

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO BÁSICO DE EQUIPAMENTO PARA
A LIMPEZA DE PRAIAS

Autor: ADRIANO SCREMIN

Orientador: OMAR MOORE DE MADUREIRA

1986

SUMÁRIO

Este trabalho atende às disciplinas "Projeto Mecânico I e II" e foi elaborado com o acompanhamento do Professor - Omar Moore de Madureira.

O objetivo deste trabalho em particular é propor uma solução para o processo de limpeza das praias, utilizando-se de uma máquina, e visando a uma melhoria de aspecto de nossas praias para um melhor aproveitamento por parte da coletividade.

Divide-se em duas partes:

A primeira, denominada "Estudo da Viabilidade do Projeto", estabelece a necessidade da realização do projeto, propõe as especificações técnicas e as soluções, e analisa a viabilidade de sua realização, tanto em termos físicos como econômicos.

Na segunda parte, o "Projeto Básico", é escolhido a melhor solução e procura-se estabelecer relações entre variáveis de entrada e saída, buscando a melhor combinação dos parâmetros de projetos.

Por ser um projeto inovador, sem similar, foi difícil de se elaborar soluções que estivessem a altura das especificações, além disto, a modelagem matemática foi pouco utilizada por se tratar de variáveis de entrada heterogêneas e aleatórias ao longo do tempo, neste caso, então, optou-se por modelagem física. Portanto este projeto não tem a palavra final e está em aberto para receber modificações no sentido de melhorá-lo.

ÍNDICE

	Pág.
<u>SUMÁRIO</u>	ii
<u>ÍNDICE</u>	iii
 <u>PARTE I</u>	
ESTUDO DA VIABILIDADE DO PROJETO	
1- <u>ESTABILIDADE DA NECESSIDADE</u>	1
2- <u>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS</u>	2
2.1- <u>DESCRIÇÃO GERAL</u>	2
2.2- <u>ESPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS</u>	3
2.2.1- <u>Unidade de coleta</u>	3
2.2.2- <u>Unidade de separação</u>	4
a) Quantidade.....	4
b) Qualidade	5
2.2.3- <u>Unidade armazenadora</u>	6
a) Quantidade.....	6
b) Qualidade.....	7
2.2.4- <u>Unidade de transporte interno</u>	7
a) Quantidade.....	7
b) Qualidade.....	7
2.2.5- <u>Unidade restituidora</u>	8
a) Quantidade.....	8
b) Qualidade.....	8
2.3- <u>ESPECIFICAÇÕES CONSTRUTIVAS</u>	8
2.3.1- <u>Arranjo</u>	8

	Pág.
2.3.2- <u>Detalhes construtivos e dimensionamento</u> ..	9
a) <u>DEtalhes construtivos</u>	9
b) <u>Dimensionamento</u>	10
2.3.4- <u>Dimensões gerais</u>	11
2.3.5- <u>Dimensões funcionais</u>	12
2.4- <u>ESPECIFICAÇÕES OPERACIONAIS</u>	13
2.4.1- <u>Consumo</u>	13
2.4.2- <u>Durabilidade</u>	14
2.4.3- <u>Confiabilidade</u>	14
2.4.4- <u>Manutenção preventiva</u>	14
3- <u>SÍNTESE DE SOLUÇÕES</u>	15
3.1- <u>ESBOÇO DAS SOLUÇÕES</u>	15
3.1.1- <u>Solução A-1</u>	16
3.1.2- <u>Solução A-2</u>	17
3.1.3- <u>Solução A-3</u>	18
3.1.4- <u>Solução B-1</u>	19
3.1.5- <u>Solução B-2</u>	20
3.1.6- <u>Solução B-3</u>	21
3.1.7- <u>Solução B-4</u>	22
3.1.8- <u>Solução C-1</u>	23
3.1.9- <u>Solução C-2</u>	24
3.1.10- <u>Solução C-3</u>	25
3.1.11- <u>Solução C-4</u>	26
3.1.12- <u>Solução D-1</u>	27
3.1.13- <u>Solução D-2</u>	28

	Pág.
3.1.14- <u>Solução E-1</u>	29
3.1.15- <u>Solução E-2</u>	30
3.2- DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES.....	31
3.2.1- <u>Solução A-1</u>	31
3.2.2- <u>Solução A-2</u>	32
3.2.3- <u>Solução A-3</u>	33
3.2.4- <u>Solução B-1</u>	35
3.2.5- <u>Solução B-2</u>	36
3.2.6- <u>Solução B-3</u>	37
3.2.7- <u>Solução B-4</u>	37
3.2.8- <u>Solução C-1</u>	38
3.2.9- <u>Solução C-2</u>	39
3.2.10- <u>Solução C-3</u>	39
3.2.11- <u>Solução C-4</u>	40
3.2.12- <u>Solução D-1</u>	41
3.2.13- <u>Solução D-2</u>	42
3.2.14- <u>Solução E-1</u>	43
3.2.15- <u>Solução E-2</u>	44
4- <u>EXEQUIBILIDADE FÍSICA E FUNCIONAL</u>	46
4.1- EXEQUIBILIDADE FÍSICA	46
4.1.1- <u>Solução A-1</u>	46
4.1.2- <u>Solução A-2</u>	47
4.1.3- <u>Solução A-3</u>	48
4.1.4- <u>Solução B-1</u>	49
4.1.5- <u>Solução B-2</u>	50

	Pág.
4.1.6- <u>Solução B-3</u>	51
4.1.7- <u>Solução B-4</u>	51
4.1.8- <u>Solução C-1</u>	51
4.1.9- <u>Solução C-2</u>	52
4.1.10- <u>Solução C-3</u>	53
4.1.11- <u>Solução C-4</u>	53
4.1.12- <u>Solução D-1</u>	54
4.1.13- <u>Solução E-1</u>	55
4.1.14- <u>Solução E-2</u>	55
4.2- EXEQUIBILIDADE FUNCIONAL	56
4.2.1- <u>Considerações</u>	56
4.2.2- <u>Solução A-1</u>	58
4.2.3- <u>Solução A-2</u>	59
4.2.4- <u>Solução A-3</u>	59
4.2.5- <u>Solução B-1</u>	61
4.2.6- <u>Solução B-2</u>	62
4.2.7- <u>Soluções B-3 e B-4</u>	63
4.2.8- <u>Solução C-1</u>	63
4.2.9- <u>Solução C-2</u>	64
4.2.10- <u>Solução C-3</u>	64
4.2.11- <u>Solução C-4</u>	64
4.2.12- <u>Solução D-1</u>	65
4.2.13- <u>Solução D-2</u>	65
4.2.14- <u>Solução E-1</u>	65
4.2.15- <u>Solução E-2</u>	65

	Pág.
5- <u>VALOR ECONÔMICO</u>	66
5.1- CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	66
5.2- PONTO DE VISTA DA COLETIVIDADE.....	66
5.2.1- <u>Malefícios</u>	67
5.2.2- <u>Benefícios</u>	67
5.3- PONTO DE VISTA DO OPERADOR.....	67
5.3.1- <u>Estimativa de C S</u>	68
5.3.2- <u>Estimativa de A</u>	69
5.3.3- <u>Estimativa de M</u>	70
5.3.4- <u>Estimativa de M D</u>	70
5.3.5- <u>Estimativa de D I</u>	70
5.3.6- <u>Estimativa de Δ</u>	71
5.4- PONTO DE VISTA DO FABRICANTE.....	71
6- <u>VIABILIDADE FINANCEIRA</u>	72
7- <u>CONCLUSÃO</u>	73

PARTE II

PROJETO BÁSICO

1. <u>ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO</u>	74
1.1- UNIDADE DE COLETA.....	74
1.2- UNIDADE SEPARADORA.....	76
1.3- UNIDADE ARMAZENADORA.....	77
1.4- UNIDADE RESTITUIDORA.....	77
1.5- UNIDADE DE TRANSPORTE INTERNO.....	78
1.6- ESBOÇO DO ARRANJO DE TODAS UNIDADES ESCOLHIDAS	80

	Pág.
2- <u>ANÁLISE DA SENSIBILIDADE</u>	81
2.1- ESQUEMA DO SISTEMA.....	81
2.2- UNIDADE DE COLETA.....	82
2.3- UNIDADE DE TRANSPORTE INTERNO.....	84
2.4- UNIDADE DE SEPARAÇÃO.....	86
2.5- UNIDADE RESTITUIDORA.....	87
2.6- UNIDADE ARMAZENADORA.....	88
3- <u>ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE</u>	91
3.1- UNIDADE DE COLETA.....	91
3.2- UNIDADE DE TRANSPORTE INTERNO.....	92
3.3- UNIDADE SEPARADORA.....	94
3.4- UNIDADE RESTITUIDORA.....	94
3.5- UNIDADE ARMAZENADORA.....	95
4- <u>ANÁLISE DA ESTABILIDADE</u>	98
4.1- VARIÁVEIS DE ENTRADA DESEJADAS E/OU PREVIS- TAS	98
4.1.1- Fluxo de resíduos + areia.....	98
4.1.2- Fluxo de energia.....	98
4.2- VARIÁVEIS DE ENTRADA INDESEJADAS E/OU IMPRE- VISTAS.....	98
4.3- CRITÉRIO DE JULGAMENTO.....	98
4.4- ANÁLISE SOB O PONTO DE VISTA DE ENTRADAS DE SEJADAS E/OU PREVISTAS.....	99
4.4.1- <u>Fluxo de Material ao Valor Extremo</u>	99
4.4.2- <u>Fluxo de Energia ao Valor Extremo</u>	100

	Pág.
4.5- ANÁLISE SOB O PONTO DE VISTA DE ENTRADAS INDESEJADAS E/OU IMPREVISTAS.....	101
4.5.1- <u>Fluxo de areia úmida</u>	101
4.5.2- <u>Coleta de objetos que ultrapassam a capacidade de coleta</u>	102
4.5.3- <u>Trancos devidos à colisão com objetos fixos na areia</u>	102
4.5.4- <u>Irregularidades do terreno</u>	103
4.5.5- <u>Colisões e abalroamentos</u>	103
4.5.6- <u>Comandos errados</u>	104
5- <u>OTIMIZAÇÃO FORMAL</u>	105
6- <u>AS PREVISÕES PARA O FUTURO</u>	107
7- <u>A PREVISÃO DO TEMPO DE FUNCIONAMENTO</u>	107
8- <u>ENSAIOS E TESTES DOS PROTÓTIPOS</u>	108
9. <u>SIMPLIFICAÇÃO</u>	111
 <u>ANEXOS</u>	
Anexo I	
<u>O IMPLEMENTO TRATADO COMO SISTEMA</u>	112
Anexo II	
<u>LEVANTAMENTO DE DADOS JUNTO À VEGA-SOPAVE DO GUARUJÁ</u>	115
Anexo III	
<u>OTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DA MÁQUINA</u>	117

Pág.

Anexo IV	
<u>ESPECIFICAÇÕES DA QUALIDADE GLOBAL DE LIM- PEZA</u>	123
Anexo V	
<u>ESPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS DA MÁQUINA COMO VEÍCULO</u>	125
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	128

PARTE IESTUDO DA VIABILIDADE DO PROJETO1- ESTABILIDADE DA NECESSIDADE

A poluição do solo por resíduos sólidos consiste na interferência nociva sobre os processos vitais deste ecossistema, pela alteração de seus níveis de energia, da composição de matéria orgânica e inorgânica.

Quando esse resíduo é orgânico ele pode sofrer o processo de decomposição aeróbia ou anaeróbia. O processo aeróbio é muito rápido e os resíduos resultantes são: gás carbônico, sais minerais e alguns compostos orgânicos de mais lenta degradabilidade, geralmente de natureza fibrosa ou coloidal e, portanto, bons condicionadores físicos do solo, tal como o húmus natural. No processo anaeróbio entretanto, os subprodutos são geralmente nocivos ou contaminantes do solo: ácidos orgânicos, gás sulfídrico, mercaptanas e outros compostos tóxicos e de mau odor. Essas substâncias podem infiltrar-se, contaminando também as águas subterrâneas e rios. No caso do solo arenoso das praias a matéria orgânica na superfície do solo pode ser coberto, pelo efeito do vento, por exemplo, formando-se assim um meio anaeróbio em torno da matéria orgânica e causando os problemas correspondentes.

Os outros resíduos, os não orgânicos: embalagens, plásticos, garrafas, etc, que não se decompõem ou que só se desfazem muito lentamente, estes elementos além dos danos ecológicos que podem acarretar, trazem problemas à população, como por exemplo, o aumento de lixo a ser coletado e conseqüentemente, do custo dessa operação. Pode-se lembrar que certas embalagens constituem em perigo à integridade física da população, como exemplo: latas e garrafas.

A necessidade de não se deixar os resíduos sólidos sobre o solo, bem como reduzir a quantidade deixada atualmente, é patente. Há desde a necessidade provocada pela repulsa quanto ao aspecto visual, passando pela alteração do ecossistema, até aquela provocada em conseqüência dos problemas de saúde pública

gerados. Outro aspecto a ser considerado é o fato do desperdício, causado pelo não reaproveitamento desse material, se este for deixado sujeito à ação da própria natureza. Mesmo quando - sujeitos à decomposição natural há solos que não necessitam - dessa matéria orgânica decomposta, por exemplo: trechos de - praia desprovida de vegetação. Resta, portanto dar um destino mais adequado a esses resíduos sólidos.

O homem polui. Há aqueles que assim reconhecem, procurando evitar ou reduzir a poluição, mas há aqueles que por ignorância ou comodismo não reconhecem, tornando-se alimentadores do problema da poluição. O problema existe, cabe, então aos Órgãos Públicos alertar aqueles que não se dão conta do problema, a fim de que as comodidades obtidas pelas sociedades modernas não acarretem a inviabilidade das mesmas, bem como, tomar providências no sentido de minimizá-lo.

Atualmente o processo de limpeza das praias é manual: grupos de "garis" e/ou "margaridas" vão rastelando a superfície da praia de ponta-a-ponta, amontoam periodicamente os resíduos acumulados e os ensacam, deixando-os ali mesmo para durante a noite os caminhões de lixo entrarem na praia e coletá-los. A implantação de um sistema de limpeza de praia por meio de uma máquina viria a agilizar e melhorar a eficiência de coleta, acarretando consequências positivas tanto para os usuários como para aqueles que se beneficiam do maior afluxo de banhistas para as praias, proporcionando por um ambiente limpo.

2- ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

2.1- Descrição Geral

O implemento objeto destas especificações destina-se à coleta, transporte e armazenamento de resíduos sólidos existentes sobre o solo das praias e, caso seja necessária, a res

tituição da areia, evitando ao máximo alterar seus aspectos originais.

Como o processo de limpeza exige uma boa manobrabilidade é necessária que o implemento seja acoplado a veículos igualmente manobráveis.

O implemento pode ser dividido em várias unidades com tarefas específicas: unidade de coleta, unidade separadora, unidade armazenadora, unidade restituidora e unidade de transporte interno.

2.2- Especificações Funcionais

2.2.1- Unidade de coleta

Sua função é fazer a coleta dos resíduos sólidos - que estão sobre a superfície da praia ou parcialmente enterrados.

a) Quantidade: capacidade de limpar uma área de - 150.000 m^2 em um dia de trabalho, ou seja, em 4 a 5 horas - de trabalho.

Quantidade média de resíduos a serem coletados:

período normal: 0,7 ton/dia ou $2,3 \text{ m}^3/\text{dia}$

período de temporada: 2,0 ton/dia ou $6,7 \text{ m}^3/\text{dia}$

Para quantidade de areia que conseqüentemente pode ser coletada neste processo será estabelecido um limite, independentemente do sistema escolhido para a coleta. A grande maioria dos resíduos se encontram sobre a superfície e uma pequena parcela se encontra enterrada, sendo que dessa pequena parcela a maioria se encontra a uma profundidade de até 3cm. A quantidade máxima de areia a ser coletado junto com os resíduos sólidos no processo é aquela que corresponde à profundidade citada. Tendo-se a área limpa por dia é possível

vel estimar um volume máximo de areia que pode vir a ser coletada junto com os resíduos.

Observação: o dia aqui se refere a 4 a 5 hs que compõem as -
24 horas.

b) Qualidade: o implemento deve ser capaz de fazer a coleta nas partes mais próximas da água (geralmente é aí que encontram a maior parte dos resíduos sólidos, devido ao efeito da maré alta) as quais apresentam solo úmido. Então um requisito que deve ter a máquina é a capacidade de coletar resíduos sólidos em solo arenoso úmido.

A coleta não pode ser prejudicada por eventuais ondulações, que se muito acentuadas podem tirar o contato entre o componente de coleta e o solo. As ondulações naturais da praia são muito leves e não são capazes de comprometer a coleta. Os problemas que existem são os buracos e os montes de areia feitos pelos usuários.

Outros obstáculos à coleta são os objetos parcialmente enterrados na areia, como fragmentos de embarcações, restos de árvores, ou ainda, pedras deixadas por usuários (essas pedras que geralmente não ultrapassam o tamanho de um paralelepípedo de calçamento).

2.2.2- Unidade de Separação

Sua função é separar os resíduos sólidos da areia e daqueles resíduos cujo tamanho são toleráveis:

a) Quantidade: a quantidade de resíduos que deve ser separado e da mesma ordem de grandeza daquela coletada:

- período normal: 0,7 ton/dia ou 2,3 m³/dia
- período de temporada: 2,0 ton/dia ou 6,7 m³/dia.

A quantidade de material para separações não é, obviamente, composta só dos resíduos sólidos, há também grãos de

areia nesta composição. Esta quantidade de areia pode variar de acordo com a concepção empregada. O limite máximo de areia é definido da seguinte forma: a grande maioria dos resíduos - estão parcial ou totalmente enterrados a uma profundidade de - 3cm, assim é possível de se ter que remover uma camada de 3cm de areia para se conseguir fazer a coleta desses resíduos ci- tados. Portanto para se ter a quantidade limite de areia a ser separada em um dia de serviço basta multiplicar a área limpa diária pela profundidade de 3cm.

b) Qualidade; a eficiência do processo não deve ser - inferior ao do processo atual utilizado: rastelamento. Ainda - deverá operar com resíduos sólidos de tamanho grande como os especificados em anexo.

Quanto à areia que não é restituída se faz necessá- rio que seja mínima, para que não haja ao longo dos anos uma "erosão" do solo. Seja:

$$M'' = \frac{\text{massa de areia não restituído}}{\text{areia limpa x dia.}}$$

Para haver uma camada de areia removida de 10 cm de espessura em 50 anos, $e = \frac{0,1m}{50\text{anos}}$

$$M'' = e \delta_{\text{areia}} = \frac{0,10 \times 1500}{50 \times 365} = 0,01 \frac{\text{kg de areia}}{\text{m}^2.\text{dia}}$$

donde se conclue que para se remover uma camada de 10 cm ao longo de 50 anos é necessário que a cada metro quadrado cole- tado apenas 10g sejam armazenadas junto com os resíduos. Este valor não é difícil de ser realizado se for levado em conta - que pelo processo atual coleta-se no máximo 0,007 kg de resi- duos por metro quadrado, por dia, sendo que nesta massa está incluída parte da areia retirada no processo, ou por estar - guardada nos resíduos sólidos, ou por se reter em cavidades -

desses resíduos, ou pela própria maneira como é feita a atual coleta. Portanto é necessário evitar gratuitas de areia como insuficiência do sistema de separação, no que diz respeito a não dar conta do fluxo de areia separada ao longo deste processo específico.

Os resíduos coletados eventualmente podem estar úmidos, por estarem naquela região mais próxima à água, ou por estar havendo ou havido precipitação de chuva. Neste caso a separação dos resíduos da areia não pode ser prejudicada, portanto esta é uma situação extrema, mas inevitável. Como o processo de separação sólido-sólido com umidade é mais difícil, é satisfatório uma perda de areia por armazenamento de 50g por metro quadrado limpo por dia, o que traz uma erosão de 50 cm de espessura em 50 anos nas regiões de umidade constante, mas como essas regiões estão sujeitas ao efeito das marés toda a areia removida é recolocada de forma a compensar o efeito e evitar a formação de uma leve depressão nas superfícies úmidas.

O fluxo de material na entrada deve ser o mais que possível constante, para se evitar um superdimensionamento - desta unidade.

2.2.3- Unidade armazenadora

Sua função é de armazenar os resíduos sólidos e promover o seu descarregamento.

a) Quantidade: para determinar a capacidade de armazenamento deve-se ter em conta que a quantidade de resíduos a armazenar em períodos de pico atinge 2,0 ton/dia ou 6,7 m³/dia. Em favor da compatibilidade e do consumo de energia são feitas algumas paradas ao longo do dia para descarregar, para estas que não exigem desvio do percurso de trabalho. Em

função disto está em anexo um roteiro de cálculo para se determinar o volume ótimo de armazenamento.

b) Qualidade: não são toleráveis perdas de resíduos que são intransportáveis pela ação das brisas marítimas, para os que são transportáveis uma tolerância quanto à perda de 0,02% do volume total. Deverá ter capacidade de acondicionar os resíduos de tamanho grande como os especificados em anexo.

2.2.4- Unidade de transporte interno

Sua função é de promover o fluxo de resíduos entre duas unidades consecutivas:

a) Quantidade: ter capacidade de dar vazão a toda matéria coletada ou separada, dependendo a que processo está servindo de apoio.

Matéria recolhida: dar vazão ao fluxo médio máximo de resíduos sólidos: 2,0 ton/dia ou 6,7 m³/dia, e ainda à areia que vier junto com os resíduos no processo de coleta. A quantidade máxima de areia que pode ser coletada se se levar em conta a profundidade máxima e na limpeza de 1 cm, e os 150.000 m² diários limpo. Tem-se que o volume de areia a ser transportado por dia é:

$$\dot{V}_{\text{areia}} = 0,01 \times 150.000 = 1500 \text{ m}^3/\text{dia}.$$

o que equivale a uma massa de 2.250 ton de areia por dia.

Matéria separada: dar vazão à carga média máxima de 2,0 ton/dia ou 6,7 m³/dia.

b) Qualidade: é importante não ultrapassar a perda de 0,026% dos resíduos sólidos separáveis e de ter capacidade de transportar sem problemas os mais variados materiais de que

são compostos os resíduos sólidos.

O transporte interno dos materiais pode ser tanto na vertical como na horizontal, ou em ambos, dependendo da concepção final sugerida.

2.2.5- Unidade restituidora

Sua função é de devolver a areia junto com os resíduos que não são separados.

a) Quantidade: capacidade de restituir toda areia se parada anteriormente, ou seja, em casos extremos onde a coleta de resíduos implica na remoção de uma camada de 1 cm de espessura de areia: 1500 m³ de areia/dia ou 2.250 ton de areia/dia.

b) Qualidade: distribuição uniforme da areia sobre a superfície da praia de forma a não formar montes cujas ondulações tenham amplitudes maiores que 5 cm a cada 15 cm horizontais.

Não comprometer o escoamento das partículas de areia mesmo se estas estiverem úmidas.

2.3- Especificações Construtivas

2.3.1- Arranjo

Para o arranjo das várias unidades que compõem o implemento deve ser levada em conta a ordem que envolve o processo todo:

coleta	transporte	separação	transporte	restituição
				armazenamento

2.3.2- Detalhes construtivos e dimensionamento

a) Detalhes construtivos:

- nos componentes e peças que exijam manutenção mais frequêntes procurar deixar um acesso fácil e permitir fácil e rápi da retirada e colocação. Nos demais componentes e peças pro curar o mesmo, mas sem comprometer os anteriormente mencio nados.
- proteger os componentes e peças que estão sujeitas a choques ou colocá-los em posição onde não ocorram choques se isto - for possível.
- uso de pára-lamas de material plástico junto às rodas para proteger a máquina na parte inferior dos respingos de água provocados pela roda.
- uso de pára-choque nas laterais e na parte traseira de for ma ao se colidir não danificar ou minimizar os danos nos - componentes e peças.
- o elemento de coleta deve sofrer o mínimo de oscilações no plano vertical, tanto oscilações lineares como angulares; de ve ter um dispositivo que a posiciona em operação e fora de operação.
- o compartimento de armazenamento deve ser tal que retenha o mínimo de resíduos ao se fazer o seu descarregamento, e ain da deverá ter um movimento vertical para conseguir fazer a descarga de resíduos a cotas superiores a sua.
- a unidade separadora deve ter movimentos vibratórios.

- utilizar o máximo possível de material plástico onde normalmente se colocaria chapas de aço.
- especificar tratamento e pintura anti-corrosão para as partes metálicas, especialmente na parte inferior.
- especificar pintura anti-desgaste nas regiões onde há contato e ao mesmo tempo movimento relativo com os grãos de areia.
- prever espaço para luzes, identificação e letreiros.
- nas superfícies que estão sujeitas à abrasão da areia examinar qual a solução melhor entre pintura adequada ou utilização de material adequado somente nestas superfícies.
- evitar de deixar pontos ou locais onde a pintura seja fisicamente de difícil execução.
- ao longo da trajetória dos resíduos sólidos não pode existir locais onde os resíduos, principalmente os grandes, fiquem entalados.
- cada unidade como o próprio implemento deve ser o mais compacto possível.

b) Dimensionamento:

- obedecer à legislação vigente quanto ao peso máximo por eixo
- a pressão exercida no contato com a areia deve ser minimizada o possível para facilitar o bom rolamento das rodas.
- ao dimensionar peças e componentes verificar se há similares no mercado que possam ser usados satisfatoriamente, sem contudo prejudicar o desempenho, confiabilidade e durabilidade da máquina.

- levar em conta o meio altamente corrosivo e desgastante.
- o elemento de coleta deve ser de material resistente ao impacto, capaz de não se deformar plasticamente quando se deparar com pedras de tamanho de paralelepípedo de calçamento, sólidos metálicos de pequeno porte e troncos e galhos parcialmente enterrados na areia.
- dimensionar a máquina com base em uma carga estática correspondente à capacidade máxima transportável e os esforços envolvidos na operação da máquina, e ainda procurar reduzir ao máximo seu peso próprio.
- dimensionar os elementos da unidade recoihedora segundo sua capacidade máxima, esforço e choques envolvidos na coleta de resíduos.
- deve haver compatibilidade física na disposição espacial das unidades. Na unidade armazenadora, em especial, deve-se ter em conta o espaço necessário para se fazer os movimentos de descarga.
- a distância entre o veículo trator e o implemento deve ser fisicamente compatível, para que não ocorram choques entre os dois nas manobras mais radicais.

2.3.4- Dimensões gerais

As dimensões do implemento estão limitadas segundo o legislação vigente para tráfego de veículos em vias públicas urbanas.

2.3.5- Dimensões funcionais

a) Folga em relação ao solo:

Sob condição de capacidade máxima e em serviço:

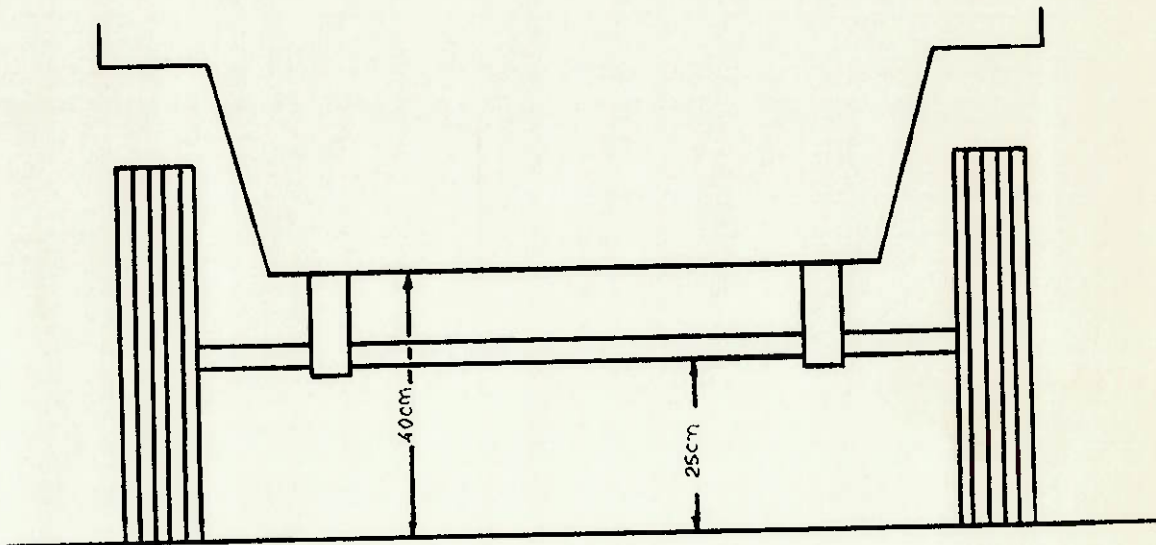


Fig. 1.I

b) Distância entre eixos e entre extremidade e eixo:

Sob condição de capacidade máxima e em serviço:

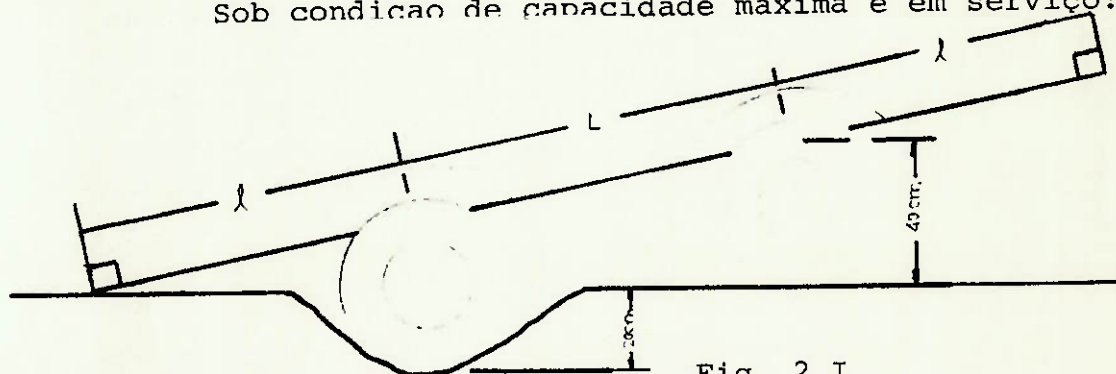


Fig. 2.I

L = distancia entre eixos

l = distância da extremidade da máquina ao eixo mais próximo.

Da semelhanças de triângulos:

$$\frac{l + L}{l} = \frac{40}{20} \quad \frac{l + L}{l} = 2 \quad l = L$$

Esta é uma situação extrema, mas na verdade o que se quer é: $l < L$.

c) Manobrabilidade:

O conjunto veículo trator + implemento deve fazer - curvas de raio mínimo igual ao raio mínimo realizável pelo - veículo trator. Mas o que se espera para o conjunto em termos de raio de curvatura mínima é como abaixo:

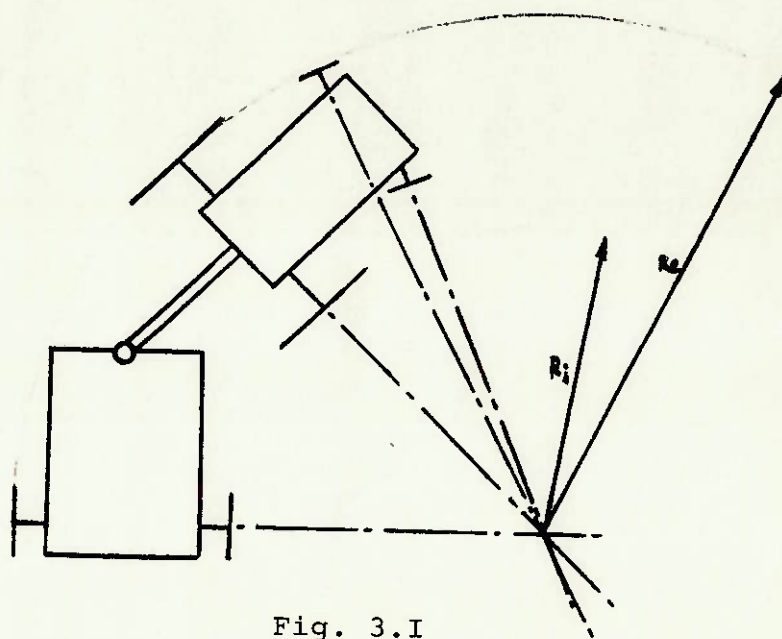


Fig. 3.I

2.4- Especificações Operacionais

2.4.1- Consumo

Procurar minimizar o consumo de energia dentro do que for possível. Escolher o veículo trator como aquele que seja capaz de fornecer a potência desejada com o menor consumo de combustível.

2.4.2- Durabilidade

A estrutura deve ter uma vida útil de 10 anos, igualmente o reservatório de armazenamento e seu mecanismo de descarga, as estruturas das várias unidades, os eixos, as rodas, os freios, o elemento de engate, os porta-cheques, os pára-lamas, a placa protetora contra respingos de água, os elementos que compõem os mecanismos dos vários subsistemas, o sistema elétrico, o sistema hidráulico ou pneumáticos e os elementos plásticos em geral.

Os elementos que estiverem sujeitos à abrasão da areia e que não possuem uma camada de material de melhor qualidade nas superfícies onde há abrasão deve ter vida útil de 2 anos. Quanto ao elemento cuja camada citadas porém de material de melhor qualidade devem ter vida útil de 5 anos.

2.4.3- Confiabilidade

O implemento não pode apresentar falhas que interrompam a sua operação com frequência superior a uma vez a cada 3 meses.

2.4.4- Manutenção preventiva

O plano de manutenção preventiva deve ser elaborado para se obter a durabilidade desejada para cada componente ou peça. Devido ao rigor das condições de trabalho: meio corrosivo e desgastante, faz-se necessário lavagens diárias do implemento e um rigor por parte do projeto executivo quanto ao estabelecimento das inspeções e medidas preventivas para os componentes e peças. Em termos de intervalo entre duas manutenções consecutivas, devido ao rigor, deseja-se manutenções periódicas a cada 15 dias.

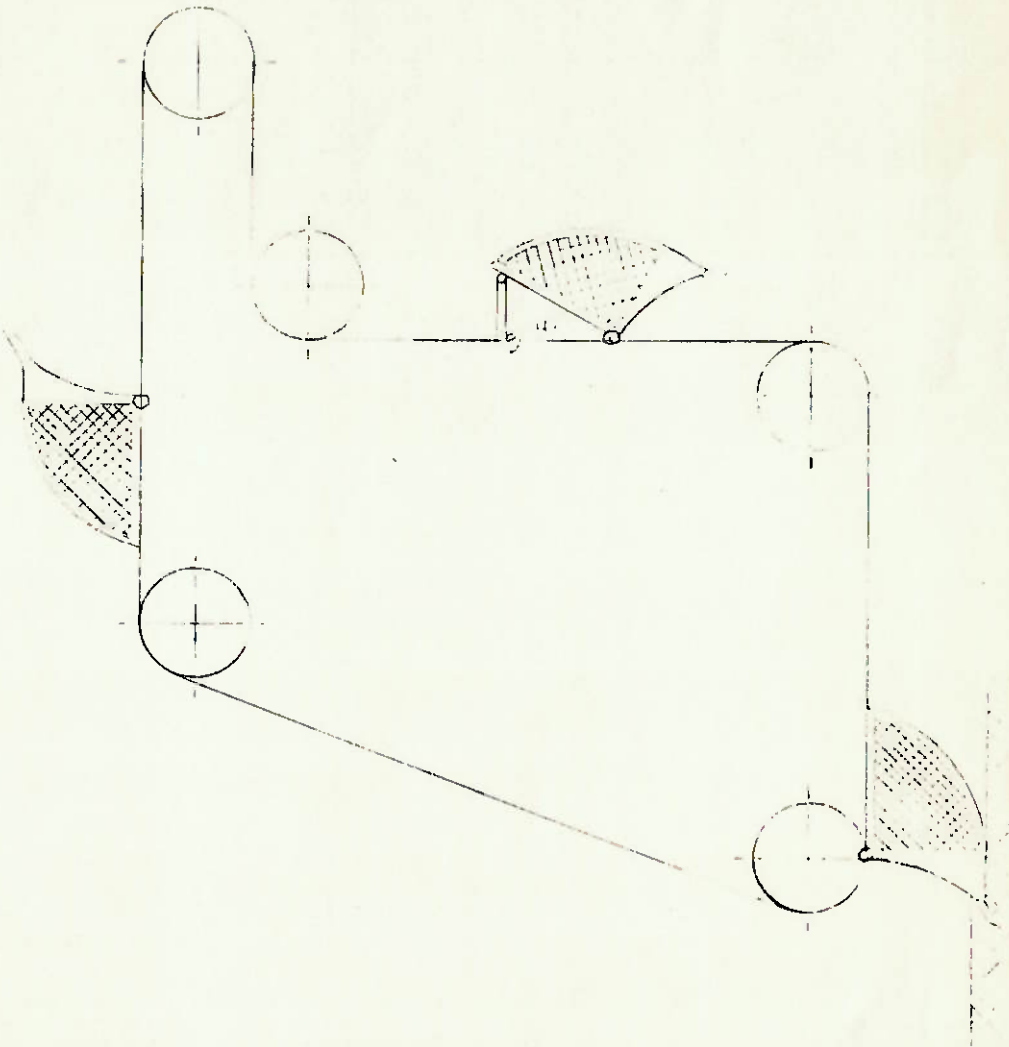
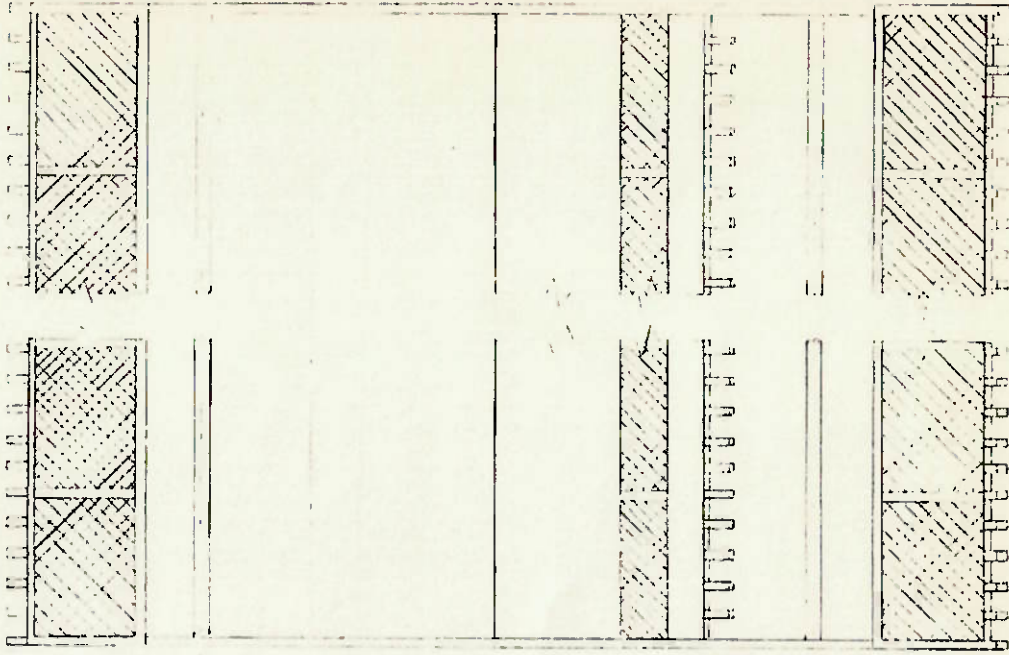
3. SÍNTESE DE SOLUÇÕES

Já nas especificações técnicas o implemento foi dividido em diversas unidades funcionais distintas:

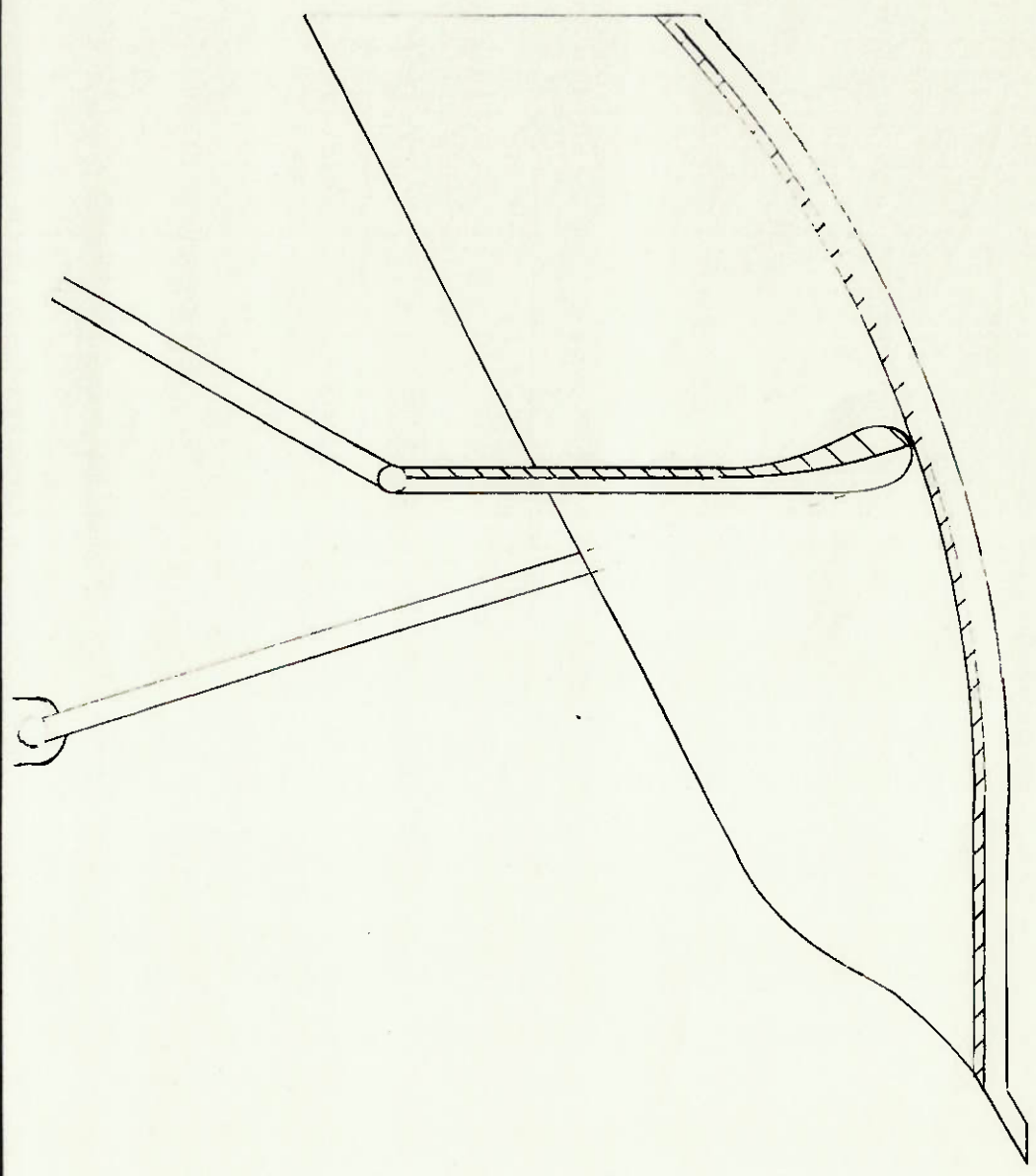
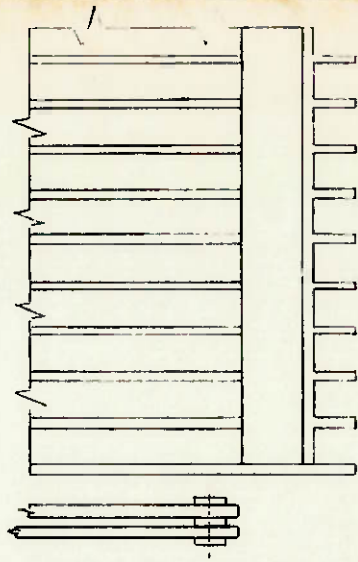
- A. unidade de coleta
- B. unidade separadora
- C. unidade armazenadora
- D. unidade restituidora
- E. unidade de transporte interno.

A seguir são esboçadas soluções para cada uma destas unidades:

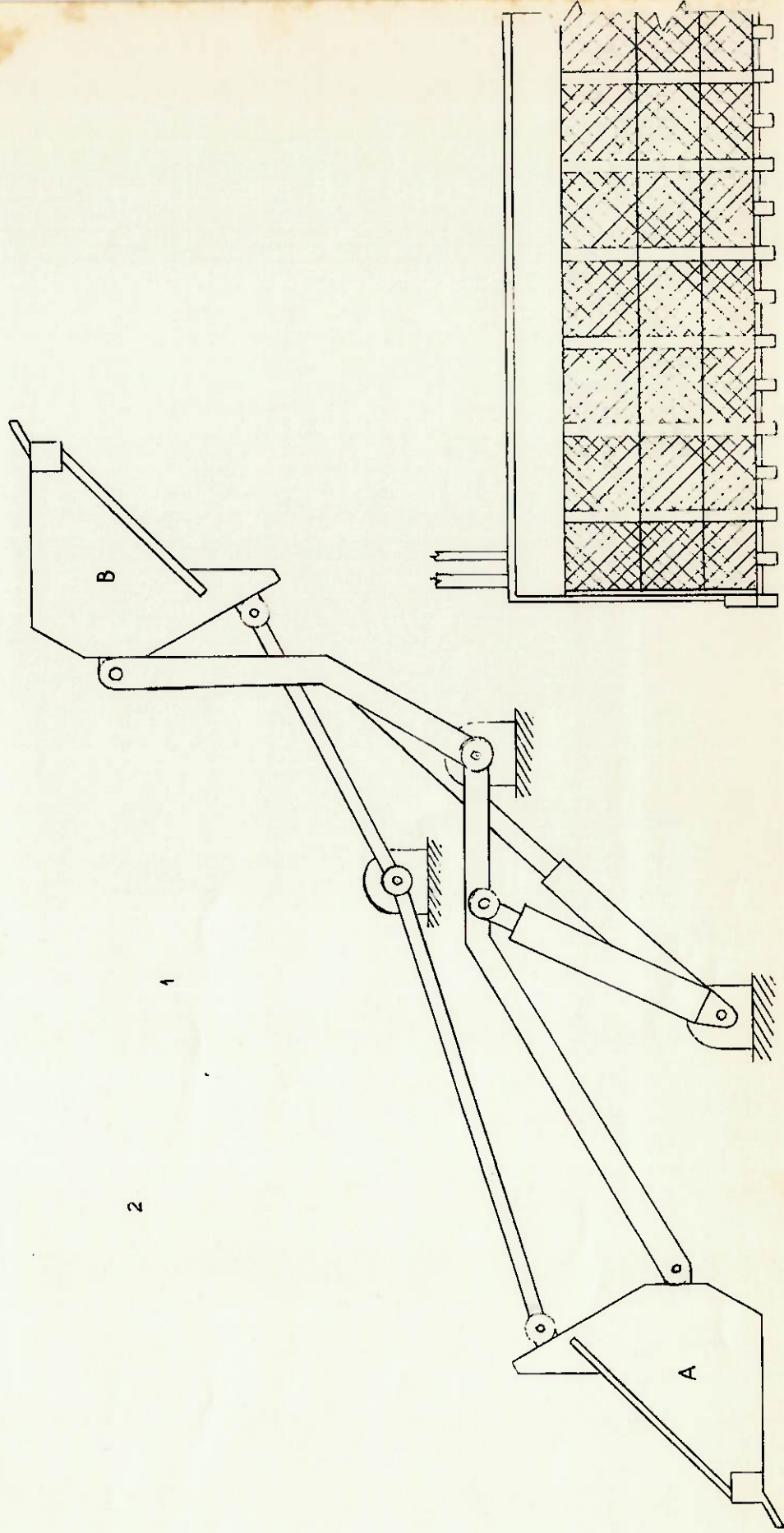
3.1- Esboço das soluções



Solução A-1

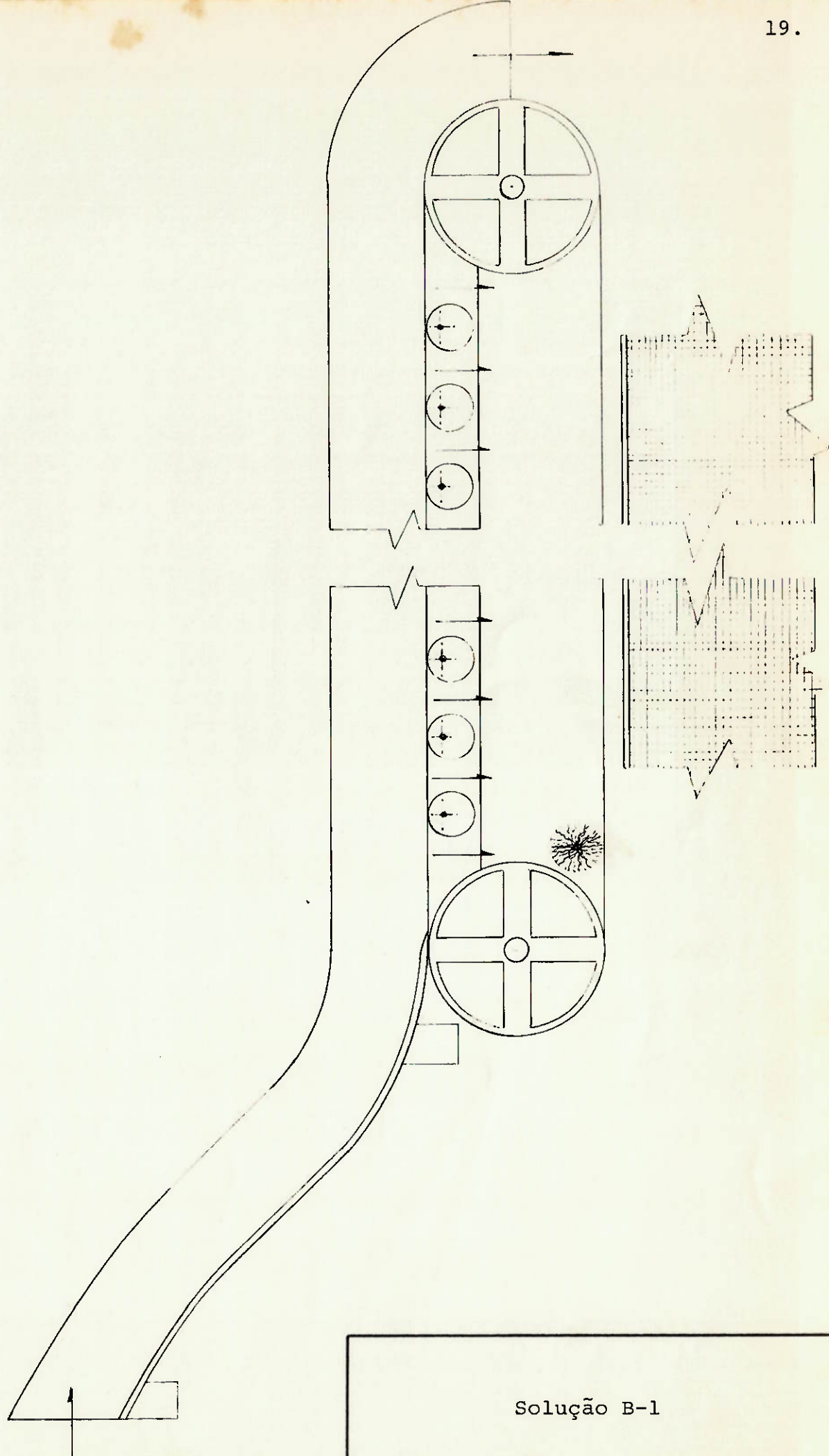


Solução A-2

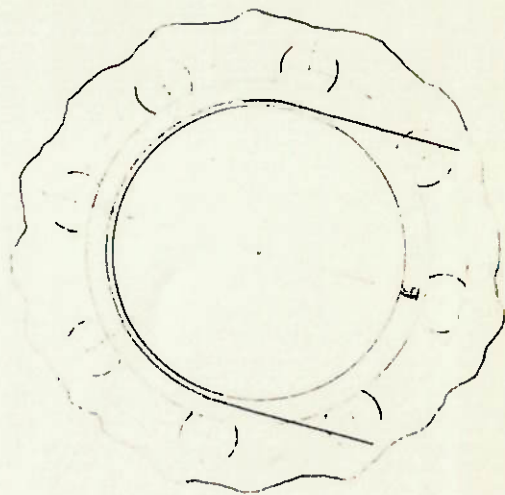


1
2

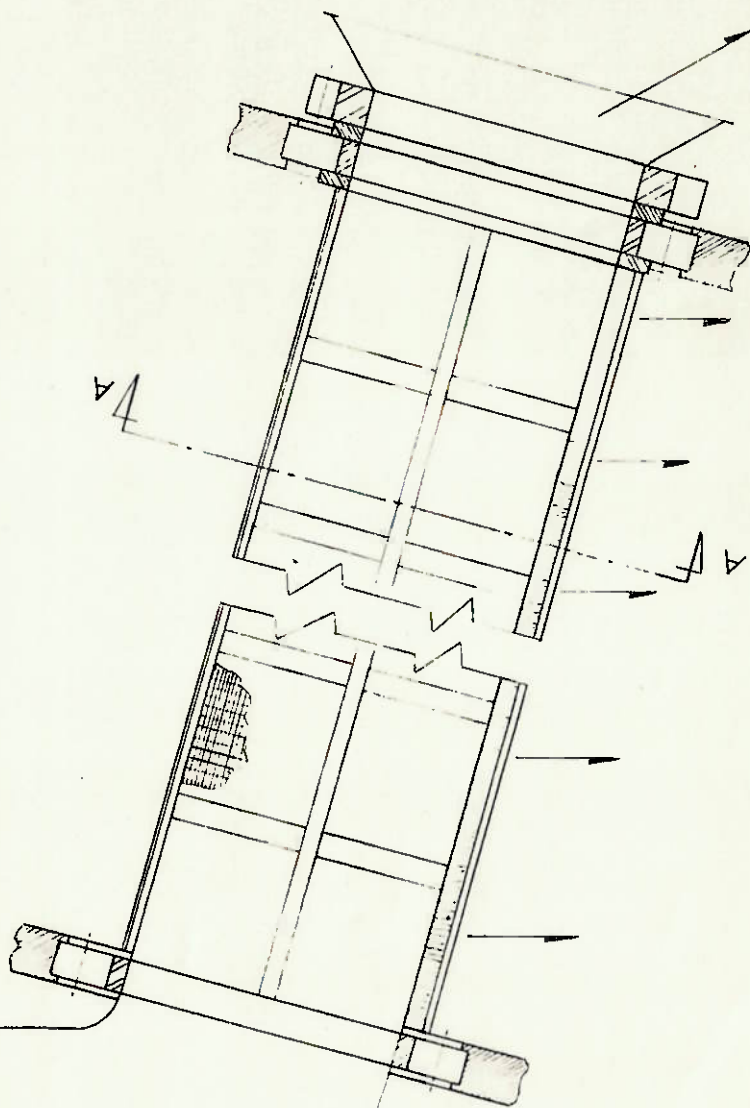
Solução · A-3



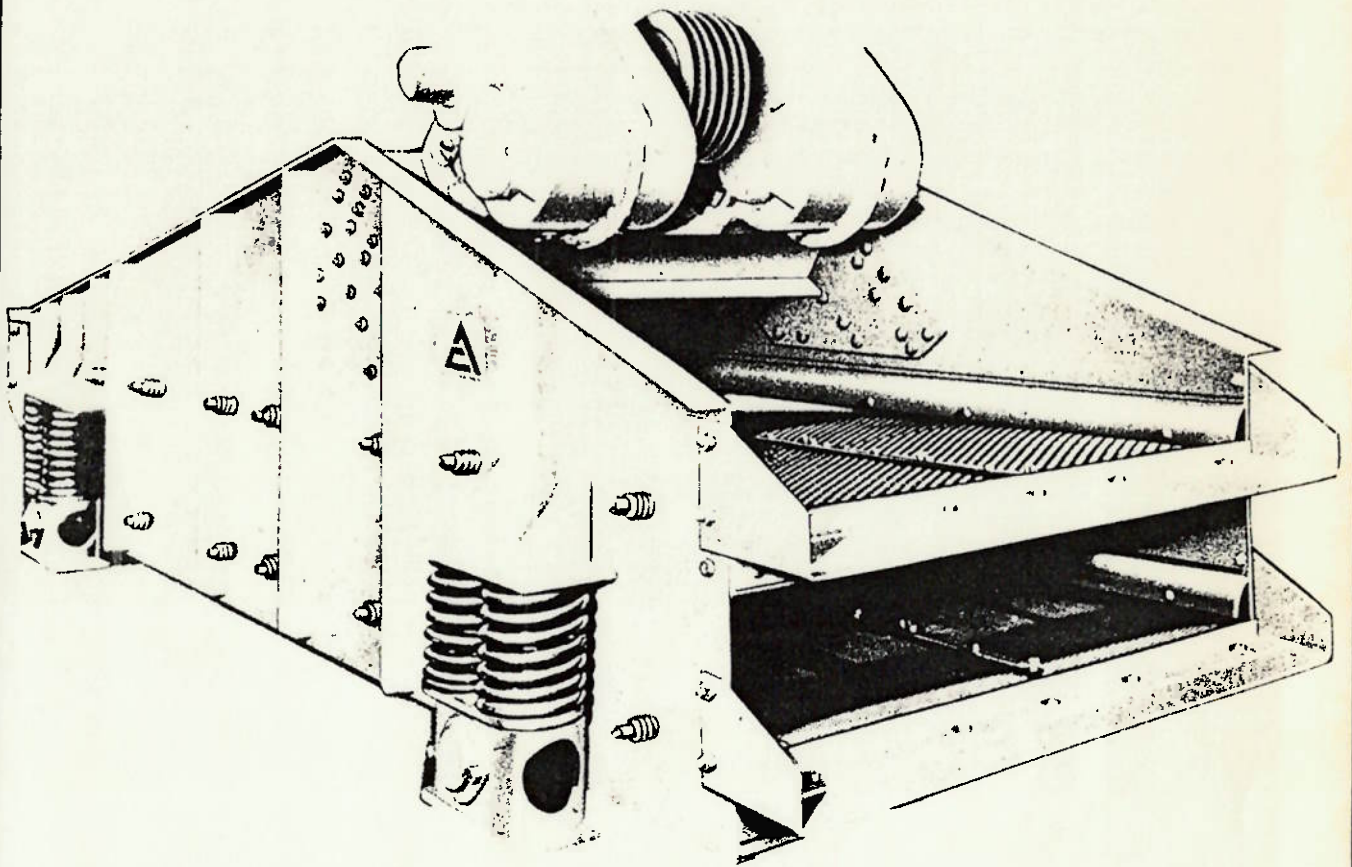
Solução B-1



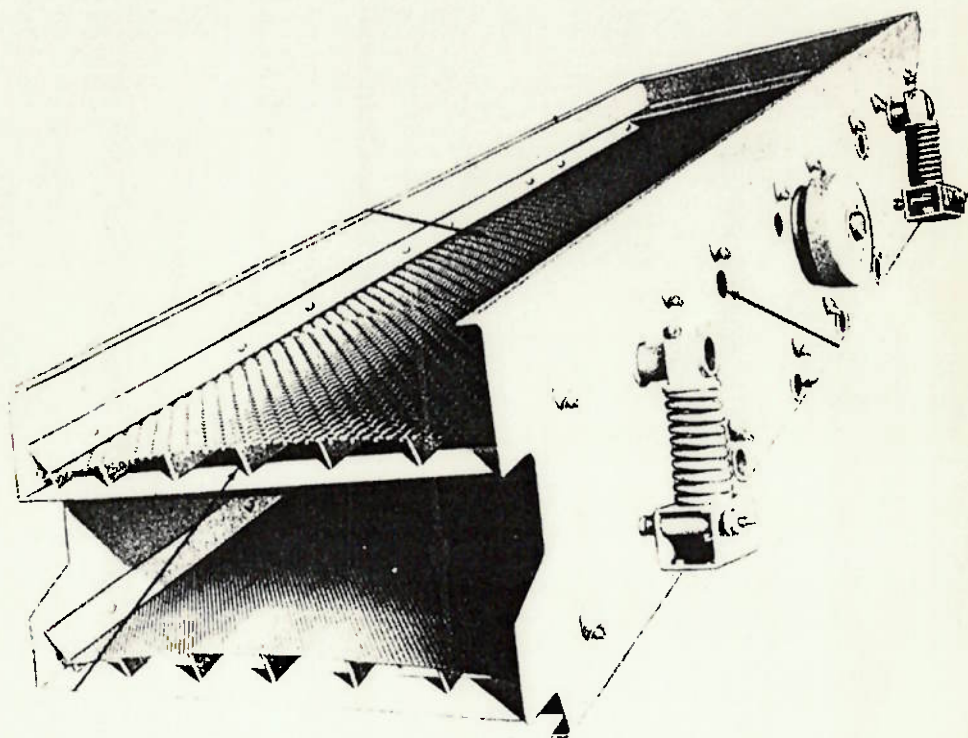
CORTE A-A



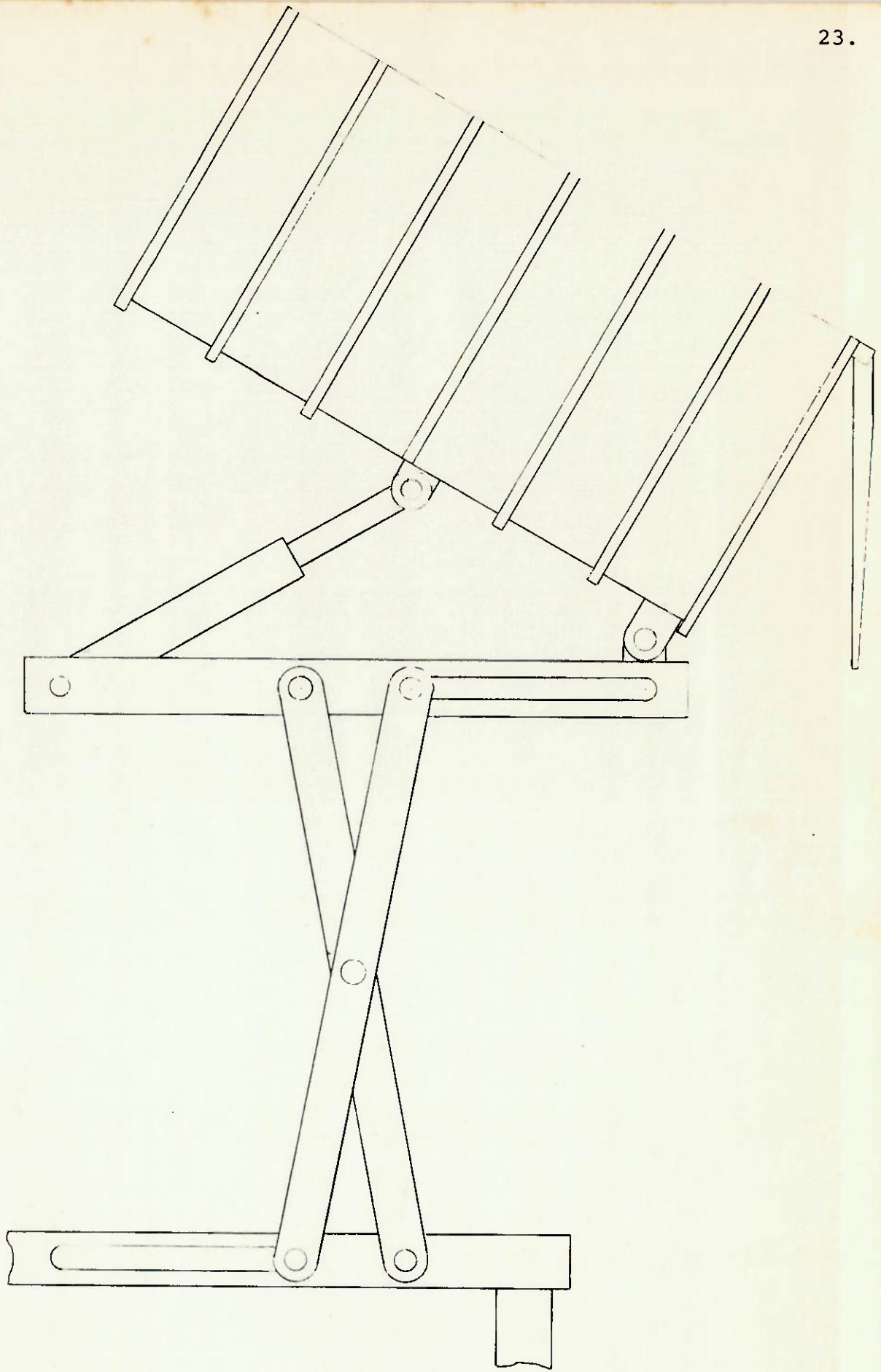
Solução B-2



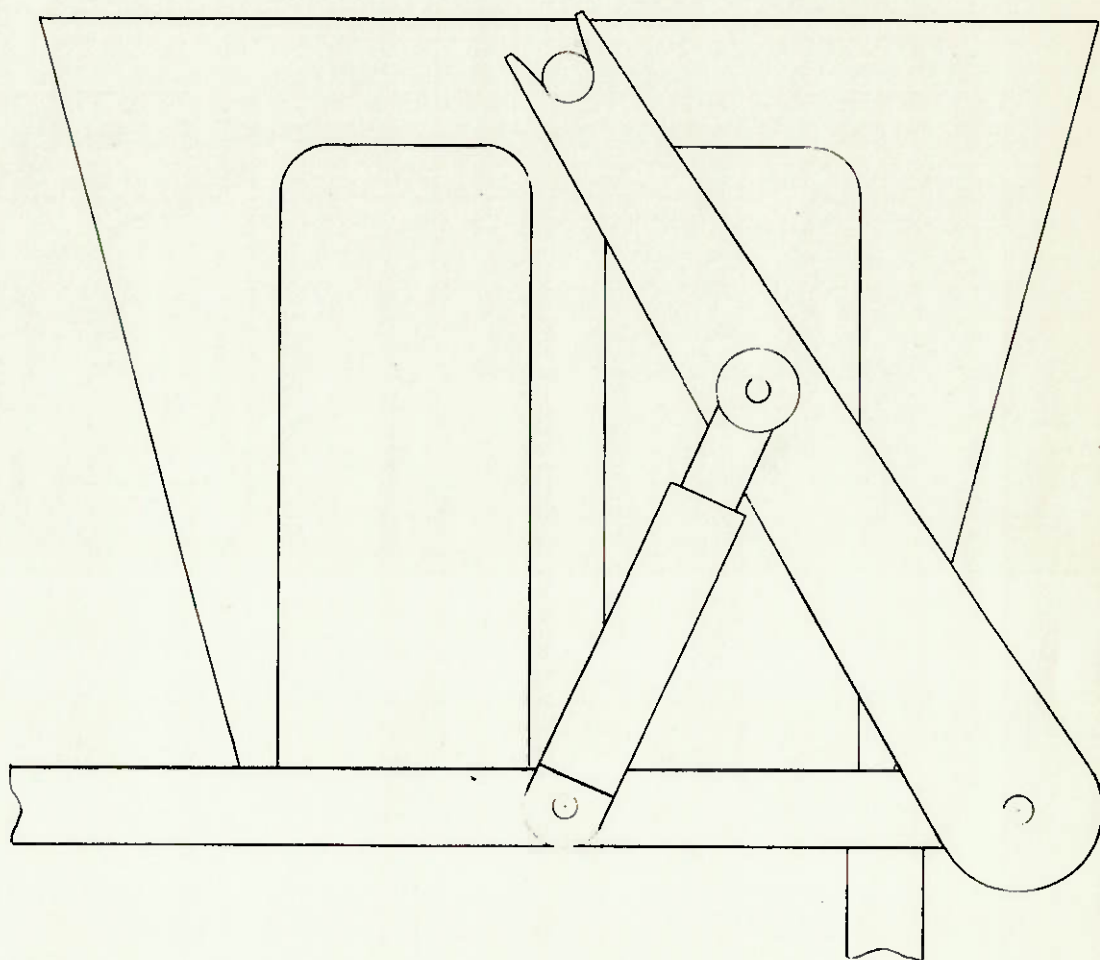
Solução B-3



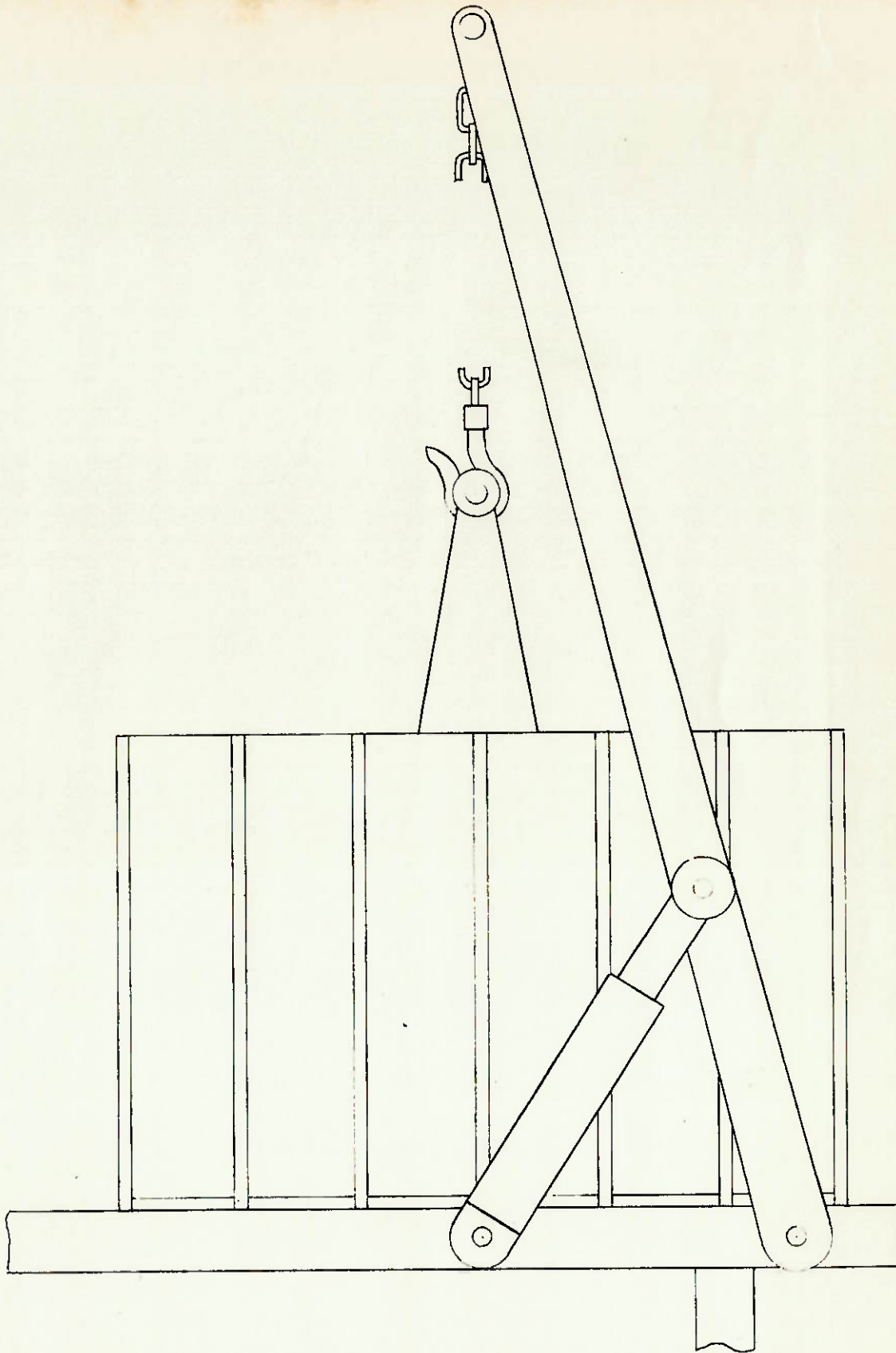
Solução B-4



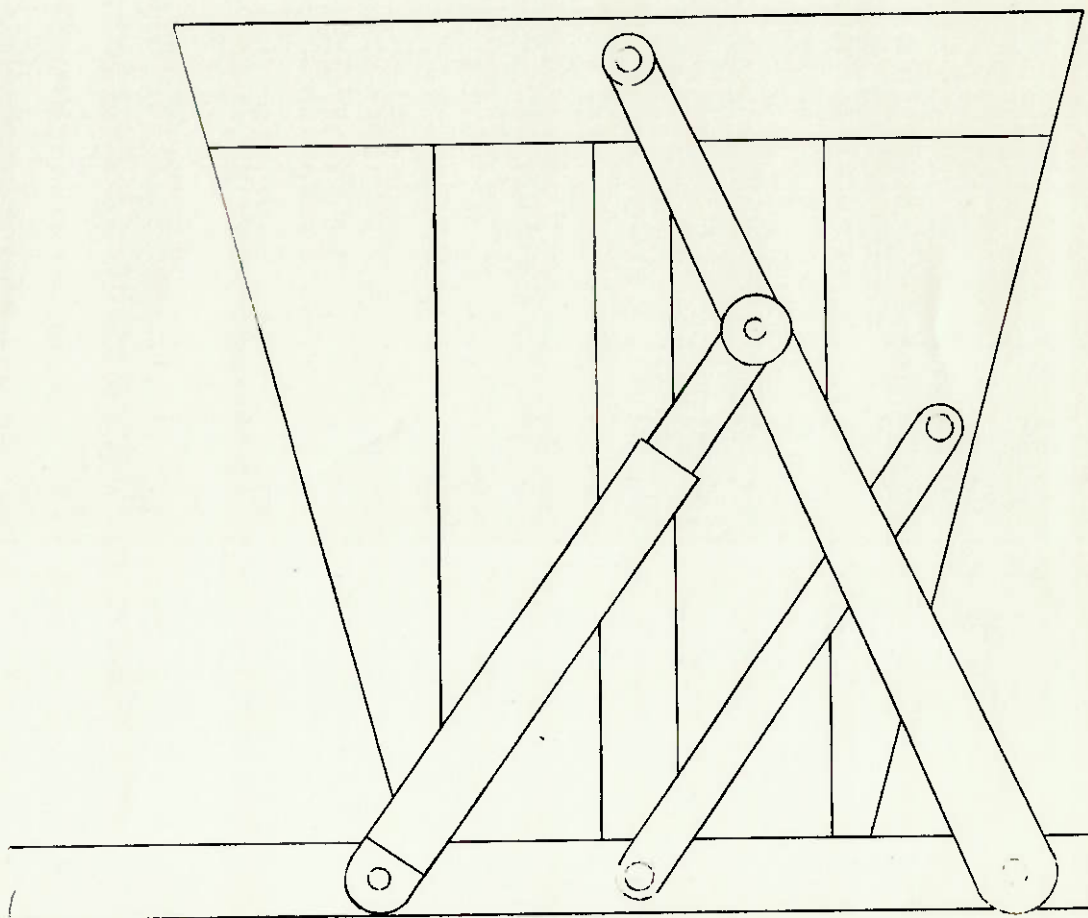
Solução C-1



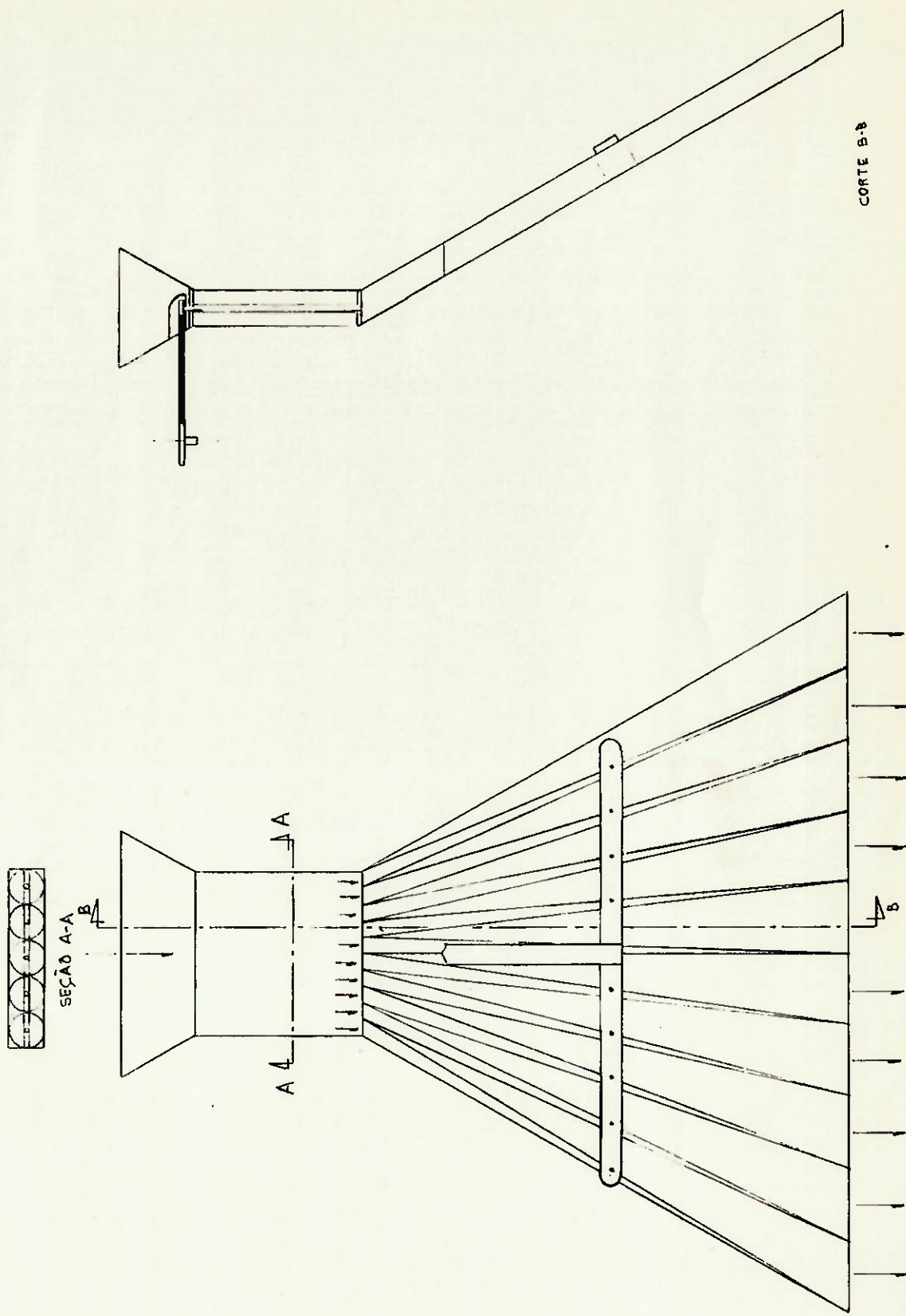
Solução C-2



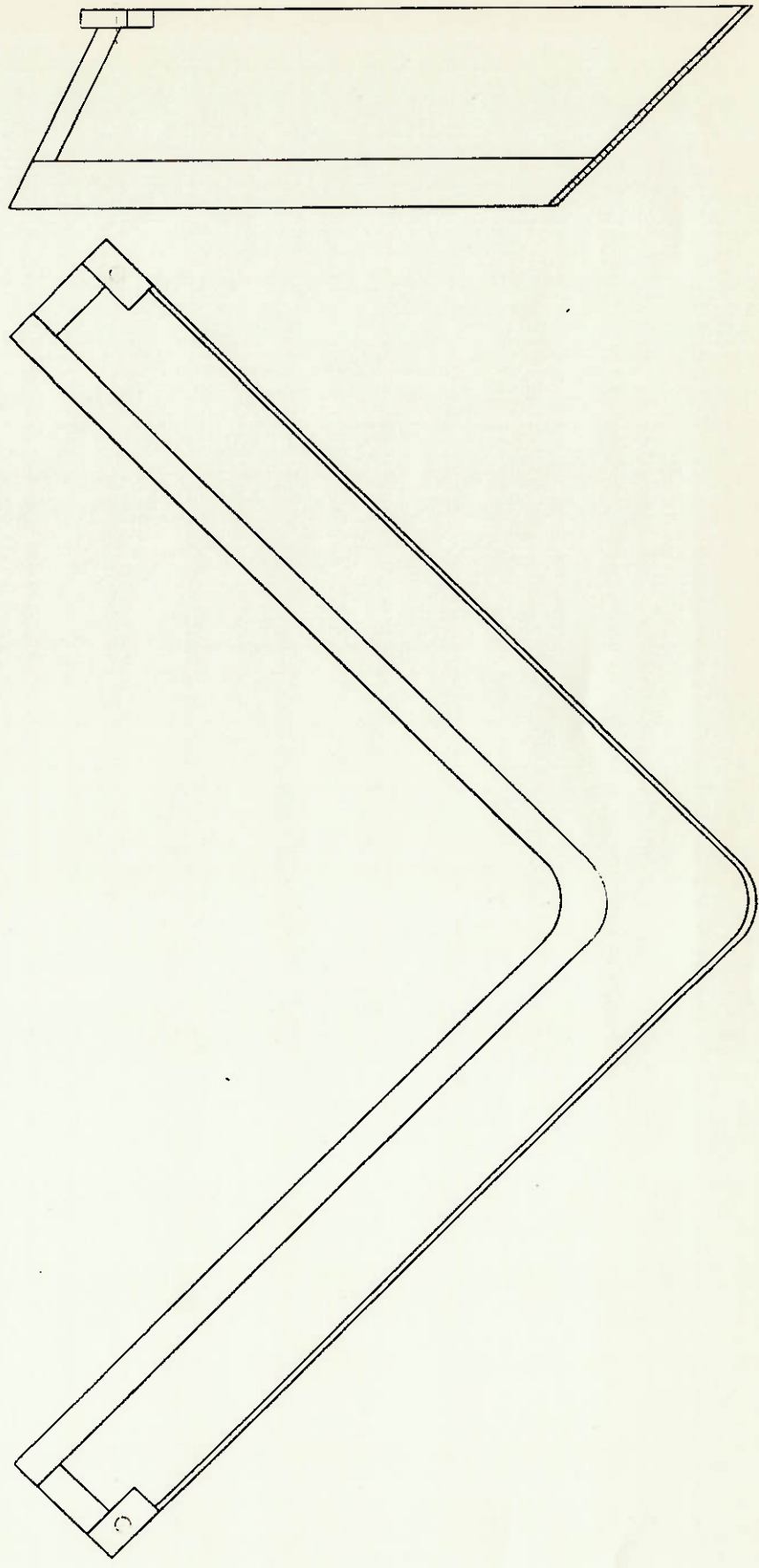
Solução C-3



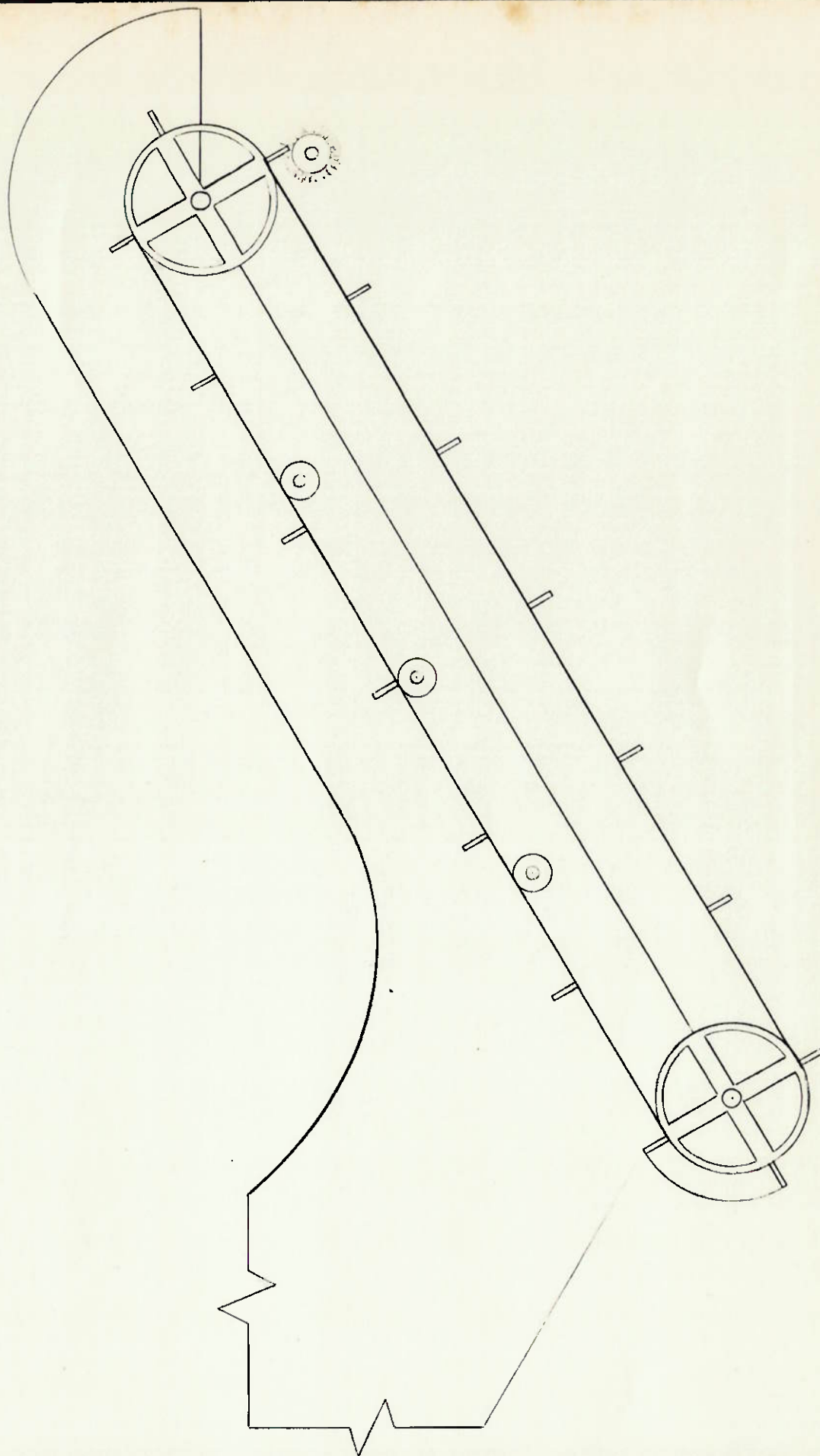
Solução C-4



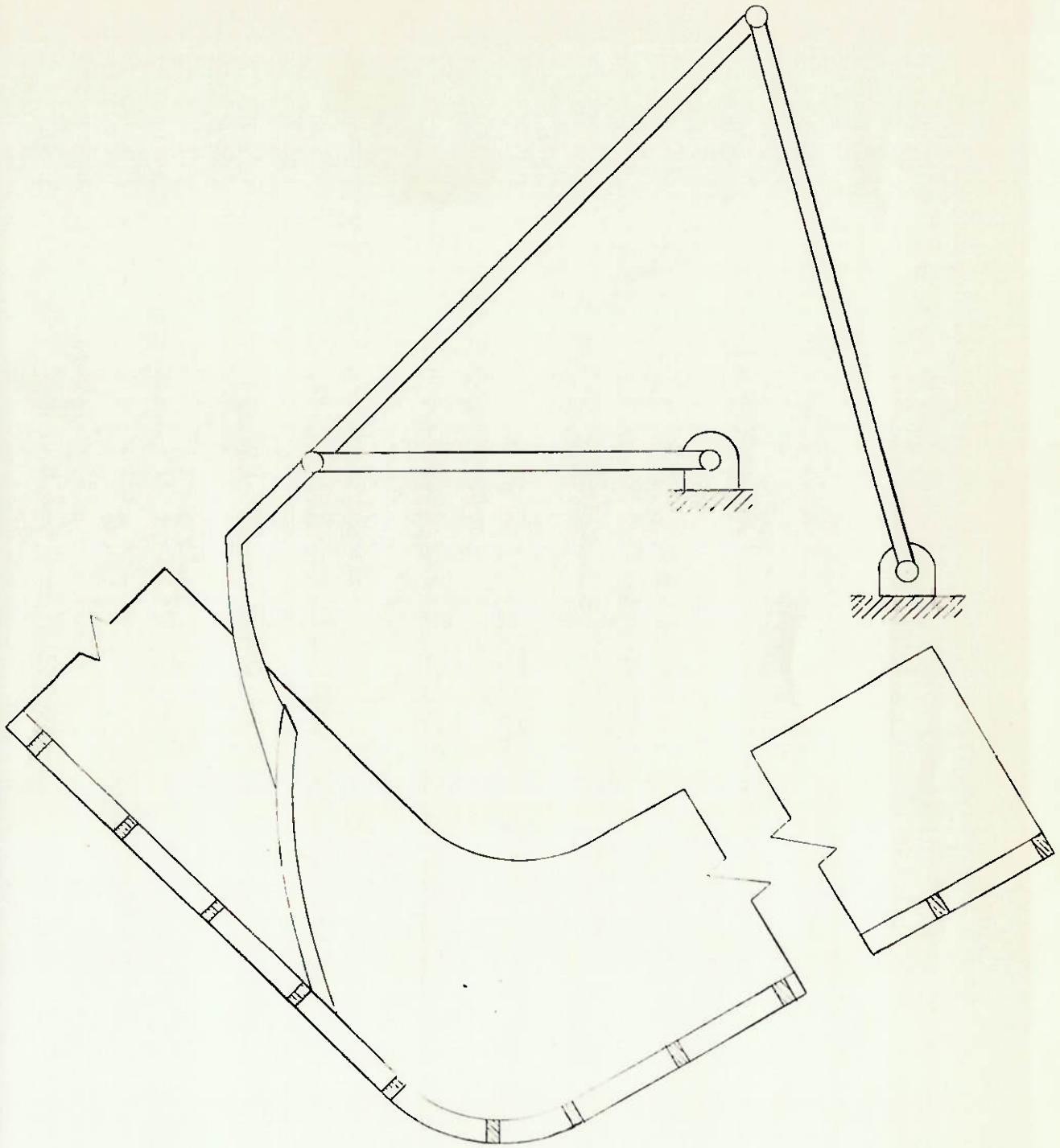
Solução D-1



Solução D-2



Solução E-1



Solução E-2

3.2- Descrição das soluções

3.2.1- Solução A-1

a) Composição:

- caçambas vazadas;
- 5 polias;
- eixos;
- correntes.

b) Funcionamento:

Enquanto a caçamba percorre o trecho 3-1 ela faz a coleta, depois segue para a posição 2, onde descarrega o material nela contido e retorna à posição 3. Enquanto uma caçamba passa pela posição 1 a seguinte deve alcançar a posição 3 em tempo ábil para se posicionar e começar a coleta no ponto do solo onde a outra deixa de fazer a coleta.

c) Observações:

- a caçamba vazada permite a saída de uma parte da areia coletada.

- na figura abaixo o rolo ocupando boa parte da extensão da largura da caçamba, situado atrás das posições de coleta e onde há apoio junto ao solo, garante o paralelismo da caçamba com a superfície do solo durante a coleta pois a unidade todo é articulada à estrutura do implemento em um único ponto.

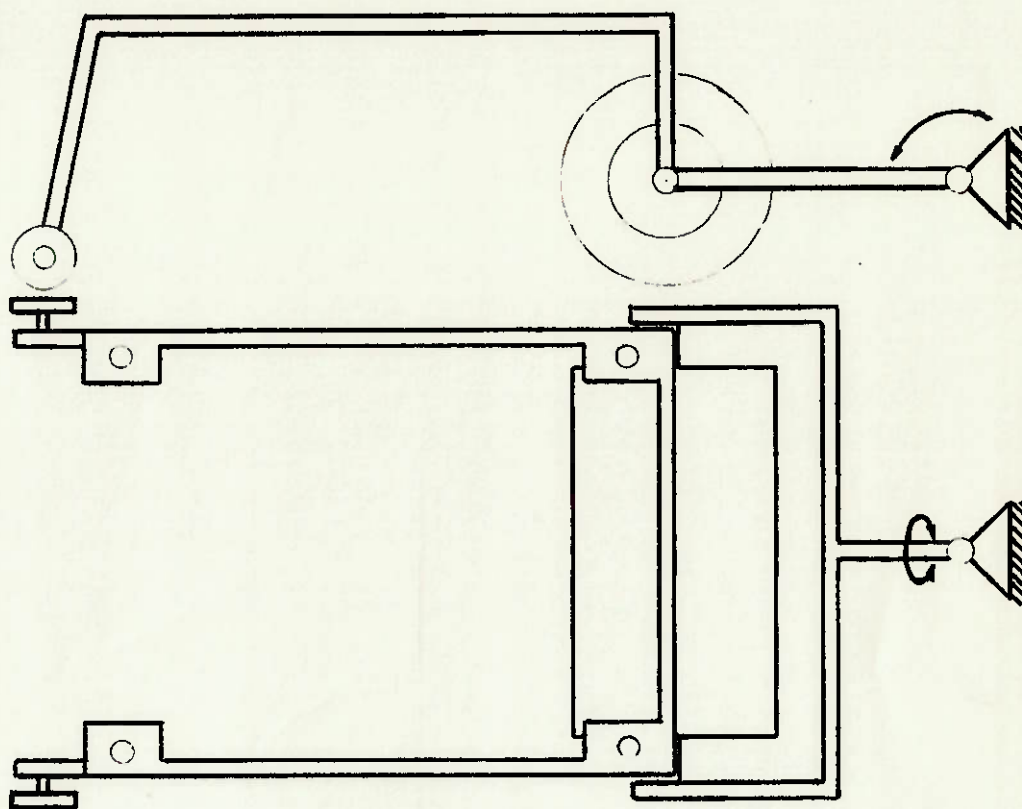


Fig. 4.I

- com relação às polias que fazem a curvatura da corrente para dentro, estas não podem ter eixos ou algo que impeça a passagem da caçamba.

3.2.2- Solução A-2

a) Composição:

- pá coletora;
- mecanismo articulado de 4 barras;
- pá empurradora;
- proteção lateral.

b) Funcionamento:

A pá coletora raspa a superfície da praia; os resíduos que estão à flor do solo ou parcialmente enterrados deslizam sobre a pá até a outra extremidade onde há uma interface com a unidade seguinte. Existe uma pá empurradora que ajuda na condu-

ção dos materiais sobre a outra pá - especialmente quando há resíduos mais pesados -; esta pá empurradora deve possuir uma trajetória tal que sua extremidade fique próxima da superfície da pá coletora em torno de 1 cm.

c) Observações:

- mesma observação que a segunda observação do item 3.2.1.c.

- figura representativa da trajetória da ponta da pá empurrada sobre a pá coletora:

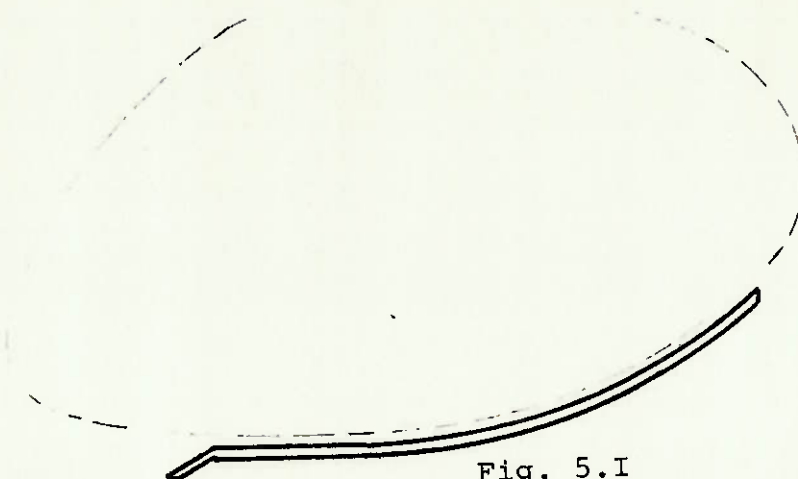


Fig. 5.I

3.2.3- Solução A-3

a) Composição:

- caçambas vazadas;
- mecanismos articulado de 4 barras;
- cilindros hidráulicos.

b) Coordenação dos movimentos:

Enquanto A está coletando na posição 1, B vai à posição 2, descarrega os resíduos sólidos e retorna à posição 1; só aí A deve subir a posição 2, descarregar e retornar à posição 1; para B ir à posição 2 é necessário que este aguarde algum tempo para coletar aquilo que fica entre A e B quando as duas ocupam a posição 1 ao mesmo tempo. No ato de descarga da caçamba na posição 2 a caçamba deve permanecer aí o tempo suficiente para despejar todo seu conteúdo. O mecanismo articulado de 4 barras deve provocar um movimento definido da caçamba; este movimento é o de voltar a boca da caçamba para cima e permanecer assim até atingir a posição 2, onde a caçamba inclina a boca mais para traz até a descarga completa. A figura abaixo ilustra a trajetória da caçamba e 5 posições da mesma definida ao longo da trajetória.

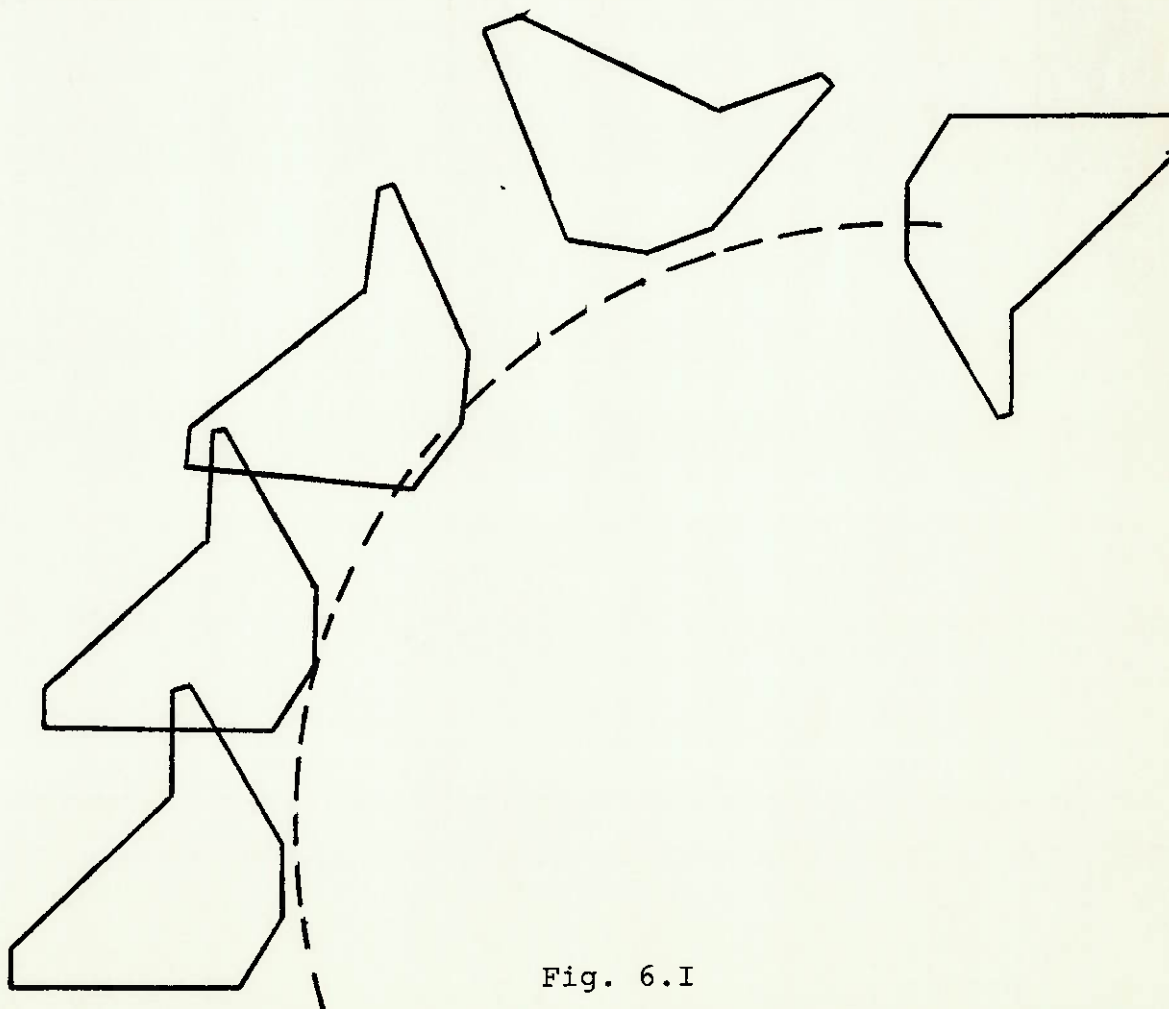


Fig. 6.I

c) Observação:

- mesma observação para a segunda observação do item 3.2.1.c.

3.2.4- Solução B-1

a) Composição:

- correia tipo tela;
- rolos de suporte;
- escova;
- proteção lateral;
- plano alimentador.

b) Funcionamento:

O material proveniente da coleta é despejado na extremidade da correia, que possui movimentos vibratórios além do movimento normal. Ao longo do deslocamento da correia ocorre o processo de separação contínua ajudado pelas vibrações constantes da correia. Na parte da correia que fica voltada para baixo e próximo à extremidade de alimentação existe uma escova que promove a limpeza constante da correia tipo tela.

c) Observações:

- a vibração da correia pode ser induzida por um dispositivo que bate frequentemente sobre a correia, ou fazendo os rolos de suporte excêntricos e sincronizados de forma que todos tenham a mesma excentricidade ao mesmo tempo.

- deve-se colocar um anteparo no fundo para evitar que a areia venha a cair em lugares impróprios, este anteparo deve ter inclinação em direção à unidade de restituição.

- o plano alimentador deve direcionar e permitir o livre fluxo do material na extremidade de alimentação da correia; deve ainda impedir que parte deste material caia em lugares indesejados.

3-2-5- Solução B-2

a) Composição:

- tela;
- suporte cilíndrico da tela;
- rolos guias;
- pistas guias sobre o cilindro;
- protetor "pára-areia";
- boca de alimentação.

b) Funcionamento:

Alimenta-se uma das extremidades do cilindro com o material proveniente da coleta. O material estando dentro do cilindro girante choca-se constantemente com as paredes, facilitando o desprendimento da areia. O escoamento do material entre a extremidade de entrada e de saída ocorre pela inclinação do cilindro. Há ainda um limpador de tela que garante que seus orifícios estejam sempre desobstruídos.

c) Observações:

- na parte inferior do "pára-areia" deve haver um direcionamento do fluxo de areia para o orifício da unidade de restituição.
- a boca de alimentação deve ter a garganta circular, acompanhando a forma circular do cilindro separador; suas pa-

redes devem ser o mais que possível inclinadas para garantia do deslizamento do material.

3.2.6- Solução B-3

a) Funcionamento:

Os resíduos juntamente com a areia são despejados - na extremidade do peneirador. Os movimentos vibratórios fazem os materiais saltarem sobre a tela de forma a haver um fluxo de material em direção à extremidade oposta ao mesmo tempo que ocorre a separação gradativa.

b) Observações:

- estes peneiradores são disponíveis no mercado numa gama de capacidades.

- é necessário colocar paredes laterais e um anteparo na extremidade de alimentação para impedir que o material caia em lugares indesejados.

3.2.7- Solução B-4

a) Funcionamento:

Os resíduos juntamente com a areia são despejados - na extremidade superior do separador. Os movimentos vibratórios fazem as partículas saltarem sobre a tela agilizando a separação. O fluxo de material para a extremidade oposta é garantido pela inclinação da tela.

b) Observações:

- este peneiradores são disponíveis no mercado numa gama de capacidades.

- é necessário colocar paredes laterais e um anteparo na parte de alimentação para impedir que o material caia em lugares indesejados.

3.2.8- Solução C-1

a) Composição:

- caçamba com tampa na face anterior;
- mecanismo articulado;
- cilindros hidráulicos.

b) Funcionamento:

Um cilindro hidráulico aciona o mecanismo articulado que levanta e movimentará para fora a caçamba. Nesta posição outro cilindro hidráulico inclina a caçamba para trás, - com isto a tampa se abre e ocorre a descarga. Para retornar a caçamba à posição de trabalho a seqüência é a inversa à a apresentada.

c) Observação:

- é capaz de descarregar sobre caminhões ou recipientes colocados junto ao solo.

3.2.9- Solução C-2

a) Composição:

- caçamba;
- braço articulado;
- cilindros hidráulicos.

b) Funcionamento:

O pistão hidráulico aciona o braço em cuja extremidade não articulada se encaixa a caçamba. A caçamba é transladada para trás quando o braço gira neste mesmo sentido. A certo ângulo de giro do braço, já junto ao solo, a caçamba está ainda na posição de encaixe, mas com um avanço horizontal da máquina a caçamba é liberada. Para tomar outra caçamba é necessário manobrar a máquina até realizar o encaixe horizontal e então fazer a sequência inversa.

c) Observações:

- destina-se a um processo de coleta final do lixo que prevê a substituição da caçamba cheia por uma vazia.

3.2.10- Solução C-3

a) Composição:

- caçamba;
- braço articulado;
- gancho;
- corrente;
- cilindros hidráulicos.

b) Funcionamento:

Na posição de trabalho a corrente que sustenta o gancho está levemente tracionada, só para garantir a permanência do gancho na caçamba. O cilindro hidráulico aciona o braço girando-o para fora fazendo com que a caçamba seja transladada até a superfície do solo. Para tomar outra caçamba é necessário manobrar a máquina, encaixar o gancho e executar a sequência inversa de operações.

c) Observações:

- para facilitar o encaixe do gancho deve-se colocar os comandos do cilindro hidráulico ao alcance do operador que está fazendo o encaixe do gancho.

- a manobra exigida para encaixe do gancho é menor que na solução C-2.

- destina-se a um processo de coleta final que prevê a substituição da caçamba cheia por uma vazia.

3.2.11- Solução C-4

a) Composição:

- caçamba;
- mecanismo articulado de 4 barras;
- cilindros hidráulicos.

b) Funcionamento:

O cilindro hidráulico aciona o mecanismo de 4 barras, a caçamba, que ocupa a posição horizontal no início, move-se para cima e para fora, mantendo esta posição dentro do possí-

vel. A poucos graus de giro da barra motora da posição final a caçamba deve girar o suficiente para descarregar todo material do seu interior. O retorno se dá na sequência inversa.

Posições da caçamba em 3 pontos da trajetória:

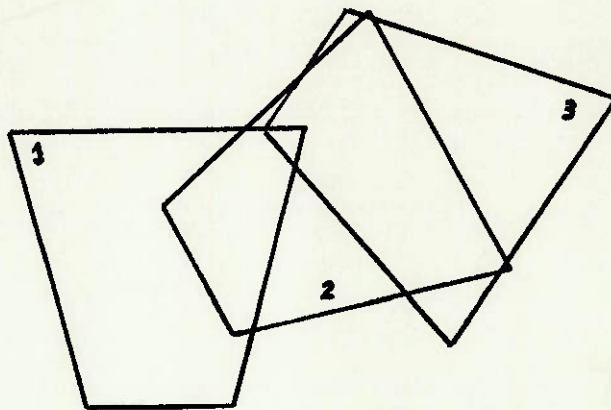


Fig. 7.I

- 1- posição de trabalho;
- 2- posição imediatamente antes à rotação da caçamba;
- 3- posição final de descarga.

c) Observação:

- é capaz de descarregar sobre recipientes colocados junto ao solo.

3.2.12- Solução D-1

a) Composição:

- boca;
- garganta;
- raspador;
- canais planos inclinados;
- mecanismo articulado de 4 barras.

b) Funcionamento:

A areia proveniente da unidade separadora é despejada na boca. O raspador garante a permanente desobstrução da garganta por onde passa a areia e que leva aos canais por onde escorre a areia até a superfície da praia. Estes canais estão sobre um plano inclinado e estão dispostos de forma que suas direções convergem para um único ponto situado à montante do fluxo. Para garantir a desobstrução destes canais existe um limpador que varre o canal de lado a lado, e que tem movimento angular oscilatório garantido por um mecanismo articulado de 4 barras.

c) Observação:

- para cada canal existe sua correspondente garganta e raspador.

3.2.13- Solução D-2

a) Composição:

- pã difusora

b) Funcionamento:

A areia proveniente da unidade separadora cai diretamente sobre o solo; a pã difusora colocada na parte de trás do implemento, ou imediatamente depois da unidade separadora, faz a distribuição uniforme dessa areia sobre a superfície da praia.

c) Observação:

- para não haver inconvenientes ao se trafegar nas vias públicas a pá difusora deve ser removível ou ao menos as sumir uma posição onde não haja possibilidade de raspagem ou choques com a superfície das vias.

3.2.14- Solução E-1

a) Composição:

- correia transportadora com trastes transversais;
- polia motora;
- polia movida;
- polia esticadora;
- paredes laterais;
- rolos suportes da correia;
- escova;
- rampa de carga.

b) Funcionamento:

Material é depositado numa das extremidades da correia transportadora, que pelo movimento imprimido pela polia motora dá movimento a este material no sentido de descarga. A existência de trastes transversais na correia impede o deslizamento de material no sentido inverso ao desejado. Junto à polia que está na extremidade de descarga da correia, no ponto onde a correia começa a deixar a polia é colocada uma escova que faz a raspagem dos grãos de areia ou algum resíduo, evitando que resíduos e grãos de areia que não se destacam da correia venham a cair fora da área não prevista para descarga. A rampa de carga da correia deve impedir que resíduos e/ou areia caiam pela extremidade de carga através da folga

necessária para a passagem dos trastes transversais da correia.

c) Observação:

- este tipo de correia só pode ser utilizada para ângulo de inclinação limitado.

3.2.14- Solução E-2

a) Composição:

- pá;
- mecanismo articulado de 4 barras;
- canal de escoamento.

b) Funcionamento:

O material proveniente da etapa anterior é descarregado na extremidade de carga do transportador. A pá, movida por um mecanismo articulado de 4 barras empurra o material até a outra extremidade. A extremidade da pá deve descrever uma trajetória aproximadamente igual ao perfil do fundo do canal de escoamento para se garantir uma boa eficiência de transporte a cada ida da pá.

A figura abaixo ilustra a trajetória da extremidade da pá:

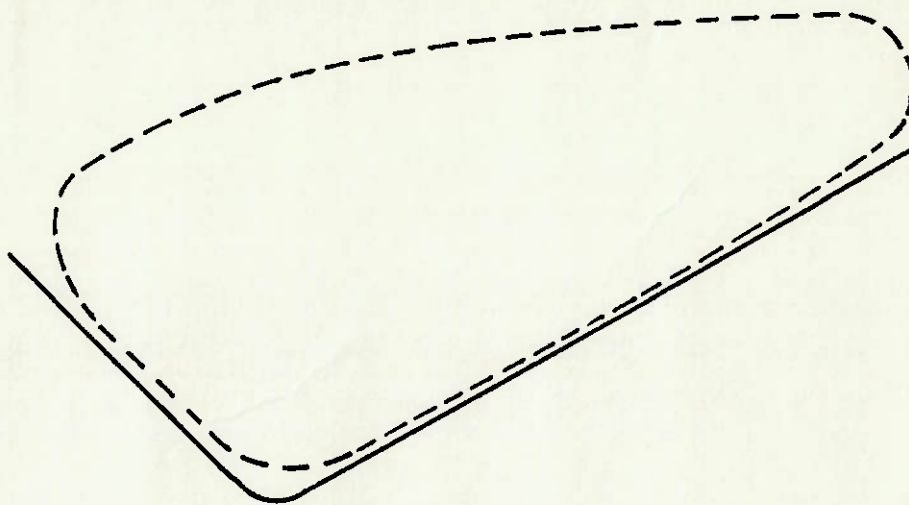


Fig.8.I

c) Observações:

- proporciona fluxo intermitente de material;
- quando do retorno da pá existe a possibilidade de cair fora parte do material que provem da unidade anterior, pelo simples fato de colidir com a pá e ser arremetido fora.
- no fundo do canal de escoamento deve existir pequenos orifícios para o escoamento da água que ali se ajuntar.

4. EXEQÜIBILIDADE FÍSICA E FUNCIONAL

4.1- Exeqüibilidade Física

4.1.1.- Solução A-1

- a caçamba pode ser feita em aço com boas características anti-corrosão (incluindo a tela), deve-se aplicar - ainda tintas anti-corrosão, daquelas empregadas na pintura - de cascos de navios, e sobre esta camada de tinta uma outra com características anti-abrasão. A tela deve ter travessas de reforçadores para suportar a carga.

- correntes (uma de cada lado) suportam as caçambas e lhes dão movimento.

- as oscilações independentes que a unidade tem em relação ao implemento exige a colocação de dois cardãs (como na figura abaixo) na tomada de força.

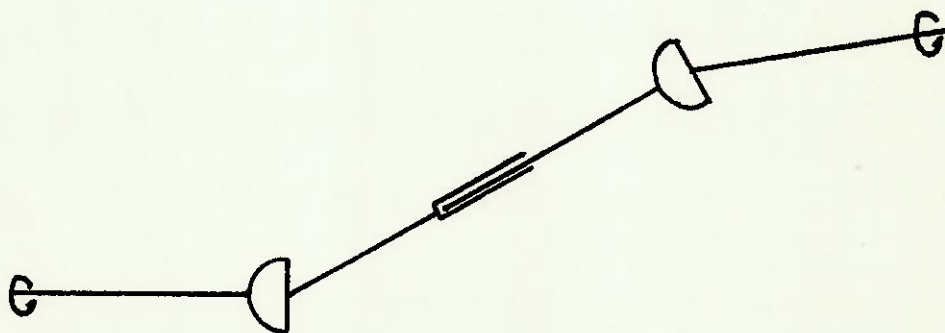


Fig.9.I

- a suspensão independente pode ser feita em aço com pintura anti-corrosão; deve ser articulado à máquina em um único ponto por meio de uma junta universal; o rolo pode ser feito de uma série de rodas dispostas coaxialmente e espaçadas - uma em relação à outra.

- as vedações dos mancais podem ser feitas por retentores e tampas.

4.1.2- Solução A-2

- a pã coletora pode ser feita com chapa de aço com boas características anti-corrosão, com reforçadores de aço a alinhados com os dentes da pã e, ainda, uma travessa reforçadora nas extremidades dianteira e traseira.

- a proteção lateral pode ser feita também do mesmo material e reforçada nas bordas com reforçadores de aço voltados para o lado de fora.

- a pã empurradora pode ser igualmente feita em chapa de aço com boas características anti-corrosão, com reforçadores de aço verticais e mais duas travessas uma em cada borda: superior e inferior, e na região central superior os reforços para fazer a fixação com os mecanismos de acionamento (o mesmo mecanismo, um de cada lado).

- o mecanismo de acionamento pode ser um mecanismo articulado de 4 barras, feito com barras de aço articuladas por pinos.

- igualmente ao estudo feito para a solução A-1 pode se utilizar juntas universais tipo cardã para transmissão de potência para a manivela do mecanismo de acionamento da pã empurradora.

- da mesma forma o rolo onde irá a suspensão pode ser feito de uma série de rodas dispostas coaxialmente e espaçadas um em relação ao outro.

- a suspensão independente pode ser feita com barras de aço soldadas; a articulação com a máquina pode ser feita por meio de uma junta universal.

- todos os componentes podem receber tintas especiais anti-corrosão que se encontram no mercado.

- as vedações dos mancais podem ser feitos por retentores e tampas.

4.1.3- Solução A-3

- as caçambas podem ser feitas como no estudo da solução A-1.

- as posições desejadas para as caçambas ao longo de suas trajetórias podem ser obtidas fazendo-se um mecanismo articulado de 4 barras em que a caçamba teria o papel de uma das barras; estruturalmente tal mecanismo seria muito semelhante ao das pás carregadeiras que existem no mercado.

- a coordenação dos mecanismos pode ser obtida por meio de controle hidráulico dos cilindros: um sensor de posicionamento de B em 1 (ver esboço da solução A-3) comutando uma válvula que injeta fluido nos cilindros de A, que sobe até atingir a posição 2. Da mesma forma um sensor comutando a mesma válvula que descarrega os cilindros de A que desce até a posição 1. Neste ponto outro sensor aciona outra válvula para comandar os cilindros de B, mas que neste caso sobe após certo tempo da chegada de A na posição 1, utilizando-se de um temporizador. Daí em diante o funcionamento é semelhante à subida e descida da caçamba A.

- o rolo onde vai a suspensão pode ser feito como nos estudos para as soluções A-1 e A-2.

- a suspensão independente pode ser feita e articulada como nos estudos para as soluções A-1 e A-2.

- todos os componentes podem receber tintas especiais anti-corrosão e anti-abrasão que se encontram no mercado.

- as vedações dos mancais podem ser feitas por retentores e tampas.

4.1.4- Solução B-1

- a correia pode ser de tela de aço entrelaçado com orifícios de tamanho especificado.

- as polias podem ser de ferro-fundido, sendo que a parte que faz contato com a correia pode ser coberta por borracha com sulcos onde se encaixam os arames da correia.

- os rolos de suporte podem ser feitos de um tubo de ferro-fundido; cobrindo a parte externa do rolo pode-se colocar uma camada de poliuretano ou material sintético semelhante a fim de que o desgaste não se dê diretamente sobre o ferro-fundido.

- a proteção lateral pode ser feita de chapas de aço com boas qualidades anti-corrosão reforçadas e soldadas entre si.

- o plano alimentador pode ser feito da mesma forma acima.

- a escova pode ser feita de cerdas de aço, nylon ou material semelhante.

- o movimento vibratório conferido à correia pode ser provocado se aos mancais dos rolos (ligados rigidamente - um em relação ao outro) dermos movimentos verticais por meio de um mecanismo articulado de 4 barras.

- todos os materiais corrosíveis e abrasíveis podem ser pintados com tintas especiais anti-corrosão e anti-abrasão encontradas no mercado.

4.1.5- Solução B-2

- a tela pode ser feita de arame de aço entrelaçado formando uma rede com orifícios no tamanho especificado.

- o suporte cilíndrico da tela pode ser feito de barras de aço axiais unidas por um número de anéis de aço formando uma gaiola que serve de reforço à tela; a tela pode ser fixa à gaiola por meio de anéis de fixação o que permite a reposição da tela.

- as pistas guias internas podem ser feitas de uma cinta de aço com boas características anti-abrasão e fixas à extremidade da gaiola.

- as pistas guias externas podem ser como acima e fixas à estrutura da máquina em vários de seus pontos.

- os rolos podem ser essas rodas de poliuretano em pregadas comumente.

- o protetor para areia pode ser feito com chapas de aço soldadas, fibras-de-vidro ou qualquer outro material plástico.

- a boca de alimentação pode ser feita com chapas de aço soldadas com boas características anti-corrosão e antiabrasão.

- a transmissão de potência pode ser feita por meio de correia, corrente ou engrenagens, sendo que é preferível que seja protegida por uma carcaça da ação abrasiva da areia; quanto ao material empregado pode ser aço com boas características anti-abrasão e anti-corrosão.

- todos os materiais corrosíveis e abrasíveis exceto os que dizem respeito diretamente à transmissão podem ser pintados com tintas especiais anti-corrosão e anti-abrasão encontradas no mercado.

- a escova pode ser feita como na solução B-1.

4.1.6- Solução B-3

O produto já existe no mercado, resta fazer os pontos de fixação junto à estrutura, tratamento dos materiais como pintura anti-abrasão e anti-corrosão nos elementos (exceto telas), uma adaptação substituindo o motor por uma tomada de força do eixo motor da máquina, mais uma boca alimentadora e proteção lateral como na solução B-1.

4.1.7- Solução B-4

Idem ao estudo exequibilidade física da solução B-3.

4.1.8- Solução C-1

- a caçamba pode ser feita com chapas de aço com boas características anti-corrosão soldadas entre si, obtendo-se, assim, o formato de caçamba desejado, e reforçando-a com barras de mesmo material nos pontos críticos.

- o mecanismo articulado pode ser obtido utilizando-se barras perfiladas de aço com boas características anti-corrosão: as duas "barras" horizontais, que na verdade são barras perfiladas soldadas entre si, devem levar um rasgo onde correrão rodas guiadas; estas rodas podem ser de aço com boas qualidades anti-abrasão (preferencialmente) e anti-corrosão.

- se esta unidade for rigidamente fixa à estrutura da máquina pode-se dispensar as rodas, mas se assim não o for, as rodas podem ser de aros e pneumáticos adaptável de algum veículo, da mesma forma se houver necessidade os eixos das rodas devem ser de boas características anti-corrosão, os mancais podem ser de rolamentos engraxados ou em banho de óleo e protegidos por retentores e tampas.

- os cilindros hidráulicos podem ser obtidos no mercado numa gama enorme de capacidades.

- a tampa traseira da caçamba pode ser do mesmo material da caçamba, utilizando-se igualmente de reforçadores, e podem ser articuladas por pinos de boas características anti-corrosão e anti-abrasão, principalmente, quando encaixadas em furos concêntricos na caçamba e na tampa.

- todos os componentes podem receber uma pintura com tinta anti-corrosão e apenas a superfície interna da caçamba pode receber uma pintura com tinta anti-abrasiva além da outra.

4.1.9- Solução C-2

- a caçamba pode ser feita da mesma forma que na solução C-1, somente que agora recebe dois pinos de cabeça achatada, um em cada lado, de material com boas características anti-corrosão e anti-abrasão.

- o braço pode ser de barra de aço maciço e de boas características anti-corrosão, articulado por um pino com a mesma característica acima e mais boas características anti-abrasão; o pino faz a articulação quando encaixado em furos concêntricos na estrutura e no braço, na região do braço onde há contato pode-se colocar um material de menor qualidade e que se desgaste mais, mas que fosse substituível.

- mesmas considerações sobre o cilindro hidráulico - que na solução C-1;

- mesmas considerações sobre a estrutura e as rodas que na solução C-1;

- mesmas considerações quanto à pintura dos componentes que na solução C-1.

4.1.10- Solução C-3

- mesmas considerações sobre a caçamba que na solução C-1; a alça da caçamba pode ser feita igualmente do mesmo material; a barra onde vai o gancho pode ser de aço e pode receber um material sobre sua superfície que se desgaste e assim seja trocado apenas esse material, quando houver desgaste; essa barra pode ser encaixada entre os furos concêntricos da alça.

- o gancho e a corrente podem ter suas dimensões segundo as normas; quanto ao material, podem ser de aço com boas características anti-corrosão.

- mesmas considerações sobre o braço que na solução C-2, exceto o problema particular daquele que envolvia o desgaste no contato braço-pino.

- mesmas considerações quanto à pintura dos componentes.

- mesmas considerações sobre as estruturas e as rodas que na solução C-1.

- mesmas considerações sobre o cilindro hidráulico que na solução C-1.

4.1.11- Solução C-4

- mesmas considerações sobre a caçamba que na solução C-1; os pinos da articulação podem ser de aço com boas características anti-corrosão, encaixados nos furos concêntricos da caçamba e do braço, e pode ser, ainda, envolvido com material que se desgaste e que possa ser substituído por um novo.

- as barras podem ser feitas de aço com boas características anti-corrosão; as articulações podem ser feitas de pinos de aço com as mesmas características acima, e com um envól-

lucro de material que se desgaste e que possa ser substituído por um novo.

- mesmas considerações sobre o cilindro hidráulico que na solução C-1.

- mesmas considerações sobre a estrutura e as rodas que na solução C-1.

- mesmas considerações quanto à pintura dos componentes que na solução C-1.

4.1.12- Solução D-1

- a boca pode ser feita em fibra-de-vidro com uma camada de esmalte anti-abrasão na sua parte interna.

- a garganta pode ser igualmente feita em fibra-de-vidro com uma camada de esmalte anti-abrasão na sua parte interna; o raspador pode ser do mesmo material e pintura, e pode, ainda, receber na parte onde há contato com a garganta um material que possa sofrer o desgaste e depois ser substituído, o eixo do raspador, pode ser de latão, e apoiado num mancal inferior bem vedado, a transmissão de movimento a esse eixo pode ser feita por correias, sendo as polias também em latão; todas as gargantas seriam unidas se envolvidas com uma carcaça de fibra-de-vidro, onde se faz o encaixe que impede a garganta de se mover.

- os canais planos-inclinados podem ser feitos também de fibra-de-vidro e revestida com esmalte anti-abrasão na sua face interna; pode, ainda formar peça única com a carcaça citada no item anterior.

- o mecanismo de limpeza dos canais pode ser feito com um mecanismo articulado de 4 barras, sendo que o limpador é a própria biela do mecanismo; quanto ao material da barra pode ser de latão, sendo que o limpador propriamente dito pode ser semelhante ao raspador da garganta sob o ponto de vista de

materiais; pode-se fazer uma pintura anti-corrosão nas barras do mecanismo.

4.1.13- Solução E-1

- a correia transportadora pode ser do tipo das usadas comercialmente, desde que resista à carga exigida.

- as polias podem ser de ferro-fundido; os eixos podem ser de aço; os mancais podem ser de rolamentos em banho de óleo ou engraxados e vedados por um retentor; a parte do eixo que eventualmente estiver em contato com a atmosfera pode receber pintura anti-corrosão; a parte da polia onde há contato com a correia pode receber um material que possa sofrer desgaste e posteriormente ser substituído; os mancais das polias podem ficar na própria estrutura da máquina.

- a escova pode ser feita como na solução B-1.

- a proteção lateral pode ser feita de chapas de aço soldadas, com boas características anti-corrosão e anti-abrasão e recebendo reforçadores em aço de mesmas características; pode ser feita uma pintura anti-corrosão e anti-abrasão (esta na parte interna)

- a rampa de carga pode ser feita da mesma forma como na proteção lateral.

- os rolos de suporte podem ser feitos como na solução B-1, e apoiados por eixos em mancais fixos ligados à estrutura da máquina.

4.1.14- Solução E-2

- o mecanismo de 4 barras articuladas pode ser feita com barras de aço maciças de boa qualidade anti-corrosão e anti-abrasão, e receber pintura anti-corrosão.

- a pá pode ser de chapa de aço de mesmo material a cima citado, reforçada por barras de aço de mesma qualidade, e que fosse aparafusada ao mecanismo articulado por parafusos e porcas de altas características anti-corrosão, facilitando a substituição da pá desgastada por uma nova; pode-se colocar na ponta da pá uma tira de aço com menores qualidades quanto ao desgaste, mas que fosse cambiável quando desgastado; pode se fazer uma pintura anti-corrosão e anti-abrasão, esta somente na parte da pá onde há maior contato com a areia.

- o canal de escoamento pode ser feito em chapas de aço soldadas, com boas características anti-abrasão e anti-corrosão, e reforçadas com barras de aço de mesmas características; pode-se fazer uma pintura anti-corrosão e anti-abrasão esta última somente na parte interna.

4.2- Exequibilidade Funcional

4.2.1- Considerações

- área a ser coletada em 1 dia de trabalho (4 a 5 horas) 150.000 m^2

- volume de material coletado entre detritos e areia no mesmo período acima: 1.500 m^3 de areia + $6,7 \text{ m}^3$ de resíduos sólidos.

- largura máxima permissível para o implemento: 2,60m

- largura suposta para o elemento de coleta: 2,50m.

- velocidade da máquina:

$$v = \frac{\text{área por unidade de tempo}}{\text{largura do elemento}}$$

$$= \frac{150.000/4 \text{ a } 5}{2,50} = 12 \text{ a } 15 \text{ km/h.}$$

- fluxo de material pela máquina

$$\dot{V} = \frac{\text{volume de material coletado}}{\text{tempo necessário para coleta deste volume}}$$

$$= \frac{1.500}{4 \text{ a } 5} = 300 \text{ a } 375 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 5,0 \text{ a } 6,3 \text{ m}^3/\text{min}$$

- tempo de coleta para cada caçamba (só para as soluções que envolvem caçambas):

sejam: l espaço, referente à máquina percorrido pela caçamba quando coletando;

V - volume de material coletado por cada caçamba;

v_c - velocidade da caçamba referente à máquina;

t - tempo de coleta para cada caçamba;

$$v_c = \frac{l}{t}$$

$$t = \frac{V}{v_c}, \text{ se desprezados os tempos mortos}$$

$$\text{o que resulta: } v_c = \frac{l \cdot V}{V_c}$$

- potência necessária na elevação contínua de materiais (N_d):

$$N_d = \gamma V h, \text{ onde:}$$

γ - peso específico do material
(p/areia $\gamma = 18000 \text{ N/m}^3$);

h - distância percorrida pelo material na elevação na direção vertical;

4.2.2- Solução A-1

Volume aproximado para a caçamba: $0,4 \text{ m}^3$
 espaço ℓ aproximado percorrido pela caçamba: 1 m

Para estimativa da velocidade da caçamba isto resulta:

$$v_c = \frac{1 \times (300 \text{ a } 375)}{0,4} = 0,8 \text{ a } 0,9 \text{ km/h}$$

Para estimativa da potência de elevação do material:
 elevação estimada: 2 m

$$N_{el} = 18000 \times 0,105 \times 2 = 3780 \text{ W} = 5 \text{ HP}$$

Potência de raspagem necessária (estimada a partir -
 de tabela fornecida no livro TRANSPORTI MECHANICCI): 10 HP.

Potência necessária ao deslocamento (estimada a par-
 tir de fórmulas e tabelas aplicadas a carregadeiras, encontra-
 das no MANUAL BÁSICO DE CARREGADEIRAS da CASE): 30 HP

Potência de transporte interno estimada: 15 HP

Potência de separação estimada: 10 HP

A potência de descarregamento necessária não é leva-
 da em conta já que não é exigida simultaneamente com as demais.

Potência total exigida do trator só para o implemento
 70 HP.

São disponíveis no mercado tratores que podem suprir
 estas exigências quanto à potência.

Do ponto de vista funcional não há nada que impeça o
 funcionamento básico da unidade.

4.2.3- Solução A-2

Sob o ponto de vista da potência total exigida há uma diferença em relação à solução A-1: não há elevação, portanto, tem-se economia de 15 HP e mais um acréscimo de 5 HP devido à potência exigida da pá empurradora, o que acarreta uma potência total exigida pela máquina da ordem de 60 HP.

São disponíveis no mercado tratores que podem suprir estas exigências quanto à potência.

Do ponto de vista funcional não há nada que impeça o funcionamento básico da unidade.

4.2.4- Solução A-3

O tempo estimado em que as pás permanecem em posição de coleta é:

$$t = \frac{V_C}{\dot{V}}$$

Considerando o volume da caçamba o mesmo da solução A-1, tem-se: $V_C = 0,4 \text{ m}^3$

Estimativa para t:

$$t = \frac{0,4}{5,0 \text{ a } 6,3} = 0,06 \text{ a } 0,08 \text{ min ou } 4 \text{ a } 5 \text{ s}$$

Supondo aceleração e desaceleração uniforme da caçamba:

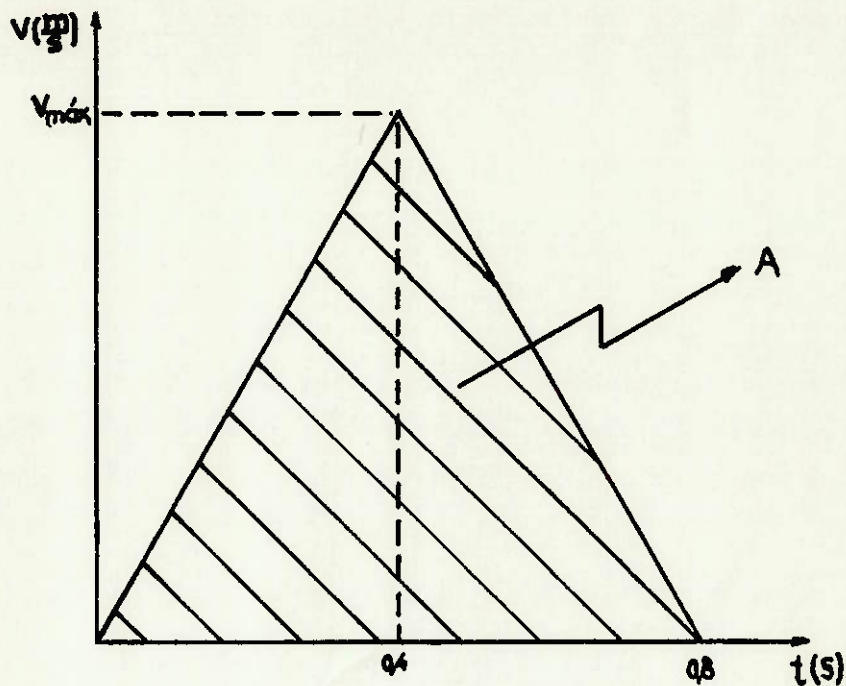


Fig. 10.I

A área A representa o espaço percorrido até a completa elevação. Para a caçamba que tem o maior braço esse espaço percorrido é maior. Supondo que o tempo de elevação seja de 20% do tempo t vem:

$$A = \frac{v_{\text{máx}} \times 0,2 t}{2} = \frac{\pi}{2} \times \text{braço}$$

Supondo um braço de 2m, tem-se para a velocidade máxima:

$$v_{\text{máx}} = \frac{\pi \times \text{braço}}{0,2t} = \frac{\pi \times 2}{0,2 \times 4} = 7,9 \text{ m/s}$$

Aceleração e desaceleração tangenciais:

$$a_t = \frac{v_{\text{máx}}}{0,2t/2} = \frac{7,9}{0,2 \times 4/2} = 19,8 \text{ m/s}^2$$

aceleração centrífuga:

$$a_{\text{ct}} = \frac{v^2}{\text{braço}}$$

$$a_{ct_{m\acute{a}x}} = \frac{v_{m\acute{a}x}^2}{\text{braço}} = \frac{(7,9)^2}{2} = 31,2 \text{ m/s}^2$$

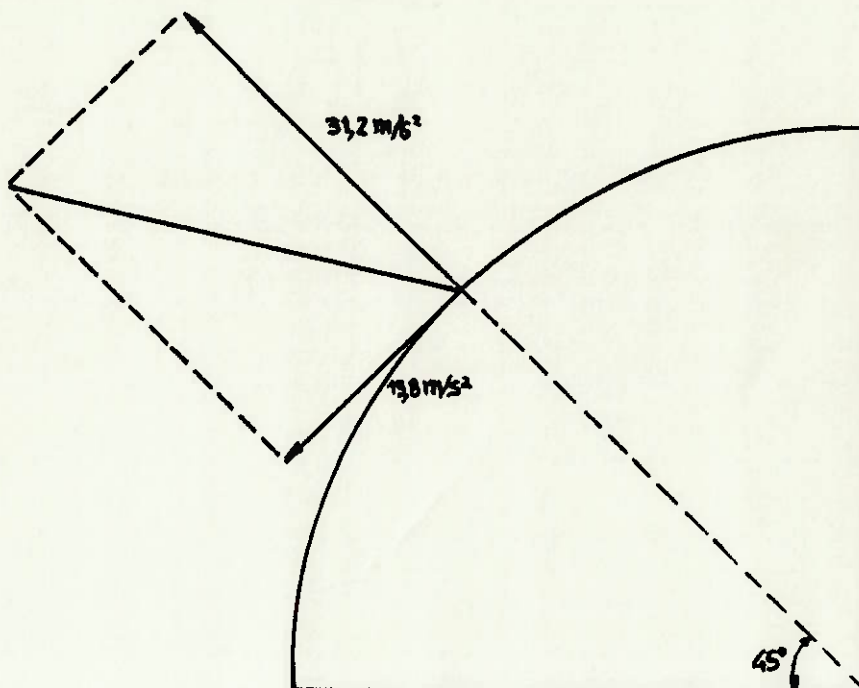


Fig. 11.I

Esta solução está sujeita a problemas de desprendimento do material carregado pela caçamba por ação da inércia, isto torna a solução inexecuível do ponto de vista funcional.

4.2.5- Solução B-1

Quanto ao aspecto funcional esta solução é viável, - pois não é nada mais que uma correia transportadora, que em vez de correia usa uma tela de arames.

Do ponto de vista da capacidade de peneiramento é que se deve analisar a exequibilidade funcional desta solução.

O volume de material a ser peneirado por unidade de tempo é:

$$\dot{V} = 300 \text{ a } 375 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Segundo ALLIS-CHALMERS, para capacidade das peneiras vibratórias tem-se a seguinte expressão:

$$T_t = T_f \cdot V \cdot H \cdot K \cdot W \cdot m^3/m^2 \times \text{hora} \quad (\text{veja ANEXO})$$

Num caso extremo onde tem-se que reter 50% do volume total coletado numa malha de 20mm, tem-se pela consulta ao gráfico em anexo:

$$T_t = 37 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$$

O que corresponde a uma superfície de peneiramento (S_p):

$$S_p = \frac{\dot{V}}{T_t} = \frac{375}{37} \cong 10 \text{ m}^2$$

Para o aproveitamento máximo da largura permissível como a largura da peneira resulta uma peneira de 4m de comprimento.

Conclue-se que a solução é funcionalmente exequível, mas que exige grande espaço.

4.2.6- Solução B-2

Quanto ao aspecto funcional a solução é exequível, - pois o princípio de funcionamento é simples: basicamente se compõe de um cilindro vazado que gira apoiado em rodas que andam sobre guias circulares.

O aspecto negativo está no comprimento do cilindro, que torna inviável esta solução, e além disto como é um modo diferente de peneiramento não há condições de se fazer uma pré avaliação das dimensões utilizando-se de fórmulas de cálculo de capacidade, baseando-se em processos semelhantes, pois não

há. Para se conseguir uma posição mais firme a este respeito é necessário elaborar modelos e testá-los, o que não se tem condições de fazer no atual estágio.

4.2.7- Soluções B-3 e B-4

Quanto ao aspecto funcional é garantido o seu pleno funcionamento, pois estas soluções existem como produtos comercializados. O aspecto que traz problemas é a capacidade, que exige um comprimento da ordem de 4m (veja item 4.2.5), um valor que entra em conflito com a compaticidade da máquina.

4.2.8- Solução C-1

Caçambas com este princípio de funcionamento existem por ai, portanto não há nenhum inconveniente ao perfeito funcionamento desta solução.

Quanto ao tamanho exigido para a caçamba não há problema, já que o volume a ser armazenado num dia de serviço em período de temporada é de $6,7 \text{ m}^3$, e já se prevê uma racionalização das necessárias descargas de resíduos, visando à redução do volume a ser transportado durante a operação, o que reduziria o volume da caçamba consideravelmente em relação ao apresentado inicialmente. Mas sob o aspecto da facilidade de operação, esta solução deixa a desejar, pois requer alta manobrabilidade do sistema trator + implemento. Portanto esta solução é inexequível se considera-se o problema abordado.

4.2.9- Solução C-2

Também nesta valem as mesmas considerações que na solução anterior quanto aos aspectos de funcionamento e da capacidade. Há, porém, um aspecto que é inconveniente: quando for necessário recolher a caçamba que foi substituída a forma de encaixe da caçamba no braço impede que haja uma flexibilidade de posicionamento relativo entre a máquina e a caçamba, o que resulta num grande número de manobras para se conseguir isto, e sabe-se que o sistema trator + implemento não é de fácil manobrabilidade, principalmente a marcha-a-ré. Portanto sob este aspecto funcional esta solução é inexecutável.

4.2.10- Solução C-3

Quanto aos aspectos de funcionamento e da capacidade valem as mesmas considerações que no item 4.2.8. O problema de flexibilidade de posicionamento relativo entre a máquina e a caçamba a ser recolhida já fica bem reduzido, pois a corrente que suporta o gancho permite que se cubra um espaço maior. Em consequência exige um número menor de manobras.

4.2.11- Solução C-4

Quanto aos aspectos de funcionamento e da capacidade valem as mesmas considerações que no item 4.2.8.

Exige-se do sistema trator + máquina grande manobrabilidade, o que não é possível. Portanto esta solução é inexecutável sob este aspecto.

4.2.12- Solução D-1

Não se tem condições no momento de avaliar se a unidade é capaz de dar vazão ao fluxo de areia previsto. Quanto à uniformidade da areia restituída a solução é satisfatória. A presença de uma polia presa na parte inferior do raspador da garganta representa um obstáculo ao fluxo. Quanto ao funcionamento não há inconvenientes.

4.2.13- Solução D-2

É uma solução perfeitamente realizável, e ainda atende às especificações exigidas, até uma satisfatória uniformidade na restituição da areia, o que confere sua exequibilidade funcional.

4.2.14- Solução E-1

Esta solução nada mais é do que uma correia transportadora. O transporte do volume de material necessário é perfeitamente realizável dentro das especificações exigidas. Desta forma está garantida sua exequibilidade funcional.

4.2.15- Solução E-2

Esta solução atende às especificações exigidas somente que quanto à eficiência ela se encontra em desvantagem, pois existe o inconveniente da passagem da pá sob o fluxo de material proveniente da unidade anterior, havendo colisão com os resíduos, que podem ser atirados fora. Quanto à potência, para uma mesma elevação, é superior à solução anterior, pois o atrito é bem mais significativo aqui, mas não é superior a ponto

de inviabilizar a escolha de um trator. Portanto a solução é funcionalmente exequível.

5. VALOR ECONÔMICO

5.1- Considerações Iniciais

Para efeito de comparação entre os diversos custos envolvidos, e devido aos valores obtidos serem referentes aos mais diversos períodos de tempo, achou-se por bem adotar o custo como sendo por unidade de mês e por unidade de km limpo (supõe-se uma largura média da praia da ordem de 50m).

Os custos de manutenção preventiva e corretiva, com combustível, óleo e graxa lubrificantes são estimados segundo o MANUAL BÁSICO para Retroescavadeira e Carregadeira CASE, os quais estão referidos ao período horário. No caso da manutenção resolveu-se multiplicar por 2 os valores daí obtidos, devido ao alto desgaste e atmosfera corrosiva.

Nos custos de mão-de-obra acrescenta-se os custos devidos aos encargos sociais como sendo 120% sobre o salário de cada funcionário.

O dia de serviço corresponde de 4 a 5 horas diárias.

Os custos de produção foram confirmados por uma metalúrgica de pequeno porte, e é suposto que o fabricante disponha de todas as máquinas, restando investir apenas em gabaritos.

5.2- Ponto de Vista da Coletividade

A coletividade representada pelos Governos Municipal Estadual e Federal, deve se sentir satisfeita se os meios que se tem para fazer a limpeza das prais forem tais que os benefícios trazidos sejam maiores que os malefícios.

Deve-se, portanto, analisar o comportamento de uma pessoa que caracterize bem o usuário das prais. De maneira geral uma pessoa não avalia sensatamente os prós e contras. Desta forma procura-se listar alguns malefícios e benefícios que a máquina pode proporcionar aos usuários das prais.

5.2.1- Malefícios

- dificuldade ou impossibilidade do usuário se utilizar da praia enquanto a máquina não tiver executado o serviço na área.

- o ruído provocado, que é inconveniente principalmente no período que vai das vinte e duas horas até as nove horas do dia seguinte.

- para alguns a presença da máquina representa uma poluição visual.

5.2.2- Benefícios

- praia mais limpa e saudável
- valorização do turismo
- valorização dos imóveis junto à praia
- melhoria do aspecto visual
- redução do mau-cheiro.

5.3- Ponto de Vista do Operador

Considera-se aqui aquele que se utiliza da máquina para prestação de serviços de limpeza. Neste caso a análise econômica se vale da diferença entre o custo atual de operação e os custos de aquisição, manutenção, mão-de-obra e despesas indiretas empregados do novo método, referentes à unidade de

mês e km. Se esta diferença for positiva a aquisição de máquinas para empregar o novo método se torna viável economicamente.

Sejam:

CS - custo global da execução do serviço com o método atual l/km.mês .

A - custos de aquisição e implantação l/km.mês

M - custos de manutenção l/km.mês

MO- custo de mão-de-obra l/km.mês

DI-despesas indiretas l/km.mês

A diferença acima citada é:

$$\Delta = CS - (A + M + MO + DI)$$

Em termos relativos:

$$\% \Delta = \frac{\Delta}{CS}$$

Em termos de lucro, se a diferença Δ for positiva isto implica no aumento dos lucros já existentes se for mantida a receita. Por outro lado o lucro pode aumentar só pelo aumento da receita, se para uma qualidade de serviço superior os beneficiados estiverem dispostos a pagar mais.

5.3.1- Estimativa de CS

O método é basicamente manual, mas se utiliza na limpeza de um trator com um rastelo a reboque.

Os custos envolvidos são de: mão-de-obra, manutenção e despesas indiretas.

a) Mão-de-Obra:- utiliza 16 homens/km.mês. Isto representa, se considerarmos salário mensal de Cz\$ 1.000,00 por homem, e mais os encargos: $16 \times (1.000,00 + \frac{120\%}{100} \times 1.000,00) =$
 $= Cz\$ 34.000,00$ (l/km.mês) ou 319,5 OTN/km.mês.

b) Manutenção:- trocas de ferramentas, combustível, óleo e graxa lubrificantes e reparos do trator:

Cz\$ 4.200,00 (1/km.mês) ou 39,5 OTN/km.mês

c) Despesas Indiretas:- administração, alimentação, vestimenta, transporte, etc.

Cz\$ 10.000,00 (1/km.mês) ou 94,0 OTN/km.mês

Supondo que já se tenha amortizado o custo inicial de implantação do método atual, tem-se:

$CS = 319,5 + 39,5 + 94,0 = 453,0$ OTN/km.mês.

5.3.2- Estimativa de A

Investimento inicial na implantação e aquisição:

- uma máquina cobre aproximadamente 6 km de praia por dia.

- preço do sistema máquina+trator:

máquina - Cz\$ 600.000,00 ou Cz\$ 100.000,00 (1/km).

trator - Cz\$ 250.000,00 ou Cz\$ 41.666,67 (1/km)

- custo inicial de implantação:

Cz\$ 20.000,00 (1/km)

Portanto o investimento inicial é:

$100.000,00 + 41.666,67 + 20.000 = \text{Cz\$ } 161.666,67$ (1/km)
ou 1519,40 OTN/km.

Este investimento inicial representa mensalmente - (considerando taxa de juros de 5% ao mês) para uma vida útil de 5 anos: 80,3 OTN/km.mês.

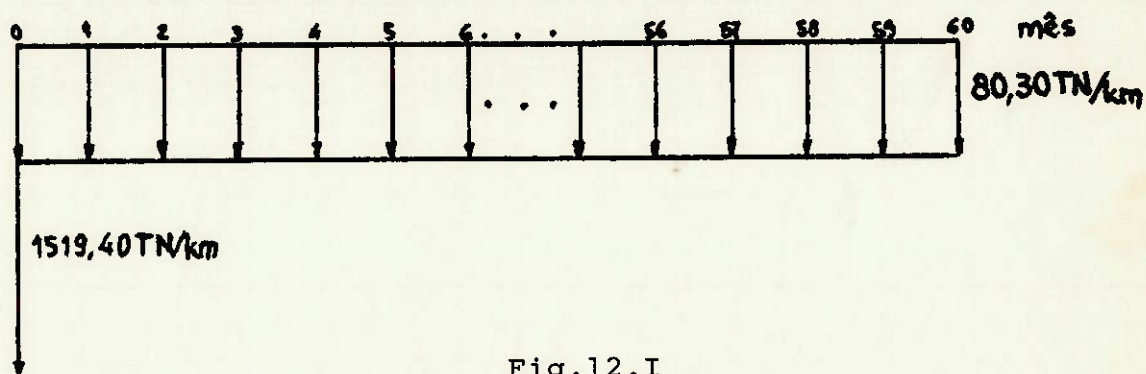


Fig.12.I

5.3.3- Estimativa de M

- consumo de combustível:

Cz\$ 1.600,00 (1/km.mês) ou 15,0 OTN/km.mês

- consumo de óleo e graxa lubrificante:

Cz\$ 2.000,00 (1/km.mês) ou 18,8 OTN/km.mês

- manutenção preventiva e corretiva

Cz\$ 2.800,00 (1/km.mês) ou 26,3 OTN/km.mês

Portanto o custo de manutenção é: 60,10 OTN/km.mês.

5.3.4- Estimativa de MO

a) Mão-de-obra direta

Cz\$ 1.400,00 (1/km.mês) ou 13,20 OTN/km.mês

b) Mão-de-obra indireta

Cz\$ 2.600,00 (1/km.mês) ou 24,4 OTN/km.mês

5.3.5- Estimativa de DI

Despesas com administração, alimentação, vestimenta, transporte, etc:

Cz\$ 9.000,00 (1/km.mês) ou 84,6 OTN/km.mês.

5.3.6- Estimativa de Δ

Agora pode-se calcular Δ :

$$\begin{aligned}\Delta &= 453,0 - (80,3 + 60,1 + 13,2 + 24,4 + 84,6) \\ &= 190,4 \text{ OTN/km.mês}\end{aligned}$$

Em termos relativos:

$$\% \Delta = \frac{190,4}{453,0} = 42\%$$

Portanto há aumento de lucro, e a implantação do método com a máquina traz mais lucros ao operador.

5.4- Ponto de Vista do FABRICANTE

Para estimar o valor econômico do ponto de vista do fabricante, vai-se comparar o preço de venda com os custos envolvidos direta e indiretamente em cada máquina. Por não se dispor de elementos suficientes para uma estimativa mais acertada, a máquina é economicamente analisada sem se preocupar em analisar individualmente cada solução. Para a análise é considerada uma solução genérica.

As parcelas do custo de produção consideradas são:

- materiais
- mão-de-obra
- despesas indiretas (administração, energia, distribuição, etc)

A estimativa do preço de venda já foi considerada no item 5.3.2 por: Cz\$ 600.000,00 ou 5.639,1 OTN.

Os custos de produção estimados são:

- materiais	Cz\$ 150.000,00	ou	1.409,8	OTN
- mão-de-obra.....	Cz\$ 200.000,00	ou	1.879,7	OTN
- desp.indiretas..	<u>Cz\$ 150.000,00</u>	ou	<u>1.409,8</u>	<u>OTN</u>
TOTAL:	Cz\$ 500.000,00	ou	4.699,2	OTN

O que representa uma margem de lucro da ordem de 17%.

6. VIABILIDADE FINANCEIRA

Os investimentos iniciais para a fabricação da máquina devem ser considerados para duas situações diferentes. A primeira no caso de se iniciar a fabricação numa indústria que já tenha, se não todo, mas pelo menos boa parte do meio produtivo capaz de produzir a máquina. A segunda é o caso de estar-se implantando uma indústria para o início da produção da máquina. Este segundo caso é de análise complexa, e, portanto, não será analisado. O primeiro é análise mais simples.

A análise do primeiro caso será feita como na análise econômica, onde é tomada uma solução genérica representativa das demais, pois a análise individual torna-se demorada, devido ao número de combinações possíveis de serem feitas com as soluções de cada unidade.

Segundo uma metalúrgica de pequeno porte, onde foi apresentada a idéia da máquina, e foi pedido uma avaliação do investimento inicial de implantação da nova linha, o valor apresentado foi da ordem de Cz\$ 100.000,00 ou 939,8 OTN. Este valor é fácil de ser levantado em qualquer entidade financeira, e em relação aos lucros mensais possíveis de se obter o financiamento pode ser pago com folga.

7. CONCLUSÃO

Todas as soluções aqui propostas se mostraram viáveis, exceto três soluções da unidade de armazenamento: solução C-1, C-e e C-4, que do ponto de vista da exequibilidade funcional se mostraram inviáveis. Em relação ao método atual de limpeza de praias a adoção da máquina se mostra economicamente vantajosa, e ainda, de qualidade de trabalho igual ou superior, com revolvimento diário da areia torna o aspecto da praia mais saudável, perdendo quanto à agressividade que a presença física da máquina traz ao pleno uso das praias, - mas é algo passível de atenuação se se estabelecer horários de coleta que não coincidam com o período de grande contingente de pessoas nas praias.

PARTE IIPROJETO BÁSICO1. ESCOLHA DA MELHOR SOLUÇÃO

Neste caso como o sistema foi dividido em várias unidades, e cada unidade teve atribuída suas correspondentes soluções, ter-se-ia de avaliar um número de 48 soluções possíveis. Visando a uma simplificação serão escolhidas as soluções para cada unidade, e como melhor solução será escolhida a combinação dessas melhores soluções unitárias.

Tendo em vista o já exposto acima, deve-se listar para cada unidade suas correspondentes características mais relevantes e atribuir pesos a elas, e para cada solução será atribuída uma nota para cada característica considerada, para que no final, fazendo-se as ponderações, possa ser escolhida a melhor solução, aquela que assim tenha somado maior número de pontos.

Assim sendo, em seguida, serão analisadas as características mais significativas para cada solução, atribuídos seus pesos relativos para, finalmente, numa forma matricial, serem visualizados todas as notas e pesos e os números de pontos para cada solução, a fim de ser escolhida a melhor solução.

Uma observação que deve ser feita é o fato de estarmos analisando somente cada unidade, perdendo-se aí a análise de conjunto que a solução final terá, mas é um erro a que estamos cientes da possibilidade de incorrer.

1.1. UNIDADE DE COLETA1.1.1. Características Funcionais

- desempenho peso 8
- nível de ruído peso 6

1.1.2. Características Operacionais:

- consumo de energia peso: 5
- durabilidade. peso: 5
- confiabilidade. peso: 6
- manutenibilidade peso: 5

1.1.3. Características Construtivas:

- compacticidade. peso: 5
- simplicidade. peso: 6
- manufaturabilidade peso: 4
- aparência. peso: 4

1.1.4. Características de Custos:

- custos de fabricação. peso: 6
- custos de manutenção. peso: 6

1.1.5. Matriz de Decisão

Características significativas	Pesos	Soluções		
		A-1	A-2	A-3
desempenho	8	5,0	9,0	6,0
nível de ruído	6	3,0	6,0	7,0
consumo de energia	5	4,0	6,0	4,0
durabilidade	5	4,0	6,0	6,0
confiabilidade	6	5,0	7,0	4,0
manutenibilidade	5	3,0	8,0	3,0
compacticidade	5	3,0	7,0	4,0
simplicidade	6	3,0	8,0	2,0
manufaturabilidade	4	3,0	8,0	3,0
aparência estética	4	3,0	5,0	6,0
custos de fabricação	6	3,0	8,0	3,0
custos de manutenção	6	4,0	8,0	3,0
Resultados $\sum_{ij} P_i$	-	242	481	283

Melhor solução para a unidade: solução A-2

1.2. UNIDADE SEPARADORA1.2.1. Características Funcionais

- desempenho peso: 8
- nível de ruído peso: 6

1.2.2. Características Operacionais:

- consumo de energia peso: 5
- durabilidade peso: 5
- confiabilidade peso: 6
- manutenibilidade. peso: 5

1.2.3. Características Construtivas:

- compacticidade. peso: 5
- simplicidade. peso: 6
- manufaturabilidade peso: 4
- aparência estética peso: 4

1.2.4. Características de Custos:

- custos de fabricação. peso: 6
- custos de manutenção: peso: 6

1.2.5. Matriz de Decisão

Características significativas	Pesos	Soluções			
		B-1	B-2	B-3	B-4
desempenho	8	6,0	7,0	6,0	6,0
nível de ruído	6	4,0	5,0	3,0	3,0
consumo de energia	5	8,0	6,0	7,0	7,0
durabilidade	5	5,0	8,0	7,0	7,0
confiabilidade	6	5,0	5,0	8,0	8,0
manutenibilidade	5	8,0	7,0	5,0	5,0
compacticidade	5	4,0	2,0	4,0	4,5
simplicidade	6	6,0	6,0	5,0	6,0
manufaturabilidade	4	7,0	6,0	10,0	10,0
aparência estética	4	6,0	4,0	8,0	8,0
custos de fabricação	6	8,0	7,0	(*)	(*)
custos de manutenção	6	7,0	7,0	6,0	7,0
Resultados $\sum_{ij} P_i$	-	405	391	367	381,5
Média ponderada $\frac{\sum_{ij} P_i}{\sum P_i}$	-	6,14	5,92	6,12	6,36

(*) - foram omitidos pois são produtos comercializados no mercado

Melhor solução para a unidade: Solução B-4

1.3. UNIDADE ARMAZENADORA

Não convém construir a matriz de decisão, pois só existe uma única solução viável, portanto a melhor solução para a unidade armazenadora é a solução C-3.

1.4. UNIDADE RESTITUIDORA

1.4.1. Características Funcionais:

- desempenho peso: 8
- nível de ruído peso: 6

1.4.2. Características Operacionais:

- durabilidade peso: 5
- confiabilidade peso: 6
- manutenibilidade. peso: 5

1.4.3. Características Construtivas:

- compacticidade peso: 5
- simplicidade. peso: 6
- manufaturabilidade peso: 4
- aparência estética peso: 4

1.4.4. Características de Custos:

- custos de fabricação peso: 6
- custos de manutenção peso: 6

1.4.5. Matriz de Decisão

Características significativas	Pesos	Soluções	
		D-1	D-2
desempenho	8	8,0	6,0
nível de ruído	6	6,0	10,0
durabilidade	5	6,0	9,0
confiabilidade	6	5,0	9,0
mantenibilidade	5	5,0	9,0
compacticidade	5	6,0	9,0
simplicidade	6	5,0	9,0
manufaturabilidade	4	5,0	9,0
aparência estética	4	5,0	6,0
custos de fabricação	6	5,0	9,0
custos de manutenção	6	5,0	9,0
Resultados $\sum_{ij} . P_i$	-	345	519

Melhor solução para a unidade: Solução D-2

1.5. UNIDADE DE TRANSPORTE INTERNO

1.5.1. Características Funcionais:

- desempenho peso: 8
- nível de ruído peso: 6

1.5.2. Características Operacionais:

- consumo de energia peso: 7
- durabilidade peso: 5
- confiabilidade peso: 6
- mantenibilidade. peso: 5

1.5.3. Características Construtivas:

- compacticidade peso: 5
- simplicidade peso: 6
- manufaturabilidade peso: 4
- aparência estética peso: 4

1.5.4. Características de Custos:

- custos de fabricação. peso: 6
- custos de manutenção. peso: 6

1.5.5. Matriz de Decisão

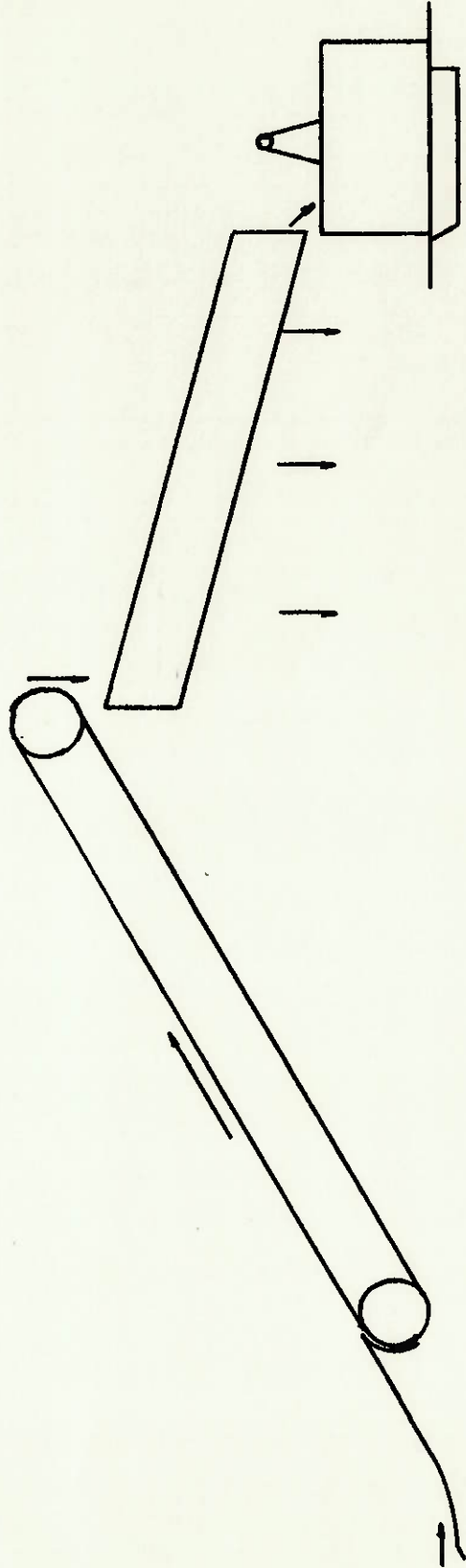
Características significativas	Pesos	Soluções	
		E-1	E-2
desempenho	8	7,0	7,0
nível de ruído	6	6,0	4,0
consumo de energia	7	6,0	3,0
durabilidade	5	7,0	4,0
confiabilidade	6	7,0	4,0
mantenibilidade	5	6,0	6,0
compacticidade	5	6,0	4,0
simplicidade	6	7,0	6,0
manufaturabilidade	4	8,0	6,0
aparência estética	4	6,0	5,0
custos de fabricação	6	8,0	6,0
custos de manutenção	6	8,0	5,0
Resultados $\sum_{ij} P_{ij}$	-	465	351

Melhor solução para a unidade de transporte interno:

Solução E-1

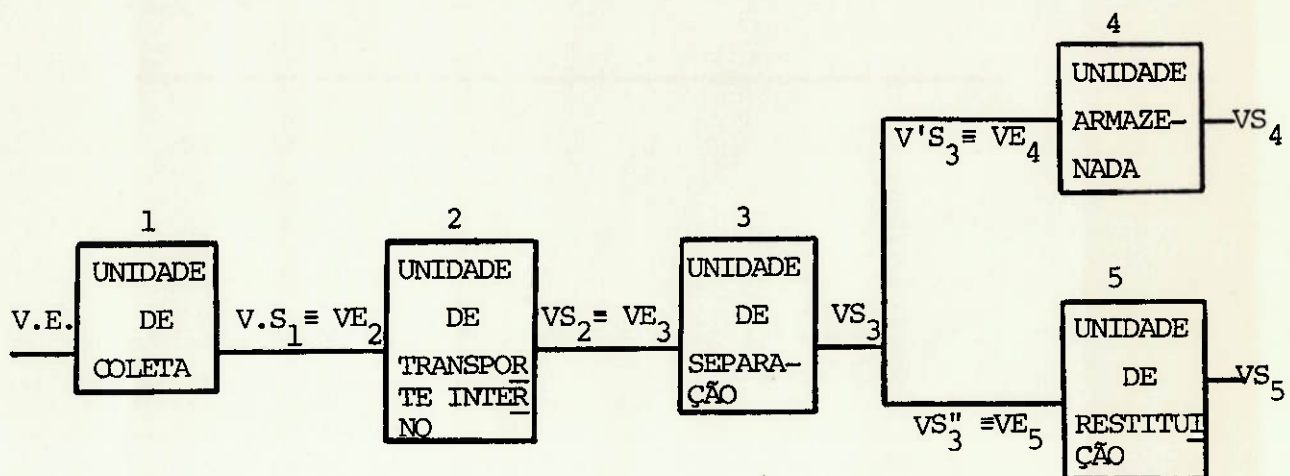
Agora já se tem a combinação melhor, dentro do já exposto anteriormente. Esta composição das várias melhores soluções unitárias forma a melhor solução para a máquina como sendo a combinação: A2 - B4 - C3 - D2 - E1.

1.6. ESBOÇO DO ARRANJO DE TODAS UNIDADES ESCOLHIDAS



2. ANÁLISE DA SENSIBILIDADE

2.1. ESQUEMA DO SISTEMA



Pode-se observar que as variáveis de saída da unidade subsequente são as variáveis de entrada da unidade seguinte. Para efeito da análise de sensibilidade serão analisadas unidade por unidade, e assim para cada uma delas serão determinadas as faixas dos parâmetros menos sensíveis. Os modelos serão mostrados ao se desenvolver a análise.

2.2 UNIDADE DE COLETA

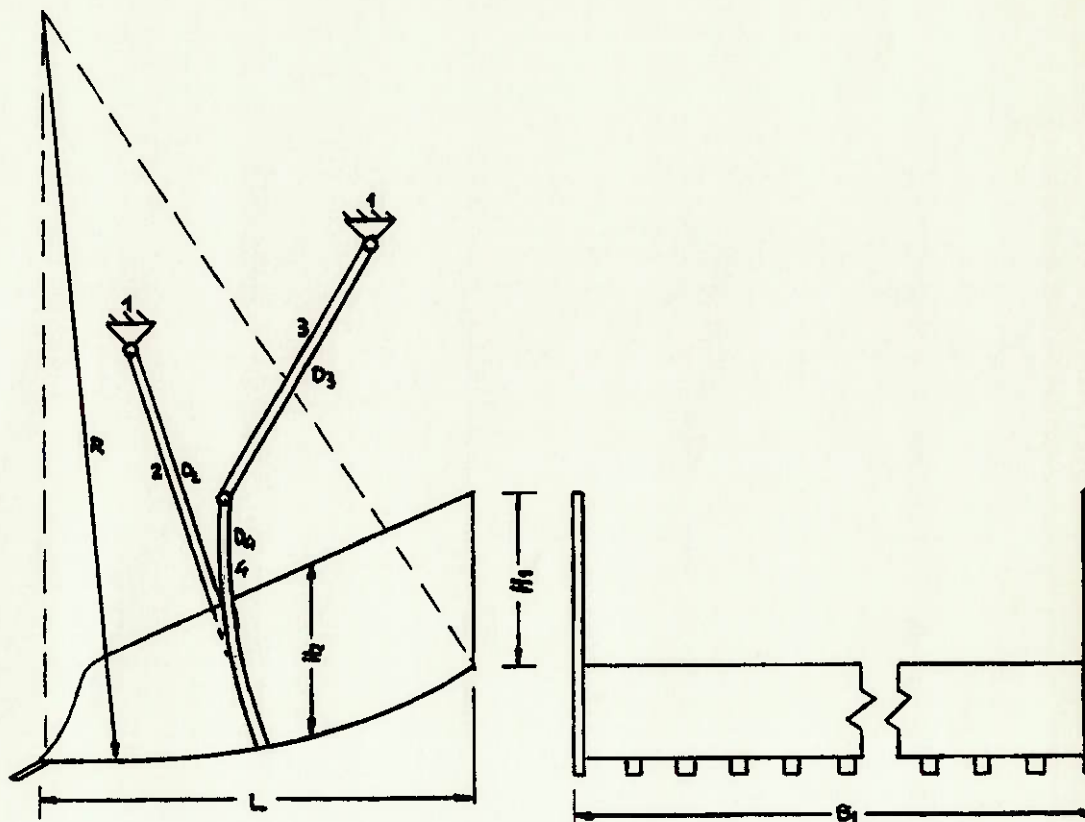


Fig. 1.II

O parâmetro dimensional B já está definido como sendo de 1,50 m, em função do estudo feito para a exeqüibilidade física, onde, para que se tivesse uma velocidade da máquina a menor possível e dentro das limitações de largura para o tráfego das mes pelas ruas, chegou-se a esse valor.

Para análise dos parâmetros dimensionais L, H_1 , H_2 e R, convém fazer-se um modelo físico e ensaiá-lo simulando-se as condições de coleta, com intuito de se observar se há um desvio do fluxo de material, por não haver condições da pá fazer a coleta de todo material. A seguir é sugerido o modelo.

A proteção lateral e a pá propriamente dita podem ser de madeira prensada, com a superfície lisa voltada para cima, es

ta chapa articulada em três pontos permite se obter o raio R desejado, assim para cada R pode-se variar as dimensões H_1 e L cortando-se a chapa.

Para o mecanismo da pá empurradora existe uma solução que satisfaz a trajetória (esta solução dependerá da curvatura da chapa e de suas dimensões). Em função da complexidade que representa a obtenção do mecanismo de 4 barras articuladas que descreve a trajetória desejada, não convém determinar tal mecanismo para cada conjunto de dimensões não "sensíveis" determinadas anteriormente. Convém fazer o estudo do melhor mecanismo quando se tiver decidido as dimensões finais para a pá.

Outro parâmetro a ser considerado é a rotação ω_2 da barra motora (2), que determinará a velocidade do ponto F. Para tanto temos que a velocidade do ponto F tem que ser maior ou igual à velocidade da máquina em serviço quando percorre a superfície da pá: $v_F \geq v_{máq}$. Uma limitação superior seria necessária para se evitar que o material pudesse ser arremessado fora da unidade seguinte, mas como se imagina que a força necessária para arrastar o material seja aproximadamente a mesma, com o aumento da velocidade temos aumento do consumo de energia na unidade de tempo, fato que faz com que se escolha um limite superior próximo à velocidade da máquina: $v_{máq} \leq v_F \leq 1,1 v_{máq}$

Para se determinar a velocidade do ponto F recorre-se à modelagem matemática a partir do mecanismo de 4 barras articuladas já determinado.

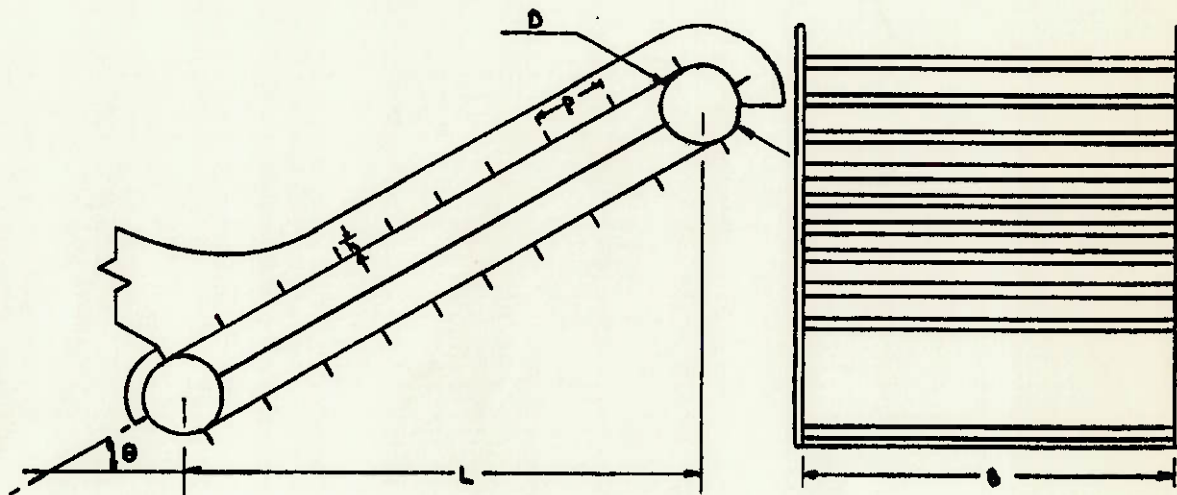
2.3. UNIDADE DE TRANSPORTE INTERNO

Fig.2.II

VARIÁVEIS DE ENTRADA: - vazão de material
 - rotações da polia motora

VARIÁVEIS DE SAÍDA: - vazão de material

PARÂMETROS CRÍTICOS: - θ
 - B
 - D
 - p
 - h
 - L

Existe um roteiro de cálculo para dimensionamento de correias transportadoras, que leva em conta o material a ser transportado, bem como a vazão do mesmo. Os parâmetros assim determinados representam valores limites, para assegurar uma resposta adequada. Para efeito desta análise será utilizado o roteiro de cálculo apresentado no livro "Conveyors and Related Equipment", para dimensionamento de correias transportadoras.

material: em sua maior parte é areia;
 vazão do material (\dot{V}_f): $375 \text{ m}^3/\text{h}$;

característica do material:

- ângulo de repouso estático: $\phi = 45^\circ$
- densidade: $\gamma = 1,5 - 1,9 \text{ ton/m}^3$

largura mínima da correia:

$$B = \sqrt{\frac{Q_f}{576 C_1 \gamma v \text{ ton}(0,35\phi)}} \quad (\text{m})$$

onde:

- C_1 é um fator que leva em conta a possibilidade de derramamento e é dado em função do ângulo θ ;
- γ é o peso específico do material (ton/m^3);
- v é a velocidade de transporte (m/s);
- θ é o já citado ângulo de repouso (graus);
- Q_f é a vazão de material (ton/h)

$$v = \frac{\pi}{60} n.D$$

onde n é o número de rotações por minuto e daí:

$$B = \sqrt{\frac{60Q_f}{576 \pi C_1 \gamma n.D \text{ ton}(0,35\theta)}}$$

Com isso tem-se estabelecido uma relação para os parâmetros, que se obedecida garante uma resposta satisfatória à ação da variável de entrada. Esta resposta satisfatória é a vazão de todo material que entra, sem que haja derramamento, utilizando-se da menor largura possível para a correia.

Para se fazer uma análise mais apurada da variação da resposta com a variação dos parâmetros, seria útil a elaboração de um modelo físico, onde se poderia verificar a influência de cada parâmetro, e assim, obter aqueles que menos influenciam na resposta quando variados, bem como os respectivos intervalos onde isto não ocorre, ou ocorre com baixa intensidade.

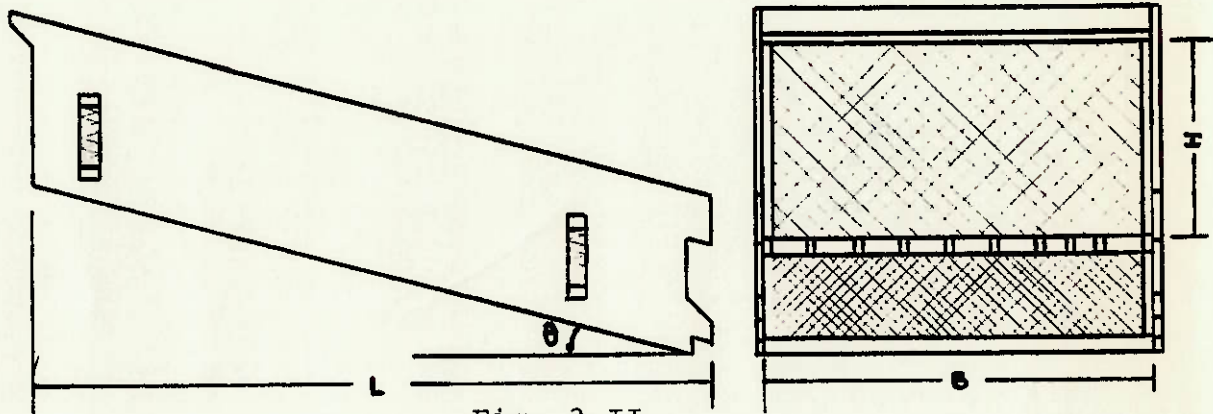
2.4. UNIDADE DE SEPARAÇÃO

Fig. 3.II

VARIÁVEIS DE ENTRADA: - vazão de material (areia+resíduos)

VARIÁVEIS DE SAÍDA: - vazão de material que passa;
- vazão de material ali retido;

PARÂMETROS CRÍTICOS: - θ
- L
- B
- malha

Existe uma modelagem matemática que relaciona a porcentagem de material retido com a quantidade de material alimentado, esta modelagem está em anexo, mas é confusa e ainda não leva em consideração peneiras inclinadas. Desta forma sugere-se a modelagem física a partir de adaptações numa peneira vibratória inclinada. Essas adaptações dizem respeito à cambialidade de malhas, mudança do tamanho e variação da inclinação. Nos ensaios variam-se os parâmetros críticos um a um a fim de levantar os intervalos, onde a variação desses parâmetros não afetam (aí se afetam é pouco) a resposta, no caso a porcentagem de resíduos retidos.

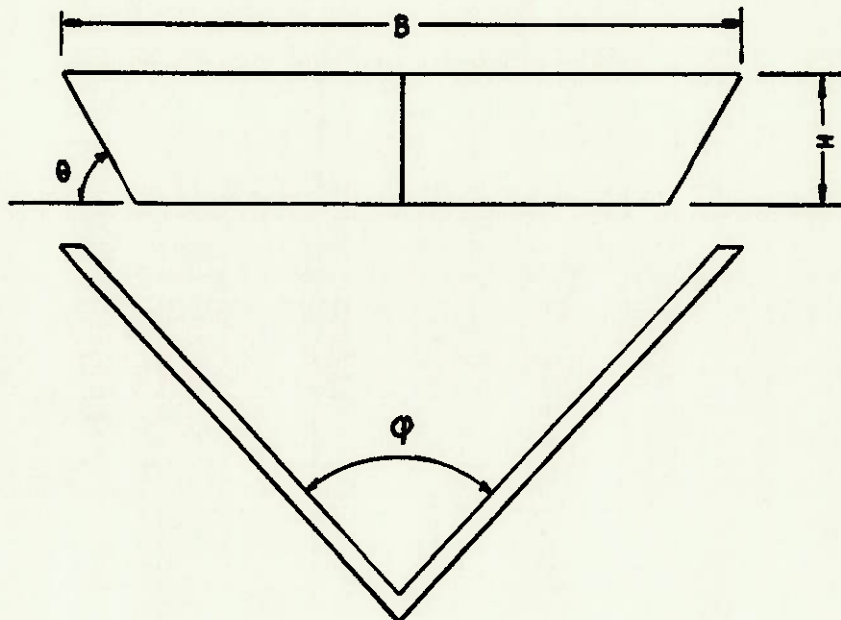
2.5. UNIDADE RESTITUIDORA

Fig. 4.II

- VARIÁVEIS DE ENTRADA: - vazão de areia;
 - grau de espalhamento da areia;
- VARIÁVEIS DE SAÍDA: - grau de uniformidade;
 - porcentagem da areia que não consegue passar por baixo da lâmina;
- PARÂMETROS CRÍTICOS: - B
 - ϕ
 - θ
 - H
 - h

A modelagem matemática para a análise de sensibilidade desta unidade é de difícil elaboração. Daí se recorrer à modelagem física.

O modelo físico pode ser feito em madeira, com a superfície que entra em contato com a areia sendo lisa; uma dobradiça unindo as duas partes, para se garantir vários ângulos de abertura.

Assim com o modelo físico é possível, a partir de en-

saio, fazer-se o levantamento do comportamento das variáveis de saída, quando ocorre variação dos parâmetros. Portanto, pode-se determinar os intervalos para cada parâmetro, onde a variável de saída é menos, ou nada, suscetível à variação dos parâmetros.

2.6. UNIDADE ARMAZENADORA

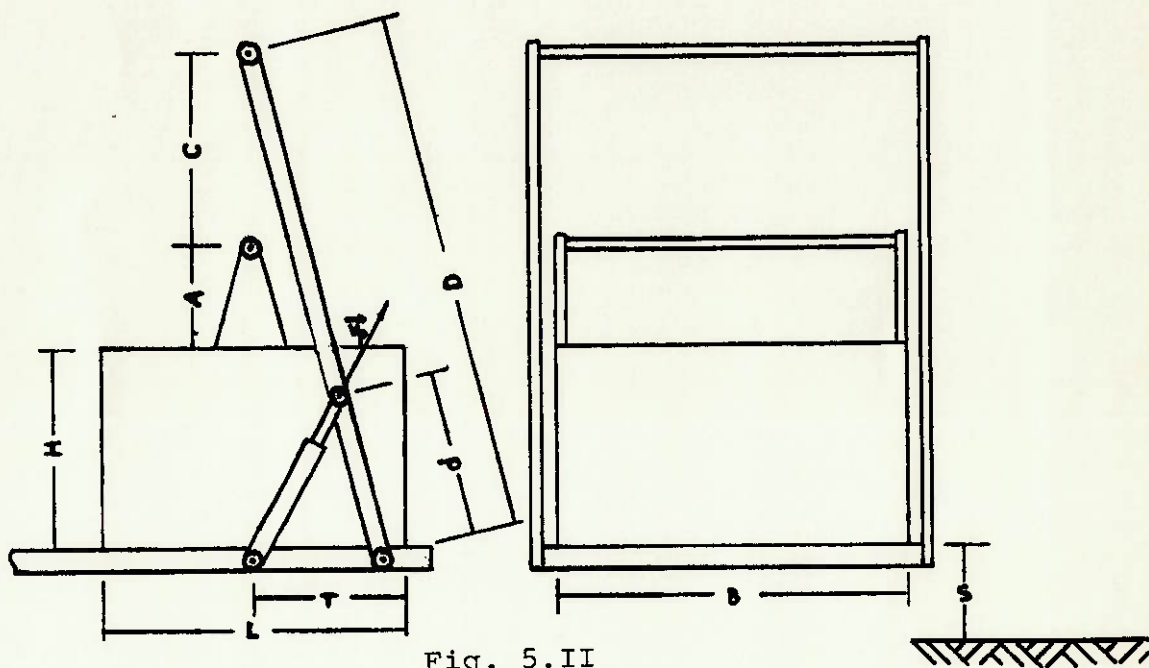


Fig. 5.II

VARIÁVEIS DE ENTRADA: - fluxo de resíduos: \dot{V}_r

VARIÁVEIS DE SAÍDA: - tempo de armazenamento;
- tempo de descarregamento e carregamento;

PARÂMETROS CRÍTICOS: - d;
- D;
- T;
- comprimento da corrente (C);
- S;
- A;
- v_p

$$\frac{S}{C+A+H} = \frac{x}{D+x} \Rightarrow \frac{D}{x} + 1 = \frac{C+A+H}{S} \Rightarrow \frac{D}{x} = \frac{C+A+H}{S} - 1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = \frac{D \cdot S}{C+A+H-S}$$

$$\therefore \text{sen } \alpha_2 = \frac{C+A+H-S}{D}$$

$$\cos \alpha_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{C+A+H}{D} \right)^2}$$

$$\cos \alpha_2 = \sqrt{1 - \left(\frac{C+A+H-S}{D} \right)^2}$$

$$\therefore t_d = \frac{\sqrt{T^2+d^2-2Td} \sqrt{1 - \left(\frac{C+A+H-S}{D} \right)^2} - \sqrt{T^2+d^2-2Td} \sqrt{1 - \left(\frac{C+A+H}{D} \right)^2}}{v_p}$$

A análise dos parâmetros envolvidos na variável de saída tempo de descarregamento e carregamento, pode ser feita via computador, variando-se os parâmetros um a um, de forma a encontrar para cada um o intervalo onde a sua variação implica em poucas, ou nenhuma, variação da variável de saída t .

O tempo de armazenamento t_A é:

$$t_A = \frac{H \cdot B \cdot L}{\dot{V}_r}$$

Desta expressão se observa o comportamento linear da variável de saída t_A em relação aos parâmetros H , B e L .

3. ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE

Sendo concluída a análise de sensibilidade, agora tem-se os parâmetros que não causam efeitos consideráveis, ou nenhum, sobre a resposta de cada unidade, bem como o intervalo onde isto ocorre para cada parâmetro. Dentro desta nova análise serão analisados os parâmetros que podem vir a causar incompatibilidade e para cada um deles será determinado o intervalo que garante a compatibilidade tanto física como funcional.

3.1. UNIDADE DE COLETA

Com relação ao mecanismo da pá empurradora, há de imediato dois parâmetros a serem considerados:

- a dimensão da barra motora (D_2) (ver fig.7.II)
- a dimensão da barra movida (D_3) (ver fig.7.II)

Quanto à barra motora esta não poderá ter na trajetória de sua extremidade, interferência com a superfície da praia, ou seja: $D_2 \leq$ distância do ponto A à superfície da praia.

A barra movida número 3 não poderá ter ao longo da trajetória de sua extremidade, interferência com a superfície da praia, para tanto:

1º - A barra movida descreve movimento oscilatório

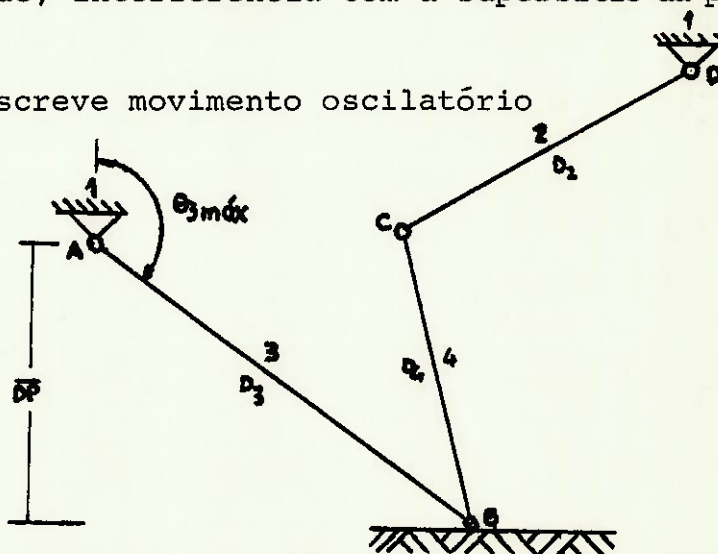


Fig. 7.II

$$\cos(180^\circ - \theta_{3\text{máx}}) = \frac{DP}{D_3} \Rightarrow D_3 \leq \frac{DP}{\cos(180^\circ - \theta_{3\text{máx}})}$$

29 - A barra movida descreve movimento de rotação, então:

$$D_2 \leq \overline{DP}$$

Não foram consideradas as interferências com os componentes da máquina porque o plano do mecanismo está fora do alcance dos mesmos.

Num parâmetro que se deve fazer a análise da compatibilidade funcional é a dimensão B, que para que não haja problema de perda de material na interface entre as unidades de coleta e de transporte interno precisa ser menor que a dimensão B da unidade de transporte interno, que, por sua vez, tem que ser menor que 2,60m, ou seja:

$$B_{un.col} < B_{un.t.1} < 2,60m$$

3.2. UNIDADE DE TRANSPORTE INTERNO

O parâmetro que a primeira vista mais reclama uma análise da compatibilidade é o diâmetro da polia (D), no caso a inferior.

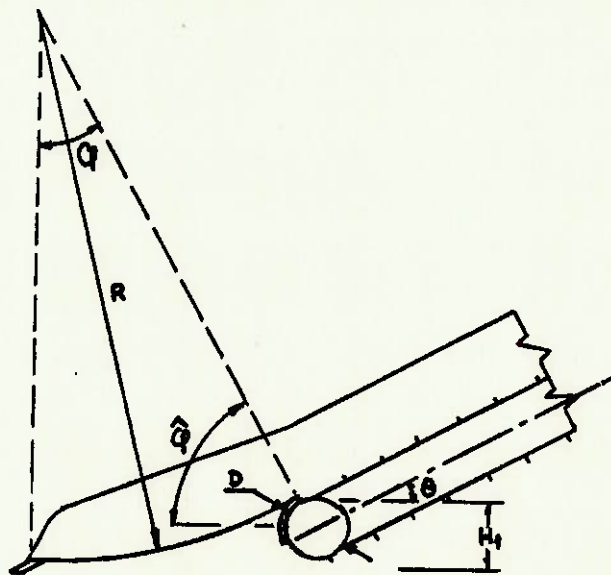


Fig. 8.II

$$\hat{\phi} = 90^\circ - \phi$$

$$\text{sen } \frac{\hat{\phi}}{2} = \frac{\sqrt{H_1^2 + L^2} / 2}{R} \Rightarrow \phi = 2 \text{ arc sen } \frac{\sqrt{H_1^2 + L^2}}{2R}$$

condição:

$$D \operatorname{sen} \hat{\phi} + D+h \leq D (\operatorname{sen} \hat{\phi} +1) + h \leq 1,2 H_1$$

$$H_1 \geq \frac{D}{1,2} \left[\operatorname{sen}(90^\circ - 2 \operatorname{arc} \operatorname{sen} \frac{\sqrt{H_1^2 + L^2}}{2R}) + 1 \right] + \frac{h}{1,2}$$

$$\therefore D \leq \frac{1,2 H_1 - h}{\operatorname{sen}(90^\circ - 2 \operatorname{arc} \operatorname{sen} \frac{\sqrt{H_1^2 + L^2}}{2R}) + 1}$$

Nota-se que a compatibilidade do parâmetro D depende dos parâmetros da unidade de coleta: H_1 , L e R.

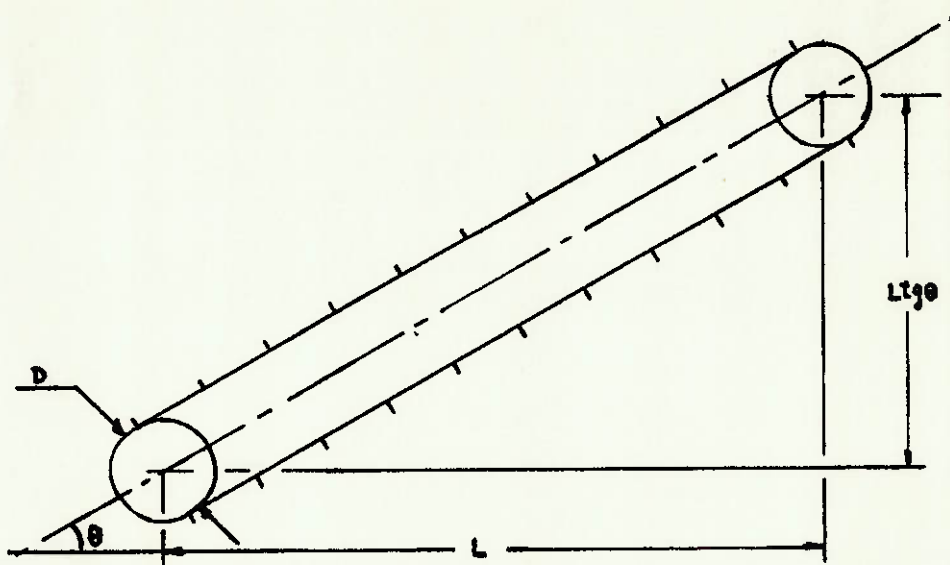


Fig. 9.II

Para haver espaço para se colocar a parte anterior da unidade separadora logo abaixo da polia superior da unidade de transporte interno é necessário haver uma altura do solo à polia superior da ordem de 2,0m. Ou preferencialmente:

$$L \operatorname{tg} \theta \geq 2,0\text{m}$$

Outro parâmetro que deve ser analisado do ponto de vista da compatibilidade funcional é a largura da correia transportadora, que deve ser menor ou igual à largura da unidade de se-

paração, que por sua vez tem que ser menor que 2,60m, ou seja:

$$B_{un.t.i} < B_{un.sep.} < 2,60m$$

Para que haja compatibilidade funcional é necessário que a velocidade da correia seja maior ou igual à velocidade com que a pá empurra o material sobre a peneira.

$$v_{correia} \geq v_{pá}$$

$$v_{correia} = \frac{\pi n}{60} \cdot D \geq v_{pá}$$

3.3. UNIDADE SEPARADORA

O estudo da análise da compatibilidade não se faz interessante neste caso, pois, por ser um produto que vem em dimensões padronizadas, há pouca liberdade quanto à modificação dos parâmetros dimensionais para que haja compatibilidade com as demais unidades. Portanto é melhor ajustar, para efeito de compatibilidade, os parâmetros das unidades que têm incompatibilidade com esta unidade.

Um parâmetro que deve ser limitado, para que haja compatibilidade com a largura máxima da máquina é a própria largura da unidade separadora:

$$B_{un.sep} < 2,60m$$

3.4. UNIDADE RESTITUIDORA

A lâmina deve ter altura H menor que a altura livre do solo para a máquina, ou seja:

$$H < 40cm$$

A largura da lâmina deve ser menor que a largura máxima permitida à máquina, ou seja:

$$B \leq 2,60 \text{ m}$$

A lâmina deve ser fixa na máquina na parte posterior à unidade de separação o que pode obrigar à instalação da lâmina atrás do eixo anterior, que desta forma obriga a lâmina a ocupar o espaço que há entre o eixo e a extremidade anterior da máquina, ou seja:

$$\frac{B}{2 \operatorname{tg} \frac{\phi}{2}} < \text{distância entre eixo e extremidade anterior}$$

3.5. UNIDADE ARMAZENADORA

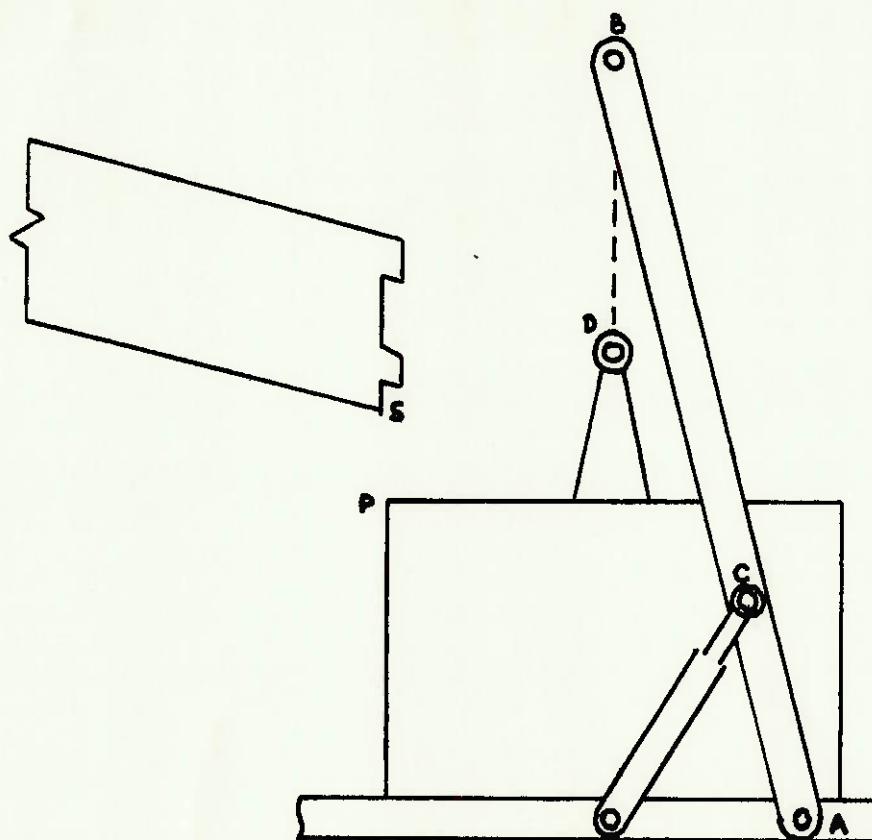


Fig. 10.II

Para v_p pequeno os efeitos inerciais sobre a trajetória da caçamba serão pequenos, assim pode-se considerar que a corrente assume ao longo de todo movimento a posição vertical, e como esta-se considerando que a caçamba descreve um movimento de translação, o ponto P descreve uma trajetória paralela àquela de D.

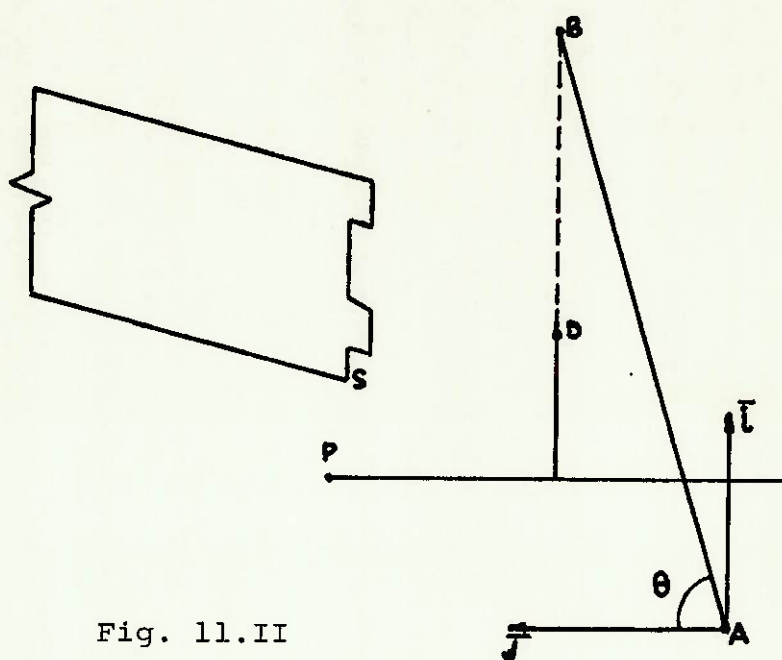


Fig. 11.II

$$\vec{AP} = \vec{AB} + \vec{BP}$$

$$\vec{AP} = D \operatorname{sen} \theta \vec{j} + D \cos \theta \vec{i} - (C+A) \vec{j} + \frac{L}{2} \vec{i}$$

$$\vec{AP} = \left(D \cos \theta + \frac{L}{2} ; D \operatorname{sen} \theta - (C+A) \right)$$

$$\begin{aligned} d_{AP} &= \sqrt{\left(D \cos \theta + \frac{L}{2} \right)^2 + \left(D \operatorname{sen} \theta - (C+A) \right)^2} \\ &= \sqrt{D^2 \cos^2 \theta + DL \cos \theta + \frac{L^2}{4} + D^2 \operatorname{sen}^2 \theta - 2D(C+A) \operatorname{sen} \theta + (C+A)^2} \\ &= \sqrt{D^2 + D(L \cos \theta - 2(C+A) \operatorname{sen} \theta) + (C+A)^2 + \frac{L^2}{4}} \end{aligned}$$

Condição para que haja compatibilidade física da caçamba com a unidade de separação ao longo de sua trajetória:

$$d_{AP} \leq d_{SP}$$

Mas como foi feita a hipótese que a velocidade da caçamba seria baixa de forma a não causar efeito de inércia sensíveis, será incluído um coeficiente na desigualdade acima:

$$1,1 d_{AP} \leq d_{SP}$$

$$d_{SP} \geq 1,1 \sqrt{D^2 + D(L \cos \theta - 2(C+A) \sin \theta) + (C+A)^2 + \frac{L^2}{4}}$$

Sob o aspecto da compatibilidade funcional faz-se necessário que a distância projetada na direção \vec{i} entre os pontos S e A deve ser menor que a distância projetada na mesma direção, entre os pontos P e A.

$$d_{AP} \text{ proj. } \vec{i} > d_{SA} \text{ proj. } \vec{i}$$

Outro parâmetro a ser considerado sob o ponto de vista da compatibilidade funcional é a largura da caçamba, que deve ser maior que a largura da saída da unidade de separação.

$$B_{\text{un.sep.}} < B_{\text{caç}} < 2,60\text{m}$$

Observação: as hipóteses consideradas nesta análise são conflitantes com a análise de sensibilidade para esta unidade. É interessante fazer a análise de sensibilidade da unidade já encima dos parâmetros compatíveis.

4. ANÁLISE DA ESTABILIDADE

Nesta análise deseja-se conhecer os parâmetros, bem como seus intervalos, para os quais as respostas são estáveis, quando o sistema analisado é submetido a valores extremos das variáveis de entrada, ou quando submetido a variáveis de entrada indesejada. É necessário para cada variável da entrada estabelecer aquilo que se julga como sendo a resposta instável.

Serão listadas a seguir as variáveis de entrada desejadas, e seus valores extremos, e, também, as variáveis de entrada indesejadas.

4.1. VARIÁVEIS DE ENTRADA DESEJADAS E/OU PREVISTAS

4.1.1. Fluxo de Resíduos + Areia

valor extremo representando uma velocidade de operação dobrada ou espessura da camada de areia coletada o dobro da prevista:

$$\dot{V} = 750\text{m}^3/\text{h}$$

4.1.2. Fluxo de Energia

valor extremo: toda potência do veículo trator

4.2. VARIÁVEIS DE ENTRADA INDESEJADAS E/OU IMPREVISTAS

- fluxo de areia úmida;
- coleta de objetos que ultrapassaram a capacidade de coleta;
- trancos devidos à colisão com objetos fixos na areia;
- irregularidades do terreno;
- colisões e abalroamentos;
- comandos errados.

4.3. CRITÉRIO DE JULGAMENTO

Serão julgadas respostas instáveis as seguintes:

- travamento de mecanismos;
- corte de energia;
- corte de transmissão de movimento num mecanismo;
- tombamentos;
- ruptura de qualquer elemento que provoque perda de eficiência no processo;
- ineficiência do processo.

4.4. ANÁLISE SOB O PONTO DE VISTA DE ENTRADAS DESEJADAS E/OU PREVISTAS

4.4.1. Fluxo de Material ao Valor Extremo:

Neste caso tem-se problemas de instabilidades resultantes da sobrecarga de solicitações, transbordamentos, sobrecarga de massa.

O excesso de carga exige mais das estruturas e mesmo dos elementos em termos de resistência, tanto estática como dinamicamente. A análise dos parâmetros neste caso é possível mediante uma modelagem matemática baseada na teoria da resistência dos materiais. Com essa modelagem é possível estabelecer os parâmetros que não sofrem instabilidades como escoamento, ruptura e flambagem ; esses parâmetros são geralmente as seções e comprimentos de barras.

A análise dos parâmetros para verificação se há ou não transbordamentos fica sujeita à modelagem física, e neste caso os modelos físicos a serem utilizados podem ser os mesmos utilizados na análise de sensibilidade.

No caso de sobrecarga de massa a modelagem é da mesma forma, podendo-se também aproveitar os modelos físicos utilizados na análise de sensibilidade.

O procedimento da análise dos parâmetros que não acarretam instabilidades por transbordamentos e sobrecarga de massa podem ser os mesmos utilizados na análise de sensibilidade para cada unidade, já que lá se analisava a sensibilidade da eficiência

com a variação dos parâmetros.

4.4.2. Fluxo de Energia ao Valor Extremo

O fluxo de energia, ou potência fornecida, ao valor extremo pode ser visto como entrada de um conjugado elevado, ou como entrada de alta rotação. No primeiro caso resulta em solicitações da estrutura de uma forma geral e no segundo resulta em perda de eficiência e maiores solicitações decorrentes do aumento das forças de inércia.

Analisando cada caso:

1º caso: As instabilidades ocorrem devido ao escoamento ou ruptura do material, e flambagem. Para a análise pode-se recorrer a modelos matemáticos fornecidos pela resistência dos materiais e assim determinar os parâmetros que não levam a instabilidades, bem como os intervalos onde não há instabilidades para aqueles que são instáveis.

No caso de altas solicitações os parâmetros que trazem instabilidades são seções de barras ou outro componente, ou também, comprimentos de barras.

2º caso: As instabilidades podem ser: perda de eficiência, devido a maiores acelerações que estão sujeitos os resíduos em fluxo; maiores solicitações dinâmicas devido ao aumento das forças de inércia, as quais trazem instabilidades como escoamento ou ruptura do material, e flambagem; por último a variação de rotação faz com que a excitação cíclica de certos mecanismos também varie, podendo-se ao longo dessa variação da frequência de excitação atingir-se múltiplos da frequência natural de partes do sistema.

A análise da instabilidade causada pelas maiores solicitações dinâmicas é matematicamente modelável, tanto para se determinar as forças de inércia, como determinar os parâmetros críticos sob o ponto de vista da estabilidade.

A análise da perda de eficiência requer uma modelagem física, sendo possível reutilizar os modelos físicos da análise de sensibilidade para esta análise. Os parâmetros a serem analisados são os mesmos envolvidos naquela análise. O procedimento de análise se baseia na variação dos parâmetros até que a resposta atinja níveis mínimos de eficiência, tendo-se assim as faixas de parâmetros onde a resposta sob o ponto de vista de eficiência é estável.

A análise da instabilidade pelo efeito de ressonância exige uma definição maior do projeto, pois exige o conhecimento da elasticidade dos corpos que compõem o sistema, fator que está ligado à característica do material empregado. Portanto quando se tiver uma definição quanto ao material empregado justifica-se a análise desse tipo de instabilidade.

Cada unidade da máquina consome parte da potência fornecida a toda máquina, mas como critério para uma boa análise da estabilidade é melhor considerar para cada unidade um consumo de 100% a mais sobre o consumo usual. Para o primeiro caso considera-se valor extremo de potência e rotação ou velocidade 10% da usual, já no segundo caso considera-se força ou torque 10% do usual.

4.5. ANÁLISE SOB O PONTO DE VISTA DE ENTRADAS INDESEJADAS E/OU IMPREVISTAS

4.5.1. Fluxo de Areia Úmida:

As instabilidades envolvidas aqui estão na perda de eficiência de peneiramento e conseqüente armazenamento de maior quantidade de areia junto com os resíduos. A análise da instabilidade neste caso fica voltada para os parâmetros da unidade de separação.

A análise em si é a avaliação do desempenho da separação para uma entrada não desejada, areia úmida. Para tanto pode-se utilizar o mesmo modelo físico empregado para a análise da

sensibilidade, bem como o mesmo procedimento. Assim tem-se os parâmetros que causam perda da eficiência, e também, os intervalos para os parâmetros onde não há problemas sensíveis quanto ao desempenho esperado para a separação.

4.5.2. Coleta de Objetos que Ultrapassam a Capacidade de Coleta

As instabilidades que podem ocorrer neste caso são: travamento de mecanismos, ruptura de algum elemento chave no processo todo e ineficiência do processo.

Do ponto de vista do travamento de mecanismos é difícil se ter idéia do objeto que o causa, mas os elementos onde pode ocorrer são avaliáveis, como: travamento da pá empurradora e travamento da correia transportadora. A análise dos parâmetros aqui fica de difícil realização pelo fato de ser um caso sujeito a aleatoriedade, pois é necessário que o objeto assuma posições definidas em relação ao mecanismo para que haja travamento. O problema pode ser atenuado pelo fato de o projeto prever o uso de fusíveis mecânicos para evitar rupturas nestes casos especiais.

O mesmo pode-se dizer da análise dos parâmetros que provocam as outras instabilidades citadas.

4.5.3. Trancos Devidos à Colisão com Objetos Fixos na Areia

As instabilidades envolvidas aqui são: tombamentos, rupturas de elementos e perda instantanea de eficiência.

A análise dos parâmetros envolvidos com o tombamento pode ser modelada matematicamente a partir da teoria de choques :

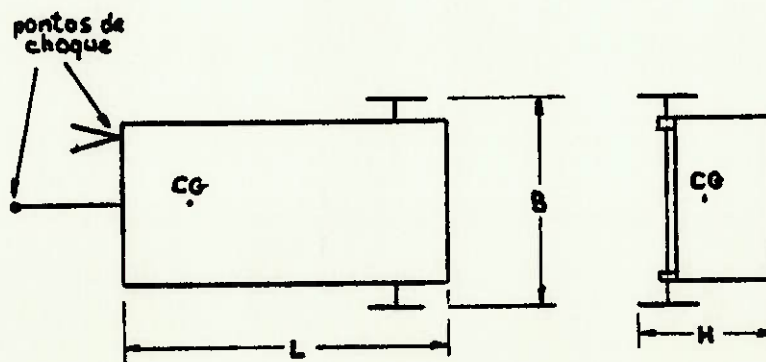


Fig. 12.II

O caso extremo para efeito de tombamento é o choque ocorrendo na extremidade lateral. A partir desta condição avalia-se os parâmetros que não causam tombamento e os intervalos onde não ocorre tombamento.

Os parâmetros envolvidos com a ruptura de elementos podem ser avaliados utilizando-se a capacidade de absorção de energia dos mesmos, e esses parâmetros são dimensionais.

Quanto à análise da perda instantânea de eficiência é esforço em vão, já que o resultado de um choque em termos de eficiência não são tão sensíveis à variação de parâmetros que justifique a análise.

4.5.4. Irregularidades do Terreno

A instabilidade principal é o tombamento da máquina. Sua análise pode ser feita modelando-se a máquina como acima e avaliando os parâmetros dimensionais envolvidos, por meio de condições limites de equilíbrio estático. A modelagem por equilíbrio estático não representa fielmente a realidade, mas é uma boa aproximação já que as velocidades de oscilação não são consideráveis, e ademais pode-se tomar os parâmetros limites como sendo 90% daqueles assim encontrados. Pode-se assim avaliar os parâmetros geométricos que não causam instabilidades, bem como o intervalo onde os parâmetros não causam instabilidades.

4.5.5. Colisões e Abalroamentos

As principais instabilidades são: tombamentos, rupturas e corte de energia.

A análise dos parâmetros quanto ao tombamento pode ser modelada matematicamente com a teoria de choque entre sólidos. Para efeito da análise deve-se considerar máquina e trator, e ainda uma direção de colisão que seja representativa da pior. Uma modelagem física do sistema máquina+trator em escala reduzida pode substituir com vantagem no que diz respeito à elaboração do modelo. A análise em si é feita simulando-se as condições de co-

lisão, como: velocidade e atrito piso-pneu. A avaliação dos parâmetros que não causam instabilidade, bem como os intervalos onde não há instabilidades podem ser assim feitas pelas sucessivas variações dos parâmetros no modelo físico e julgamento da resposta.

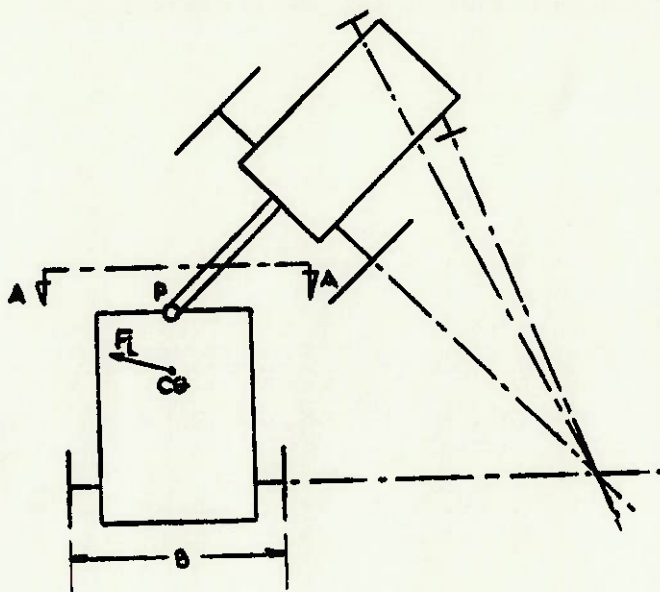
No caso da análise dos parâmetros quanto a rupturas o procedimento não difere do caso de trancos devidos à colisão com objetos fixos na areia.

4.5.6. Comandos Errados

Os comandos que se referem à máquina são: frenagem, direcionamento e acionamento manual de mecanismo de elevação da caçamba. Os comandos errados são: frenagem brusca e execução de curvas rápidas muito fechadas.

Os efeitos de uma frenagem brusca não são piores que uma colisão, portanto não se faz interessante analisar os parâmetros quanto à ruptura.

Para a análise dos parâmetros quanto à execução de curvas rápidas muito fechadas, toma-se como a situação crítica a realização de uma curva com o raio mínimo de giro do sistema máquina+trator à velocidade de trabalho de 20km/h. A modelagem matemática é feita atribuindo-se todas as forças atuantes no sistema, inclusive as forças de inércia. Para a análise da estabilidade são julgados os parâmetros dimensionais sob o ponto de vista de equilíbrio estático no plano transversal do sistema.



CORTE A-A (iminência do tombamento)

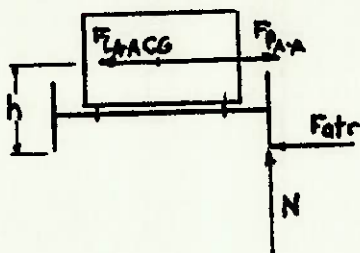


Fig. 13.II

Analisando a variação dos parâmetros geométricos com a modelagem acima, determina-se aqueles que não causam instabilidade, bem como o intervalo onde não há instabilidade para aqueles parâmetros que não as causam.

5. OTIMIZAÇÃO FORMAL

Nas análises anteriores não foram estabelecidos os intervalos considerados satisfatórios para cada parâmetro, de forma que faltam os dados para se realizar a otimização destes parâmetros. De posse desses valores recorre-se à escolha analítica para encontrar os intervalos dos parâmetros que satisfazem si

multaneamente às três análises, determinando-se os intervalos de parâmetros ótimos.

Para se chegar a uma combinação de parâmetros que realmente é a melhor deve-se estabelecer um critério de julgamento sobre os intervalos de parâmetros satisfatórios, traduzido numa expressão matemática, para facilitar a determinação da melhor combinação.

Quanto aos critérios de otimização estes devem estar voltados principalmente para o desempenho e confiabilidade, secundariamente para os custos globais e durabilidade.

O desempenho e confiabilidade associados à durabilidade são a garantia de mercado comprador quando se trata de bens de capital. O custo não pesa tanto, pois no balanço final as três qualidades citadas inicialmente são atenuantes do mesmo, se for levado em conta os amortecimentos do custo de aquisição pela redução dos custos de manutenção.

O critério propriamente dito deve ser uma função dos parâmetros:

$$\text{Desempenho} = f(p_1, p_2, \dots, p_i)$$

$$\text{Confiabilidade} = f(p'_1, p'_2, \dots, p'_j)$$

$$\text{Custos Globais} = f(p''_1, p''_2, \dots, p''_k)$$

onde p , p' e p'' representam os parâmetros, e eventualmente:

$$p'_a = p'_c$$

ou

$$p'_b = p''_d$$

ou

$$p_m = p'_n = p''_o$$

O conjunto de parâmetros ótimos, quanto ao desempenho esperado, representa um espaço vetorial ao qual os parâmetros

ótimos do ponto de vista da confiabilidade devem pertencer, e on de neste novo espaço vetorial devem-se encontrar os parâmetros satisfatórios quanto aos custos globais.

6. AS PREVISÕES PARA O FUTURO

Até a entrega da primeira unidade do implemento ter-se -ão passado de 2 a 3 anos do início do projeto, ao longo dos quais serão refeitas as análises do valor econômico e viabilida de financeira em função das alterações da economia; neste mesmo tempo existe a possibilidade de se alterarem, por motivos econô micos e sociais, algumas variáveis do projeto, principalmente a quele que diz respeito à quantidade de resíduos sólidos a serem coletados.

Quanto à obsolescência do projeto não há problemas por que ao longo de 2 a 3 anos é difícil de ocorrer que o projeto se torne obsoleto, primeiro por não envolver tecnologia de pon ta e segundo por não haver concorrência que aponte os pontos ob soletos no projeto.

7. A PREVISÃO DE TEMPO DE FUNCIONAMENTO

Por ser um bem de capital e pela análise do valor eco nômico do ponto de vista do operador o tempo de funcionamento se faz necessário ser superior no mínimo a 5 anos. Julgando sob o ponto de vista do meio altamente corrosivo e desgastante uma vi da de 5 anos já é sacrificado do ponto de vista dos materiais, mas sempre é possível aumentá-lo utilizando-se o material mais adequado. A obsolescência técnica já permite uma folga de tempo maior, pois as alterações técnicas que surgirão não trarão mu danças significativas a ponto de existir a necessidade patente de se desfazer de uma para obter uma versão mais recente, e por não haver necessidade patente de emprego de tecnologia de ponta. Portanto uma vida de 7 a 8 anos para o implemento exprime um e quilíbrio entre as considerações apontadas.

8. ENSAIOS E TESTES DOS PROTÓTIPOS

Neste momento deseja-se obter informações quanto ao de sempenho real da máquina quando submetida às variáveis previstas e/ou desejadas e as imprevistas e/ou indesejadas.

Pode-se observar o desempenho isoladamente para cada u nidade, mas aí perde-se o comportamento do conjunto, além de re petir o mesmo teste ou ensaio para cada unidade considerada, im plicando em possíveis adaptações para uma delas em cada ensaio e teste, o que no fim acarreta num volume grande de mão-de-obra e tempo. É mais interessante, então, fazer-se os ensaios e testes num protótipo da máquina em escala reduzida, fazendo-se si mulações do terreno, da qualidade e quantidade de resíduos, e de mais variáveis pertinentes. Isto implica na elaboração de um campo de prova que apresente todas as situações imaginadas no projeto. Os testes e ensaios são elaborados de tal forma que os seus resultados permitam obter as informações necessárias para indicar com boa margem de segurança sua aprovação ou re provação. Para que esta avaliação seja possível é necessário definir os resultados que representam aprovação ou reprovação.

No que diz respeito aos testes para avaliação do des gaste e da corrosão pode-se simular as condições de trabalho - criando-se em laboratório a atmosfera corrosiva, a presença cons tante da areia, os eventuais banhos de água salgada, a temperatura e umidade de trabalho, radiação solar. O protótipo para es tes testes pode ser em escala reduzida da máquina e para efeito da avaliação do desgaste em tempo mais curto é necessário o fun cionamento contínuo e acelerado do protótipo. Para avaliar a cor rosão sofrida pelos elementos do protótipo em tempo mais curto é necessário criar-se uma atmosfera corrosiva que acelere o pro cesso e que dê condições de se fazer projeções dos resultados nas condições reais de operação.

Por ser um projeto destinado a uma baixa produção, não há grandes exigências de garantia de desempenho, confiabilidade e durabilidade, e ao mesmo tempo, não há grande disponibilidade de verba para o emprego em protótipos. Portanto apenas um protó

tipo funcional é aconselhável para ensaios e testes.

Os ensaios, obviamente por problemas de custos, devem ser capazes de confirmar a níveis pouco profundos as análises da sensibilidade, compatibilidade e estabilidade, que garantem assim que os problemas mais gritantes não ocorrerão com a máquina pronta.

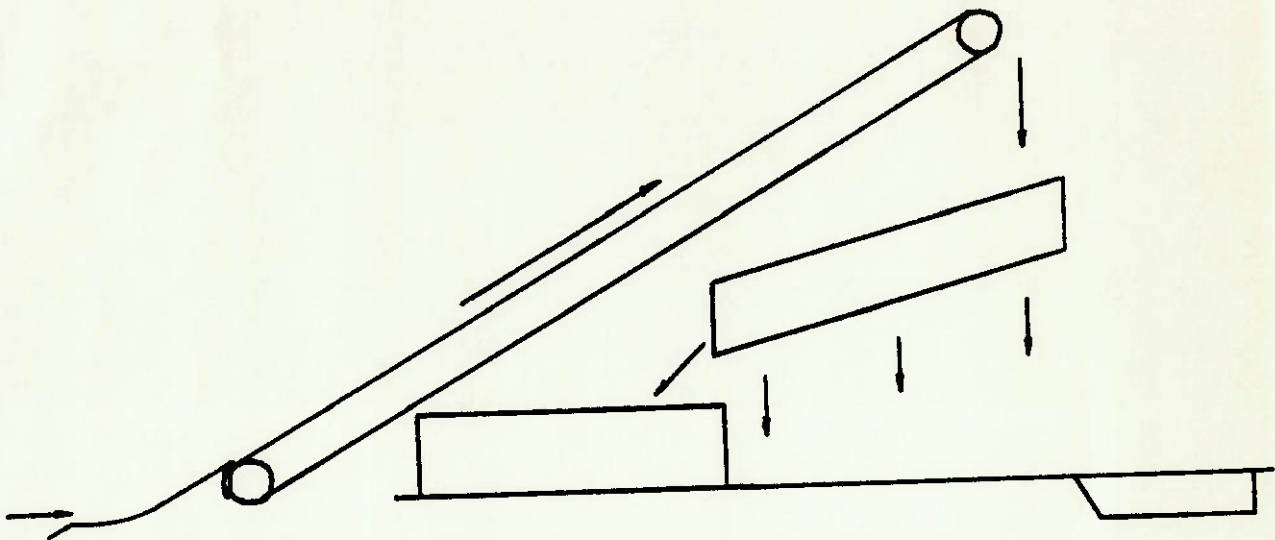
Os testes referentes à durabilidade e confiabilidade, que estão associados com o desgaste e a corrosão, devem ser mais profundos que os demais por serem a durabilidade e confiabilidade requisitos operacionais importantes que garantem a manutenção e ampliação do mercado de vendas.

A seguir é elaborado um cronograma para a fase de ENSAIOS E TESTES DE PROTÓTIPOS, que vai desde do projeto do protótipo até a análise final dos ensaios e testes. Este cronograma prevê os ensaios operacionais "in loco" durante o período de dezembro, janeiro e fevereiro, portanto a evolução do cronograma visa um bom concatenamento com a chegada destes três meses.

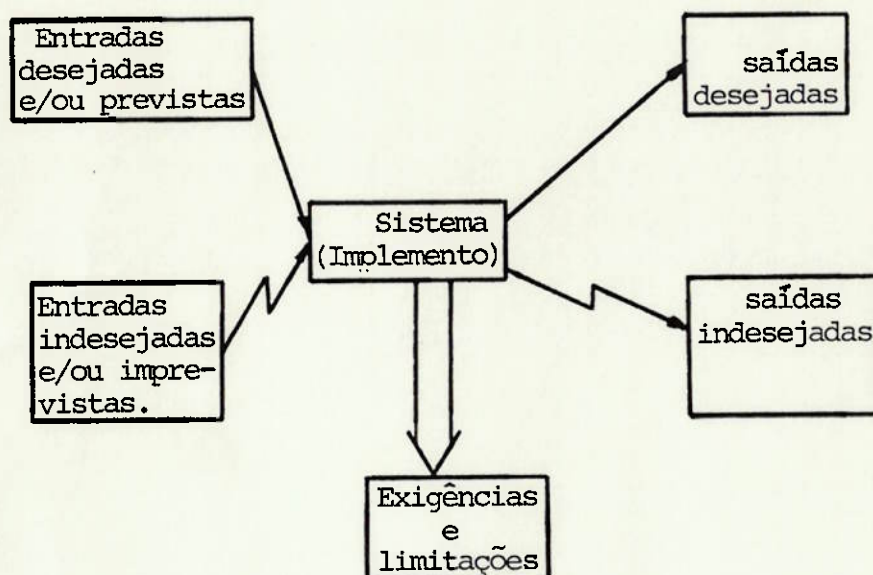
ANÁLISE FINAL DOS ENSAIOS E TOMADA DE DECISÃO: CERTIFICAR O PROJETO BÁSICO OU ELABORAR MODIFI- CAÇÕES.			8º MÊS
ENSAIOS OPERACIONAIS NA PRAIA	Operação Pesada	Janeiro	6º MÊS
		Fevereiro	7º MÊS
	Operação Leve	Dezembro	5º MÊS
ENSAIOS OPERACIONAIS E FUNCIONAIS NO "CAMPO DE PROVA"			
PROJETO E EXECUÇÃO DO PROTÓTIPO	MONTAGEM DO PROTÓTIPO	TESTE EM LABORATÓRIO PARA A AVALIA- ÇÃO DOS MELHORES MATERIAIS E TINTAS QUANTO AO DESGASTE E CORROSÃO	4º MÊS
	ANÁLISE DOS ENSAIOS E TOMADA DE DECISÃO: SEGUIR EM FRENTE OU ELABORAR NO- VOS COMPONENTES		3º MÊS
	ENSAIOS DOS COMPONENTES FABRICADOS		2º MÊS
	COMPRA DOS COMPONENTES E FABRICAÇÃO DAQUELES QUE NÃO EXISTEM NO MERCADO.		1º MÊS
	DESENHO DO PROTÓTIPO E INDICAÇÃO DE SEUS COMPONENTES		
VISUALIZAÇÃO DO PROTÓTIPO			

9. SIMPLIFICAÇÃO

Os mecanismos e processos envolvidos são simples. As simplificações cabíveis são aquelas que dizem respeito à redução do tamanho global da máquina, isto é, um rearranjo das diversas unidades. A seguir é esboçado um arranjo com esta finalidade:



O novo arranjo prevê uma unidade de armazenamento com funcionamento diferente, por estar confinada numa região que não permite outra movimentação além da transversal para realizar a descarga.

ANEXO IO IMPLEMENTO TRATADO COMO SISTEMA

1. ENTRADAS PREVISTAS E/OU INDESEJADAS.

- areia com um nível de resíduos sólidos definidos;
- energia mecânica, hidráulica, pneumática ou elétrica;
- comandos para enfrentar as características físicas do terreno, realizar a limpeza e permitir o transporte pelas vias públicas.

2. ENTRADAS IMPREVISTAS E/OU INDESEJADAS.

- areia úmida;
- coleta de objetos que ultrapassam sua capacidade de coleta;
- coleta de objetos fixos na areia;
- sobrecarga de resíduos a ser transportados;

- obstruções ao movimento;
- irregularidades do terreno;
- tráfego em terreno alagadiço;
- condições ambientais desfavoráveis;
- acidentes, colisões, abalroamentos;
- tráfego em terreno inclinado;
- comandos errados.

3. SAÍDAS DESEJADAS.

- areia devolvida à praia com um nível de resíduos sólidos definido;
- energia mecânica, luminosa;
- desempenho;
- confiabilidade;
- segurança;
- resíduos acumulados e despejados;
- transporte em geral;
- distribuição uniforme da areia restituída à praia;
- manobrabilidade;
- estabilidade.

4. SAÍDAS INDESEJADAS.

- ruídos;
- energia na forma de calor;
- oscilações;
- aparência e dimensões;
- aparência e dimensões;
- acúmulo de areia;
- retorno dos resíduos sólidos à superfície da praia;
- emissões líquidas;
- emissões sólidas;

- desgaste;
- tombamento;
- quebras.

5. LIMITAÇÕES SOBRE O IMPLEMENTO.

5.1- LIMITAÇÕES GEOMÉTRICAS.

- tráfego nas vias públicas;
- rebocável por veículo existente no mercado;
- garantias de estabilidade;
- limitações impostas pelas características do terreno.

5.2- LIMITAÇÕES PELO OPERADOR.

- máxima confiabilidade;
- mínimo custo de aquisição;
- máxima durabilidade;
- mínimo custo de operação;
- mínimo custo de manutenção.

5.3- LIMITAÇÕES LEGAIS.

- legislação que regulamenta o uso de veículos nas praias e em vias públicas;
- velocidade máxima permitida na praia;
- nível de ruído;
- tempo permitido para uso do implemento nas praias;
- horário de serviço;
- nível de poluição.

ANEXO IILEVANTAMENTO DE DADOS JUNTO À VEGA-SOPAVE DO GUARUJÁ

Foi feita uma visita junto à VEGA SOPAVE do Guarujá, responsável pela manutenção da limpeza das praias, ou seja, coleta dos resíduos sólidos das praias daquele município.

A seguir é mostrado os dados e informações sobre a coleta lá obtidos:

1. são coletados desde vegetação proveniente dos canais da cidade, vegetação que aparecem em consequência das tempestades, madeira, pneus, troncos e galhos de árvores, peixes, copos, latas, cascas de frutas, restos de côco, sabugo de milho, embalagens em geral, garrafas (exporadicamente) e lixo proveniente do comércio ambulante.

2. quantidade de resíduos coletada por dia ao longo do 18 km de praias:

- fora de temporada: 4 ton/dia
- temporada: 12 ton/dia.

3. a frequência da limpeza das praias é diária, todos os dias passa-se o rastelo a reboque do trator ao longo dos depósitos de resíduos deixados pelas marés e uma vez por semana passa-se o rastelo ao longo de toda praia.

4. a limpeza é feita manualmente ao longo de todo dia (durante a noite não há).

5. o caminhão só pode entrar na praia no período noturno para fazer a coleta final dos resíduos.

6. para fazer a limpeza diária dos 18 km de praias é utilizado um contingente de 262 funcionários.

7. Houve uma tentativa da VEGA SOPAVE de mecanizar o processo de coleta, mas a máquina construída durou quinze dias, não resistindo à atmosfera corrosiva.

ANEXO IIIOTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DA MÁQUINA

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.

Em princípio nesta análise é necessário que a distribuição dos reservatórios de armazenamento, para apoio da operação de coleta, seja tal que não necessite o desvio do percurso normal de coleta, isto é, tais reservatórios se encontram à margem do percurso de coleta que a máquina tem que fazer.

Feita a consideração acima é mostrado abaixo um diagrama que mostra a quantidade média de resíduos coletados ao longo do ano para cada mês:

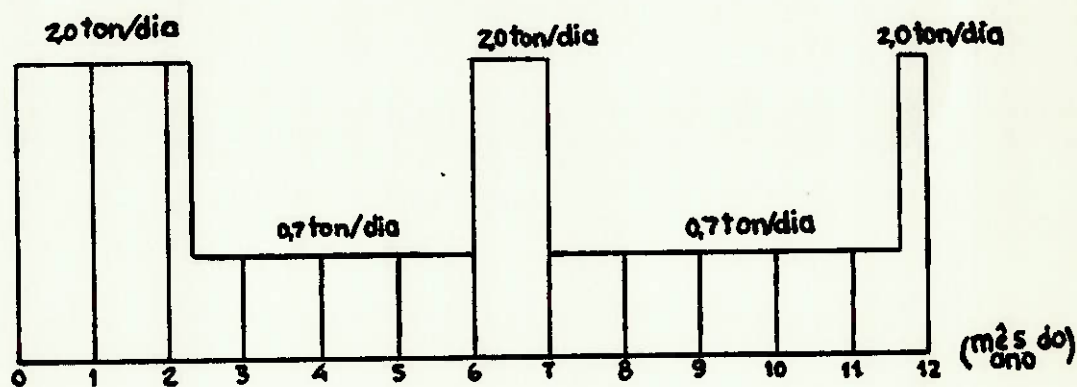
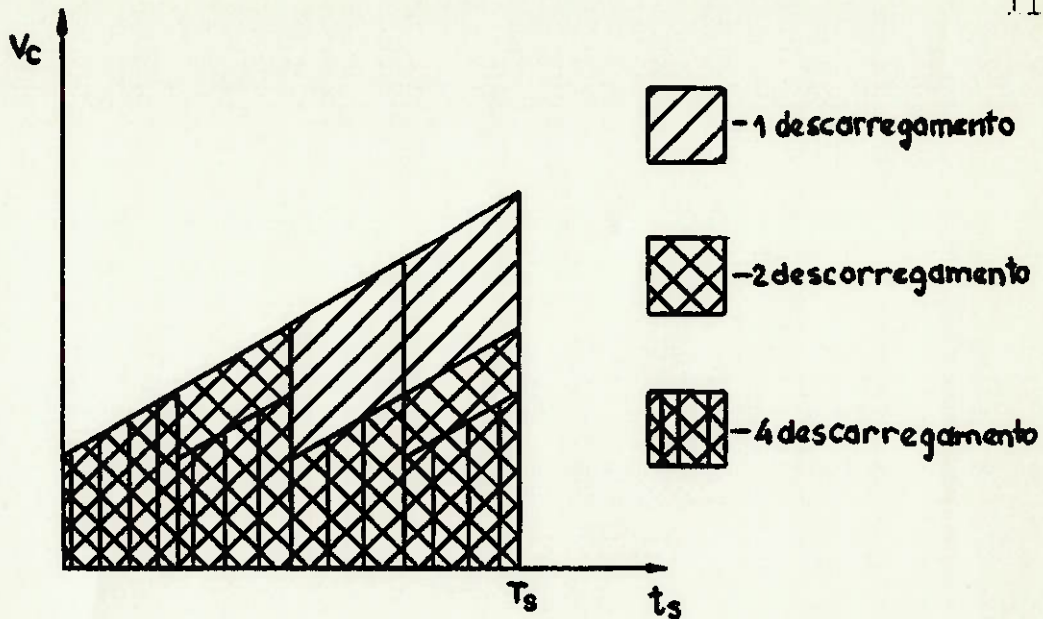


Fig.1A

2. CUSTO ASSOCIADO INDIRETAMENTE COM AS PARADAS.

Neste item procura-se obter uma relação entre a carga de resíduos armazenados na máquina e o custos devidos ao consumo de combustível. Para tanto considere-se o gráfico a seguir:



Supondo:

- aumento de carga varia linearmente com o tempo -
transcorrido;

- velocidade de consumo de combustível varia linear-
mente com a carga armazenada;

Pode-se assim estabelecer o consumo de combustível
em função do número de paradas para descarregamento ao longo
de um dia de serviço.

Seja:

- v_c : velocidade de consumo: $\frac{\text{volume}}{\text{tempo}}$

- p : número de descarregamentos ao longo de um -
dia de serviço;

- t_s : tempo de serviço transcorrido;

- C : consumo;

- $v_c = k_c t_s + b$ (linear com t_s);

- T_s : período de um dia de serviço;

- t_0 : início dos tempos.

O consumo (C) é dado pela área sob o gráfico de $v_c \times t_s$, ou seja:

$$\begin{aligned}
 C &= \int_{t_0}^{t_0+T_s} v_c dt = \int_{t_0}^{t_0+T_s} (k_c t_s + b) dt \\
 &= \frac{k_c t_s^2}{2} \Big|_{t_0}^{t_0+T_s} + b t_s \Big|_{t_0}^{t_0+T_s} \\
 \text{genericamente: } C &= p \frac{k_c t_s^2}{2} \Big|_{t_0}^{t_0+T_s/p} + p b t_s \Big|_{t_0}^{t_0+T_s/p} \\
 &= p \frac{k_c}{2} \left(t_0 \frac{T_s}{p} + \frac{T_s^2}{p^2} \right) + p b T_s \\
 C &= \frac{k_c}{2} \left(t_0 t_s + \frac{T_s^2}{p} \right) + p b T_s
 \end{aligned}$$

A este consumo está associado um custo U' da forma:

$$U' = P_c \cdot C$$

$$\text{Portanto: } U' = P_c \left[\frac{k_c}{2} \left(t_0 T_s + \frac{T_s^2}{p} \right) + p b T_s \right]$$

3. CUSTO ASSOCIADO DIRETAMENTE COM AS PARADAS.

Considerando-se:

- mesmo tempo de serviço diário (T_s) que no item anterior;

- o tempo associado a cada descarregamento não varia com a quantidade a ser descarregada, e este tempo não é supe-

rior a 5 minutos.

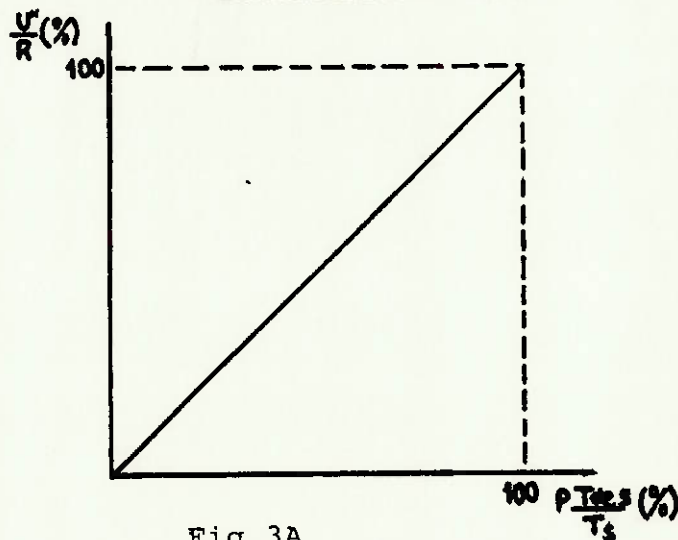
- T_ℓ : tempo de serviço realmente produtivo;
- T_{des} : tempo dispendido em cada descarregamento;

Supondo não haver imprevistos, o tempo total de serviço é:

$$T_s = T_\ell + p T_{des} \quad T_\ell = T_s - p T_{des}$$

Associado ao tempo improdutivo ($p T_{des}$) temos um custo U'' .

Há uma receita (R) para o serviço prestado que exige um tempo de serviço (T_s) diário. Supondo que o custo do tempo improdutivo tem variação linear com a variação do tempo improdutivo, é obvio que quando não há tempo improdutivo não há custo envolvido, e quando o tempo improdutivo for igual a T_s o custo envolvido é a própria receita diária (R). Baseado no exposto acima foi feito o gráfico abaixo:



$$\frac{U''}{R} = \frac{p T_{des}}{T_s} \quad U'' = p \frac{T_{des}}{T_s} R$$

4. CUSTO TOTAL.

O custo total U é, portanto, igual à soma das duas parcelas:

$$U = U' + U'' = P_c \left| \frac{k_c}{2} \left(t_o T_s + \frac{T_s^2}{p} \right) + p b T_s \right| + p \frac{T_{des}}{T_s} R$$

Abaixo é feita uma composição das duas curvas representativas dos custos em função do número de paradas:

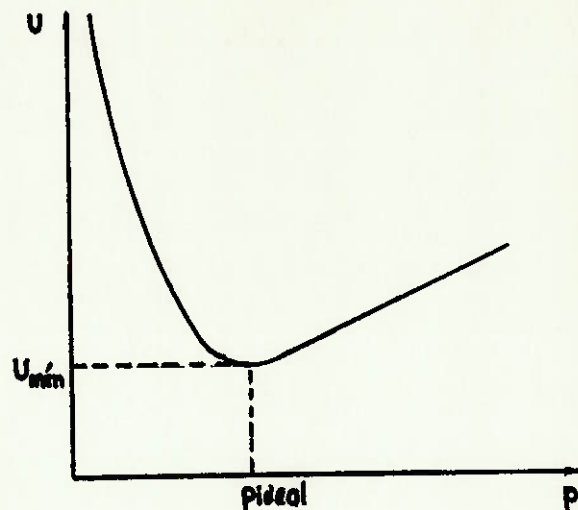


Fig. 4A

p_{ideal} : número ideal de paradas para descarregamentos.

$$\left. \frac{dU}{dp} \right|_{p_{ideal}} = 0$$

$$\frac{dU}{dp} = \frac{T_{des}}{T_s} R + P_c \cdot b T_s - \frac{P_c k_c T_s^2}{2 p^2}$$

$$\left. \frac{dU}{dp} \right|_{p_{ideal}} = \frac{T_{des}}{T_s} R + P_c \cdot b T_s - \frac{P_c k_c T_s^2}{2 p_{ideal}^2} = 0$$

$$p_{ideal} = T_s \sqrt{\frac{P_c k_c}{2 \left(\frac{T_{des}}{T_s} R + P_c \cdot b T_s \right)}}$$

Tendo-se o número ideal de paradas para descarregamento e a carga de resíduos a ser carregada pela máquina diariamente em períodos de temporada. A capacidade de armazenamento ótima é então:

$$\begin{aligned} - \text{capacidade em massa: } K'_m &= \frac{2,0 \text{ ton}}{P_{\text{ideal}}} \\ - \text{capacidade volumétrica: } K'_v &= \frac{6,7 \text{ m}^3}{P_{\text{ideal}}} \end{aligned}$$

Como os dados obtidos a respeito da quantidade de resíduos representam um valor médio, deve-se levar em conta as oscilações que há em torno da média. Considerando essa flutuação como sendo no máximo de 20% do valor médio, tem-se:

$$\begin{aligned} - K_m &= 1,20 K'_m \\ - K_v &= 1,20 K'_v \end{aligned}$$

ANEXO IVESPECIFICAÇÕES DA QUALIDADE GLOBAL DE LIMPEZA

1. O QUE SE DESEJA:

Em termos gerais a qualidade deve ser maior ou igual àquela obtida pelo método atual de rastelamento. O rastelo pode ser encarado como um selecionador de resíduos tipo passa-não-passa. A princípio o rastelo permite a passagem de resíduos com dimensões menores que seus entre-dentes, mas, pelo próprio mecanismo à medida que se acumulam os resíduos junto aos dentes a passagem de novos resíduos que normalmente passam fica impedida.

O que se deseja é que o processo permita reter os resíduos sólidos de seção característica superior a um valor pré estabelecido.

2. DEFINIÇÃO.

Define-se a seção característica de um sólido como sendo a maior área dos círculos centrados ao longo de uma curva não fechada e que une dois bordos do sólido, onde a seção normal a esta curva seja circunscritível a menor circunferência possível. Dentre todas essas circunferências ao longo da curva considere-se aquela que for maior. Agora para cada uma dessas circunferências obtida para cada curva considere-se a menor. A seção correspondente a esta circunferência é atribuído o nome de seção característica do sólido.

Todo resíduo sólido com seção característica maior que um valor determinado é incapaz de transpassar um orifício com diâmetro correspondente à seção característica.

3. ESCOLHA DO PROCESSO

O processo de peneiramento é, dentro dos processos de separação sólido -sólido, aquele que se ajusta melhor à heterogeneidade dos resíduos sólidos que compõem o lixo.

Assim sendo pode-se estabelecer a seção característica mínima para os resíduos sólidos:

$$S_c = \pi (10 \text{ mm})^2 = 100\pi \text{ mm}^2$$

4. ESPECIFICAÇÕES DAS PERDAS IMPREVISÍVEIS.

Quanto às perdas imprevisíveis de resíduos sólidos ao longo de todo o processo impõe-se o seguinte:

	porcentagem em volume dos resíduos sólidos selecionáveis.
perda no recolhimento	0,029
perda no transporte externo	0,026
perda no peneiramento	0,026
perda no armazenamento	0,019
perda total	0,1

Dentre esses resíduos perdíveis ao longo do processo, são em maior número aqueles transportáveis pela ação dos ventos e os demais em menor número e sujeitos à aleatoriedade.

A coleta deve incluir os resíduos sólidos do tamanho de toras de madeira de até 1 m de comprimento e 20cm de diâmetro, paralelepípedos de calçamento, pneus de automóveis e outros que tenham tamanhos similares.

ANEXO VESPECIFICAÇÕES FUNCIONAIS DA MÁQUINA COMO VEÍCULO

1. QUANTO AO TRÁFEGO EM VIAS PÚBLICAS.

- limitação de carga por eixo;
- limitação da altura;
- limitação da largura;
- limitação do comprimento;
- nível de ruídos máximo;
- iluminação para tráfego noturno;
- freios que permitam respostas rápidas e seguras;
- freio de estacionamento para inclinação de até 15%;
- realizar curvas juntamente com o veículo motor:
raio: 8 m.

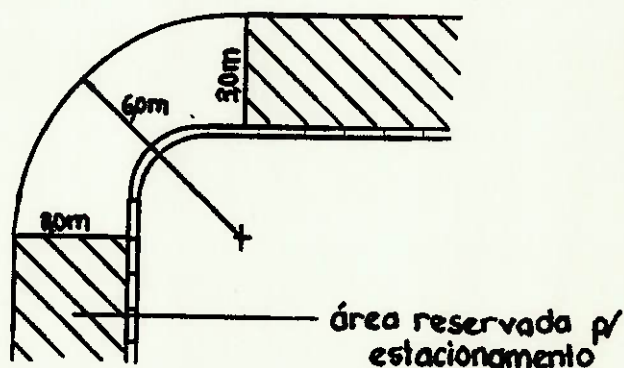


Fig. 5A

- utilização de pára-choques junto à parte traseira e lateral.

2. QUANTO AO TRÁFEGO EM PRAIAS.

- dirigibilidade e desempenho em areia fofa, úmida e encharcada;
- enfrentar buracos de até 20cm de profundidade sem, contudo, comprometer o processo em geral;
- enfrentar lombadas de até 20cm de altura em 30cm de comprimento, sem, contudo, comprometer muito o processo;
- aguentar os choques devidos aos obstáculos descritos nos dois últimos itens;
- prever o uso de pára-lamas.

3. QUANTO À POSSIBILIDADE DE OPERAR À NOITE.

- iluminação da região onde está ocorrendo a coleta;
- iluminação para auxiliar no despejo do lixo armazenado;
- tomada de luz para facilitar pequenos reparos exigidos durante a operação.

4. QUANTO À INCLINAÇÃO DO TERRENO.

- inclinação não superior a 14° .

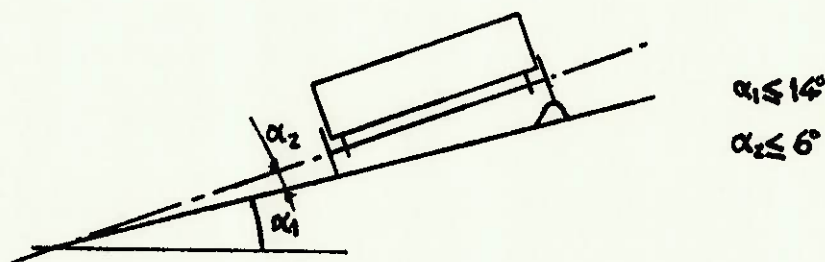


Fig. 6A

5. QUANTO À OPERAÇÃO DA MÁQUINA.

- operada por apenas uma pessoa;
- comandos de fácil manuseio e à mão do operador;
- boa visibilidade do operador daquilo que está sendo coletado e da região que está sendo limpa (utilizar espelhos para evitar que o operador se descuide ao girar o pescoço para trás);
- uso de chave protetora e/ou fusível para fazer o corte de força quando ultrapassar o limite suportável pelo sistema;
- uso de freios nas tomadas de força de cada unidade para corte de movimento quando o operador sentir a eminência de um acidente.

6. QUANTO À OSCILAÇÕES.

- a unidade de coleta não tolera oscilações, pois - prejudicam em demasia a coleta;
- as demais unidades não são tão comprometidas pelas oscilações quanto a unidade de coleta, pois são - previstas proteções laterais que impedem o arremes - so dos resíduos para fora da máquina.

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERY, Paulo Adib; "Tratamento de Minérios e Hidrometallurgia", Recife; ITEP; 1980.
2. ASIMOV, Morris; "Introdução ao Projeto Fundamentos do - Projeto de Engenharia", São Paulo, Mestre Jou; 1968.
3. CASE, "Manual Básico p/Retroescavadeira e Cavadeira";
4. CMTIC/PROMECA; "Tróleibus: Veículo de dois eixos-especificações técnicas"; São Paulo; CMTIC; 1980.
5. CMTIC/PROMECA; "O Ônibus Urbano: seminários apresentados"; São Paulo; CMTIC; 1979.
6. EHRLICH, Pierre Jaques; "Engenharia econômica avaliação e seleção de projetos de investimento"; São Paulo, Atlas; 1983.
7. LUND, Lars, H.; "Peneiramento e peneiras: trabalho apresentado no 1º Simpósio de Tratamento de Minérios"; São Paulo; FAÇO; 1966.
8. MADUREIRA, Omar Moore de; "Projeto Industrial", São Paulo; Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP.
9. SPIVAKOVSKY, A.; "Conveyors and related equipment"; Moscow, Peace.
10. TOMMASI, L.R.; "A Organização do Meio Ambiente"; São Paulo; Nobel; 1976.

11. WALLACE, Bruce; "Biologia Social: a humanidade, suas necessidades, ambiente, neologia"; São Paulo; EDUSP; 1978.
12. ZIGNOLI, Vittorio; "Transporte meccanici: tecnica ed economia"; vol.2; Milano, Hoepli, 1952-53.