

#### **ENTRADAS**

<b>DESEJAVEIS</b>	1º- lixo na dimensão correta; 2º- lixo seco; 3º- areia seca; 4º- areia livre de substâncias que aumentem sua viscosidade; 5º- operação adequada do Limpador; 6º- areia que permite aderência e movimentação do Limpador; 7º- temperatura ambiente de 30°C;
<b>INDESEJÁVEIS</b>	1º- fluidos viscosos na reia; 2º- lixo de grande dimensão; 3º- choques e batidas; 4º- chuvas; 5º- vento forte; 6º- maresia; 7º- operação inadequada do Limpador; 8º- sobrecargas; 9º- contato da areia com elementos mecânicos; 10º- contato com água salgada; 11º- imersão do limpador em nível de água até 30cm; 12º- areia sem suporte para o movimento do conjunto; 13º- degraus de 150mm na areia; 14º- vegetação rasteira das praias; 15º- solo compactado; 16º- morros de areia. 17º- choque térmico; 18º- absorção de raios;

**SAÍDAS:**

<b>DESEJÁVEIS</b>	1º- lixo livre de areia separado em recipiente de fácil transporte; 2º- areia limpa na praia; 3º- funcionamento do Limpador sem defeitos a intempéries do local.
<b>INDESEJÁVEIS</b>	1º- poluição de qualquer espécie; 2º- espalhar o lixo; 3º- remoção de grande quantidade de areia da praia; 4º- execução de erosão forçada na praia; 5º- produção de nível excessivo de ruído; 6º- inoperância por desfunção de algum componente funcional do Limpador; 7º- movimento não comandado de qualquer espécie; 8º- aspecto visual inadequado; 9º- ocupação de espaço para ser armazenado; 10º- desfazer qualquer ecossistema existente na areia da praia; 11º- vazamento de qualquer espécie; 12º- vibração transferida ao operador, se este estiver a bordo;

As especificações técnicas para atender todos os itens levantados nos dois quadros anteriores são os seguintes:

**A.) FUNCIONAIS**

- 1- Desempenho: Capacidade máxima de Limpeza: 150.000m<sup>2</sup>/hora;  
Profundidade máxima de Limpeza: 5cm;  
Umidade da areia: qualquer;
- 2- Conforto: Nível de ruído máximo: 70dB;  
Se operador estiver a bordo para operação, a amplitude máxima de oscilação deve ser de 1mm acima de 1Hz;  
Todos os movimentos para operação do Limpador deve ser executado com o operador em posição sentada e dentro do alcance com pequeno esforço;
- 3- Segurança: Todo elemento que possui movimento deve ser isolado do contato externo;
- 4- Estabilidade: O Limpador deve ser suficientemente estável para evitar qualquer movimento que cause danos ao operador ou a terceiros. Neste deve-se prever ações de intempéries;
- 5- Aderência: a aderência máxima da areia à peneira deve ser em torno de 20%, em casos excepcionais de areia com substância viscosa. Em condição normal a aderência deve ser de no máximo 2%;
- 6- A carenagem do Limpador deve ser estável para uma pressão de 1,5kPa;
- 7- Pára-choques: nos locais do Chassis onde poderá haver choques deverá ser capaz de absorver:  
em locais abaixo de 0,5m, 200kg de massa a 15km/h, ou seja, energia de 800J  
em locais acima de 0,5m, 5kg de massa a 5km/h, ou seja, energia de 7J;
- 8- Todos os componentes com movimento e contato com outras peças devem ser protegidos contra o contato com a areia e água;
- 9- Todos os componentes e sistemas não devem ser sensíveis a choque térmico de variação de 50°C.

## B.) OPERACIONAIS

- 1- Durabilidade: vida útil dos principais componentes superior a 2 (dois) anos com uso diário de 6horas;
- 2- Confiabilidade: Inexistência da ocorrência de falhas que impliquem na interrupção do funcionamento do Limpador;
- 3- Custo de Manutenção anual do Limpador inferior a R\$3.000,00 (três mil reais);
- 4- Raio de quina mínimo para limpeza: 150mm;
- 5- A areia depositada pelo Limpador está livre de lixos de dimensão maiores de 3,0mm;
- 6- Dimensão máxima do lixo a limpar: 200mm;
- 7- Atrito: o atrito mínimo entre o elemento que faz contato com o solo e o solo deve ser de 20%, para garantir que mesmo com areia sem suporte o Limpador translade;
- 8- Os componentes de operação do Limpador devem suportar até 70% de sobrecarga;
- 9- Todos os movimentos do limpador devem ser limitados e protegidos contra movimentos inadequados;
- 10- O limpador deve vencer lençol d'água de até 200mm;
- 11- O limpador deve vencer degraus de até 150mm;
- 12- A vegetação rasteira vai ser removida, sendo decisão do operador fazê-lo ou não;
- 13- O limpador deve limpar solos compactados que necessitam de uma pressão de penetração de 390kPa;
- 14- O limpador deve possuir um terra para evitar maiores danos de incidência de raios;
- 15- O lixo separado deve ser depositado em recipiente de fácil remoção;
- 16- A emissão de poluentes do Limpador deve estar em conformidade com as normas da CETESB de controle ambiental litorâneo;
- 17- O Limpador deve possuir um indicador e proteção contra derramento de lixo por ação de ventos, por exemplo, ou por lotação do recipiente de armazenamento;
- 18- O movimento de translação do limpador não deve causar erosão do solo, ou qualquer cavidade que pode ser prejudicial aos movimentos dos banhistas (tal como torcer o tornozelo, etc.);
- 19- O Limpador deve procurar interferir da maneira mais discreta nos ecossistemas existentes nas areias de praia;
- 20- O Limpador não deve possuir nenhum vazamento, seja ele de qualquer espécie. Se necessário deve conter compartimentos para no caso de vazar, estar protegido e evitar o contato com a areia.
- 21 - Deve haver uma limitação quanto a sobrecargas de trabalho, tal como rochas enterradas, etc.

### C.) CONSTRUTIVAS

- 1- Volume de lixo máximo de armazenamento: 1m<sup>3</sup>;
- 2- Dimensões adequadas máximas do Limpador: 3x2x1,5 m<sup>3</sup>;
- 3- Deve haver uma proteção da chuva e sereno, em todo o Limpador. Proteção esta que deve suportar pressão de 1,5kPa;
- 4- Os elementos mais importantes para o funcionamento do limpador devem possuir materiais e montagens que suportem a corrosão provocada pela maresia (para aço baixo carbono, corrosão em torno de 60mpy);
- 5- O assoalho deve proteger o contato superior com morros de areia e outros objetos;
- 6- O aspecto bem como as cores do Limpador devem ser suficientemente discretas, a fim de minimizar o impacto na visão litorânea, causando no mínimo a mesma impressão de um equipamento de diversão;
- 7- O Limpador deve ser o mais compacto possível a fim de minimizar a área de estacionamento do Limpador;

Em complemento às especificações acima descritas, calcula-se alguns outros itens que serão de suma importância para a proposta de soluções concretas.

#### I. Cálculo da força de arraste para coleta do material:

O fluxo de material pelo Limpador é de:

$$\dot{Q}_{eff} = \dot{A} \cdot h$$

onde:  $\dot{Q}_{eff}$ : é a vazão de material coletado por hora [m<sup>3</sup>/hora];

$\dot{A}$ : é a taxa por hora da área a ser limpa [m<sup>2</sup>/hora];

$h$ : profundidade da areia a ser limpa [m];

O caso mais crítico para esta especificação é a força para coletar essa quantidade de material, estimada a seguir [ 7-cap.4]. Embora tal modelo e formulação seja bastante antiga, foi a única encontrada que retrata o mesmo problema. Os modelos que antecedem este inclui o movimento circular das escavações e o formato das caçambas. No caso, para uma estimativa mais precisa, deve-se realizar experimentos.

Potência desenvolvida na escavação:

$$N_{dig} = \frac{\dot{Q}_{eff}}{102} \cdot X [kW] \text{ Garbota(1937) [6]}$$

X = [6 - 7] para areias em geral.

ESTÁTICO: A consideração estática baseia-se em experimentos que foram publicados [6].  
Força de escavação:

$$F_{dig} = A_{dig} \cdot P_R \text{ (modelo simples baseado no conceito de pressão)}$$

$P_R$ : resistência de penetração da areia.

areia	$P_R$ [MPa]
compactada	39
seca	19

Força Lateral na escavação:

$$Flat = 0,31 \cdot F_{dig} \text{ Rasper(1969)}$$

DINÂMICO: baseia-se, também, em experimentos [6].

$$F_{dyn} = 1,2 F_{dig} \text{ (Bahr, 1965)}$$

$\dot{A}$ [m <sup>2</sup> /h]	h [mm]	$\dot{Q}_{eff}$ [m <sup>3</sup> /h]	X	Ndig[kW]	P <sub>R</sub> [MPa]
150000	10	1500	7	103	39

Adig [m <sup>2</sup> ]	Fdig [N]	Flat [N]	Ft [N]
0.01	390000	120900	468000

II. Composição média da água do mar e da areia das praias registram a existência dos seguintes elementos:

Características da Água do Mar [8]:

Salinidade	Temperatura	Densidade
35 g de sais/1000 g de água do mar	função da: latitude; profundidade e estação do ano	1,03 g/mm <sup>2</sup>

Resistência à corrosão na água do mar [10]:

Ferro Fundido	Alumínio 356	Ferro Dúctil	Bronze	Aço Carbono	Aço Inox 304	Aço Inox 316	Alloy 20	Monel	Borracha sintética
D	B	D	B	D	A	A	A	A	A

Neoprene	Nylon	Fluoroelastomer	TFE
A	A	A	A

A - EXCELENTE; B: BOM; C: REGULAR; D: NÃO RECOMENDADO.

Tempo de Decomposição do Lixo expostos ao ar [9]:

Papel	3 meses	Chiclete	5 anos	Tecido	100 a 400 anos
Ponta de Cigarro	1 a 2 anos	Lata	10 anos	Vidro	4.000 anos
Garrafa Plástica	mais de 100 anos				

III. Quanto ao impacto biológico que possa ocorrer eventualmente com a utilização do Limpador, registrou-se as seguintes informações:

A praia possui basicamente três regiões, as quais são: seca; deixa e úmida. A seca é a mais distante do mar e é onde registra-se menor presença de biomassa (ou seja, material orgânico provenientes de ecossistemas vegetais ou animais). A região da Deixa, que é a região onde a onda morre, é a região de maior concentração de biomassa. A região úmida, que é a região mais próxima ao mar, possui novamente baixa biomassa. Apesar da região da Deixa possuir maior biomassa, profissionais do Instituto Oceanográfico da USP afirmam que o tratamento mecânico, como é o caso, não afetará os ecossistemas existentes, sendo que eles se autoadaptam à nova condição; diferente seria se houvesse alguma aplicação de elementos químicos, os quais deveriam ser estudados junto a profissionais da área biológica.

## ***1.4. SOLUÇÕES***

Para a síntese de soluções, toma-se como base o atendimento às especificações técnicas listadas anteriormente, portanto divide o Limpador em sistemas com funções definidas e para cada sistema: sintetiza, cria, concebe-se soluções concretas a fim de compor o produto final.

A composição do produto final é feita pela combinação dos sistemas definidos abaixo:

- A. Coleta do material sujo;
- B. Separação do lixo;
- C. Armazenamento do lixo;
- D. Restituição da areia limpa;
- E. Transporte do limpador;
- F. Carenagem do Limpador;
- G. Estrutura do Limpador;
- H. Tomada de potência principal;
- I. Sistema de Descarga;
- J. Transporte Interno.

Para cada um dos itens acima é mostrado as soluções devidamente justificadas e avaliadas em seus conceitos principais. É importante lembrar que as soluções aqui discutidas tem caráter geral, sendo que detalhes de fabricação serão definidos no projeto básico, etapa subsequente do projeto. A preocupação aqui é qual a solução exequível e que atende a necessidade do projeto, ou seja, atenda às especificações técnicas.

Além destas informações inclui-se a estimativa de custo composta da seguinte forma:

Componentes comprados: avalia-se o valor de mercado em junho de 1997;

Componentes fabricados: avalia-se a partir da massa da matéria-prima utilizada, fazendo a multiplicação de um fator, dado na tabela abaixo, pelo valor de aquisição da matéria-prima.

**Tabela 1.4-1. Valores Para Esimtativa de Custo Baseado na Massa do Componente**

(fonte: pesquisa com fornecedores de máquinas e componentes: AUBERT Engrenagens Ltda., VOITH S.A., ARNO S.A.)

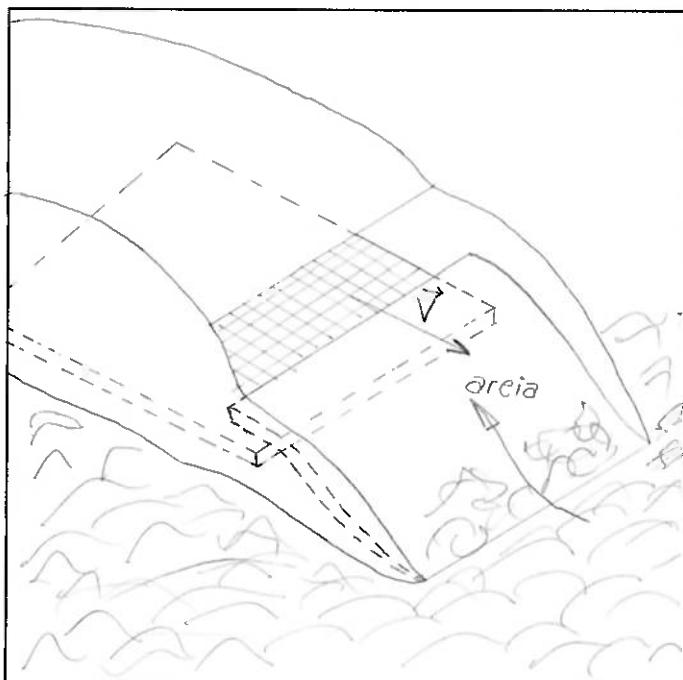
MASSA [kg]	FATOR
0 - 10	15
10 - 20	13
20 - 50	11
50 - 100	9
100 - 200	7
200 - 500	5
500 - 1000	3
1000 e acima	2

Acréscimo de complexidade: quando há um acréscimo de complexidade no componente, utiliza-se um fator coerente com o processo de obtenção do componente.

### 1.4.A. Coleta do Material Sujo

Sistema de coleta da areia da praia com o lixo a ser removido.

#### 1.4.A.1. ARRASTE



Baseia-se em uma “lâmina” que raspará o solo a uma certa profundidade, e provoca o arraste do material para a parte interna do limpador através do movimento de velocidade ‘v’ indicada na figura ao lado. Tal lâmina pode ser única, ou com dentes, como usado em tratores.

##### Vantagens

- Fácil construção e montagem;
- baixa manutenção;
- pode-se regular a lâmina para o solo em operação;
- eficiente
- baixo custo;
- facilita a montagem de proteções;
- facilita o tratamento com areia

bastante úmida;

- insensível a grandes variações de temperatura;
- facilita a remoção de objetos estranhos que possam estar no limpador.

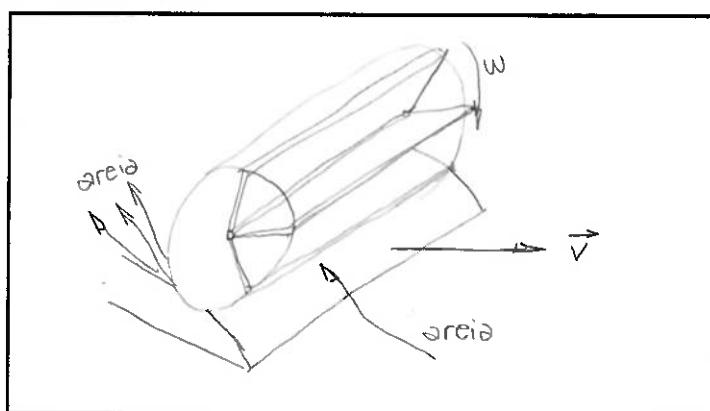
##### DesVantagens

- aumento da força de movimento do limpador, requerendo um maior atrito com o solo para o movimento (em torno de  $F_{arr} = N$  - ver item 1.3.II - para máxima profundidade  $h_{máx} = 50\text{mm}$ ).
- pode ocorrer diminuição da velocidade do limpador

Estimativa de Custo: R\$ 1.800,00

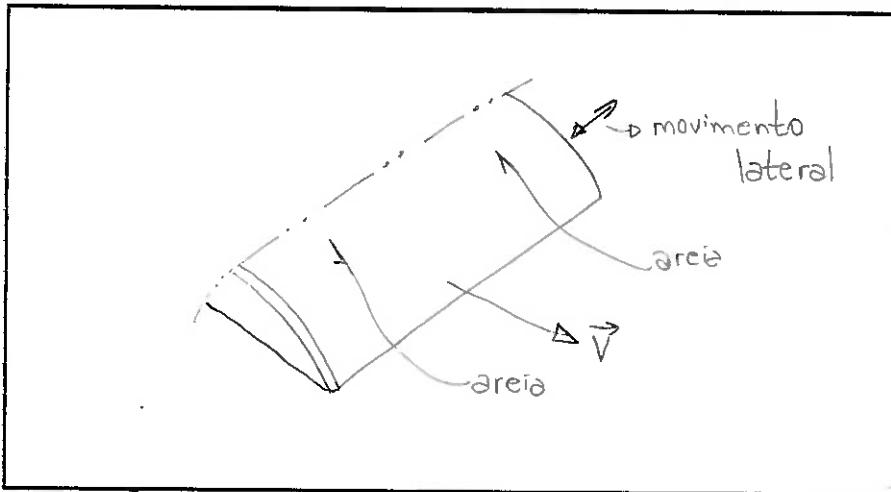
Observações: pode-se colocar itens que melhoram sua utilização, por exemplo:

a.) pás para facilitar o fluxo de areia:



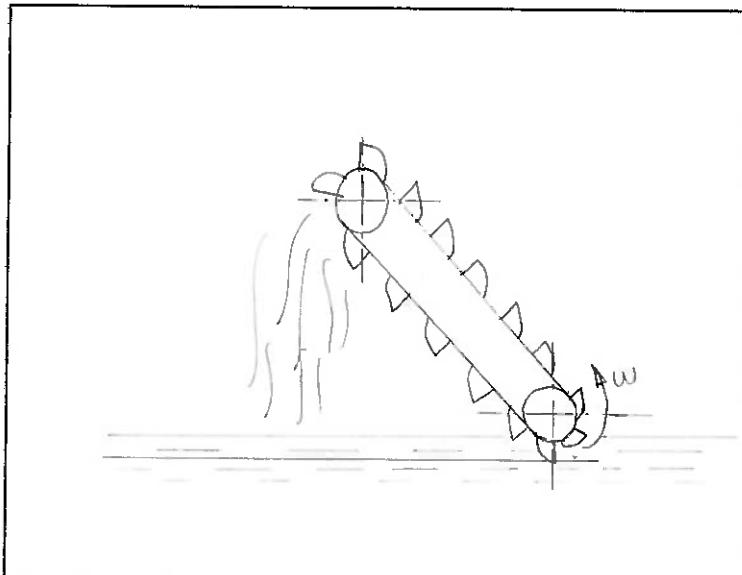
Estimativa de Custo: R\$ 1.950,00

b.) movimento lateral para penetrar melhor na areia e aumentar a velocidade do limpador:



Estimativa de Custo: R\$ 800,00

#### 1.4.A.2. CORREIA COM CANECAS



Transporte contínuo com a utilização de uma correia com canecas acopladas (ver fig. 1.2-8) com a largura do limpador. Escava o solo e transporte o material para dentro do limpador através do acionamento do tambor motor, sendo conduzido pelo cilindro movido.

##### Vantagens

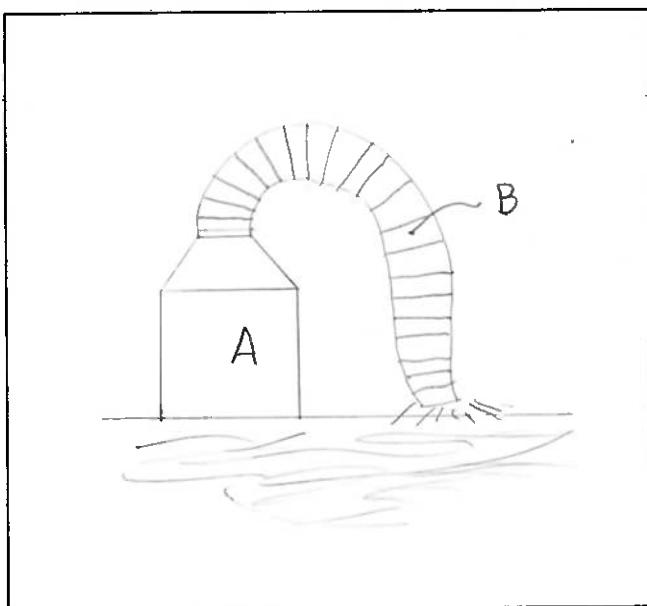
- pequena força para deslocamento do veículo;
- equipamento padrão de mercado;
- fácil manutenção pela substituição rápida dos componentes e por ser padronizado;

##### Desvantagens

- aumento do espaço: altura e comprimento;
- acionamento independente;
- diâmetro dos rolos grande;
- maior dificuldade em solos muito úmidos;
- baixa velocidade de limpeza.

Estimativa de Custo: R\$ 3.000,00

#### 1.4.A.3. SUCÇÃO



Através de um vácuo provocado no compartimento “A”, provoca-se uma depressão no duto “B” que succiona partículas do solo. As partículas que são succionadas são leves.

##### Vantagens

- baixíssima força de deslocamento;
- fácil operação, pois os obstáculos são vencidos mais facilmente;
- fácil armazenamento do material coletado;
- fácil manutenção;
- não destrói a vegetação rasteira.

##### Desvantagens

- gama limitada de partículas coletadas;
- absorção de areia;
- dificuldade da aplicação em solos compactos e/ou úmidos.

Estimativa de Custo: R\$ 950,00

#### 1.4.A.4. ROSCA TRANSPORTADORA

Com uma rosca (como indicado na figura 1.2-7), faz-se esta rotacionar em torno do seu eixo em contato com o solo, transportando o material do solo para a parte interna do limpador.

##### Vantagens

- deslocamento contínuo de grande massa coletada;
- diminui a força de penetração no solo;
- baixa manutenção pelo pequeno número de elementos sensíveis ao ambiente de uso.

##### Desvantagens

- necessidade de deslocar o material sobre uma superfície de sustentação, a fim de usar a rosca para empurrar a areia para dentro do limpador;
- reação no veículo é grande, causando grande força para deslocamento;
- aumento de comprimento;
- acionamento independente;
- desgaste excessivo no contato: rosca-areia-superfície, pois ambos são de metal, a não ser que use um revestimento na superfície.

Estimativa de Custo: R\$ (não foi encontrado estimativa no mercado)

#### 1.4.A.5. PÁ ESCAVADEIRA

Utilização de uma pá para deslocamento da areia para o lado interno do limpador, tal como uma retro-escavadeira.

##### Vantagens

- fácil utilização e projeto, pois existe o equipamento no mercado;

##### Desvantagens

- provoca marcas profundas na areia;
- tem coleta discreta, sendo que a cada pá possui área muito pequena de coleta;
- investimento elevado;
- tempo muito grande de coleta.

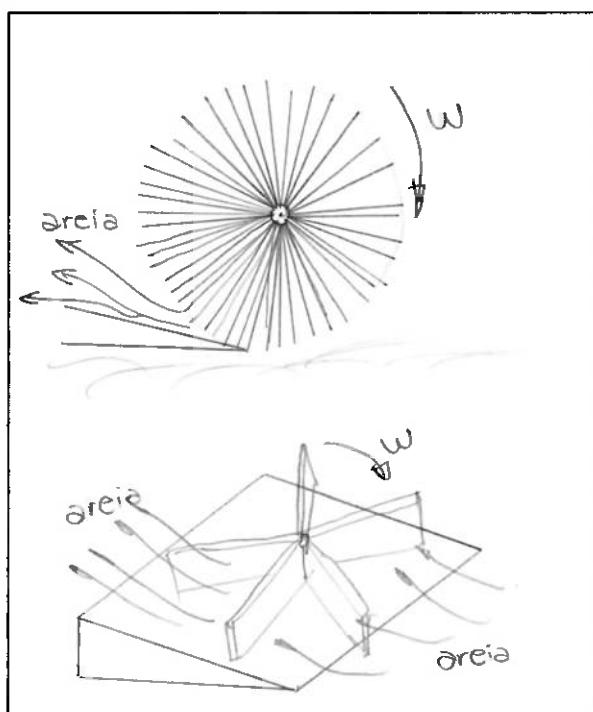
Estimativa de Custo: R\$ 40.000,00

##### Observações:

Uma variação é a utilização de uma tela e vibrador tal como na figura 1.2-1 e 1.2-2.

Estimativa de Custo:

#### 1.4.A.6. VARRIMENTO



Um grande cilindro felpado (tal como uma vassoura) gira em busca da coleta de areia para dentro do limpador.

##### Vantagens

- baixa força de coleta;
- baixa força de deslocamento;
- baixo investimento;
- baixo custo de manutenção;
- menos sensível a obstáculos do tipo pedras, etc.

##### Desvantagens

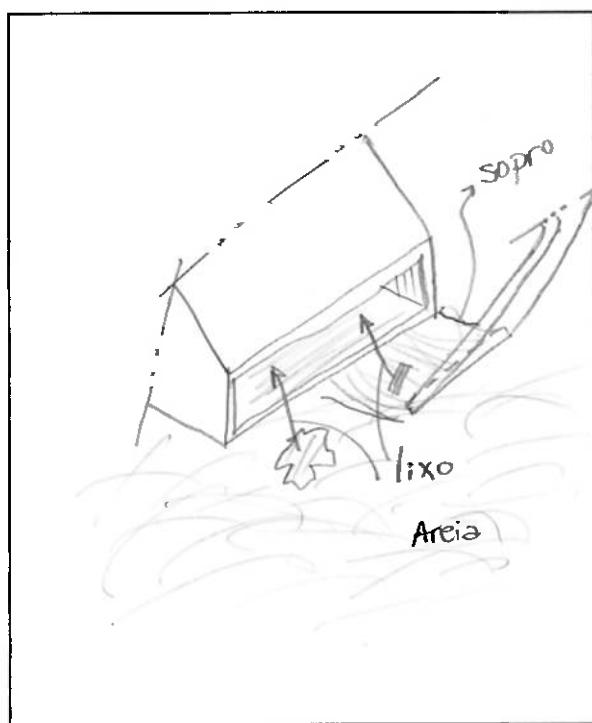
- dificuldade em solos compactados;
- manutenção freqüente de felpado;
- acionamento independente.

No 2º tipo:

- baixo aproveitamento do espaço.

Estimativa de Custo: R\$ 4.200,00

#### 1.4.A.7. SOPRO



Um duto de exaustão de ar assopra a superfície da areia, movendo os materiais de massa pequena para um compartimento de armazenamento.

##### Vantagens

- baixo consumo de energia;
- baixa força de deslocamento;
- baixo investimento;
- baixo custo de manutenção;
- menos sensível a obstáculos do tipo pedras, etc.

##### Desvantagens

- dificuldade em coletar lixos de maior massa tão pouco lixos enterrados;
- muito escape de areia, deixando o ambiente nebuloso de tanto pó;
- a utilização de um compressor de alta eficiência num ambiente como este implica em grande manutenção.

Estimativa de Custo: R\$ 650,00

#### 1.4.B. Separação do Lixo

Sistema de separação do lixo da areia.

#### 1.4.B.1. PENEIRA VIBRATÓRIA

Peneira vibratória separa o lixo da areia, sendo que a areia já cai novamente na praia e o lixo, com uma pequena inclinação da peneira, cai ao lado.

##### Vantagens

- possibilita utilizar duas ou mais telas a fim de aumentar a gama do material a ser separado;
- a utilização de um certo número de malha pode diminuir muito (~1%) a possibilidade de cair lixo na areia;
- fácil aplicação;
- baixa manutenção;
- baixo custo.

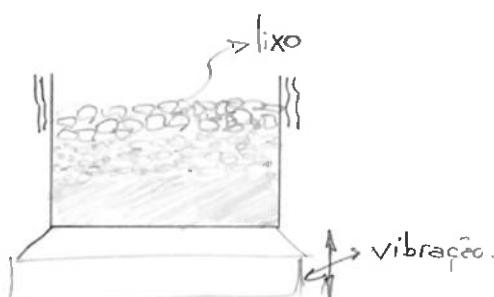
##### Desvantagens

- difícil regulagem: controle de cheio e vazio;
- formação de material retido na malha;
- com material compactado deve-se aumentar a vibração (novamente controle).

Observações: Deve-se avaliar se é melhor comprar, ou melhor adaptar uma peneira de mercado (ver fig. 1.2-9 e 1.2-10), ou se utiliza-se estas como base e projeta-se uma peneira adequada para o trabalho do limpador (é claro que utilizando o maior número de componentes padronizados possíveis, tal como é feito em todo o projeto).

Estimativa de Custo: R\$ 6.000,00 (comprada); R\$ 1.800,00 (produzida)

#### 1.4.B.2. SEPARAÇÃO POR VIBRAÇÃO



Com a vibração do material, as partículas de maior granulação (o lixo) tende a ficar sobre a reia, podendo-se então passar um raspador.

##### Desvantagens

- é ineficiente;
- difícil adaptação para aumento de velocidade.

Estimativa de Custo: (sem estimativa)

#### 1.4.B.3. FLOTAÇÃO

Com a aplicação de um líquido, o material particulado, o lixo, flota e a areia pode ser descarregada. Não comenta-se vantagens e desvantagens, pois é considerado uma solução inadequada, a não ser que deva-se lavar a areia, mas mesmo assim é mais viável lavar após o peneiramento, somando uma operação ao limpador.

Estimativa de Custo: (sem estimativa)

### 1.4.C. Armazenamento Do Lixo

Sistema de armazenamento do lixo para posterior tratamento.

#### 1.4.C.1. BAÚ PADRONIZADO

Na fim do caminho do lixo, depois do transporte interno, coloca-se um baú onde o lixo cai por gravidade e fica aí armazenado. Este é um baú padronizado utilizado para coleta de entulhos e lixos nos centros urbanos.

##### Vantagens

- o lixo fica pronto para ser retirado e dirigido para seu devido fim;
- a utilização de um baú padronizado traz as vantagens da intercambialidade do baú e barateamento do sistema, bem como a facilidade de ser removido pelos métodos já existentes de retirada e colocação do baú.

Desvantagens

- o tamanho do baú é grande ( $0,8 \times 1 \times 2$ )m<sup>3</sup> e único, tornando o tamanho do limpador inflexível para ser adaptado ao baú.

Estimativa de Custo: R\$ 410,00

**1.4.C.2. BAÚ REVESTIDO COM EMBALAGEM**

Utilização do baú referido acima revestido com uma embalagem para já ser retirado pronto para o seu fim.

Vantagens

- o lixo fica retido impedindo sua dispersão;
- a retirada pode ser feita sem que seja necessária a remoção do baú.

Desvantagens

- quando utiliza-se o baú, geralmente dispensa-se o uso da embalagem;
- aumento do custo com sistema de troca de revestimento e compra do próprio revestimento.

Estimativa de Custo:

Observações: A utilização de uma peneira plana sob o baú, com malha de um número acima da granulação da areia, para retornar o máximo de areia

Estimativa de Custo: R\$ 730,00

**1.4.C.3. SÓ EMBALAGEM**

A saída do lixo disposta a cair dentro de uma embalagem plástica, pronta para ser transportada para seu tratamento.

Vantagens

- tem-se maior flexibilidade para o tamanho do limpador, em comparação com o uso do baú;
- o lixo fica totalmente separado evitando qualquer contato;
- rapidez para a locomoção do lixo para seu tratamento.

Desvantagens

- o saco pode ser pouco resistente para lixos pontiagudos ou com peso grande;
- há a necessidade de executar um compartimento para sustentação da embalagem e sua proteção;
- o controle para descarregamento do lixo é mais preciso do que no baú.

Estimativa de Custo: R\$ 350,00

#### **1.4.C.4. COMPARTIMENTO SIMPLES**

Utilizar um compartimento, tal como uma caixa, pertencente ao próprio limpador onde o lixo é depositado. A retirada do lixo deve ser executado com vassouras, ou um sistema basculante, fazendo o lixo ser descarregado por gravidade.

##### Vantagens

- facilidade de execução e operação;
- permite maior flexibilidade, pois não depende de nenhuma padronização.

##### Desvantagens

- o lixo fica disperso, podendo causar maior incômodo no descarregamento;
- dificulta a retirada do lixo e aumenta o tempo de descarregamento;
- deve-se aumentar a resistência a corrosão neste comportamento, a fim de evitar trocas do compartimento, já que como não é padronizado, demanda um custo maior de substituição.

Estimativa de Custo: R\$ 550,00

#### **1.4.D. Restituição da areia limpa**

Apesar de haverem métodos de pós-separação da areia do lixo, preocupa-se aqui com o retorno imediato, ou seja, atra'ves de um peneiramento e deposição contínua da areia.

#### **1.4.D.1. DEPOSIÇÃO LIVRE DA PENEIRA**

A peneira tem caída livre para o solo.

##### Vantagens

- fluxo contínuo, ou seja, o que é retirado é depositado aproximadamente no mesmo local;
- diminui-se a quantidade de areia retirada na operação e que não retorna à praia.

##### Desvantagens

- necessidade de um sistema contínuo de alimentação da peneira e sistema contínuo de retirada o lixo;
- pode ocorrer algumas avarias na passagem da areia pela peneira, tal como formação de camada estratificada sobre a peneira, dificultando o fluxo; passagem de lixo de pequena granulação ou mesmo finos, tal como palitos (ver mais detalhes no anexo 1 - Estudo da Granulometria da Areia e Lixo).

Estimativa de Custo: R\$ ~0

#### **1.4.E. Transporte do limpador**

Sistema de locomoção do Limpador.

#### **1.4.E.1. CAMINHÃO**

Utilização de um caminhão como base e com o Limpador instalado em sua carroceria.

**Vantagens**

- utiliza um produto do mercado já desenvolvido e que pode ser aplicado a diversas outras fins;
- não é necessário fazer todo o desenvolvimento de um veículo próprio. No futuro com a larga utilização do limpador, aí torna-se necessário o projeto de um veículo específico.

**Desvantagens**

- possui sofisticação que não seria necessário para atender as especificações deste projeto;
- custo elevado.

Estimativa de Custo: R\$ 35.000,00

**1.4.E.2. TRATOR**

Utilização do Trator como força motriz.

**Vantagens**

- veículo mais adequado, pois é mais simples que o caminhão;
- possui aplicação agrícola com alta força de tração, adequada para o caso.

**Desvantagens**

- menor comodidade para o motorista;
- necessidade de sistema de apoio com rodas para o limpador

Estimativa de Custo: R\$ 19.000,00

**1.4.E.3. INDEPENDENTE**

O próprio Limpador possui seu próprio sistema de transporte.

**Vantagens**

- possuir um sistema totalmente dedicado para o projeto, minimizando custo para alta produção;

**Desvantagens**

- necessidade de todo o desenvolvimento de um veículo: suspensão, direção, transmissão, freios, motor, estrutura;
- necessidade de um grande volume de produção para ser viável.

Estimativa de Custo: R\$ 20.000,00

Observações: Como já observado, para uma primeira construção recomenda-se que utilize-se um projeto pronto adaptado para o sistema de transporte. Somente se não for possível adaptá-lo deve-se partir para o projeto independente.

#### **1.4.F. Carenagem do Limpador**

Sistema de proteção externa do Limpador.

##### **1.4.F.1. METÁLICA - AÇO**

Provavelmente chapas de aço revestidas ou não, pintadas com fundo e esternamente com a pintura adequada.

Vantagens

- aço é barato e comumente usado;
- fácil tratabilidade;
- fácil encontrar no mercado;
- o aço é largamente estudado, possuindo suas características bem definidas nas literaturas;
- possui grande resistência mecânica.

Desvantagens

- alta taxa de corrosão;
- facilidade de executar cantos vivos e lâminas;
- grande trabalho de conformação.

Estimativa de Custo: R\$ 9,00 /kilograma

Observações:

Obs1) As chapas de aço podem ser dobradas ou estampadas de acordo com o número de peças. Neste caso adota-se dobrado pela falta de uma estimativa mais correta quanto ao tamanho do mercado consumidor.

Obs2) Pode-se utilizar chapa de AÇO INOX. Estimativa do custo: R\$ 18,00 /kilograma

##### **1.4.F.2. METÁLICA DE ALUMÍNIO**

Utilização de chapas de alumínio revestidas ou não.

Vantagens

- menor trabalho de conformação;
- baixa corrosão;
- baixo peso.

Desvantagens

- baixa resistência mecânica;
- custo alto;
- dificuldade de encontrar no mercado chapas de alumínio.

Estimativa de Custo: R\$ 16,00 /kilograma

##### **1.4.F.3. FIBRA DE VIDRO E MATRIZ DE POLIÉSTER**

Comumente utilizada no mercado automobilístico, principalmente na carenagem de ônibus.

Vantagens

- baixo peso;
- baixo custo;
- não há corrosão significativa.

Desvantagens

- aumento do trabalho de polimento;
- trabalho bastante artesanal se não for produção em grande escala;
- resistência menor que as carenagens metálicas.

Estimativa de Custo: R\$ 12,00/kilograma

***1.4.F.4. FIBRA DE CARBONO E MATRIZ DE POLIÉSTER***

Observações: Tem o custo bastante alto em relação à fibra de vidro, e com atendimento das necessidades, para este caso, igual.

Estimativa de Custo: R\$45,00 /kilograma

**1.4.G. Estrutura do Limpador**

Sistema de composição do esqueleto do Limpador, na qual vão estar fixos todos os seus componentes.

***1.4.G.1. TUBULAR - AÇO INOX***

Vantagens

- baixa taxa de corrosão;
- pode ser utilizado sem pintura ou qualquer outro tratamento superficial;
- manutenção menos freqüente.

Desvantagens

- custo mais elevado que o aço carbono;
- processo de soldagem dedicado;
- usinabilidade mais difícil, sendo que o tempo em relação ao aço carbono acaba sendo de 1,4 vezes maior;
- dificuldade de encontrar o perfil desejado no mercado.

Estimativa de Custo: R\$ 12,00/kilograma

***1.4.G.2. TUBULAR (OU DUTO DE SEÇÃO QUADRADA) - AÇO CARBONO***

Vantagens

- facilidade de encontrar no mercado uma grande variedade de dimensões de perfis;
- o custo é baixo, comparado com as outras alternativas.

#### Desvantagens

- alta taxa de corrosão;
- necessidade de cobertura;
- dificuldade de aplicar a cobertura internamente, sendo inevitável o contato diretamente com o meio.

Estimativa de Custo: R\$ 5,00/kilograma

### **1.4.G.3. ALUMÍNIO**

#### Vantagens

- baixo peso;
- pequena taxa de corrosão, e possui corrosão protetiva;
- como o inox, também há a possibilidade deixar a superfície externa sem nenhum tratamento.

#### Desvantagens

- custo maior;
- processo específico de soldagem;
- dificuldade de encontrar perfis com material de alta resistência para estruturas mecânicas.

Estimativa de Custo: R\$ 13,50 / kilograma

### **1.4.G.4. PERFIL FABRICADO**

Como trata-se de um projeto que se pretende montar um primeiro protótipo funcional, evita-se o trabalho de fabricação dedicado, sendo uma das metas utilizar o máximo de elementos normalizados possíveis.

### **1.4.H. Tomada De Potência Principal**

Sistema de alimentação de potência e torque.

#### **1.4.H.2. MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA**

##### Vantagens

- independência física da fonte de energia para transformação em energia mecânica;
- facilidade de aplicação para pequenas potências;
- existem diversos fabricantes para motores de baixa potência no mercado;
- facilidade de manutenção, por encontrar peças de reposição e por haver um grande número de pessoas no mercado que trabalham com esses motores.

**Desvantagens**

- poluição do meio ambiente através da emissão de gases nocivos aos seres vivos e à poluição sonora;
- necessidade de abastecimento periódico;
- variações da curva de potência para uma mesma rotação;
- dificuldade do modelamento e domínio total do controle do sistema.

Estimativa de Custo: R\$ 2.500,00

**1.4.H.3. TOMADA DE POTÊNCIA DO VEÍCULO SUPORTE**

**Vantagens**

- independência do sistema de potência.

**Desvantagens**

- a posição de tomada de potência é dificultada e é necessário desenvolver uma transmissão para obter a potência na posição desejada.

Estimativa de Custo: --- x ---

**1.4.H.3. MOTOR ELÉTRICO**

**Vantagens**

- baixíssimo índice de poluição por emissões e sonora;
- torque mais controlável e de valor mais constante em relação ao de combustão.

**Desvantagens**

- necessidade da tomada de energia elétrica por fios, vinculando o limpador a uma certa distância da fonte.

Estimativa de Custo: R\$ 1.500,00

**1.4.I. Sistema De Descarga**

Sistema de descarga do lixo para fora do Limpador.

**1.4.I.1. MANUAL**

**Vantagens**

- baixo custo;
- facilidade de aplicação.

**Desvantagens**

- condição desfavorável de trabalho;
- condição do limpador pode ficar desagradável no uso.

#### **1.4.I.2. COM COMPORTA**

Vantagens

- diminui o contato do ser humano.

Desvantagens

- necessidade de um sistema de acionamento da comporta, o que pode encarecer o projeto, e ainda inclui mais um item que não se tem domínio.

Observações:

Estimativa de Custo: ---x---

#### **1.4.I.3. COM DESLOCAMENTO DA EMBALAGEM**

Vantagens

- pode ser adotado um compartimento padrão de mercado;
- evita completamento, o contato do operador com o lixo.

Desvantagens

- necessidade de dedicação do projeto ao compartimento padrão.

Estimativa de Custo: R\$ 800,00

#### **1.4.I.4. COM AUXÍLIO DE BASCULANTE EXTERNO**

O lixo depositado no compartimento é retirado por uma escavadeira, ou outro meio semelhante de conduzir o lixo para fora do Limpador.

Vantagens

- favorece a simplicidade do compartimento no Limpador.

Desvantagens

- deixa o Limpador dependente de um segundo sistema para sua operação;
- inflexibilidade na operação do limpador, para prepará-lo para embalamento.

Estimativa de Custo: R\$ 35.000,00

### **1.4.J. Transporte Interno Do Lixo**

O transporte interno do lixo implica no transporte do lixo que cai pela lateral da PENEIRA INCLINADA para seu armazenamento e facilitando seu pós tratamento.

#### **1.4.J.1. ESTEIRA COM CANECAS**

Utilização de uma esteira de lona com canecas que recolhem o lixo na saída da esteira e conduz para o local de armazenamento.

Vantagens

- transporte limpo e sem recirculação;
- aplicação padronizada no mercado.

Desvantagens

- aumento do espaço interno e estrutura para a esteira;
- dificuldade de aplicação com pequenos diâmetros de tambor.

Estimativa de Custo: R\$ 250,00 /caneca

1.4.J.2. ROSCA TRANSPORTADORA

Utilização de uma rosca transportadora em toda a extensão na saída da peneira, consuzindo o material para um compartimento onde haverá outra rosca inclinada que eleva o lixo para depositá-lo no compartimento final.

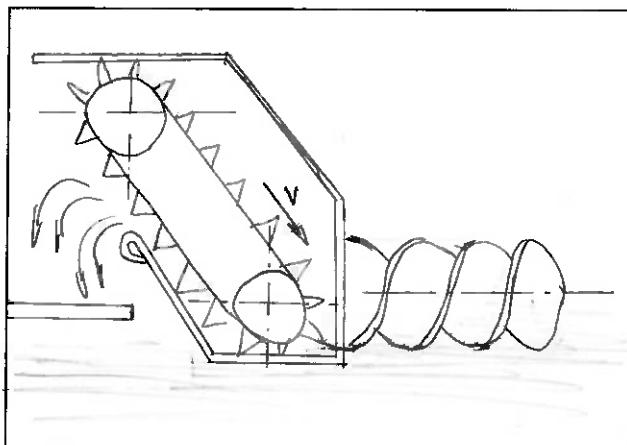
Vantagens

- simples;
- com poucos componentes em seu interior e para sua estrutura.

Desvantagens

- dificuldade de fazer a junção entre as roscas sem recirculação de lixo;
- na rosca de elevação o ângulo da rosca provoca uma recirculação do lixo;
- a abrasividade deste tipo de lixo (com areia) dificulta o tratamento com grande atrito, implicando em maior freqüencia de manutenção.

Estimativa de Custo:



Observações: Uma variação bastante interessante é executar uma estação elevatória na saída do transportador de rosca como visto na figura ao lado.

Estimativa de Custo: R\$ 4.000,00

1.4.J.3. ESTEIRA COM OBSTÁCULOS (PRISMAS)

Aplica-se uma esteira apenas com prismas na transversal para transporte do material, semelhante a uma esteira que transporta cavacos em uma máquina ferramenta (torno, fresa, etc.).

**Vantagens**

- fácil aplicação e manutenção;
- consome baixa energia, pois pode ser uma esteira de lona com prismas de plástico;

**Desvantagens**

- o aumento da altura do prisma, implica em maior momento e dificuldade de rolamento da esteira;
- o aumento de espaço interno e estrutura para a esteira;
- necessidade de tomada de potência;
- possibilidade de transbordo do lixo.

Estimativa de Custo: R\$ 2.450,00

## ***1.5. VALOR ECONÔMICO***

Quanto ao valor estimado para o projeto, como mostrado anteriormente na pesquisa realizada com potenciais consumidores, possui um limite em torno de R\$30.000,00 (trinta mil reais) e como mostrado também, tais consumidores possuem instalado em média, hoje, cerca de R\$60.000,00 (sessenta mil reais).

No entanto a necessidade de limpar o lixo fino da praia é iminente e não há equipamento hoje que atenda a esta necessidade, a não ser um equipamento sueco que limpa 50m<sup>2</sup>/hora.

Do exposto avalia-se qual a solução mais barata e que atenda ao maior número de itens da especificação técnica, com maior eficácia, mas não toma-se os R\$30.000,00 como único, mas sim o intervalo entre este valor e os R\$60.000,00 como um limite aceitável.

Quanto ao valor do custo e de investimento para a fabricação, somente será avaliado com maior precisão, após o Projeto Executivo.

Assim, o valor tomado como base para a tomada de decisão de qual projeto irá ser abordado nas fases subsequentes do Projeto terá como itens inclusos no seu custo, as estimativas tomados no itens de soluções anterior (item 1.4.), com as respectivas hipóteses expostas.

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia Mecânica  
Área de Projetos e Fabricação

**Projeto:**

# **LIMPADOR DE AREIA DE PRAIA**

**\* PROJETO BÁSICO \***

Por LINCOLN TORQUATO CORDEIRO

Orientado por MARCO STIPKOVIC Fº

Dezembro de 1997.

## 2. PROJETO BÁSICO

O objetivo do desenvolvimento do projeto básico (ou ante-projeto) é o estabelecimento da concepção global do projeto que servirá de base ao projeto executivo. Este projeto básico será analisado até o ponto em que se tenham os elementos necessários para tomar a decisão de iniciar a fase seguinte.

Nesta fase executa-se os seguintes estudos para cada sistema:

- 1) Escolha da melhor solução;
- 2) Modelamento do projeto:

- 2.1) Modelo icônico;
- 2.2) Modelo simbólico.

- 3) Análise de sensibilidade;
- 4) Análise de compatibilidade;
- 5) Análise de estabilidade.

Os sistemas envolvidos são:

- 1) Coleta
- 2) Transporte Interno
- 3) Separação Do Lixo
- 4) Restituição Da Areia
- 5) Armazenamento
- 6) Descarga Do Lixo
- 7) Tomada De Potência
- 8) Transporte Do Limpador
- 9) Estrutura
- 10) Carenagem

O projeto foi avaliado em R\$ 26.750,00 (vinte e seis mil setecentos e cinqüenta reais), estando incluso neste valor a matéria prima e processo de fabricação correlato. Custo devido a atividades administrativas, técnicas e de venda não estão incluídos, bem como instalação da fábrica e custo de implantação da fabricação.

Entretanto, consultando as peças, matérias primas e processos que foram tomadas como base, até o momento tem-se R\$ 12.350,00 (doze mil trezentos e cinqüenta reais), e dentro do padrão anteriormente mostrado tem-se a nova estimativa de R\$ 30.000,00 (trinta mil reais).

## **2.1. Escolha da melhor solução**

A melhor solução foi determinada basicamente com a análise das soluções propostas na fase de estudo de viabilidade, as quais atendiam de melhor forma as especificações técnicas identificadas como metas e que não implicavam em custos altos.

A solução escolhida, como mostrada a seguir (figura 2.2.1-1 e 2.2.1-2) tem as seguintes características:

### **2.1.1. Coleta**

A unidade de coleta foi definida como uma rampa para escavar a areia e um sistema de correia transportadora para auxiliar no transporte da areia na rampa até a peneira.

### **2.2.2. Transporte Interno**

O transporte interno pode ser visto como quatro: sobre a rampa, na peneira, no elevador e no compartimento final. Sobre a rampa é baseado na força motriz do Limpador em conjunto com a correia transportadora. Na peneira a ação da gravidade faz o serviço. No elevador, novamente a esteira transportadora. E na caída para o compartimento final, novamente a ação da gravidade. A elevação do lixo separado pela peneira é feita por um elevador que utiliza uma correia transportadora.

### **2.2.3. Separação Do Lixo**

A separação do lixo é feita com um peneira dimensionada em função dos testes realizados (ver anexo 2) e com base na formulação da SVEDALA [14]. Neste item, verificou-se que acima de um certo valor de umidade da areia, no peneiramento, não haverá a desfragmentação dos grãos e não haverá peneiramento. Para este caso, a solução poderia ser a instalação de duas ou três peneiras, as quais teriam malhas decrescente em abertura, a fim de as primeiras desfragmentar a areia e a última a separação efetiva da areia. No projeto concebido não se fez este item, por sua complexidade, pois necessitaria de uma maior potência de acionamento na correia transportadora da rampa, necessitando da substituição da configuração concebida, encarecendo o Limpador.

### **2.2.4. Restituição Da Areia**

A restituição da areia é feita simplesmente pelo não fechamento da saída inferior da peneira.

### **2.2.5. Armazenamento**

O armazenamento é feito num compartimento padrão de mercado, feita pela elevação do lixo pelo elevador e caída por gravidade.

### **2.2.6. Descarga Do Lixo**

A descarga do lixo é feita pela retirada do compartimento padrão, substituindo-o por um compartimento vazio.

### **2.2.7. Tomada De Potência**

A tomada de potência é feita por um motor de combustão interna. A esteira transportadora da rampa é acionada pelas lanças com o próprio movimento do limpador, pois as lanças penetram no solo e dão o torque suficiente (como calculado) para a vazão prevista.

### **2.2.8. Transporte Do Limpador**

O Limpador deve ser engatado em um veículo tracionador, com a potência de tração especificada no item 2.6. dados gerais. É baseado numa estrutura metálica sobre suspensão do tipo feixe de molas e dois eixos para movimentação.

### **2.2.9. Estrutura**

A estrutura, embora não definida completamente, utiliza como base o aço carbono, e onde terá mais contato com a areia e água, em aço inox. Mas evitando contato entre aço carbono e aço inox, pelo par galvânico que podem formar em meio eletrólito. A estrutura da rampa tem uma biqueira, de aço inox, e a estrutura não foi definida completamente, pois pode-se trabalhar com nervuras sob ela, portanto a rampa é bastante flexível na concepção estrutural.

### **2.2.10. Carenagem**

Para a carenagem só foi feita uma análise em elementos finitos para determinar as dimensões de uma chapa apoiada em todos os seus lados carregada com pressão uniforme, a fim de simular um elemento unitário da carenagem a ser construída.

## ***2.2. Modelamento do projeto***

O modelamento do projeto visa representar da melhor forma possível o comportamento do Limpador tal como concebido, maximizando o domínio sobre todo o sistema a fim de fazer qualquer desenvolvimento posterior e a fim de obter o melhor aproveitamento no uso. E ainda, visa minimizar a quantidade de testes e o número de protótipos antes da execução do produto final.

### **2.2.1. Modelo icônico**

O modelo icônico foi construído a partir das dimensões padrão de mercado para os itens comprados e a partir das dimensões encontradas no modelo simbólico mostrado a seguir, para os itens fabricados.

A figura 2.2.1-1 e a figura 2.2.1-2 mostram o lay-out do Limpador.

É importante ressaltar novamente, que o objetivo do projeto básico é suprir o maior número de dimensões e parâmetros de funcionamento do sistema possível para a próxima fase do projeto: o projeto executivo, onde determinará os desenhos de montagem final e os desenhos de fabricação, bem como o contato com fornecedores, o marketing da empresa, etc., ou seja, todas as atividades envolvidas no aprimoramento, fabricação e comercialização do projeto final.

## LIMPADOR DE AREIA DE PRAIA:

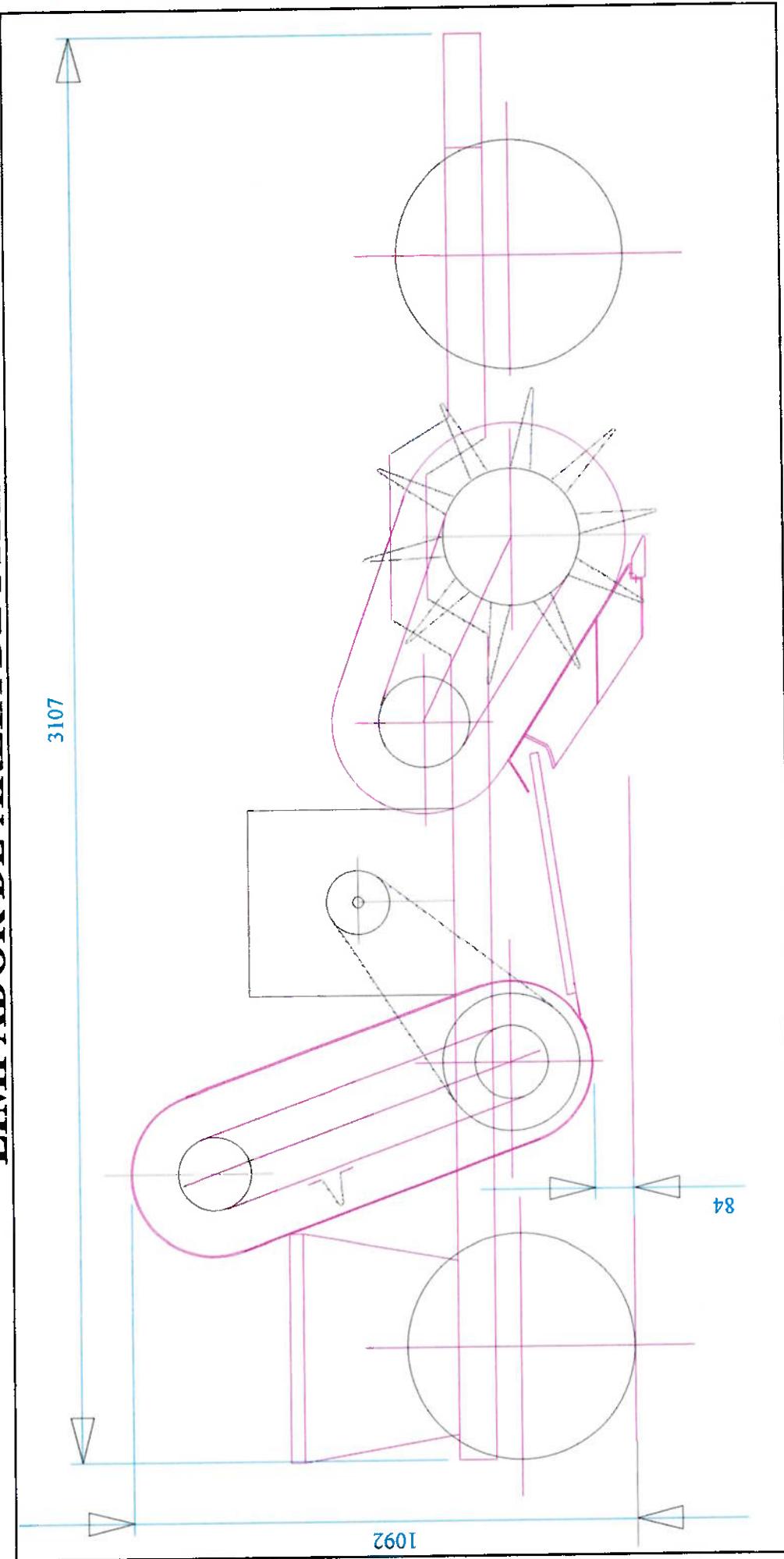
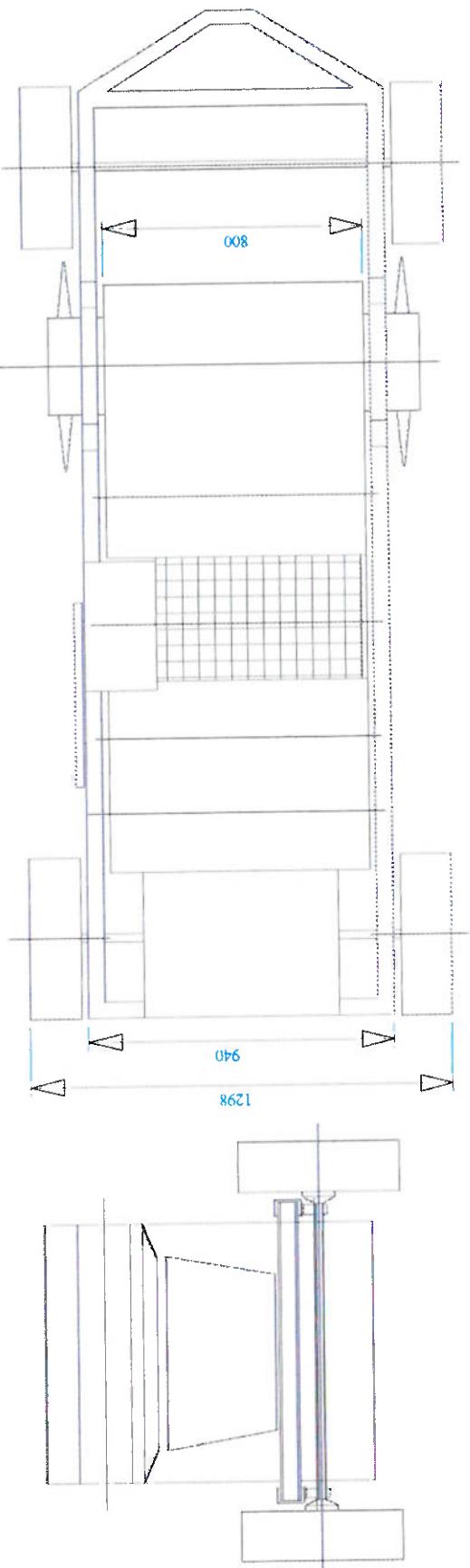


Figura 2.2.1-1. Vista lateral do Limpador. (disket com o desenho executado no microstation está em anexo: limpador.dgn)

Por Lincoln Torquato Cordeiro  
Escola Politécnica da USP - Dpto. Eng<sup>a</sup> Mecânica Projetos e Fabricação

## LIMPADOR DE AREIA DE PRAIA

### VISTA TRASEIRA



### PLANTA

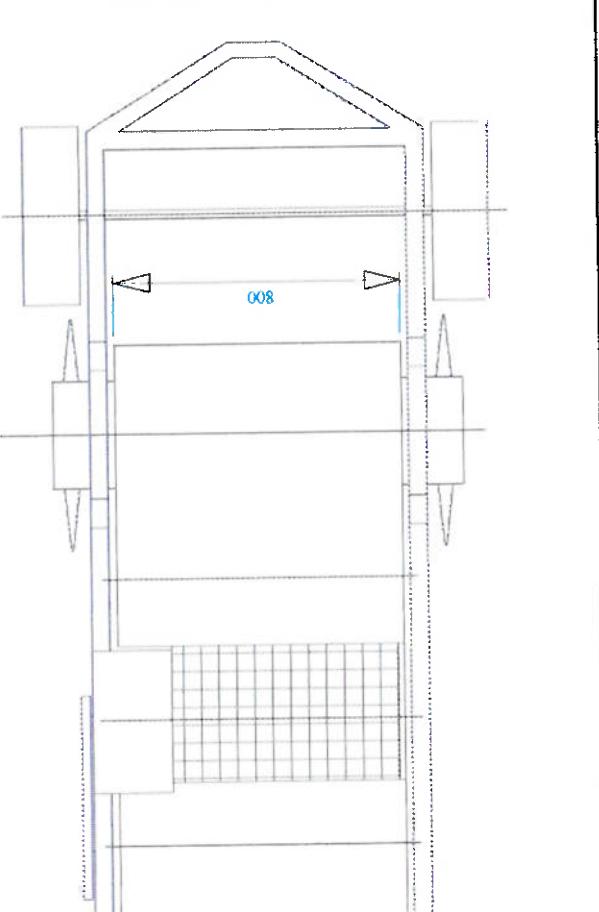


Figura 2.2.1-2. Vista traseira e de planta do Limpador (desenho executado no microstation está em anexo: limpador.dgn)

## 2.2.2. Modelo simbólico

O modelo simbólico objetiva a obtenção de valores que são críticos para o bom funcionamento dos sistemas. Apenas os sistemas mais críticos (que não têm nenhuma estimativa) foram estudados nesta fase. Por quê? Existem alguns parâmetros que advém do próprio fabricante de acordo com a aplicação necessária, como o coeficiente de mola do feixe de molas, ou a forma do cravo do pneu. Assim, esses itens devem ser otimizados numa fase posterior de fabricação, ou seja, quando do início da comercialização do Limpador.

### 2.2.2.1. COLETA

O modelo para a coleta visa obter as leis para o ângulo apropriado para a lança, para a potência necessária para movimentar a correia transportadora da rampa e para a potência do veículo tracionador.

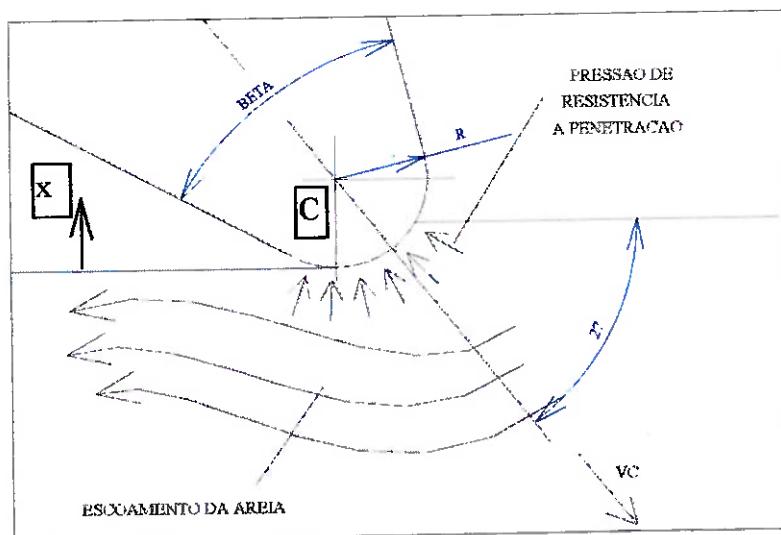
#### ACIONAMENTO DA ESTEIRA

O acionamento da esteira transportadora da rampa dá-se através de lanças que com o movimento do veículo elas penetram na areia e movimentam a esteira.

Admite-se três efeitos contrários à penetração do solo:

- resistência de penetração no solo;
- escoamento da areia;
- após a penetração inicial, a resistência à penetração do corpo da lança.

O seguinte modelo icônico é utilizado:



Onde:

$V_c$ : é a velocidade da ponta da lança que é uma composição do movimento de translação com o movimento de rotação da lança;

$\beta$ : é o ângulo ótimo sugerido [6];

R: o raio da ponta da lança;  
beta: o ângulo de abertura da lança.

A composição de forças fica:

$$\vec{F} = {}^1\vec{F} + {}^2\vec{F} + {}^3\vec{F} \cdot \frac{\vec{v}_c}{|\vec{v}_c|}$$

onde:

F1: devido a resistência a penetração;

F2: ao escoamento da areia;

F3: penetração do corpo da lança.

$${}^1\vec{F} = \int_0^R P_R \cdot w \left[ -\sin(\arccos(1 - \frac{x}{R}))\hat{i} + (1 - \frac{x}{R})\hat{j} \right] dx$$

onde:

P<sub>R</sub>: resistência a penetração na areia;

$${}^2\vec{F} = \int_0^R P_R \cdot \mu \cdot w \left\{ \begin{array}{l} \left[ \sin(\arccos(1 - \frac{x}{R})) \cdot \cos\theta - \sin\theta \cdot (1 - \frac{x}{R}) \right] \hat{i} \\ \left[ \cos\theta \cdot (1 - \frac{x}{R}) + \sin\theta \cdot \sin(\arccos(1 - \frac{x}{R})) \right] \hat{j} \end{array} \right\} dx$$

onde:

$\mu$ : coeficiente de atrito entre a areia e o aço;

$\theta$ : 27° situado anteriormente;

w: largura total do tambor.

$${}^3\vec{F} = \frac{P_R \cdot \pi}{2} \cdot H^2 \cdot \sin(\frac{\beta}{2})$$

onde:

H: é a altura total que a lança penetra no solo;

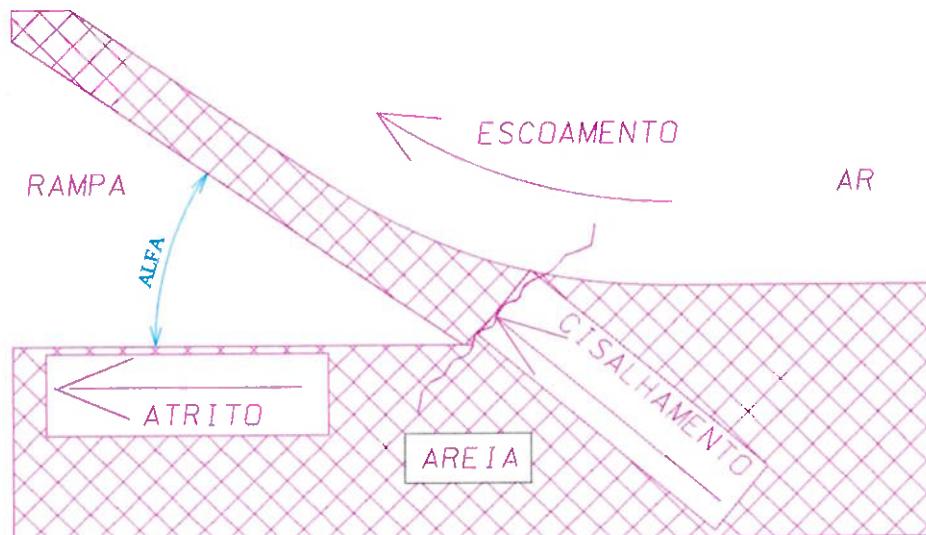
$$V_c = v \cdot [(1 - \cos(\theta)) \cdot \hat{i} - \sin(\theta) \cdot \hat{j}]$$

onde:

v: velocidade de translação do Limpador.

### FORÇA PARA ESCAVAÇÃO:

Da mesma forma que o modelo anterior da lança, continua existindo as três componentes, mas de tratamento diferente, como mostra o modelo icônico a seguir:



Para estimar a potência de escavação, recorre-se a referência [6], antiga, mas que representa, o mais próximo possível, o que o problema propõe.

$$N_{dig} = \frac{\dot{Q}_{eff}}{102} \cdot X [kW] \text{ Garbota(1937)}$$

ESTÁTICO:	$F_{dig} = A_{dig} \cdot P_R$ $Flat = 0,31 \cdot F_{dig}$ Rasper(1969)
DINÂMICO:	$F_{dyn} = 1,2 F_{dig}$ (Bahr, 1965)

onde:

$N_{dig}$ : potência de escavação;

$\dot{Q}_{eff}$ : vazão mássica do material escavado;

X: coeficiente que depende do tipo de material escavado e as condições que se encontra;

$F_{dig}$ : força de escavação;

$A_{dig}$ : área a ser escavada;

$Flat$ : força lateral inerente da escavação frontal;

$F_{dyn}$ : com consideração da força dinâmica no processo.

$$\text{Escoamento da areia sobre a rampa: } N_{esc} = \rho \cdot w \cdot h \cdot c \cdot \tan(\theta) \cdot v$$

onde:

$\rho$ : densidade da areia;

$h$ : altura total de elevação;

$c$ : comprimento da rampa;

### 2.2.2.2. TRANSPORTE INTERNO

Além da esteira transportadora, que já foi estudada, há necessidade em dimensionar o tamanho, inclinação e movimento da peneira para a correta separação e transporte do lixo, e ainda a potência do elevador do lixo para o compartimento.

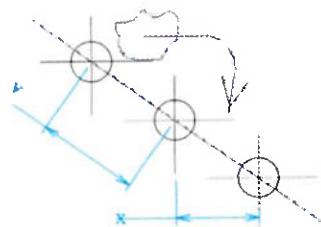
Assim, dentre os movimentos existentes:

- 1º) DA AREIA NA RAMPA;
- 2º) DO LIXO NA PENEIRA;
- 3º) DO LIXO NA ELEVAÇÃO.

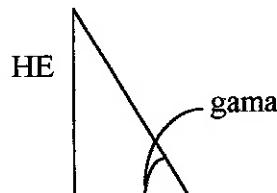
Estudada-se aqui o 2º e o 3º (o 1º já foi abordado):

2º) METODOLOGIA: SVEDALA-FAÇO [14]: leva em consideração os seguintes fatores:

Abertura da Malha;  
Área de peneiramento;  
Largura.



#### 3º) ELEVAÇÃO



O elevador é dimensionado conforme a necessidade de potência para a máxima vazão que o Limpador trabalhará.

Encontra-se a potência de elevação e a velocidade necessária da correia transportadora.

$$N_{ELEV} = N_{esc} \cdot \frac{h_E \cdot 12,3\%}{c \cdot \sin(\theta)}$$

$$V_E \geq \frac{H_E \cdot V_C \cdot \cos(\gamma)}{c}$$

onde:

$N_{elev}$ : potência de elevação;

$N_{esc}$ : potência da escavação;

$h_E$ : altura de elevação do elevador;

12,3%: porcentagem de lixo no total de areia+lixo;

$\gamma$ : ângulo de inclinação do elevador.

### 2.2.2.3. ISOLAMENTO ACÚSTICO DO MOTOR

A necessidade do isolamento acústico do motor advém da informação da pressão sonora deste que atinge em média 100dB. (o fabricante não tem uma estimativa precisa e ele estimou por experiência em outras máquinas).

Para a diminuição da pressão sonora externa sugeriu-se a solução do enclausuramento parcial.

#### SOLUÇÃO: ENCLAUSURAMENTO PARCIAL

As alternativas poderiam ser:

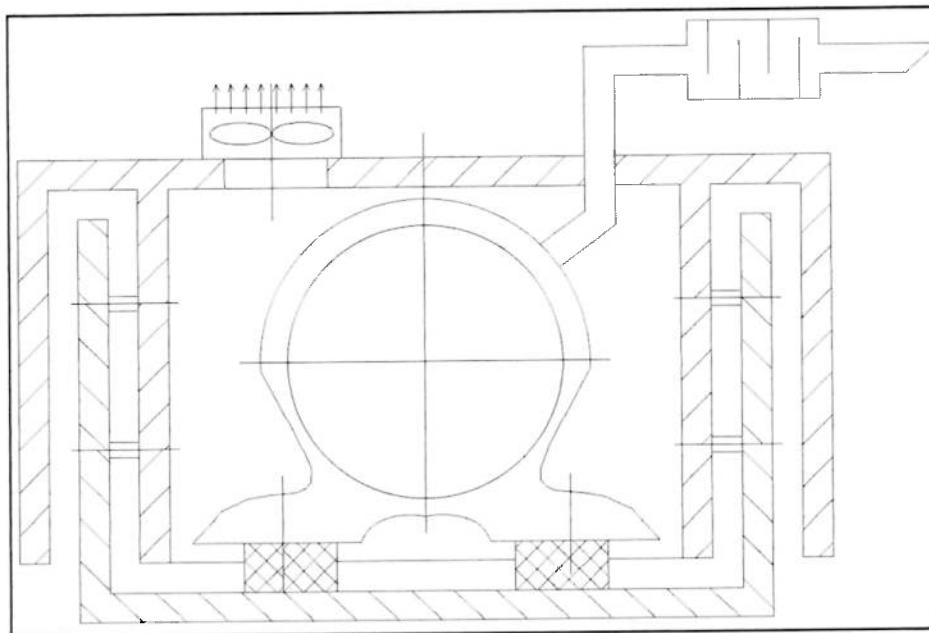
BARREIRA  
ENCLAUSURAMENTO TOTAL

Mas ambas são difíceis de implementar fisicamente.

No enclausuramento existe alguns problemas:

TROCA DE CALOR  
LIBERAÇÃO DOS RESÍDUOS

Que espera-se ser resolvido com a montagem mostrada abaixo.

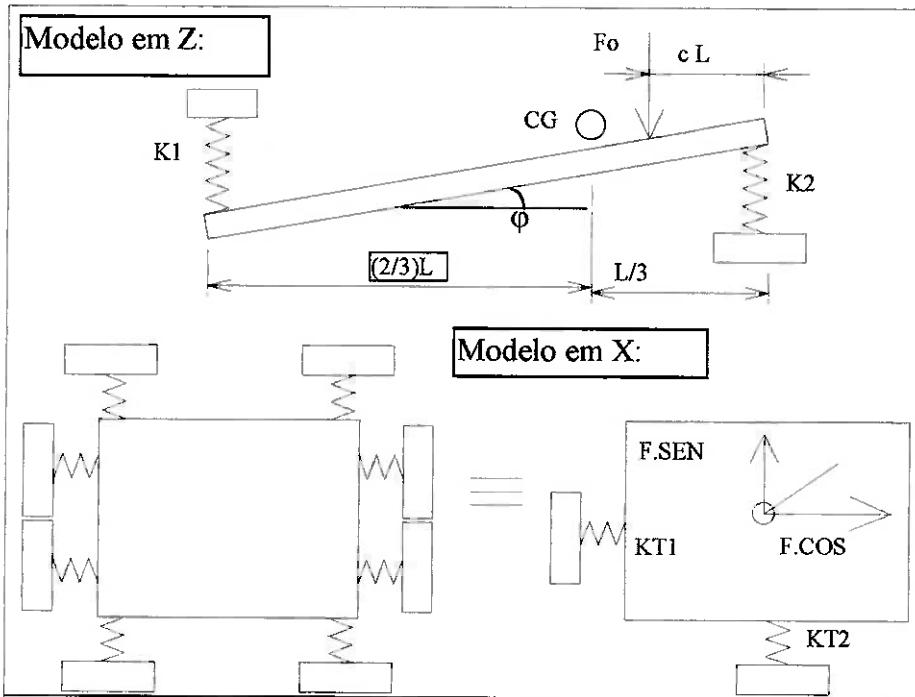


DADOS: PRESSÃO ACÚSTICA (100dB);  
DIMENSÕES DO MOTOR (h250 x 410 x 450 - mm);  
FREQÜÊNCIA DO SOM (120Hz=3600rpm\*(1/60)(min/s)\*2).  
DIMENSÕES DO ENCLAUSURAMENTO(=motor e vãos de 10mm).

Admitindo a estrutura de enclausuramento em madeira (coeficiente de absorção sonora = 0,28) e com o motor sobre coxins, tal como mostra a figura acima, encontra-se, considerando apenas a absorção sonora (desprezando as barreiras vistas na figura acima e ainda a reflexão do som internamente) uma redução de 15dB, ou seja, uma pressão sonora final de 85dB.

#### 2.2.2.4. SEPARAÇÃO DO LIXO- PENEIRA

O modelo para análise da peneira tem como base o modelo simples de massa-mola. Segundo pessoas que trabalham com peneiras, existem maneiras de se considerar todos os efeitos de amortecimento e comportamento do material, mas nenhum com aplicação prática. Assim, eles sempre recorrem a modelos simples e com modos de vibrar básicos.



Como visto acima, divide-se o sistema em dois eixos, para análise.

Há um consenso das pessoas que trabalham com peneiras que o movimento lateral é o adequado para otimizar o processo de peneiramento.

Para o modelo em Z - solução geral:

$$z = Z \cdot \text{sen}(\omega \cdot t) \quad \text{e} \quad \theta = \Theta \cdot \text{sen}(\omega \cdot t)$$

$$\{F\} = \begin{Bmatrix} F_o \cdot \cos\varphi \\ F_o \cdot \cos\varphi \cdot l_1(1-c) \end{Bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -m \cdot \omega^2 + (k_1 + k_2) & (k_2 \cdot l_2 - k_1 \cdot l_1) \\ (k_2 \cdot l_2 - k_1 \cdot l_1) & -J \cdot \omega^2 + k_1 \cdot l_1^2 + k_2 \cdot l_2^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} Z \\ \Theta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Solução de  $K_1$  e  $K_2$ :

$$K(F_o, L_1, L_2, C, \varphi, \omega_f, Z_p, m, J_o).$$

$$\text{Atender } \omega_n \sim (\frac{1}{4})\omega_f$$

Para o 2º modelo:

$$KT1 \text{ e } KT2; \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{CP} \cdot \cos(\omega \cdot t) \\ F_{CP} \cdot \sin(\omega \cdot t) \end{array} \right\}$$

Os requisitos indicados para este tipo de peneira estão abaixo:

Baixa Transmissibilidade;

Alta Freqüência;

Baixas Amplitudes.

Limitação da amplitude em 3mm em ambos os casos.

Com esse modelo a análise torna-se simples e clara como será mostrado na análise de sensibilidade.

### 2.3. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade aos parâmetros de entrada, a fim de otimizar os parâmetros de saída, ou mesmo, para evitar danos ao Limpador, foi feita com base nos modelos simbólicos mostrados anteriormente e geraram as seguintes tabelas, de onde foram extraídos os valores ótimos para a construção como mostra a tabela de Dados Gerais (item 2.6).

Abaixo é mostrado o cálculo para verificação do tambor de acionamento da esteira transportadora da rampa, pois deseja-se executá-la em nylon 66.

#### CÁLCULO DAS TENSÕES NO TAMBOR

(com total) L=	1000 mm	(dia ext) DE=	300 mm	(ang. ataq) ANG(C)=	212 graus
(entre cc) A=	900 mm	(dia int) DI=	0 mm	SIGMA-admissív.=	63 MPa
(L-A) B=	100 mm	(car. total)W=	5500 N/m	(coef seg)Sf=	1,4
(forç lanca) F=	1682 N	(carg dist peso) P=	830 N/m		
(young) E=	3 GPa	(distr tração) C=	5176 N/m		
(mom. iner) I=	0,00041 m^4	(angP-angC) ANG(P-C)	117 graus		

#### PARA angC=0 GRAUS

	A(x=0)	B (x=50)	C (x=450)	D (x=850)	E (x=900)
V (N)	1682,25	-1495,33	-373,83	-1495,33	1682,25
M (N.m)	0,00	-168224,80	-168224,80	-168224,80	0,00
DEF (mm)	0,0051mm	0,00	-0,0171mm	0,00	0,0051mm

#### P/ angC= 212 graus

	A	B	C	D	E
V	0	2329 N	0	-2329 N	0
M	0	0	2096 N	0	0
DEF	0,0154mm	0	0,0445mm	0	0,0154mm

#### SOMA VETORIAL

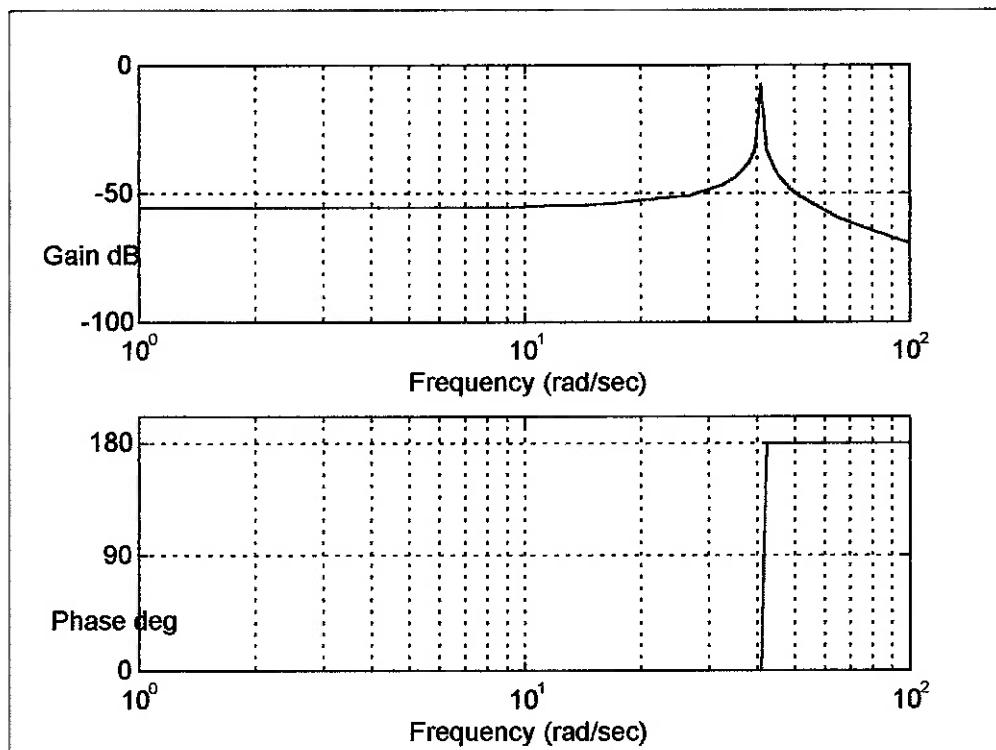
	TENSÕES MÁXIMAS				
	A	B	C	D	E
SIGMA-F (flexão)	0 MPa	-63 MPa	-63 MPa	-63 MPa	0 MPa
SIGMA-E (deforma)	0 MPa	0 MPa	0 MPa	0 MPa	0 MPa

Comparando o valor final com o proposto como admissível, verifica-se que o nylon pode ser aplicado sem problemas.

Para análise da peneira, a partir da vazão mássica e da freqüência de ressonância, traça-se o gráfico do ganho e para compreensão do comportamento da peneira traça-se a fase de excitação, a partir de dados padrão que foram testados até a obtenção do requerido que são os seguintes itens:

Freqüência de excitação a fim de atender uma amplitude de 3mm e com  $K=30\text{kN/m}$  (padrão de mercado). A massa média sobre a peneira é de 18kg.

Força de excitação de 50N e amplitude máxima de oscilação de 8mm (ganho = -9), o que deve ser fornecido pelo motor e mecanismo de oscilação da peneira. E ainda deseja-se que a redução do mecanismo de oscilação do motor seja em torno de  $i = 10$ . Resultando em freqüencia de operação de 6rps, ou 38rad/s.



Assim define-se os seguintes resultados:

$K = 30 \text{ kN/m}$ ;

força de 50N aplicado pelo mecanismo de oscilação;

relação de transmissão de  $i = 10$  ( $=3600\text{rpm}/360\text{rpm}$ );

amplitude de oscilação de 8mm.

Relação do raio da ponta do dente com a força de início de penetração:

	w= 1000,0mm	teta= 63 graus	Força 1[N]						
r[mm]	Rp = 3,9kg/cm <sup>2</sup>	int1	int2	X	Y	F  [N]	dir(F)[graus]	INT1,2	INT2,2
0,001	-0,000785	0,0005	-306,15	195	362,98	147,51	-8,8944E-05	9,27E-04	
0,002	-0,001571	0,001	-612,69	390	726,28	147,52			
0,0025	-0,001963	0,00125	-765,57	487,5	907,61	147,51			
0,003	-0,002356	0,0015	-918,84	585	1089,26	147,52	-0,00026683	0,00278035	
0,004	-0,003142	0,002	-1225,38	780	1452,57	147,52			
0,005	-0,003927	0,0025	-1531,53	975	1815,55	147,52	-4,45E-04	0,00463392	
0,008	-0,006283	0,004	-2450,37	1560	2904,81	147,52	-7,12E-04	0,00741427	
0,01	-0,007854	0,005	-3063,06	1950	3631,09	147,52	-8,89E-04	0,00926784	
0,012	-0,009425	0,006	-3675,75	2340	4357,38	147,52			
0,015	-0,011781	0,0075	-4594,59	2925	5446,64	147,52	-0,00133414	0,0139017	
0,017	-0,013352	0,0085	-5207,28	3315	6172,92	147,52	-0,00151204	0,0157553	
0,02	-0,015708	0,01	-6126,12	3900	7262,19	147,52	-0,00177886	0,0185356	
0,025							-0,00222358	0,0231695	
0,03							-0,00266829	0,0278034	

Força 2 [N]			H [mm]=15,7			Força 3 [N]		
X	Y	F[N]	dir(F)[graus]	Força Total [N]		alfa=13,5graus		alfa=12graus
-34,688238	361,44576	363,11	95,48			F = 1480	48 graus	F = 1298
0	0	0,00	-			F = 1789	45 graus	F = 1611
0	0	0,00	-			F = 1838	39 graus	F = 1668
<b>-104,06253</b>	<b>1084,3365</b>	<b>1089,32</b>	<b>95,48</b>			<b> F = 1682</b>	<b>179 graus</b>	<b> F = 1622</b>
0	0	0,00	-			F = 2075	25 graus	F = 1937
-173,44002	1807,2288	1815,53	95,48			F = 2622	154 graus	F = 2643
<b>-277,50294</b>	<b>2891,5653</b>	<b>2904,85</b>	<b>95,48</b>			<b> F = 4397</b>	<b>140 graus</b>	<b> F = 4461</b>
<b>-346,87926</b>	<b>3614,4576</b>	<b>3631,06</b>	<b>95,48</b>			<b> F = 5648</b>	<b>136 graus</b>	<b> F = 5725</b>
0	0	0,00	-			F = 4390	171 graus	F = 4351
-520,3146	5421,663	5446,57	95,48			F = 8844	131 graus	F = 8936
<b>-589,6956</b>	<b>6144,567</b>	<b>6172,80</b>	<b>95,48</b>			<b> F = 10134</b>	<b>130 graus</b>	<b> F = 10230</b>
<b>-693,7554</b>	<b>7228,884</b>	<b>7262,10</b>	<b>95,48</b>			<b> F = 12076</b>	<b>128 graus</b>	<b> F = 12175</b>
<b>-867,1962</b>	<b>9036,105</b>	<b>9077,62</b>	<b>95,48</b>			<b> F = 7544</b>	<b>102 graus</b>	<b> F = 7709</b>
<b>-1040,6331</b>	<b>10843,326</b>	<b>10893,15</b>	<b>95,48</b>			<b> F = 9351</b>	<b>100 graus</b>	<b> F = 9518</b>
								<b>100 graus</b>

Como mostrado acima, os valores que se mostraram mais atraentes são os que estão destacados, onde pode-se observar que não há dimensões que necessitem de processos finos ou máquinas especiais; verifica-se que minimiza-se o valor da força de penetração da lança no solo; e ainda, a direção da força resultante é quase que horizontal e no sentido de fazer com que a lança fique no solo, transmitindo o torque.

Os valores finais, podem ser vistos na tabela de dados gerais (item 2.6) com maior clareza.

## ***2.4. Análise de compatibilidade***

A análise de compatibilidade tem como objetivo solucionar os seguintes pontos neste projeto:

- 1) colocar todos os sistemas compatíveis com a vazão mássica de areia e lixo;
- 2) definir a estrutura compatível com a distribuição de esforços;
- 3) alocar fisicamente os sistemas de forma a manter as funções de cada uma.

Para colocar todos os sistemas compatíveis com a vazão mássica, partiu-se da velocidade de translação do Limpador e da vazão proporcionada pela esteira de entrada, então dimensionou-se a peneira. Com os dados do experimento realizado (ver anexo 2), verifica-se que 12% da coleta é lixo, e dimensiona-se o elevador para esta vazão de lixo.

A estrutura não foi completamente definida. A estrutura que foi mostrada no modelo icônico foi verificada por um modelo simbólico matemático, mas não está completa, pois somente no projeto executivo terá todas as massas e métodos de fabricação completamente definidos.

A alocação física dos componentes foi arranjada de modo a não haver interferência, evitando desfuncionamento do limpador. E ainda, quanto as posições de um sistema em relação ao outro foi definida como pode ser visto no lay-out do limpador (figura 2.2.1-1 e 2.2.1-2).

## ***2.5. Análise de estabilidade***

A análise de estabilidade tem o objetivo de verificar em que valor de cada parâmetro o Limpador não obedece ao desejo do operador, ou simplesmente falha.

Das especificações técnicas expostas no item 1.3., que são as metas para o projeto, verificou-se que nem todas elas foram atingidas com o projeto proposto, e estes pontos são identificados a seguir.

Quanto a limitações de trabalho e carga, pode ser verificado na tabela de Dados Gerais (ver item 2.6).

O assoalho protetivo não foi ainda previsto.

A proteção de despejamento de lixo na peneira ficou restrito à proteção lateral da peneira.

Deve-se ainda reservar um local para fixação de um terra, para minimizar efeitos de raios.

A vegetação rasteira existente na areia fica a critério do operador, pois a limpeza implica na remoção da vegetação.

O limpador ainda não está preparado para vencer degraus com mais de 10mm de altura, sendo que ele pode vencer estes degraus, mas sem limpá-los. O lençol d'água de 200mm supera a altura da peneira, tornando-a incapaz em separar o lixo, pois este flutuará na água.

O raio de quina de 150mm também não é atendido, pois o limpador tem uma distância da lateral de 300mm.

O ruído máximo de 70dB não foi atendido, sendo que o mínimo que se chegou foi de 85dB.

A capacidade em área que pode limpar do limpador deve ser verificada em testes. E neste projeto não foi feito nenhum teste ainda, sendo imprescindível tais testes para o início do projeto executivo.

## LIMPADOR DE AREIA DE PRAIA

### ***2.6. DADOS GERAIS***

**POTÊNCIAS:**

DO VEÍCULO DE TRAÇÃO	156 kW (212CV)	DO MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA	2576 W (3,5CV)
DE ESCAVAÇÃO	103 kW	DE PENEIRAMENTO	1100 W (1,5CV)
DE TRANSPORTE DO MATERIAL NA RAMPA	1 kW	DE ELEVAÇÃO DO LIXO	368 W (0,5CV)

**ÂNGULOS:**

ABERTURA DA LANÇA - $\beta$	$(13 \pm 0.5)^\circ$
INCLINAÇÃO DA RAMPA - $\alpha = (90 - \theta)$	$27^\circ$
INCLINAÇÃO DO ELEVADOR - $\gamma$	$70^\circ$
INCLINAÇÃO DA PENEIRA - $\phi$	$16^\circ$

**DIMENSÕES:**

RAIO DA PONTA DA LANÇA	3mm
DIMENSÃO DA PENEIRA	450mmX 800mm X #4
VOLUME DO COMPARTIMENTO DE LIXO	300 dm <sup>3</sup>

**OUTROS:**

Velocidade de projeto: 11,1m/s (40km/h)  
Profundidade máxima em solo com resistência abaixo: 15mm

PNEU: 155 - 60  
SUSPENSÃO TIPO FEIXE DE MOLAS

RELAÇÃO DE TRANSMISSÃO MOTOR-ELEVADOR: 5,5  
Atrito aço-areia:  $\mu = 0,15$   
Absorção acústica do compensado para 130Hz,  $\alpha = 0,35$   
Resistência a penetração no solo:  $P_r = 39\text{ MPa}$   
Densidade da areia:  $2.300 \text{ kg/m}^3$

Redução na pressão acústica: 15dB com aplicação do abafador, ficando em um nível de 85dB.

### **3. DISCUSSÃO**

Com o presente projeto em mãos, tem-se 30% de informações necessárias para o início do projeto executivo.

Os 70% restantes fica por conta dos testes em laboratório, tais como construção de protótipos. E ainda existem certos mecanismos que ainda não foram detalhados, e são:

Estrutura e Carenagem do Limpador;

Mecanismo de movimento vertical do conjunto limpador, ou seja, rampa, esteira transportadora, peneira e elevador;

Mecanismo de oscilação da peneira.

É claro que todas as especificações até agora executadas têm o objetivo de servirem como parâmetro que no futuro pode ser adaptado para um processo de fabricação específico ou a um fornecedor.

Grande parte das dimensões que seriam dadas no projeto executivo já foram definidas pela necessidade de estudar os sistemas como serão na realidade, portanto, basta prosseguir o trabalho a partir dos arquivos em anexo: limpador.dgn (executado no software de CAD: Microstation versão 5.0).

## 4. REFERÊNCIAS

1. -; ROCK PRODUCTS; page 19; February 1990.
2. - ; Pit and Quarry HANDBOOK; 3rd edition; Complete Service Publishing Company; Illinois, USA, 1945.
- 3.-; ROTAR; Van Dalsen Rotar Equipment bv; Genemuiden, Netherlands, 1992
4. - ; Caterpillar ; São Paulo, 1985.
5. -; E&MJ; August, 1988
6. Rasper, Ludwig; The Bucket Wheel Excavator: Development-Design-Application; 1st edition; Trans Tech Publications; Germany, 1975.
7. Church, Horace K.; EXCAVATION HANDBOOK; Mc. Graw-Hill Book Company; New-York; 1981.
8. - ; Enciclopédia LISA; Biblioteca Integrada; Vol.4; São Paulo, 1981.
9. - ; A GAZETA DA ZONA NORTE - jornal; 08 mai 1997- ; São Paulo, SP, 1997.
10. METALURGIA NOVA AMERICANA; TABELA DE SELEÇÃO DE MATERIAL; Americana, SP, BRA, 1985.
11. EPA; OPERATIONS MANUAL - Sludge Handling and Conditioning; U.S. Environmental Protection Agency; Washington, USA; Feb. 1978.
12. BIOCYCLE; Journal of Composting & Recycling; vol.37, n°11; JG Press, Inc; Emmaus, CANADÁ; nov1996.
13. Caterpillar Tractor Co.; MANUAL DE PRODUÇÃO CATERPILLAR; BRA, out.1976.
14. - ; MANUAL DE BRITAGEM FAÇO; SVEDALA-ALLIS MINERAL SYSTEMS; 5<sup>a</sup> edição; Sorocaba, SP, BRA, 1994.
15. Madureira, Omar Moore; APOSTILA DO CURSO DE METODOLOGIA DE PROJETO; POLI-USP; SP, BRA, 1995.

## **Anexo 1 - Questionário de Viabilidade do Projeto**

{Carta de Apresentação Exemplo}

À  
PREFEITURA DE SÃO VICENTE  
SEPLAN - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO  
SÃO VICENTE - SP  
FAX. (013)468 5044 - F.(013) 467 7000

REF.: PESQUISA DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO: "LIMPADOR DE AREIA DE PRAIA".

A fim de atender a necessidade de ter a praia limpa, livre de dejetos tais como bitucas de cigarro, palitos de sorvete, frascos de embalagem de produtos, etc.; Estamos desenvolvendo um equipamento que atende este fim, entretanto necessitamos da colaboração dos possíveis usuários deste equipamento, no sentido de direcionar o equipamento para o que o usuário realmente espera.

Com o objetivo acima exposto, solicitamos o preenchimento do questionário anexo.

O projeto está sendo desenvolvido por alunos de graduação do 5º ano do curso de Engenharia Mecânica - ênfase em Projetos e Fabricação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, contando com a orientação dos professores desta Universidade.

O objetivo final é construir um protótipo do equipamento executando testes nas praias, e propor a comercialização para alguma empresa interessada na fabricação.

Agradecemos a colaboração! OBRIGADO!

São Paulo, 04 de fevereiro de 1997,

LINCOLN TORQUATO CORDEIRO  
Escola Politécnica da USP.

## QUESTIONÁRIO DE VIABILIDADE DO PROJETO

Responsável: Engº Lincoln Torquato Cordeiro  
Escola Politécnica da USP - Dpto. de Projetos e Fabricação  
F.(USP) (011)818 5331 FAX.(011)818 5461  
F.(res) (011) 953 3885 FAX(res) (011) 2031083

Este questionário visa a obtenção de informações a fim de construir o PRODUTO que tem o objetivo de limpar a areia da praia, eliminando qualquer tipo de lixo de pequeno porte (como por exemplo: restos de cigarros, embalagens, ossos, tecidos, restos metálicos, etc.).

Admita que a necessidade acima é satisfeita, e por gentileza, responda às questões abaixo:

1. Há interesse num produto como o descrito acima?

SIM

NÃO

2. Quanto investiria para adquirir este produto?

R\$ 5.000,00

R\$ 10.000,00

R\$ 15.000,00

R\$ 30.000,00

R\$ 50.000,00

R\$ 85.000,00

Outro valor. Especifique: \_\_\_\_\_

3. Quanto deve ser o custo médio de manutenção anual médio máximo que voce deseja?

R\$ 500,00/ano

R\$ 1.000,00/ano

R\$ 1.500,00/ano

R\$ 2.000,00/ano

R\$ 3.000,00/ano

R\$ 5.000,00/ano

Outro valor. Especifique: \_\_\_\_\_

4. O produto deve ser mais silencioso que:

motor de um carro  
de passeio       bicicleta       outro. Qual? \_\_\_\_\_

5. Qual a máxima profundidade da areia a ser limpa?

1cm       5cm       10cm

50cm       1m       outra. Quanto? \_\_\_\_\_

6. Qual a periodicidade e área para limpar? (exemplo: de 4 em 4 dias, 5.000m<sup>2</sup>).

7. Qual o tamanho que imagina para este produto? Semelhante a um:

carrinho de mão     carro de passeio     ônibus

navio       outro. Qual? \_\_\_\_\_

8. Gostaria de acrescentar uma outra função para o produto além de limpar?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

9. Como é feita a limpeza das praias de sua cidade para o lixo acima citado?

## 10. Sugestões e Observações

---

---

---

---

---

---

---

11. Por gentileza, deixe um contato anotando os seguintes dados abaixo: Nome, Cidade, Estado, Fone, Empresa, Departamento.

\_\_\_\_\_

## **Anexo 2 - Relação dos Entrevistados**

LOCAL	RESPONSÁVEL	COMUNICAÇÃO
PREFEITURA DE SÃO VICENTE SEPLAN - SECRETARIA DE PLANEJAMENTO	Marco Antonio VILELA	FAX (013)4685044 F(013)467 6564
PREFEITURA DE PRAIA GRANDE SEDAM - SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL	Fernando	F.(013) 471 1212 rml.295
PREFEITURA DE ILHÉUS Setor de Limpeza Pública	Eng <sup>a</sup> Regina Leite de Farias	F.(073) 6341861 rml.215/216 f(res)(073)983 5854 FAX.(073)231 8033
PREFEITURA DE ITANHAEM Limpeza Pública	Sr. José Carlos	F.(013) 426 3500
PREFEITURA DA ESTÂNCIA BALNEÁRIA DO GUARUJÁ Limpeza Pública	Sr. João Marcos ou Sr. José Luis Pedro	F(013)973 1949(João) F(013)386 1122 FAX (013)3556308

As abaixo relacionadas não responderam até o momento:

PREFEITURA	COMUNICAÇÃO
UBATUBA	F. (012) 432 4011
CARAGUATATUBA	F. (012)4225700
ILHA BELA	F. (012)4722200
SÃO SEBASTIÃO	F. (012)4522544
CUBATÃO	F. (013)3616363
SANTOS	F.(013)2197000
PERUÍBE	F.(013)4552070
MONGAGUÁ	F.(013)4481226
REGISTRO	F.(013)8211626
IGUAPE	F.(013)8411626
BERTIOGA	F.(013)3711213
RECIFE	F.(081)4258000
NATAL	F.(084)2110262
PARAÍBA	F.(083)2411313
BAHIA-SALVADOR	F.(071)2437533
PORTO SEGURO	F.(073)2881599

### **Anexo 3 - Reportagem da Solução da KRUPP**

By Mitchell Rukavina

## Surface Miner Is Introduced For The Stone Industry

A West German company is introducing a new machine to meet the changing requirements in surface mining. Called the Surface Miner, it is designed for the continuous mining of hard materials, including soft limestone, phosphate, gypsum, clay, and sand and gravel. The machine, developed by Krupp Industries, also can be used for removal of stratified or cleaved rock, and overburden.

The machine has four excavator bucket wheels with four digging teeth for every bucket on each of the excavating wheels. In addition to a two-crawler travel assembly and excavator frame, this compact unit has integrated conveyors and hydrostatic drives with one or two diesel engines.

The Surface Miner, a mobile, self-propelled unit with one operator, reportedly can mine soft limestone and sand and gravel with no previous blasting required. Its four 3.66-meter-diam bucket wheels, arranged in the front of the machine frame, permit a maximum cut of 2.74 meters high and 6.40 meters wide.

The unit's maximum speed while excavating is 20 ft/min. Its maximum speed while travelling in the quarry is 175 ft/min.

To excavate material, the unit moves steadily forward while its rotating bucket wheels dig into the front face. High forces can be transferred to the flat or round cutters on the cutting lips of the buckets, due to the rigid design of the bucket wheels that are directly connected to the excavator frame. High cutting rates reportedly can be achieved even in hard material.

The cut material is discharged to the rear onto an integrated conveyor system. Transfer to large trucks or to a downstream conveyor system is possible on either side of the excavating machine with a maximum loading height of 11.3 meters.

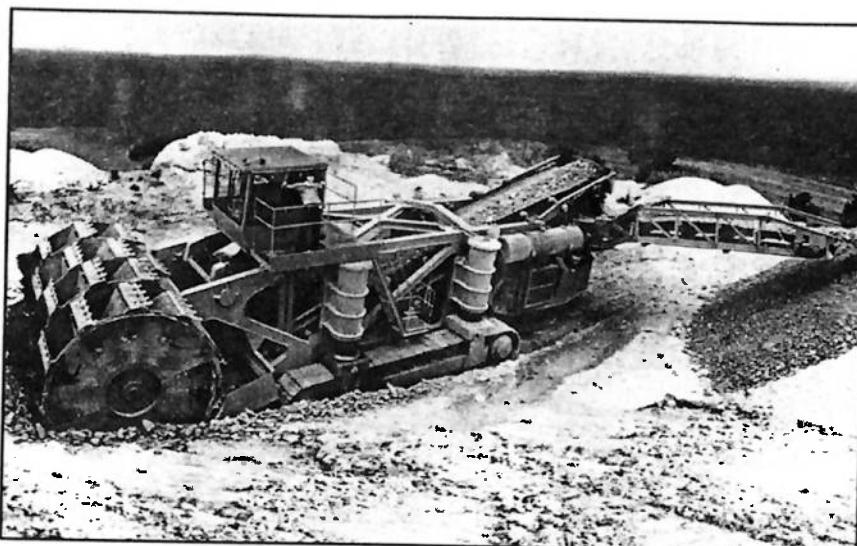
The prototype unit has a production capacity of 2,000 tph for

stone, but it has mined other material at a rate of 3,500 tph with no blasting required. The unit's ability to tilt forward and backward or to each side allows the machine to follow the pitch and roll of a seam.

The machine's diesel engines have an aggregate power rating of 2,000 kW (2,720 hp). The vehicle's

two crawler track assemblies and high tramping speed of up to 3.2 km/hr are said to provide good maneuverability.

When not used in surface mining or topsoil clearance, the machine can be used for berm construction or removal, floor cleaning in a pit or quarry, and road and ramp construction. ■



**The Surface Miner** is suited for sand and gravel or limestone mining. Cut material is discharged to the rear of the machine onto an integrated conveyor system.



**The four excavating bucket wheels** are over 10 ft in height. They are powered by diesel engines with an aggregate power rating of 2,720 hp.

**Anexo 4 - ESTUDO GRANULOMÉTRICO DA AREIA MAIS O LIXO.**

**REF.: ESTUDO GRANULOMÉTRICO DA AREIA MAIS O LIXO**

**OBJETIVO:** Determinar a malha de peneira ótima para limpeza do lixo de praia.

**PROCEDIMENTO:** O procedimento do estudo envolve três partes distintas:

- 1º - Coleta de amostras;
- 2º - Ensaio de classificação granulométrica;
- 3º - Análise dos resultados e decisão da malha ótima.

**1º COLETA DE AMOSTRAS**

Para a coleta de amostras identificou-se algumas principais praias do litoral paulista e foi feita a coleta da amostra representativa do lixo existente na praia e da amostra de areia característica da praia.

As fotos identificando o local da coleta estão em anexo (4.1).

Os principais pontos observados nesta fase foram:

- i. Muitas praias têm vegetação rasteira, as quais devem ser levadas em consideração;
- ii. Existem degraus provocados por canais de passagem de fluxo de água (erosão), como indicam as fotos;
- iii. O solo de algumas praias (granulação fina e grande umidade) é muito duro e deve-se fazer um ensaio para quantificar a força de penetração neste solo (veja [6-cap.4]);
- iv. Muitas vezes pode ser encontrados pedras de tamanho grande, bem como lixos de maior tamanho;
- v. Os cantos das praias, que fazem quina com muros, degraus, etc. são os mais sujos, devendo, a máquina, ser eficiente para atingir este espaço;
- vi. Em períodos que há chuvas o solo também deve ser limpado;
- vii. Pode-se utilizar um meio para retirar lixos flutuantes da água;
- viii. Existem praias que possuem morros de areia;
- ix. Estudar possibilidade da dosagem de elementos à areia para eliminar organismos nocivos à saúde;
- x. Problema na limpeza da areia próxima às pedras.

A coleta das amostras foram feitas nos locais da praia onde havia maior incidência de lixo.

Há muito lixo grande, tal como pedaços de madeira ( $40 \times 3 \times 10 \text{ cm}^3$ ), frascos de água mineral, bronzeador, pentes e outros com mesmas dimensões. E ainda, havia rochas e a maior delas tem dimensões próximas a uma esfera de  $\phi 160\text{mm}$ .

As amostras foram as seguintes:

tabela a4.1 - Identificação e quantificação das amostras.

Qtde	data da coleta	local	hora	Tempo		nº
				dia anterior	hoje	
11,3kg	18/01/1997	Praia Grande-Guilhermina	16hs	chuva	sol	A1
3,8kg	19/01/1997	Guarujá-Tombo	14hs	sol	sol	A2
3,8kg	19/01/1997	Guarujá-Astúrias	15hs	sol	sol	A3
7,5kg	19/01/1997	Guarujá-Enseada	16hs	sol	sol	A4
15kg	20/01/1997	Praia Grande-Boqueirão	12hs	noite chuva	nublado	A5

## 2º ENSAIO DE CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA

Com as amostras recolhidas faz-se três ensaios:

- Peneiramento da amostra tal como foi encontrada;
- Análise granulométrica da areia;
- Análise da umidade da amostra.

### i. PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TAL COMO FOI ENCONTRADA

Selecionou-se uma sequencia de malhas para o peneiramento (4.2-fotos da experiência), a fim de determinar qual a malha que separa melhor o lixo da areia.

O procedimento foi o seguinte:

- 1º-seleção da sequencia de malhas(da maior para a menor);
- 2º-separação do lixo mais grosso que não cabe na malha de laboratório;
- 3º-separação de uma certa quantidade de areia suja da amostra e coloca-se para peneiramento;
- 4º-fixa-se o conjunto de peneira com material no Peneirador Vibratório Suspenso (ver 4.2);
- 5º-após o tempo ajustado no timer, mede-se as massas em cada peneira e identifica onde há a separação do lixo;
- 6º-elimina a peneira que não interfere no limite de separação do lixo;
- 7º-volta ao passo 1 para uma nova quantidade de amostra.

O procedimento acima e os demais deste relatório foram realizados com os equipamentos descritos no anexo (4.3).

Com o procedimento acima, levantou-se a seguinte tabela:

tabela a4.2 - Coleta de Dados:massa que retem cada malha em gramas- Avaliação do LIXO

ord.	nº	mo(g)	3/8"	1/4"	4#	8#	14#	28#	tampa	tempo
1	A5	1.100,0	137,1	118,2	133,2	654,6	252,7	214,5	222,0	15'
2	A5	1.281,5	53,72	36,3	68,9	716,1	166,6	56,5	1,4	10'
3	A5	1.419,3	39,3	44,4	190,2	847,2	6,5	157,5	89,7	10'
4	A5	1.451,6	89,8	28,5	78,1	178,2	714,4	268,8	65,4	10'
5	A5	1.549,3	31,5	66,8	153,5	820,5	67,8	323,2	58,7	5'
6	A5	1753,2	88,6	53,2	86,15	591,1	-	-	910,0	4'
7	A5	1.125,8	45,7	16,5	25,5	1019,5	-	-	-	3'
8	A5	1.363,5	-	62,7	70,01	1227,0	-	-	-	2'
9	A4	1.347,3	-	17,2	40,49	1287,0	-	-	-	1'
10	A4	1.837,0	-	-	111,0	1504,2	-	-	-	50''
11	A4	1.443,5	-	-	94,3	1780,0	-	-	-	20''
12	A3	1.628,0	73,8	55,7	232,3	1157,8	-	-	-	20''
13	A2	1.459,6	-	-	26,3	1867,2	-	-	-	20''
14	A2	1.156,6	-	-	14,0	1167,5	-	-	-	15''
15	A2	2.618,3	-	-	23,5	1154,2	-	-	-	15''
16	A2	1.695,3	-	-	44,0	1639,8	-	-	-	10''
17	A1	1.131,2	-	-	102,1	1022,0	-	-	-	15''
18	A1	1.320,0	-	-	120,1	1120,6	-	-	-	30''
19	A1	1.437,0	-	-	180,7	1235,5	-	-	-	15''
20	A1	1.753,2	-	-	118,8	1555,0	-	-	-	15''
21	A1	908,1	-	-	69,3	834,2	-	-	-	15''

Observações:

- para o 3º substituiu-se a malha 14 por malha 10#;
- para o 4º e 5º substituiu-se 8# por 6#, 14# por 8#; e 28# por #14;

- c) para o 6° em diante a malha 8# é substituída pela malha 6#;
- d) para o 12°: só 4# não consegue peneirar. A areia compacta e parece não peneirar.  
4# e 1/4" consegue peneirar em 2 minutos  
4#, 1/4"e 3/8": peneira em 30".  
Justifica-se o acima exposto pela grande umidade que possui esta amostra, como será visto adiante.
- e) Todo o lixo foi peneirado até a malha 4#, sendo que apenas um palito de dente passou duas vezes e foi retido na malha 6#. Ou seja, se utilizar a malha 6# peneira-se melhor, mas o ganho de energia necessário para passar a areia pela malha 6# e o tempo maior para esta operação abandona esta hipótese, consagrando a malha 4# como a melhor.

## ii. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DA AREIA

Para cada amostra de cada local selecionou-se uma amostra de areia limpa (peneirada) a fm de verificar o tamanho do grão da areia e sua umidade.

O procedimento foi o seguinte:

- 1º-separou-se uma amostra representativa da areia;
- 2º-mediu-se a massa dela úmida;
- 3º-coloca-se a areia na estufa (por 24hs);
- 4º-após secagem medir a massa seca;
- 5º-colocar amostra na sequencia de peneiras;
- 6º-peneirar no Peneirador Vibrador Suspensão;
- 7º-mediu-se a massa retida em cada peneira;
- 8º-constrói-se a tabela granulométrica.

tabela a4.3 - Coleta de dados para quantificar a umidade (valores em gramas)

Amostra	A1	A2	A3	A4	A5
mo (seca)	439,17	612,0	385,3	322,8	408,5
14#	0,21	2,2	0,7	0,6	1,8
28#	0,27	137,0	3,9	1,0	1,6
35#	0,01	19,3	0,4	0,2	0,7
48#	0,27	154,1	7,9	0,8	1,3
60#	0,32	78,1	7,4	1,9	7,9
80#	3,70	119,4	39,7	190,2	105,7
100#	72,89	65,9	133,1	84,9	100,8
200#	361,79	-	189,8	42,4	185,0
fundo	0,35	32,4	1,3	0,5	0,3

**iii. ANÁLISE DA UMIDADE DA AMOSTRA**

Feita junto a análise granulométrica da areia anterior:

**tabela a4.4 - Avaliação da umidade da amostra.**

amostra	A1	A2	A3	A4	A5
massa úmida	452,0	624,7	454,5	329,1	429,9
massa seca	439,2	612,0	385,3	322,8	408,5
umidade(%)	2,84	2,03	15,22	1,91	4,98

**3º ANÁLISE DOS RESULTADOS E DECISÃO DA MALHA ÓTIMA**

Das amostras peneiradas diretamente (ou seja, com aplicação de apenas uma malha), verifica-se que a malha 4# é a adequada para separação do lixo, apesar de ocorrer duas vezes a passagem de um palito de dente em todo o experimento.

O tempo de peneiramento varia de acordo com a umidade e tamanho do grão da areia. Se a umidade da areia é no máximo de 5% em massa de água, o tempo de peneiramento varia muito pouco de uma granulação para outra, podendo-se usar 10 a 15 segundos para a operação. Já com umidade maior, o tamanho do grão começa a ter influência.

Se o tamanho do grão é para 100# e a umidade é superior a 5% em massa de água, recomenda-se a utilização de três malhas de peneira, tal como: 3/8", 1/4" e 4# nesta ordem, e ainda diminuir o tempo de peneiramento, em torno de 40 a 60 segundos.

É necessário executar um ensaio com umidade bastante superior, tal como 70 ou 80% em massa de água, a fim de verificar se o melhor escoamento da areia na tela implica em diminuição da malha (para 6#, 8# ou 10#) a fim de reter o lixo.

É importante verificar que a média em porcentagem de lixo encontrado nas amostras coletadas foi de 12,3% em massa, considerando que as amostras foram recolhidas em locais de máxima concentração de lixo.

Anexo 4.1 - FOTOS DOS LOCAIS DE COLETA DAS AMOSTRAS



FOTO 1 - PRAIA GRANDE , Guilhermina, 18/01/1997.



FOTO 2 - PRAIA GRANDE, Boqueirão, 18/01/1997

Por Lincoln Torquato Cordeiro

Escola Politécnica da USP - Dpto. de Eng<sup>a</sup> Mecânica Projetos e Fabricação



FOTO 3 - GUARUJÁ, Astúrias, 19/01/1997.



FOTO 4 - PRAIA GRANDE, Boqueirão, 20/01/1997

Por Lincoln Torquato Cordeiro

Escola Politécnica da USP - Dpto. de Eng<sup>a</sup> Mecânica Projetos e Fabricação



FOTO 5 - GUARUJÁ, Tombo, 19/01/1997.



FOTO 6 - GUARUJÁ, Astúrias, 19/01/1997

Por Lincoln Torquato Cordeiro

Escola Politécnica da USP - Dpto. de Eng<sup>a</sup> Mecânica Projetos e Fabricação



FOTO 7 - GUARUJÁ, Enseada, 19/01/1997.



FOTO 8 - PRAIA GRANDE, Forte, 20/01/1997

Por Lincoln Torquato Cordeiro

Escola Politécnica da USP - Dpto. de Eng<sup>a</sup> Mecânica Projetos e Fabricação

Anexo 4.2 - FOTOS DA EXPERIENCIA REALIZADA

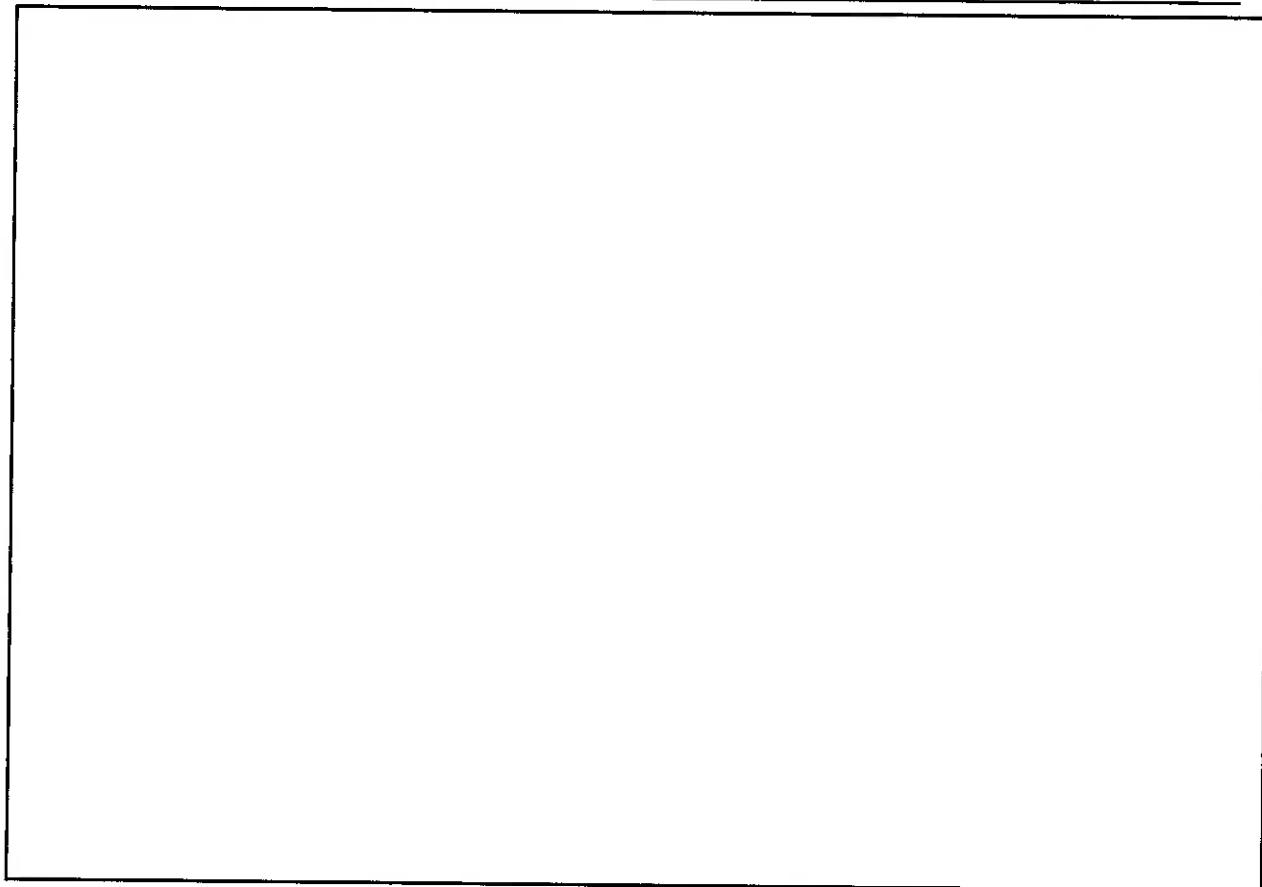


FOTO 1 - Material coletado nas praias (jan/1997).

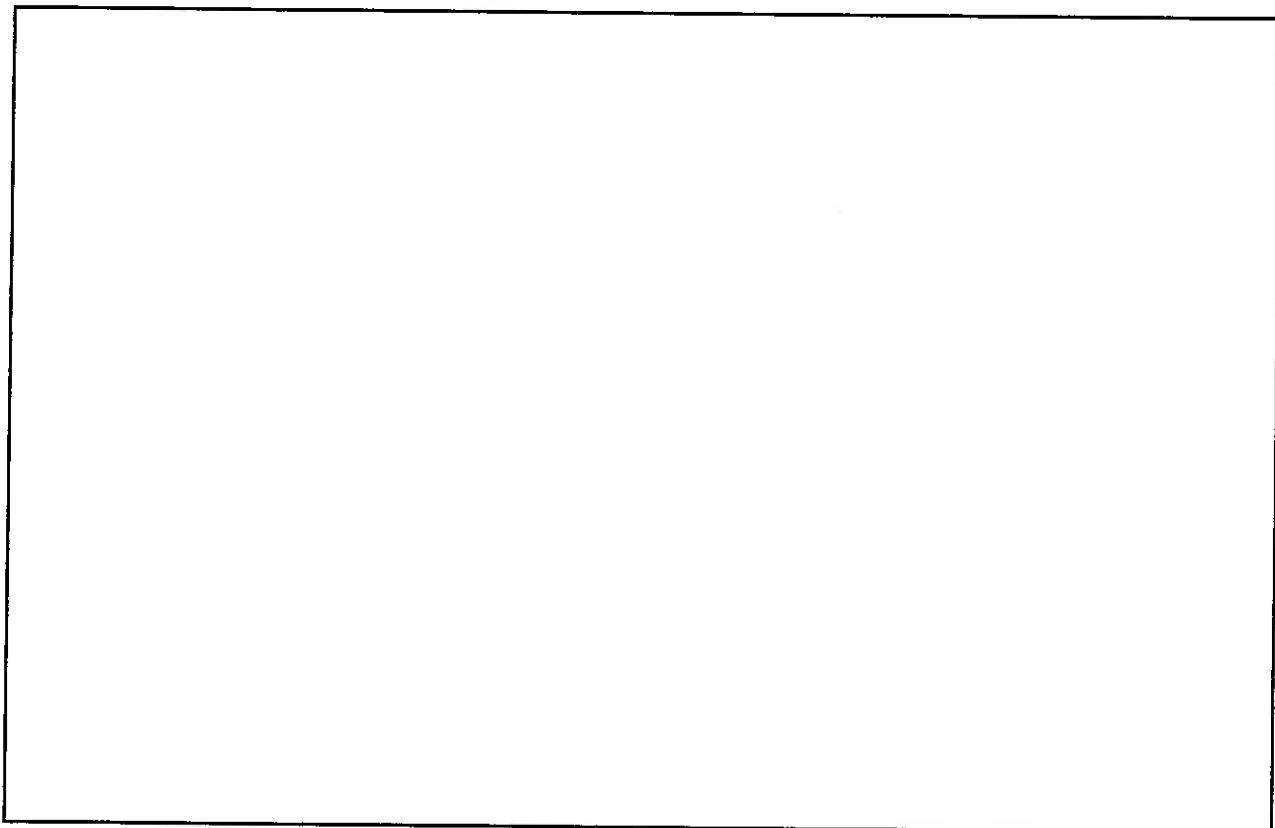


FOTO 2 - Jogo de peneiras utilizado (fev/1997)

Por Lincoln Torquato Cordeiro  
Escola Politécnica da USP - Dpto. Eng<sup>a</sup> Mecânica Projetos e Fabricação

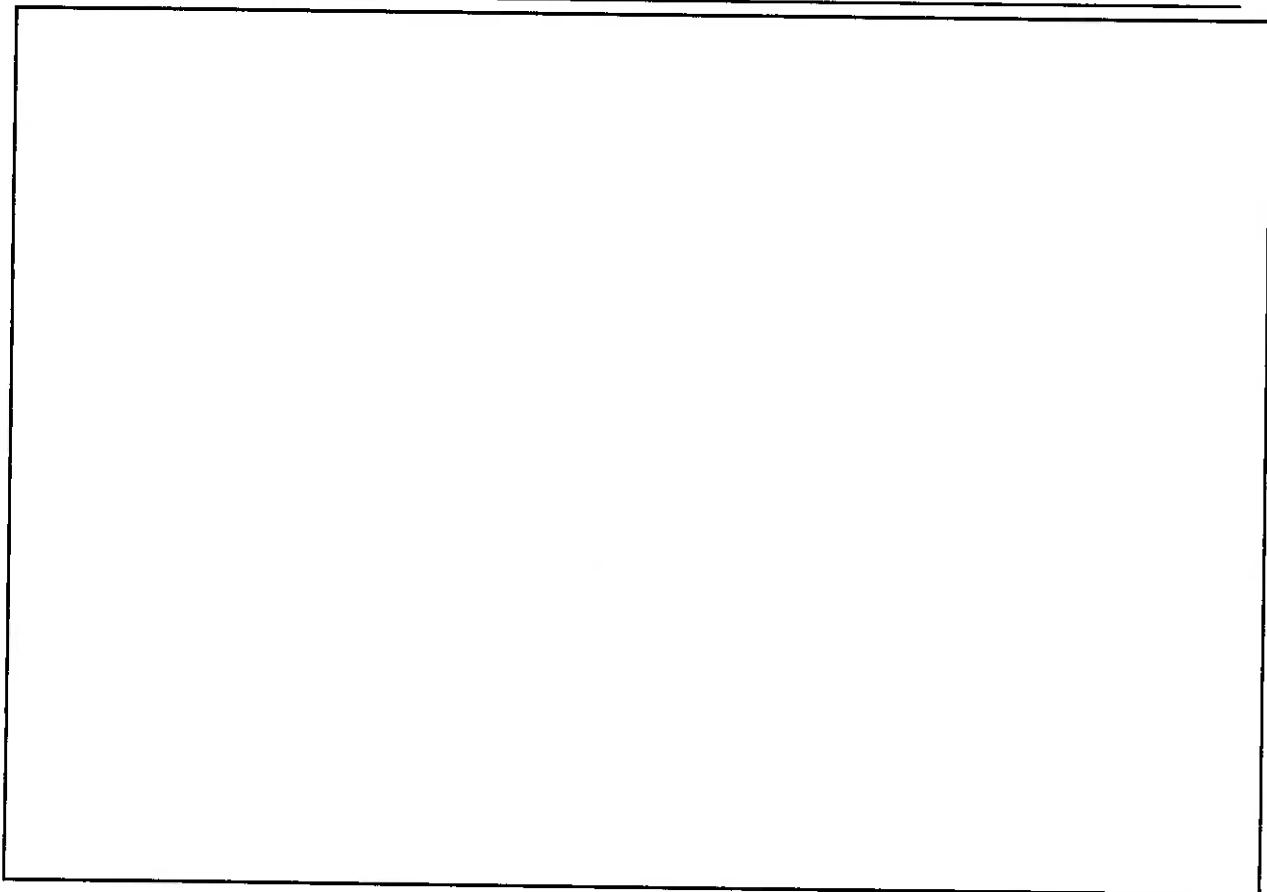


FOTO 3 - Material no forno para medir a umidade da amostra (fev/1997).

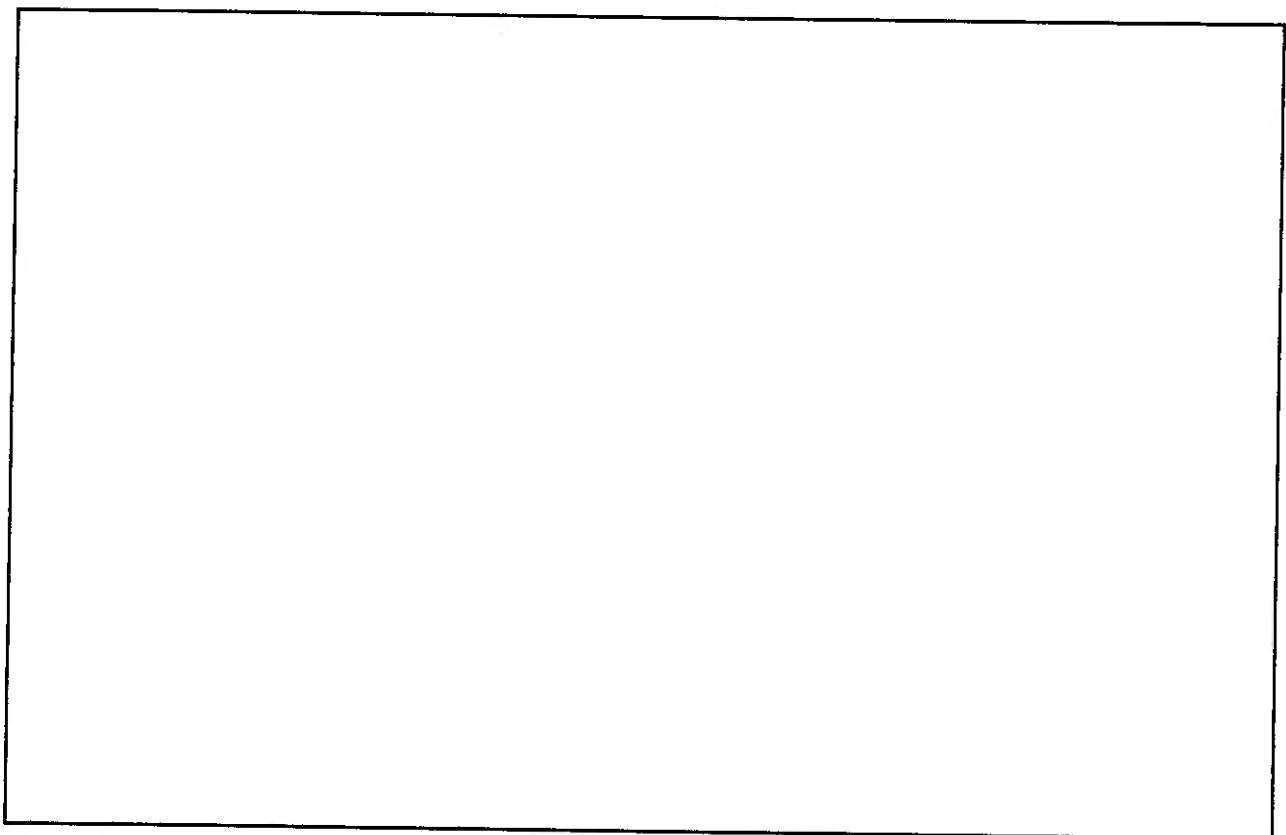
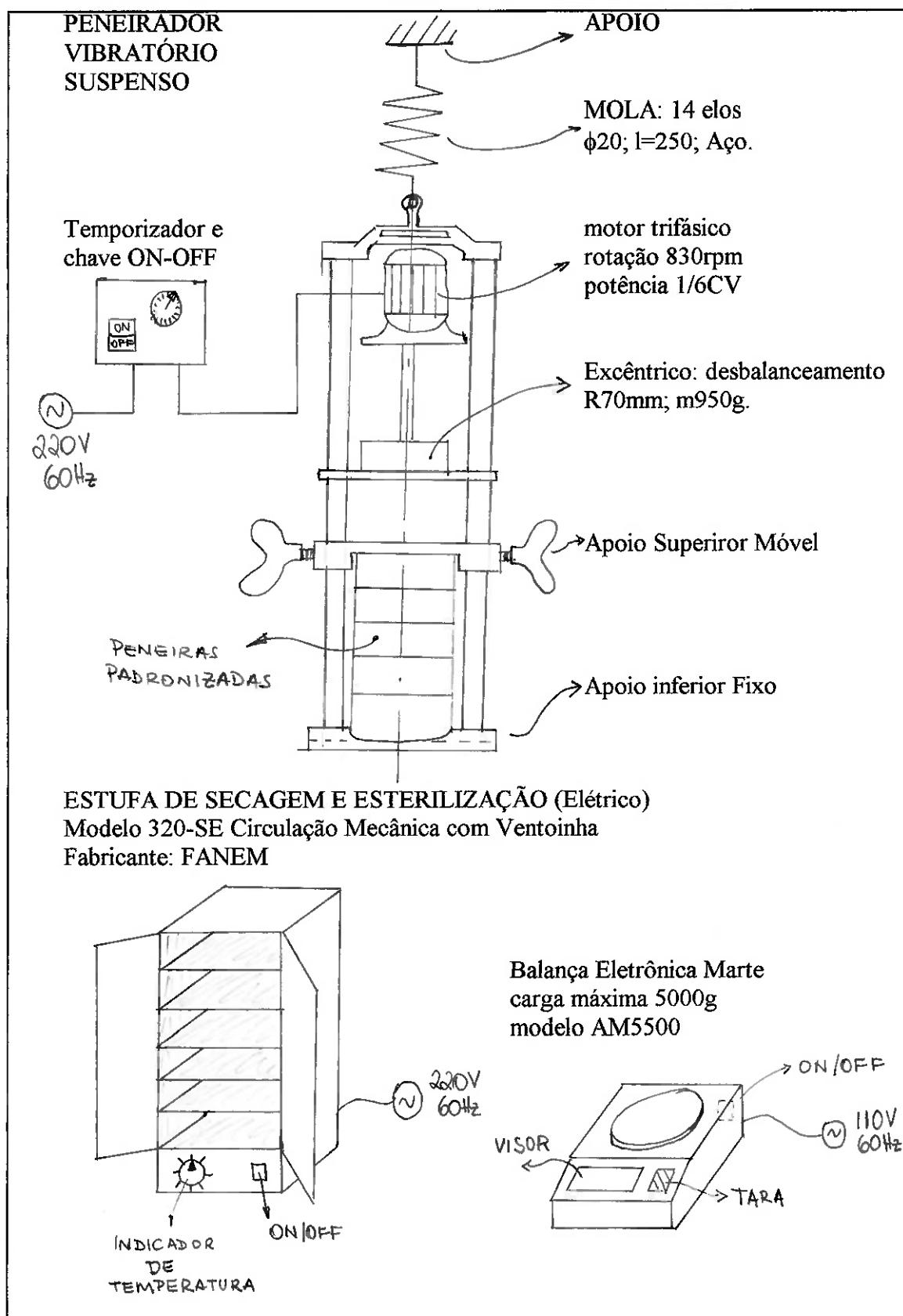


FOTO 4 - Amostras para análise(fev/1997)

Por Lincoln Torquato Cordeiro  
Escola Politécnica da USP - Dpto. Eng<sup>a</sup> Mecânica Projetos e Fabricação

Anexo 4.3 - ESQUEMA DA INSTALAÇÃO E INSTRUMENTOS



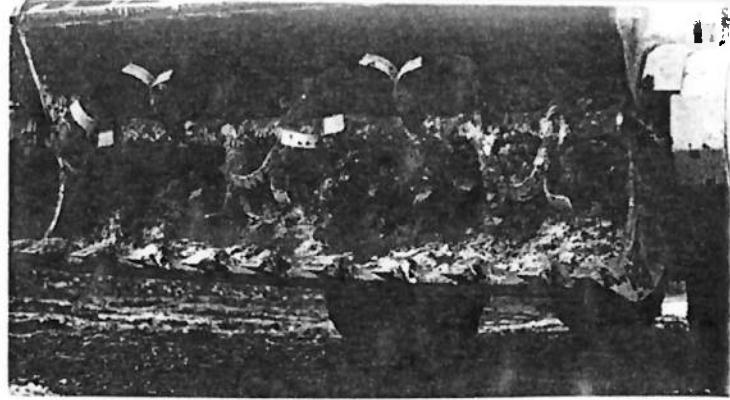
**Anexo 5 - Cópia Parcial do Catálogo da Empresa ROTAR**

*simultaneously cuts and mixes materials.*

#### OTHER APPLICATIONS:

- beach cleaning, cultivation of golf courses and recreation areas: remove unwanted materials from sand and gravel.
- combination with crushing plants by screening out the fine materials before the loading process to increase the crush capacity and to prevent unnecessary damages or wear on the blades.
- glass recycling: by rotating glass waste, the glass will break and fall out of the drum, retaining the plastic and metal tops.
- size large materials for riprap along the river and screen ballast on railroad beds.
- salt refining: this can be used by large municipalities to break up large or frozen pieces of road salt before loading into city trucks.

With only little imagination, you will certainly be able to think of many new applications. Just keep the following basics in mind: separating - cleaning - sorting - mixing of all kinds of materials in combination with mobility, versatility and profitability.



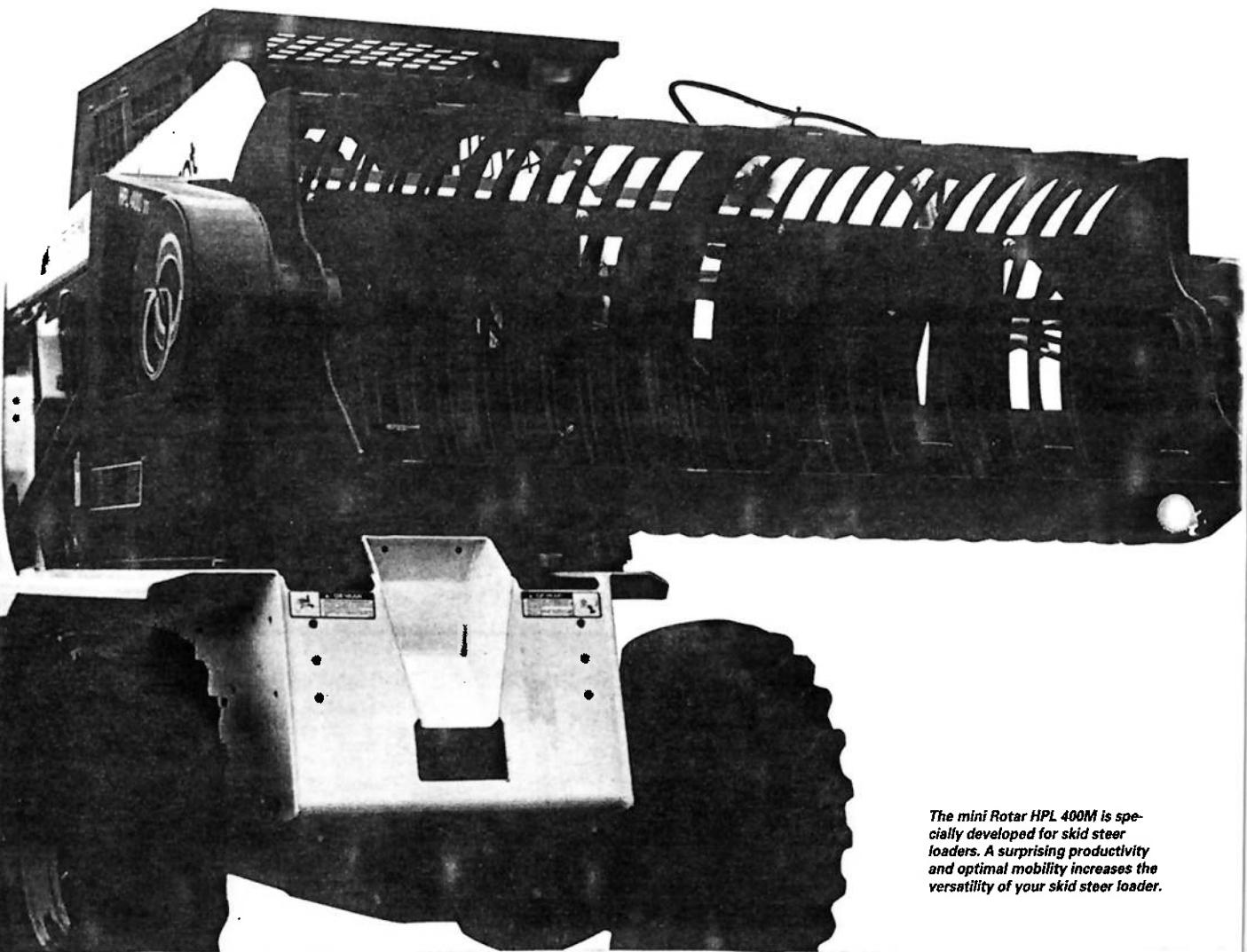
#### SHREDDING AND MIXING

The Rotar HPL 2001 is a rotating shredder /mixer and has an independent driven rotating axle with attached cutting blades.

#### Applications:

- shredding of clay and simultaneously mixing it with chalk, to reuse it for roadbase- or canalbuilding.
- cutting and separating of asphalt.
- mixing all kinds of materials with solid insert plate.

The axle can also be disconnected to perform normal applications with the Rotar.



*The mini Rotar HPL 400M is specially developed for skid steer loaders. A surprising productivity and optimal mobility increases the versatility of your skid steer loader.*

**Anexo 6 - Cópia Parcial do Catálogo da Empresa Caterpillar,  
Produto Modelo 613.**

# Trator 613

TRATOR-SCRAPER \* ELEVADOR

## ADOS TÉCNICOS

Totor Diesel de 4 tempos, modelo 3160, de injeção direta, com 8 cilindros em "V" de 114 mm de diâmetro por 127 mm de curso dos stões e cilindrada de 10,4 litros.

istões de liga de alumínio, com dois anéis: um anel de compressão, torcido, revestido de molibdénio e um de óleo, cromado. Cinta a ferro, integralmente fundida, para o anel superior. Virabrequim e aço liga forjado, endurecido quimicamente, balanceado estáticamente, suportado por cinco mancais de alumínio sobre apoio. Cabeçotes de cilindros de ferro liga, integralmente fundido, intercambiáveis. Bloco de ferro cinzento, de 90° em "V", de saia longa, reforçado por nervuras e com as capas dos mancais principais arafados em ângulo.

overnador Hidráulico Caterpillar para todas as marchas. Oito bombas injetoras de combustível para os injetores tipo lápis. Sistema de combustível isento de regulagens, filtro rosqueado, regulagem variável automática da injeção. Bomba de óleo excêntrica, de seis ressaltos, arrefecedor de óleo tipo de placa, duplos filtros de óleo de fluxo total, rosqueados.

artida elétrica direta de 24 volts.

## SERVO-TRANSMISSÃO

Caterpillar, fabricada especialmente para o 613. Quatro marchas avante e duas a ré, em servo-transmissão, selecionadas manualmente através de uma única alavanca de mudanças. Todas as marchas avante e à ré são de acionamento por conversor de torque para proporcionar características de anti-estolagem de alto torque.

## COMANDOS FINAIS

rojeto planetário completo e semi-eixos totalmente removíveis, independentemente do suporte das rodas. Rolamentos duplos que não exigem manutenção. Conjuntos protegidos com Retentores de bolas Flutuantes "Duo-Cone".

## DIREÇÃO

ois cilindros hidráulicos de dupla ação. Diâmetro dos cilindros e curso do êmbolo ..... 102 x 510 mm largura mínima para um giro ininterrupto: para direita ..... 8,84 m para a esquerda (limitada pelos suportes da cabine de seguimento) ..... 9,05 m

## FREIOS

De disco, nas quatro rodas, acionados a ar, proporcionando efeito contínuo de freagem. Sincronizados para frear, primeiramente, o scraper. Freio opcional de estacionamento.



## PNEUS

A capacidade de produção do 613 é tal que, em certas condições de trabalho, o índice PV\* dos pneus pode ser excedido e, consequentemente, limitam a produção. Para uma seleção adequada dos pneus, a Caterpillar recomenda que se tome em consideração todas as condições de trabalho.

### Tipos e Tamanhos Disponíveis:

Tamanho	Lonas	Tipo de Banda	Tipo de Pneu	Índice PV*
				(t - km/h)
18,0 x 25**	12	Lameiro (E-2)	Convencional	175
18,5 x 25**	12	Rocha (E-3)	Convencional	175
18,0 x 25	16	Lameiro (E-2)	Convencional	175
18,0 x 25	16	Rocha (E-3)	Convencional	175
18,0 x 25	16	Rocha (E-3)	Radial de aço	219
23,5 x 25	12	Lameiro (E-2)	Convencional	153
23,5 x 25	12	Rocha (E-3)	Convencional	131
23,5 x 25	16	Lameiro (E-2)	Convencional	153
23,5 x 25	16	Rocha (E-3)	Convencional	131
23,5 x 25	16	Rocha (E-3)	Radial de aço	234

Para aplicações especiais existem opções adicionais de pneus.

\* Somente para o trator.

\*\* Índice PV (peso-velocidade), em temperatura ambiente de 38°C, apresentado apenas como guia. Para valores específicos, consulte os respectivos fabricantes de pneus.



## PESOS (aproximados)

Os pesos indicados são para pneus 18,0. Para pneus 23,5 acrescente 540 kg ao peso total.

Vazio:	Trator - 60%	.....	7.800 kg
	Scraper - 40%	.....	5.200 kg
	Total .....		13.000 kg

Carregado, baseado em carga nominal de 11.800 kg:

Trator - 47%	.....	11.600 kg
Scraper - 53%	.....	13.200 kg
Total .....		24.800 kg



## QUANTIDADES CONTIDAS (em litros)

Tanque de combustível .....	246
Cárter .....	12
Transmissão .....	26
Diferencial e comandos finais .....	32
Sistema de arrefecimento .....	38
Sistema hidráulico (direção e scraper) .....	98

scraper

**613**



### ELEVADOR

Comprimento total .....	2,46 m
Largura da face das aletas .....	146 mm
Comprimento das aletas .....	1,65 m
Espaçamento entre as aletas .....	380 mm
Número de aletas .....	16

Velocidades de trabalho, com ajustagem normal da válvula de alívio:

Avante: alta .....	69 m/min
baixa .....	35 m/min
Reversão .....	35 m/min

**FONTE DE POTÊNCIA:** Motor hidráulico, no scraper, transmite potência para o elevador através de uma caixa planetária especialmente projetada, com redução de 36:1.

**RODAS MOTRIZES:** Seccionada para substituição sem necessidade de remoção do elevador.

**CORRENTE:** Grandes roletes, pinos e elos temperados para resistir à abrasão. Tensão ajustável nas rodas-guia de suporte e no eixo superior.

**SUPORTE DO ELEVADOR:** A armação do elevador tem articulação de 4 barras. A articulação inferior pode ser ajustada para posicionar as aletas de 25 a 400 mm a partir da borda cortante.



### CAÇAMBA

De construção em caixa, em aço com alto teor de carbono, para máxima consistência e resistência à abrasão.

Máxima profundidade de corte .....	170 mm
Máxima altura livre com carga nominal .....	365 mm
Capacidades: Carga nominal .....	11.800 kg
Nominal coroada .....	8,4 m <sup>3</sup>

**BORDA CORTANTE:** Integral com fundo retrátil; pode ser deslocada para transpor obstruções; facilita a precisão final de trabalho de nivelamento.

**TIPO:** Reversível de três secções. A secção central, tipo ferrão é perfurada para inclusão de quatro dentes opcionais que aumentam a capacidade de penetração em materiais extremamente duros.

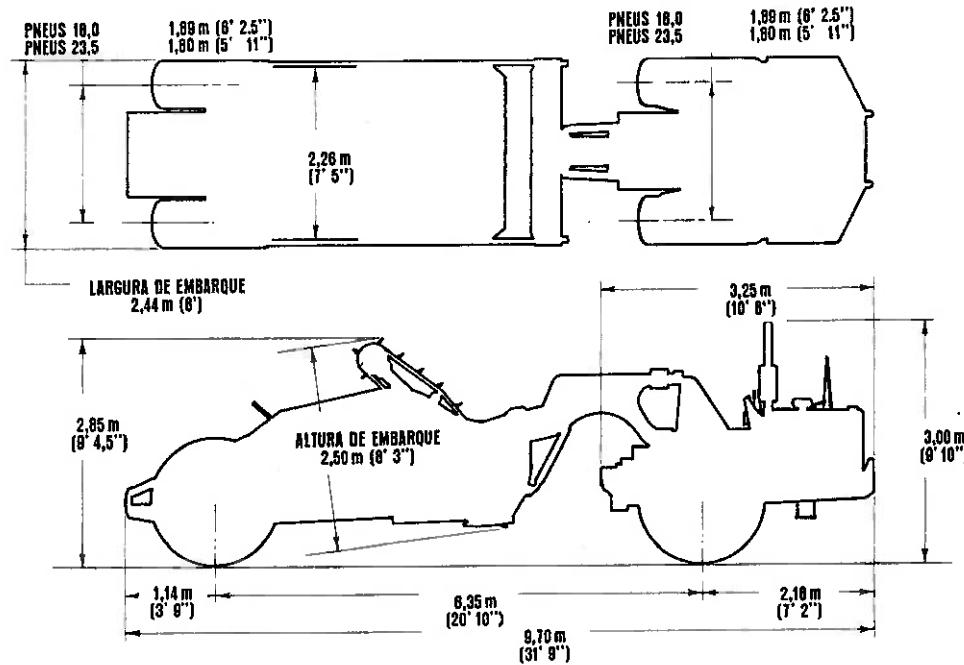
Secção central .....	1.100 x 330 x 19 mm
Cada secção lateral .....	560 x 330 x 19 mm
Largura de corte (por fora dos cantos de guia)	2,44 m

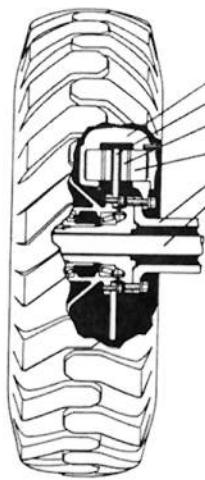
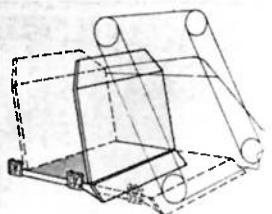
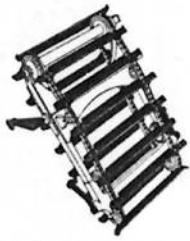
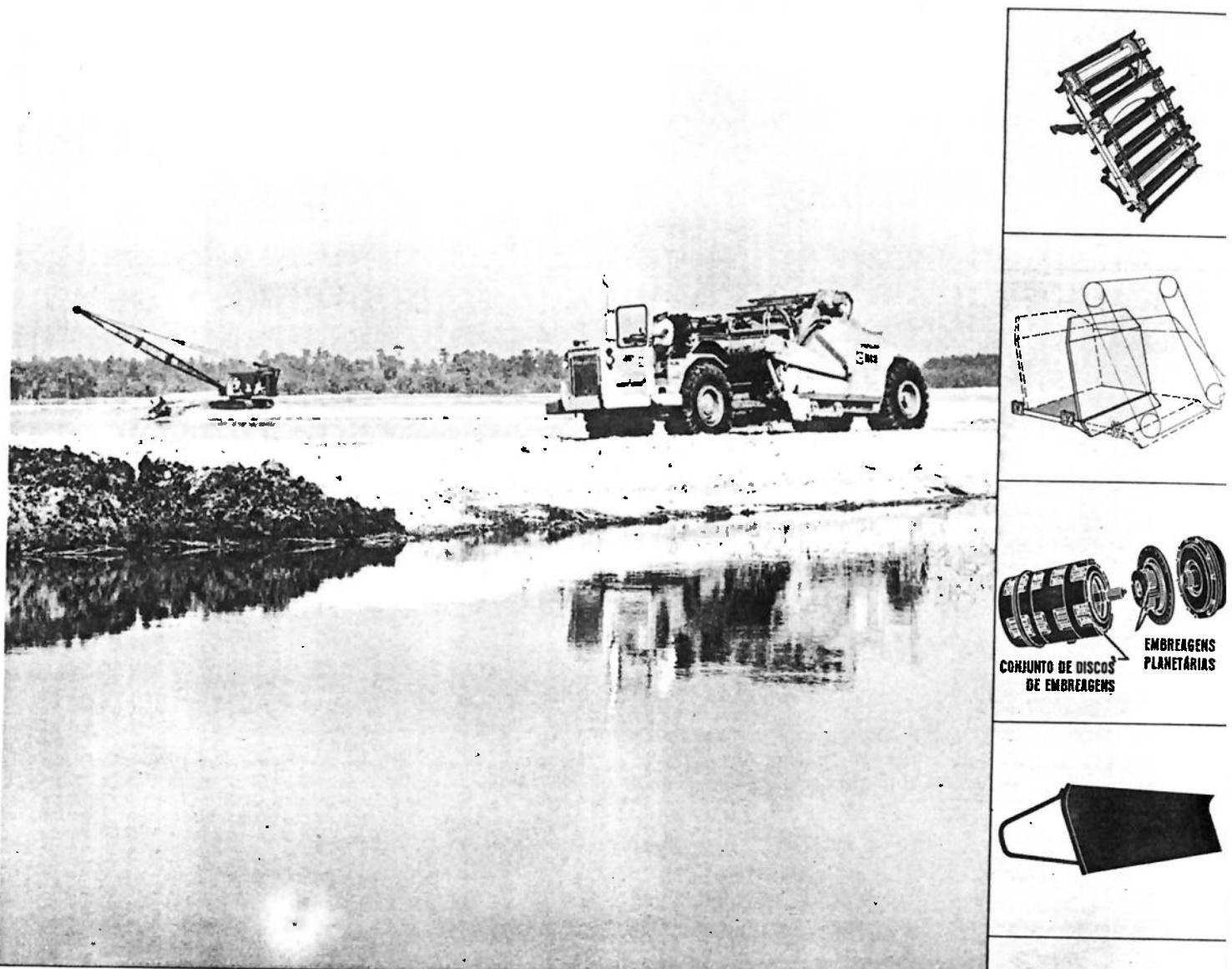
**EJEÇÃO:** O fundo deslizante e a borda cortante retraem-se 1,14 m e o ejetor tipo lâmina desloca-se para a frente, na direção da borda cortante, para despejo rápido e controlado. O ejetor é reposicionado antes que a borda corte cortante retorne à posição de carregamento.



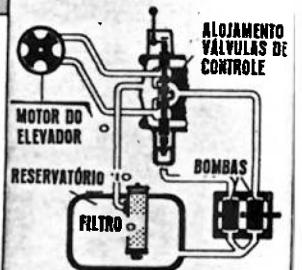
### SISTEMA HIDRÁULICO

Os circuitos hidráulicos são sistemas vedados, com óleo filtrado, acionados por bombas de palhetas. Os circuitos da caçamba, do ejetor e da direção são servidos por uma bomba de duas secções. Uma secção serve o circuito da caçamba e do ejetor, com um fluxo de 94 lit/min. A outra secção fornece 87 lit/min. para o circuito da direção. O circuito do motor do elevador é servido por uma bomba de duas secções que apresenta uma vazão de 140 lit/min. para velocidade baixa e reversão e de 225 lit/min. para velocidade alta, com o motor funcionando a 2200 RPM.

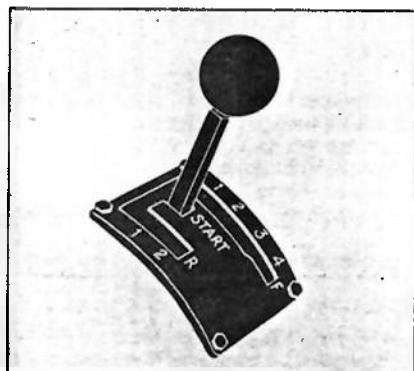
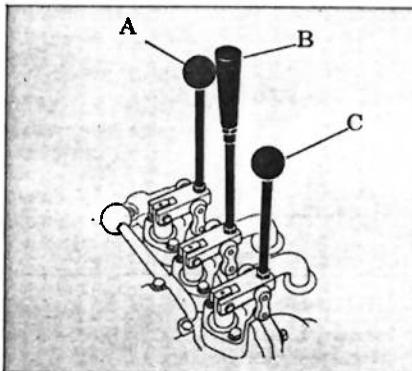




O 613 é uma máquina versátil que oferece as características que se pode esperar de uma máquina Caterpillar. Entre elas, podemos citar: freios de disco, de eficiência constante, nas quatro rodas. Estes freios são de auto-limpeza para um funcionamento seguro e contínuo.



Para maior versatilidade e produtividade, o 613 apresenta-se, agora, com um elevador de duas velocidades. Acrescentamos uma velocidade mais baixa de modo que a velocidade do elevador pode ser ajustada às condições do material. A velocidade alta é usada para condições normais e a velocidade baixa para materiais duros. O suporte flexível do elevador permite a sua movimentação sobre pedras, mas retornando rapidamente as aletas à sua posição normal para continuar cortando e elevando a terra.



A Ejeção no 613 é simples, rápida e eficiente por dois motivos: (1) o fundo do scraper e a borda cortante recuam até cerca da metade do comprimento do fundo, deixando uma grande abertura... (2) a lâmina do ejetor avança na direção da borda cortante, forçando a saída de todo o material.

A Servo-Transmissão de 613 tem quatro marchas avante e duas à ré, todas com acionamento por conversor para alta multiplicação de torque e máxima força de anti-estolagem em operações difíceis de carregamento. A elevada força de tração no aro das rodas em todas as quatro marchas avante mantém a rapidez dos ciclos.

Uma Aleta Triangular Modificada com um projeto de suporte reforçado e simplificado está incluída no 613. Os pinos e buchas dos elos são de aço-liga tratados termicamente para resistir ao desgaste. As buchas nunca tocam no flange guia dos roletes. As correntes e aletas têm capacidade para suportar algumas vezes a força que pode ser exercida sobre elas.

Sistema Hidráulico Vedado impede a entrada de poeira. Existem quatro bombas: duas para o elevador, uma para a direção e uma para a caçamba.

A Borda Cortante de Três Secções, quando na posição avançada de ejeção, serve como lâmina para nivelamento ou acabamento final. O ferrão central prolonga-se 76 mm ou as bordas em cada lado do ferrão podem ser deslocadas para se alinharem com a borda do ferrão. Quatro dentes de ferrão encontram-se disponíveis, como opção, para ajudar no carregamento de materiais duros.

#### CONTROLES DO SCRAPER

A - Alavanca de elevação e baixamento da caçamba  
Posições: Elevar/Fixar/Baixar

B - Alavanca de ejeção  
Posições: Despejar/Fixar/Retornar\*

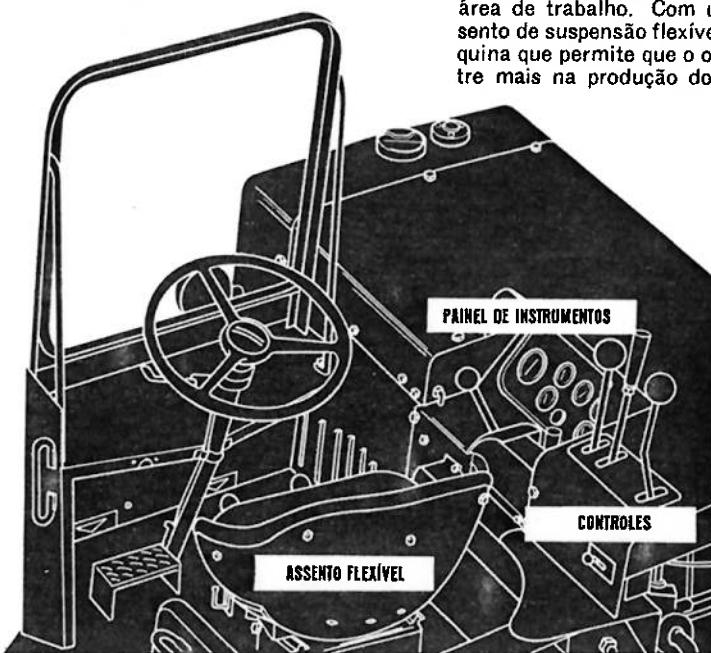
C - Alavanca do Elevador  
Posições: Duas velocidades de carregamento/Parado/Reversão.

\* A posição de "Retornar" é fixada por um retentor; a alavanca passa automaticamente para a posição de "fixar" quando o ejetor alcança o ponto máximo do retorno, deixando a mão do operador, livre para outras tarefas. O ponto de retenção pode ser ultrapassado a qualquer momento.

Mínima resistência à tração na corrente.....	27200 kg
Máxima força de tração aplicada à corrente .....	5600 kg
Margem de segurança.....	21600 kg

Todas as Mudanças de Marchas são efetuadas através de uma única alavanca em forma de "U". Não é necessário frear, decelerar ou fazer uma pausa em neutro, porque a servo-transmissão Caterpillar é projetada para mudanças sob plena carga. Se acidentalmente, a máquina for acionada com a marcha engatada, a transmissão não engrenará antes que a alavanca seja retornada à posição neutra.

Geralmente, a produção pode ser determinada pela facilidade ou dificuldade de operação da máquina. O comportamento do operador do 613, livre e desimpedido, oferece excelente visibilidade dos medidores, controles e área de trabalho. Com um confortável assento de suspensão flexível, o 613 é uma máquina que permite que o operador se concentre mais na produção do que na operação.





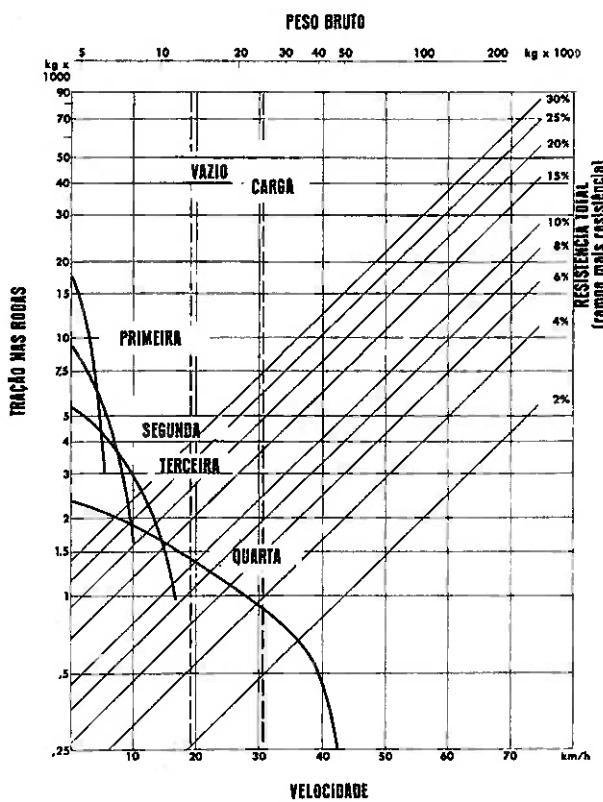
CATERPILLAR



## EQUIPAMENTOS OPCIONAL

Cabine de segurança (inclusive suporte) .....	1130 kg
Cinto de segurança .....	3 kg
Dentes para o scraper .....	43 kg
Freio de emergência .....	41 kg
Freio de estacionamento .....	27 kg
Suporte da estrutura de segurança (inclusive o cinto) .....	139 kg
Injetor de éter .....	2 kg
Jogo de ferramentas .....	10 kg
Limpador de parabrisa .....	3 kg
Paralamas para o scraper .....	177 kg
Pneus para o scraper (jogo de 2)	
18,00 - 25	
Radial com cordonéis de aço .....	25 kg
Para rochas (E-3) 16 lonas .....	102 kg
23,5 - 25	
Radial com cordonéis de aço .....	184 kg
Para rochas (E-3) 16 lonas .....	265 kg
Lameiro (E-2) 16 lonas .....	120 kg
Pneus para o trator (jogo de 2)	
18,00 - 25	
Radial com cordonéis de aço .....	59 kg
Para rochas (E-3)	
16 lonas .....	136 kg
12 lonas .....	68 kg
Lameiro (E-2), 16 lonas .....	34 kg
23,5 - 25	
Radiais com cordonéis de aço .....	218 kg
Para rochas (E-3)	
16 lonas .....	300 kg
12 lonas .....	272 kg
Lameiro (E-2)	
16 lonas .....	154 kg
12 lonas .....	127 kg
Refletores de iluminação .....	3 kg
Sistema de iluminação (incluso marcador de combustível, pisca-pisca, luz dos freios e sinalizadores traseiros) .....	11 kg
Tampa lateral do capô .....	12 kg
Tampas de proteção, com cadeado .....	7 kg
Suporte para baterias auxiliares .....	2 kg
Toldo de segurança (sem suporte) .....	500 kg
Ventilador soprador .....	não altera o peso

## TRAÇÃO E VELOCIDADE EM ACLIVES



Para determinar o desempenho da máquina no acesso em rampas, leia, a partir do peso bruto, descendo até a porcentagem de resistência que é igual a porcentagem de rampa mais 1% para cada 10 kg de resistência ao rolagamento. Deste ponto de peso-resistência, siga horizontalmente até a curva com a mais alta velocidade alcançável, descendo, em seguida, até a velocidade máxima. A tração utilizável nas rodas depende da tração disponível e do peso sobre as rodas tratoras.



## EQUIPAMENTO Padrão

Assento ajustável de suspensão a ar, parabrisa com vidro de segurança, entrada de ar natural e quente, luzes do painel, buzina a ar, purificador de ar tipo seco, silenciador e faróis. Trava de retorno do ejetor. Caixa para ferramentas. Alternador com quatro baterias de 6 volts e 120 Ah para sistema elétrico de 24 volts.

Materiais e especificações sujeitos a alterações sem prévio aviso.

**TRACTOR**

Matriz: S. Paulo - Praça 9 de Julho, 100 (Av. do Estado)  
01000 - Caixa Postal 44 - Tel. (011) 278-0211.  
Filiais: Ribeirão Preto - S. J. do Rio Preto - Andradina - Bauru  
Campinas - Presidente Prudente - Santos - Rio de Janeiro  
Campo Grande (MT) - Guaporé