

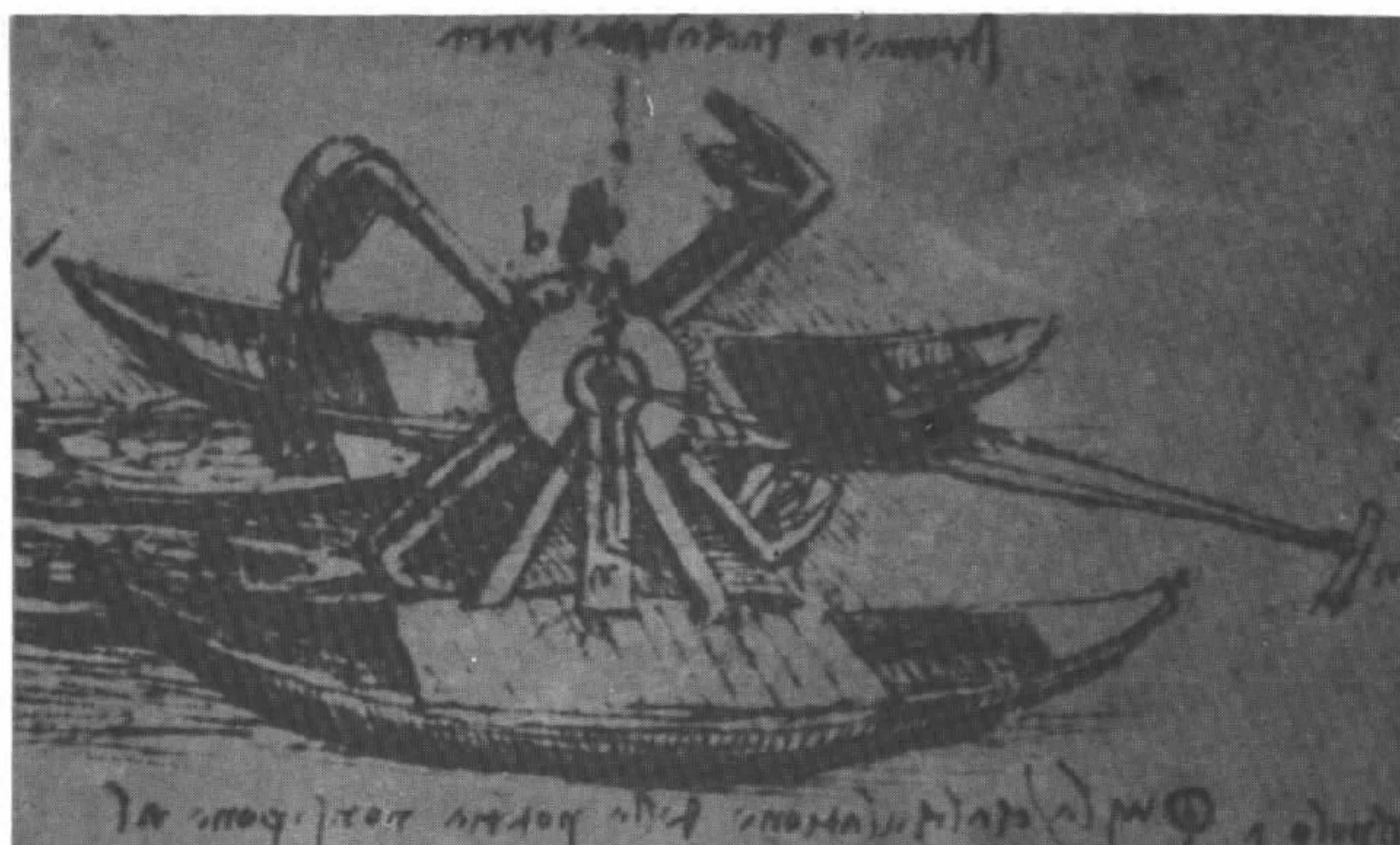
COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

PROJETO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
DA PEQUENA MINERAÇÃO



PHL 5267

A UTILIZAÇÃO DE DRAGAS
NA MINERAÇÃO DE ALUVIÕES



ELEMENTOS PARA MONTAGEM
DE UMA POLÍTICA DE OURO
PARA O BRASIL.

DIRETORIA DA ÁREA DE PESQUISAS - DAP

SÉRIE DRAGAS Nº 1



CPRM

Janeiro/83

CAPA: Draga projetada por Leonardo da Vinci (1452-1519) em tudo se
melhante a um catamarã, ou jangada indiana. Ele mesmo expli
ca o funcionamento: "As pás servem para retirar a lama do fun
do e descarregá-la na balsa que fica atrás".

PROJETO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

DA PEQUENA MINERAÇÃO

A UTILIZAÇÃO DE DRAGAS

NA MINERAÇÃO DE ALUVIÕES

Engº GASTÓN PEREIRA BASCOPE

Engº ROBERTO LOBO D'ALVEAR

JANEIRO/83



DRAGA CHINESA - em operação no ano de 1565.

S U M Á R I O

1	-	INTRODUÇÃO	01
2	-	OS SOLOS E A DRAGAGEM	02
		2.1 - Fases do Processo de Dragagem	04
		2.2 - Classificação dos Tipos de Solo	04
		2.3 - Rompimento da Coesão	04
		2.4 - Transporte	05
		2.5 - Desgaste	05
3	-	TIPOS DE DRAGAS	06
4	-	MINERAÇÃO COM DRAGAS	10
		4.1 - Considerações Gerais	12
		4.2 - Aplicações Atuais e Futuras	13
		4.3 - Comentários Sobre a Dragagem como um Método de Mineração	15
		4.4 - A Evolução do Equipamento de Dragagem em uma Mi neração de Ouro na Nova Zelândia	15
		4.5 - A Eficiência da Dragagem	16
5	-	CAPACIDADE DE DRAGAGEM	18
6	-	DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO EM OPERAÇÕES DE DRAGAGEM	19
7	-	CUSTOS	20
8	-	MINERAÇÃO DE PEQUENOS DEPÓSITOS	22
		8.1 - Sistemas de Mineração Utilizados.....	22
9	-	BIBLIOGRAFIA	27

APRESENTAÇÃO

Mais um documento técnico concernente ao Ouro é aqui trazido à discussão, no âmbito dos geólogos e engenheiros da Diretoria de Pesquisa da CPRM.

Quis o nosso eminente e estudioso engenheiro Dr. Gastón Pereira Bascope e seu Assistente Eng. Roberto Lobo D'Alvear, baseados em experiências vividas na prática, dar mais esta útil contribuição à "causa-do-Ouro", conforme deslanchada pela Companhia.

Concebeu aquele engenheiro uma série especial de publicações internas particularizada para a QUESTÃO DAS DRAGAS e da DRAGAGEM aurífera, de maneira a dar cobertura e orientações técnicas a um tipo de "concepção de lavra", ainda incipiente no Brasil.


Antes da implantação e readaptação para o Ouro no Rio Tapajós, em 1976/77, do sistema rudimentar das pequenas "sugadoras" manuais, usadas para o Diamante pelos garimpeiros venezuelanos, a produção aurífera nacional tinha minguado muito pela exaustão relativa daqueles tipos de minério ligados a aluviões que permitiam ao homem trabalhar neles a seco. Verificou-se aí contudo, uma superação e insuficiência daquelas técnicas primitivas para atingir outros tipos de aluviões auríferos, mormente nos casos de cobertura estéril mais espessa ou, quando o minério jazia no leito aquoso do rio. Fez-se então, a "imitação" e a importação daquela técnica venezuelana. Esta evoluiu bastante, porém, desde que bateu nas mãos dos habilidosos garimpeiros brasileiros.

Em verdade, a CPRM pouco tem podido contribuir no aperfeiçoamento técnico deste tipo de equipamentos para extração de ouro subaquático fluvial. Há aqui um esforço do engenheiro BASCOPE neste sentido, nas suas adaptações ainda não foram testadas na prática. A CPRM pensa montar em 1983 cerca de 15 dragas semi-rudimentares para começar em efetivo, os referidos testes e adaptações visando ao aumento da extração do Ouro e a padronização dos tipos mais apropriados. Se bem que o ideal, e para isto venho forçando meus técnicos, seria dar-se um passo à frente em termos de dimensão das tais dragas-balsas. Isto é, saindo da produção dos 10m³/casalho/dia da atualidade, para cerca de 40 a 50m³/dia.

Ciente estamos, porém, que ainda há graves questões a resolver antes de dar o sinal verde à entrada em operação nos rios auríferos brasileiros das "grandes dragas", importadas ou nacionais. Ao pretender partir logo para estas, o minerador, tradicional ou não, correrá sérios riscos de fracasso técnico e, por conseguinte, econômico.

É por este, e outros fatores, que o Presidente André de Ramos e toda a Diretoria da CPRM, vem dando apoio ao Subprograma da LAVRA-EXPERIMENTAL e seu item específico de "Pesquisa dos Equipamentos".

Ao lançar esta nova série de estudo, em linha exclusiva, cumprimento os técnicos que a conceberam, e almejamos crítica construtiva e o intercâmbio de novas idéias e sugestões.


ÉDISON F. SUSZCZYNSKI - Geólogo
Diretor Técnico - CPRM/MME

1 - INTRODUÇÃO

A retirada de material à mão do leito numa corrente de água para uma canoa, como ainda é feito em algumas partes do mundo, pode ser considerada uma forma de dragagem. Existem evidências sugerindo que os chineses, que em séculos passados estiveram entre as principais nações dedicadas à navegação, foram os que primeiro desenvolveram a arte da dragagem. Sabe-se que os romanos, em sua época, também praticaram operação de dragagem. Desenhos do famoso e inventivo engenheiro Leonardo da Vinci emprestam suporte a esta suposição, não se sabendo, porém, se as dragas que ele projetou chegaram a ser construídas.

Foi somente com a invenção do motor a vapor, embora primitivo em sua forma, que realmente novas possibilidades foram criadas para a dragagem.

Todavia, as primeiras dragas que utilizaram motor a vapor eram mecanicamente tão problemáticas que os "cavalos vapor vivos" continuaram a ser necessários por muitos anos.

A primeira forma de draga mecânica conhecida foi desenvolvida na Holanda durante o século XVI. Era constituída de um equipamento mecânico flutuante para aprofundar canais e portos com uma série de palhetas encadeadas, que raspavam o lodo. A força para o movimento da cadeia de palhetas era feita por 4 homens.

Posteriormente, os cavalos substituíram os homens no suprimento de força necessária para a escavação, possibilitando a construção de dragas maiores e melhores, prosseguindo a evolução com desenvolvimentos mecânicos generalizados.

Por volta de 1785 uma draga de caçamba (alcatruz) com um transportador de caçambas em ângulo de 45º apareceu na Inglaterra. Antes disso era costume manter o transportador de caçambas verticalmente. Acerca do ano de 1802 este novo tipo de embarcação foi modificado e se tornou a primeira draga de caçambas movida a vapor no continente europeu.

E foi a partir destas dragas simples do século passado que se desenvolveram as modernas dragas de caçamba, constituindo-se em um equipamento no qual as mais avançadas técnicas de

transmissão de força e instalações estão sendo empregadas e que continua a ser constante objeto de intensa pesquisa e desenvolvimento.

Em 1882 ocorreu o primeiro sucesso no uso da draga para minerar ouro na Nova Zelândia.

Considerando os aspectos históricos da mineração com dragas, deve ser lembrada uma operação com ouro em Bannock, Montana, onde, em 1895, foi feita uma bem sucedida adaptação das dragas que haviam trabalhado vários anos em dragagem de canal em Chicago, para utilizá-las como dragas de mineração.

Após a 2ª Guerra Mundial observou-se o desenvolvimento de um tipo de draga de sucção portátil, até hoje utilizado nos garimpos do Brasil, onde recebem a denominação de CHUPADEIRAS. Este sistema de dragagem em rios foi desenvolvido por ex-combatentes e utilizado como "hobby" nos descansos de fim de semana na garimpagem de Ouro Aluvionar. Desta maneira, nos Estados Unidos, o duro serviço do garimpeiro foi transformado em lucrativo esporte popular.

2. OS SOLOS E A DRAGAGEM

No passado, a estimativa do solo, nos aspectos técnicos de dragagem, era feita geralmente de maneira qualitativa, muitas vezes a base da impressão de como o solo se apresentava ao tato. Por exemplo, se tomava um punhado de areia e se ia tentando e apalpando em busca de uma orientação sobre a granulometria, ou um pedaço de matéria argilosa que se apertava e amassava para saber algo sobre a plasticidade do solo. Às vezes, se recorria ao sabor e ao odor para se obter uma idéia da composição de uma amostra de solo e das propriedades técnicas para a dragagem. Mediante esta informação concisa, uma forte dose de experiência e outra dose de boa sorte, se selecionavam aos equipamentos necessários para executar a obra, fazendo com eles um programa de produção. Com base nestes valores aproximados foram executadas obras de dragagem muito importantes.

Tudo indica, por uma parte, que muitos aspectos da

técnica de tomar amostras de solos submarinos estão pouco desenvolvidos, e por outra parte, que a interpretação das amostras em relação à obra de dragagem deixa muito a desejar. É de se supor que a maneira tradicional de se retirar amostras de solo submarino não seja muito adequada, com respeito à informação desejada da amostra e ao objetivo da inspeção. Repetidas vezes ocorreu que, para orientar-se sobre um solo submarino arenoso mesclado com seixos arredondados e blocos, foi tomada uma pazada de areia e uma quantidade indeterminada de blocos, a maioria das vezes somente os grandes. Está claro que com estes blocos a amostra estava longe de representar devidamente a relação entre a areia e os blocos do fundo submarino.

Algumas vezes foram executadas obras a base da inspeção superficial de algumas amostras tomadas nos arredores do terreno de dragagem.

Ademais a falta de conhecimentos teóricos quanto ao transporte de matérias diluídas deixava passar a ocasião de um estudo amplo das amostras. Não obstante é da maior importância para a execução acertada de cada obra, investigar todos os detalhes da melhor maneira. Nos últimos anos se manifesta a tendência de, mediante uma série de amostras tomadas de dragagem e um estudo metódico das mesmas, formar uma opinião, a melhor possível, das propriedades do solo submarino, para melhor fundamentar a decisão com respeito ao equipamento necessário à execução da obra.

Uma questão primordial que se faz ao estudar uma obra nova é: Que tipo de solo irá ser dragado? Evidentemente, as propriedades do solo submarino determinam amplamente o grau das dificuldades que podem se apresentar no trabalho, e são muito importantes para determinar o tipo e a capacidade do equipamento empregado. Importante também é a maneira de retirar amostras representativas, na medida do possível não perturbadas, como também o estudo das amostras e do solo submarino in situ, segundo métodos reconhecidos, que fazem prever resultados reproduzíveis. Sobre esta base sólida pode ser feita uma interpretação conveniente para a execução da obra. Ao contrário, um estudo superficial do solo, de amostras em pequeno número ou tomadas inadequadamente, podem ter como consequência a prescrição ou o estabelecimento de um método errado para a execução da obra.

2.1 - Fases do Processo de Dragagem

O processo de dragagem pode ser dividido nas principais fases abaixo:

- Romper a coerência do solo submarino (cortar, diluir, triturar, etc.);
- Escavar o solo (hidraulicamente, por sucção, ou mecanicamente, mediante uma escavadeira);
- Transportar o solo (por tubos ou correias);
- Depositar o solo;
- Tratamento posterior do solo.

2.2 - Classificação dos Tipos de Solo

Geralmente os tipos de fundo se distinguem em três grupos principais:

- 1 - material coerente que pode moldar-se, por exemplo, argila, com um diâmetro máximo de grão de 16 micra;
- 2 - material incoerente, que compreende os tipos de areia e seixos com um diâmetro de grão de 63 micra a 64 milímetros;
- 3 - material coerente consolidado, material rochoso com granito, coral, etc, com dimensões maiores do que 64 milímetros.

2.3 - Rompimento da Coesão

Para desprender o solo coerente, desformável, como a argila, é necessário, na maioria das vezes, um equipamento cortador. Matérias coerentes, consolidadas, geralmente só se desprendem mediante explosivos, equipamentos ou sistemas especiais, idealizados para exercer uma grande força cortadora. A coesão de material incoerente pode ser rompida, muitas vezes, com equipamentos mais simples, com tubos de diluição ou somente pela força de sucção de uma bomba. Este último método se emprega sobretudo para solos sem ou com pouca coesão.

2.4 - Transporte

Quando se succiona o solo para transportá-lo hidraulicamente, o rendimento da operação depende, fundamentalmente, do método de desprender o material, antes de aspirá-lo. A primeira possibilidade é que a coesão do material seja muito pequena, de modo a não requerer cortadores nem explosivos para fragmentá-lo, isto é, quando naturalmente incoerente ou quando compreende zonas de transição entre materiais coerentes, deformáveis, e incoerentes, como a areia muito fina. Então, as propriedades físicas mais importantes são a permeabilidade, a forma natural do talude submarino, o peso específico do grão, a tensão de desligamento e - especialmente para a argila - a viscosidade da mistura aspirada. Na ausência de dados convenientes destas propriedades, um prognóstico do caso talvez possa ser feito mediante distribuição granulométrica, a configuração dos grãos, a porcentagem de água, o peso específico e o volume dos poros do material in situ.

2.5 - Desgaste

Em todo o processo de dragagem a natureza do solo tratado tem um papel muito importante com respeito ao desgaste de todas as partes correspondentes da draga que estão em contato com o solo ou com uma mistura de solo diluído. O desgaste produzido é proporcional às velocidades da mistura, às concentrações da mesma, à configuração da corrente, etc. A importância do desgaste depende, quanto à natureza do solo, da distribuição e da configuração dos grãos, de seu peso específico, dureza e estrutura. Além destes, a composição do solo, mineral e orgânica, determinam a importância do desgaste das partes afetadas do equipamento de dragagem.

3 - TIPOS DE DRAGAS

Apresentamos, em forma sucinta, um quadro resumo dos tipos mais utilizados de Dragas incluindo tamanho (utilizado para cálculo da capacidade) e campo de aplicação mais importante.

TIPO GERAL	TIPO ESPECÍFICO	TAMANHO	APLICAÇÃO
<p>MECÂNICAS</p> <p>Uso geral em águas protegidas. O ritmo de produção é moderado.</p> <p>HIDRÁULICOS OU ASPIRANTES (Sucção)</p> <p>Elevação do material a base de bombas centrífugas.</p> <p>Material dragado: mistura de terra e água.</p> <p>O ritmo de produção é alto para os cortes grosseiros e moderado para os finos.</p> <p>PNEUMÁTICA</p> <p>Transporte dos materiais por pressão hidráulica. O ritmo de produção e o rendimento de sólidos, são bastante elevados.</p>	<p>TIPO "DE CONCHA OU TESOURA"</p> <p>Draga flutuante, podendo ser do tipo lançamento lateral ou de rotação (Fig. 1).</p>	<p>Determinado pelo comprimento do braço que varia até 55m.</p>	<p>Açudes e Represas.</p>
	<p>TIPO "CAZO"</p> <p>Draga flutuante (hoje pouco usada) equipada com uma pá mecânica (Fig. 2).</p>	<p>Determinado pela capacidade da pá que é limitada em 3m³.</p>	<p>Canais pouco profundos.</p>
	<p>TIPO "LINHA DE CAÇAMBAS"</p> <p>Draga flutuante com cadeia contínua de caçambas com bordas cortantes (Fig. 3).</p>	<p>Determinado pela capacidade dos baldes (caçambas), variando de 100 a 1000 litros.</p>	<p>MINERAÇÃO (Aluviões)</p>
	<p>"SUCCÃO SIMPLES"</p> <p>Draga flutuante utilizando tubulações para transporte ou batelões específicos. Tubulação de aspiração conectada a uma bomba centrífuga. Pode ter jorros de água no extremo inferior da tubulação para soltar o material (Fig. 4)</p>	<p>Determinado pelo diâmetro do tubo de sucção, que varia de 250mm a 800 mm.</p>	<p>Trabalha estacionariamente, faz um grande poço profundo onde o material circundante passa a fluir.</p>
	<p>TIPO "CABEQOTE DESAGREGADOR"</p> <p>Inclui desagregador e instalação de sucção. Draga flutuante, na qual cada cano de sucção pode incorporar um sistema de jorros de água ou um acessório tipo escarificador para desprender o material. (Fig. 5).</p>	<p>Determinado pela capacidade das caçambas que podem variar entre 600 e 12.000m³.</p>	<p>Trabalha no aprofundamento de canais e na conservação de canais e portos.</p>
	<p>TIPO "CORTANTE-ASPIRANTE"</p> <p>Draga flutuante, em geral autopropulsora, equipada com cabeça rotativa cortante, de alta potência de corte, situada na entrada do tubo de sucção. (Fig. 6).</p>	<p>Determinado pelo diâmetro do tubo de sucção que varia de 150 a 1100 mm.</p>	<p>Escavação de canais novos, portos, extração de areia.</p>
	<p>"ESCAVADORA DE RODA DE CAÇAMBAS"</p> <p>Draga flutuante similar ao tipo cortante-aspirante; senão a cabeça CORTANTE substituída por uma RODA de caçamba que gira sobre um eixo horizontal transversal ao cano de sucção (Fig. 7).</p>	<p>Determinado pelo diâmetro do tubo de sucção que varia de 150 a 1100mm.</p>	<p>MINERAÇÃO ALUVIÕES</p> <p>de pouca profundidade, conservação de canais e portos, e para operações de materiais de aporte.</p>
<p>O equipamento é normalmente suspenso por barcaça, grua flutuante. O produto dragado é descarregado por batelões ou tubulações a curta distância.</p>	<p>Determinado pelo tamanho do tubo de descarga que pode variar até 300 mm.</p>	<p>MINERAÇÃO (ALUVIÕES), excavação inicial e dragagem de conservação.</p>	

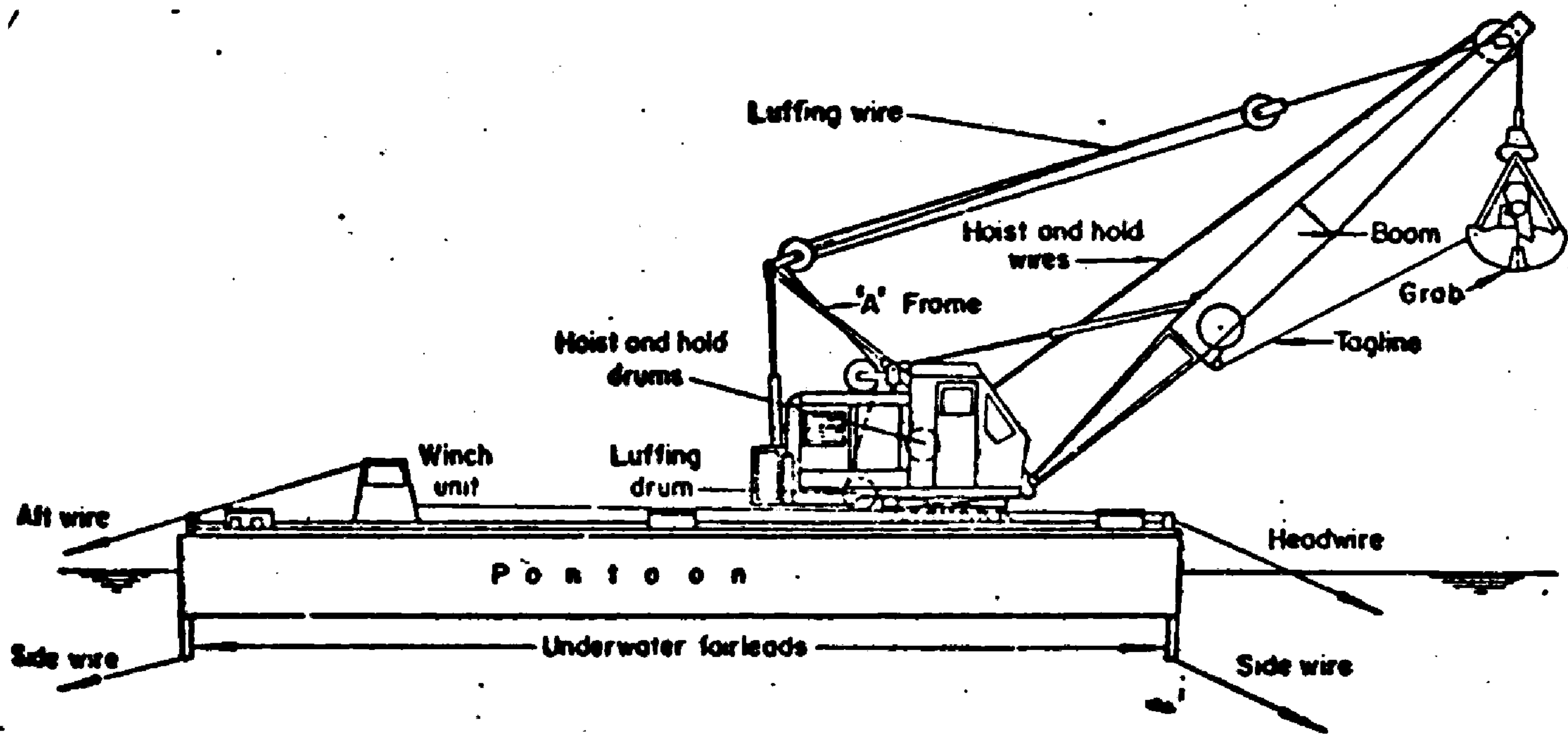


Fig. 1: Draga tipo "concha ou tesoura".

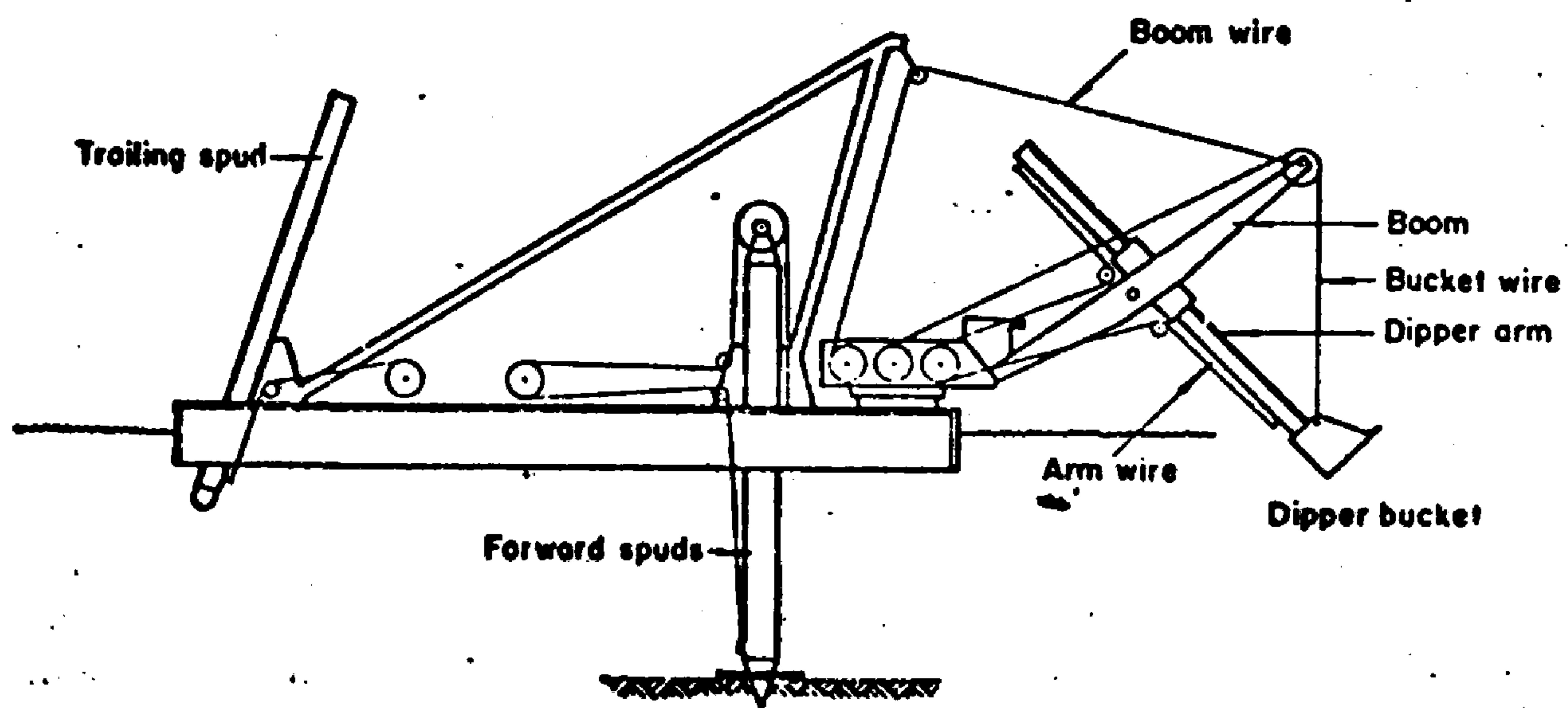


Fig. 2: Draga tipo "Cazo".

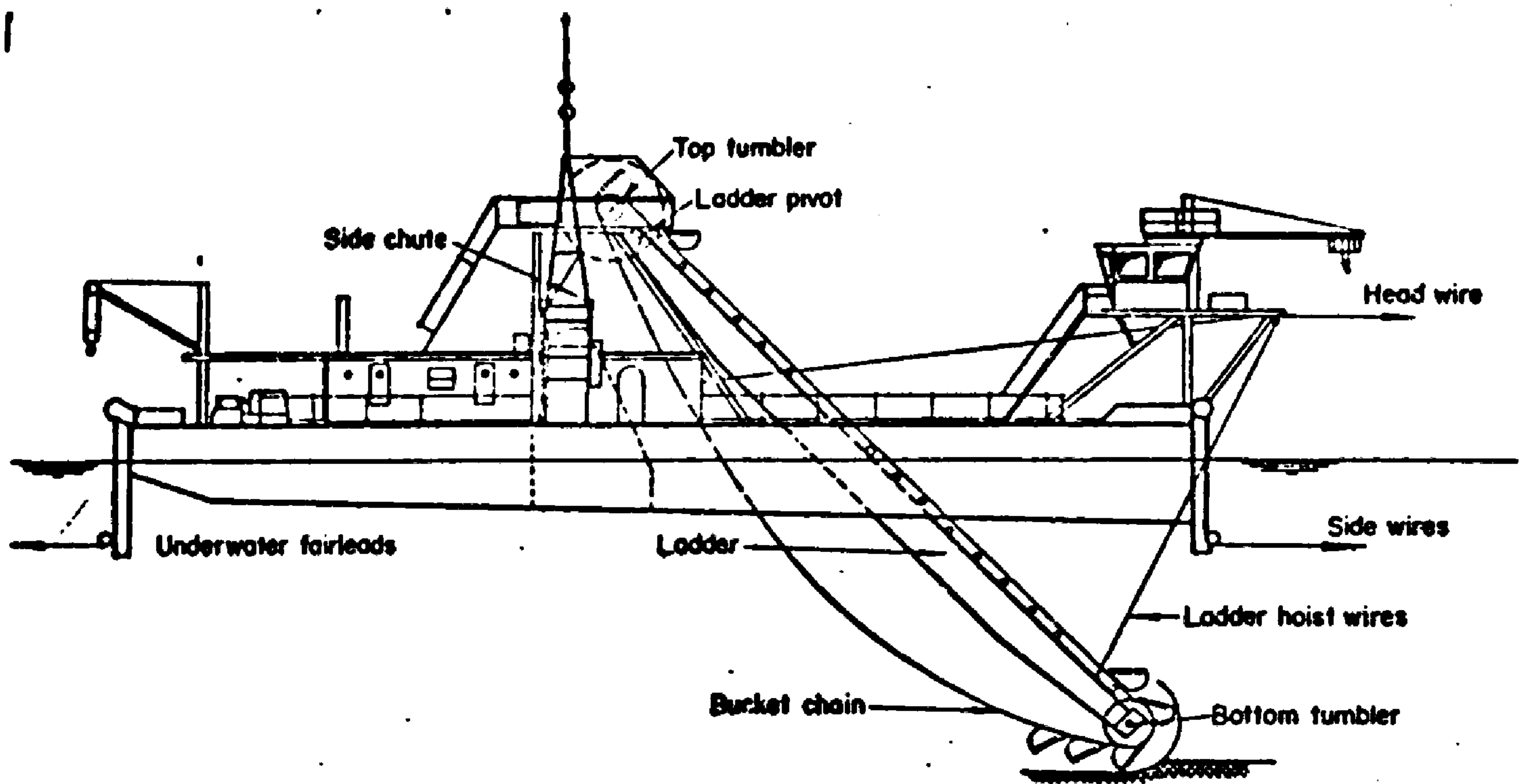


Fig. 3: Draga tipo "linha de caçambas".

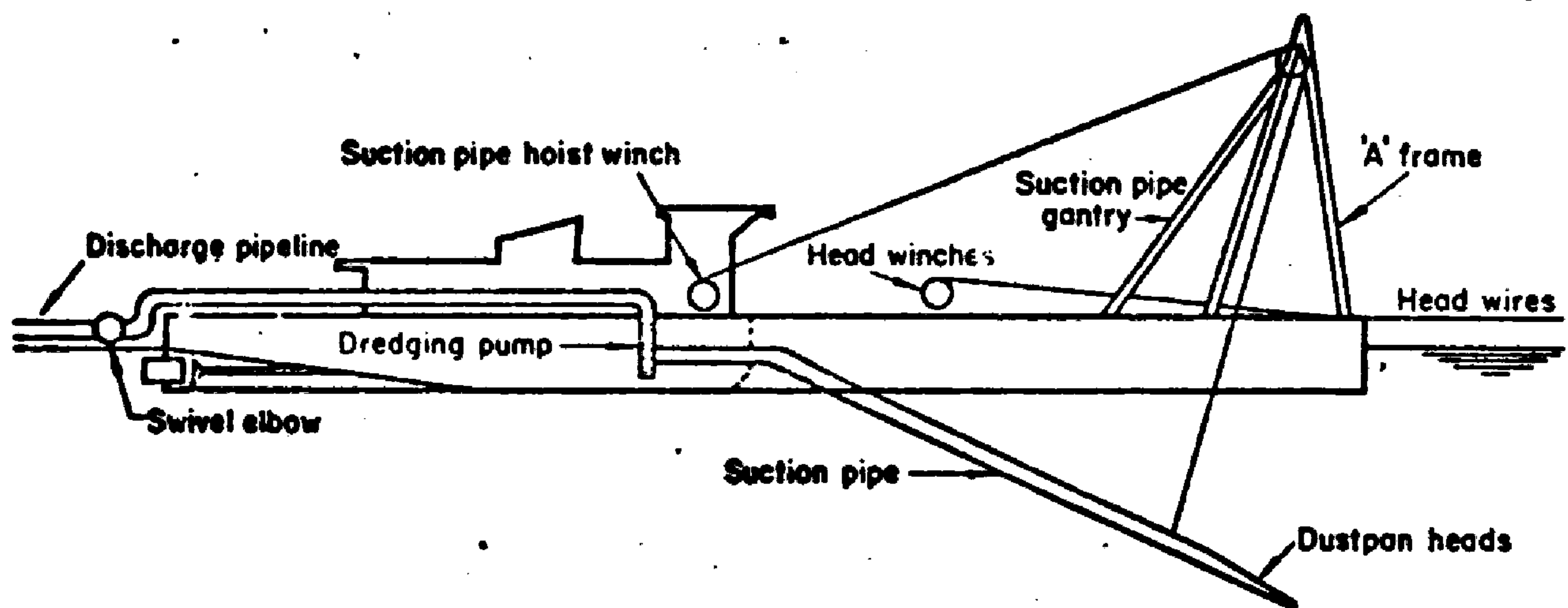


Fig. 4: Draga de "sucção simples".

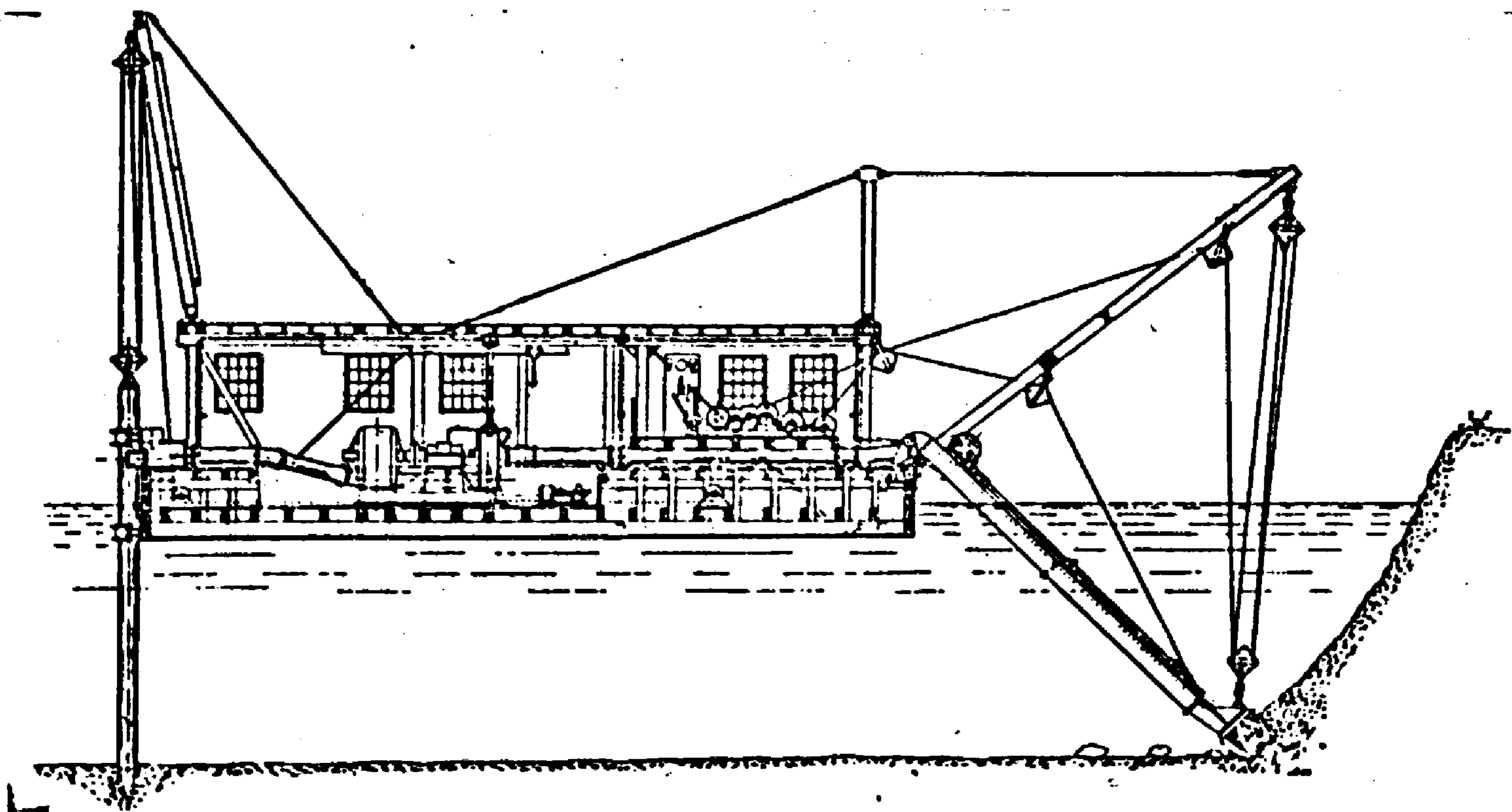


Fig. 5: Draga tipo "Cabeçote Desagregador".

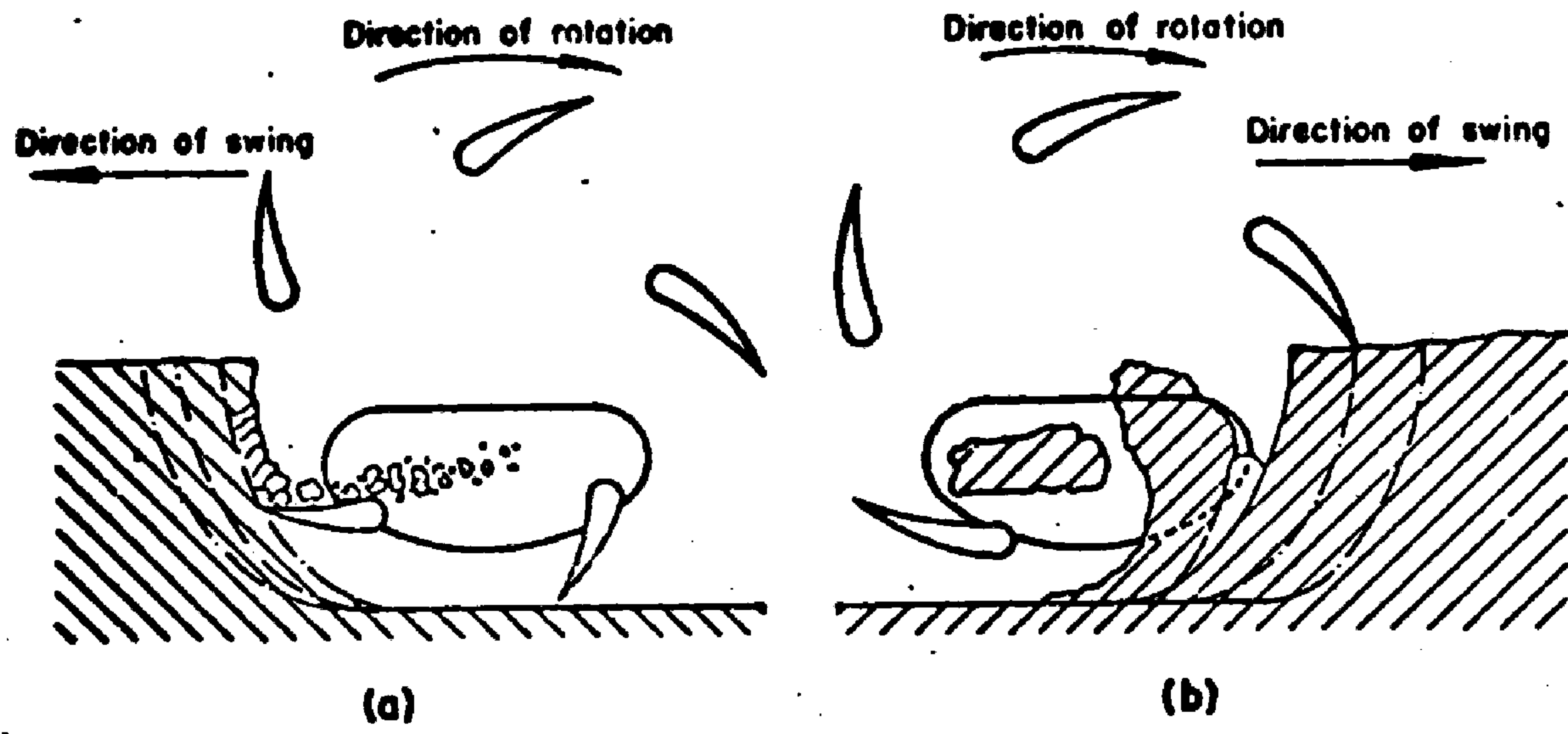


Fig. 6: Draga "Cortante-Aspirante".

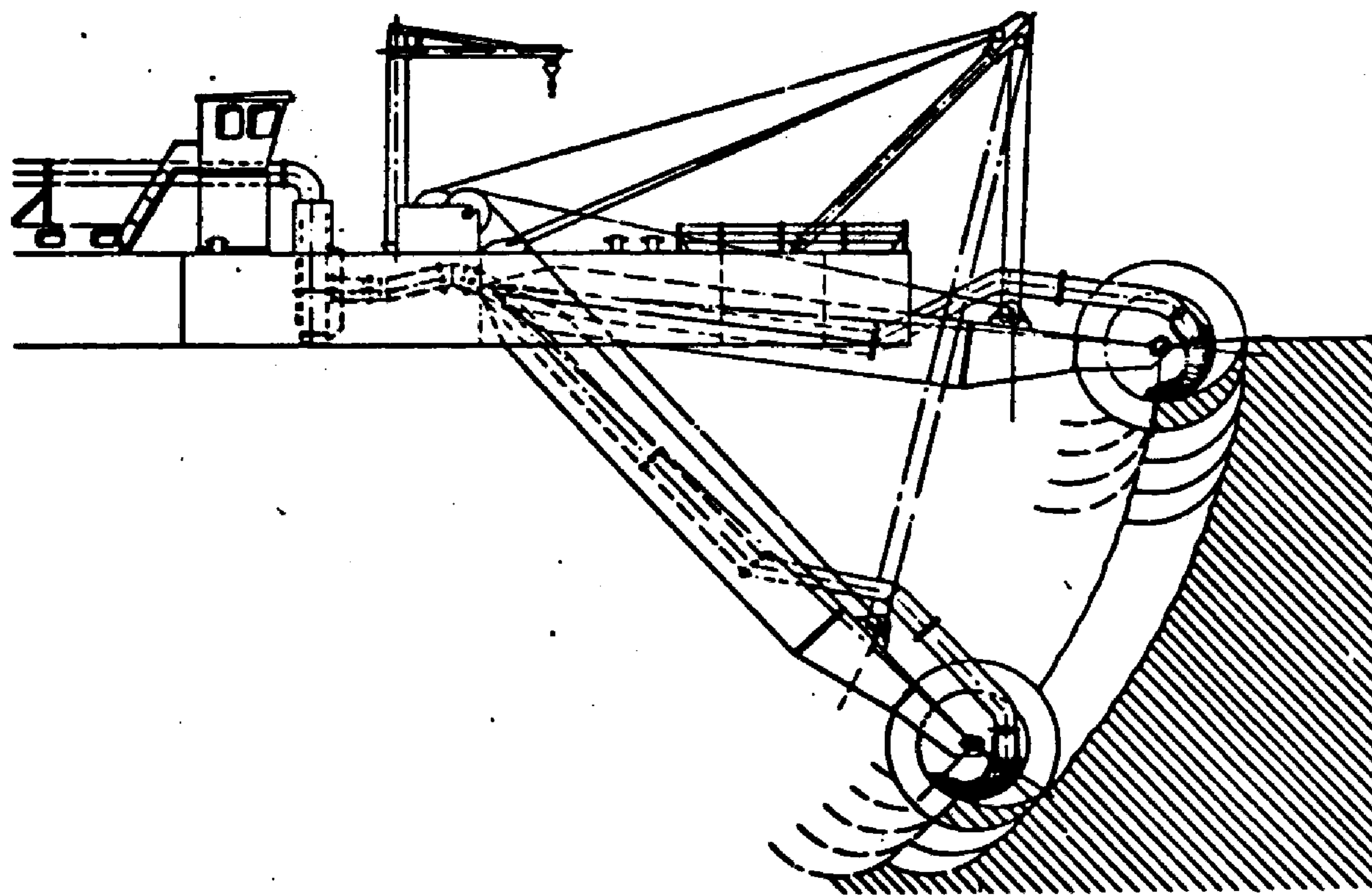


Fig. 7: Draga tipo "Escavadora de roda de caçambas".

4 - MINERAÇÃO COM DRAGAS

A mineração de depósitos minerais aluvionares é realizada de maneira mais econômica com a utilização de dragas. No entanto, certas condições devem ser satisfeitas para tornar possível uma mineração com draga. Para determinar as possibilidades da mineração com dragas e a escolha da draga, são listados abaixo alguns aspectos importantes.

De modo geral deveria se notar que:

1. O equipamento de dragagem para mineração tem seu próprio desenvolvimento devido aos seus requisitos específicos.
2. Devido à diminuição do teor do minério, as operações em larga escala são às vezes necessárias para tornar o empreendimento viável. Isto pode ser conseguido com as dragas de grande capacidade de retirada e de tratamento do minério.
3. A exaustão gradual dos depósitos em terra, para certos minerais, tornam necessário o início de mineração nos mares (off shore). Dragas especiais deverão ser desenvolvidas para este trabalho em mar aberto.
4. Os pequenos depósitos minerais em terra poderiam ser minerados economicamente por pequenas dragas de fácil transporte.
5. A usina de concentração, montada de preferência na própria draga, deve ser bem protegida, utilizando normalmente separação por gravidade.
6. Quando o depósito é coberto por uma camada espessa de estéril, pode ser usada uma draga de desmonte de estéril (sem uma usina de tratamento dispendiosa), para remover o estéril antes de ser considerada a utilização de uma draga para a mineração.

A mineração com draga não é limitada aos minerais dos quais podem ser extraídos metais, podendo também ser aplicada na mineração de minerais industriais, como o fosfato.

A Escavadeira de Arrasto (Dragline Dredge) (Fig.8) é um equipamento que possui recordes de sucesso em centenas de aluviões de ouro do oeste dos Estados Unidos e aparenta ser ainda o

mais efetivo método já desenvolvido para tratar os aluviões relativamente rasos e que sejam muito pequenos para justificar o uso de uma draga de alcatruzes (ou de roda de caçambas).

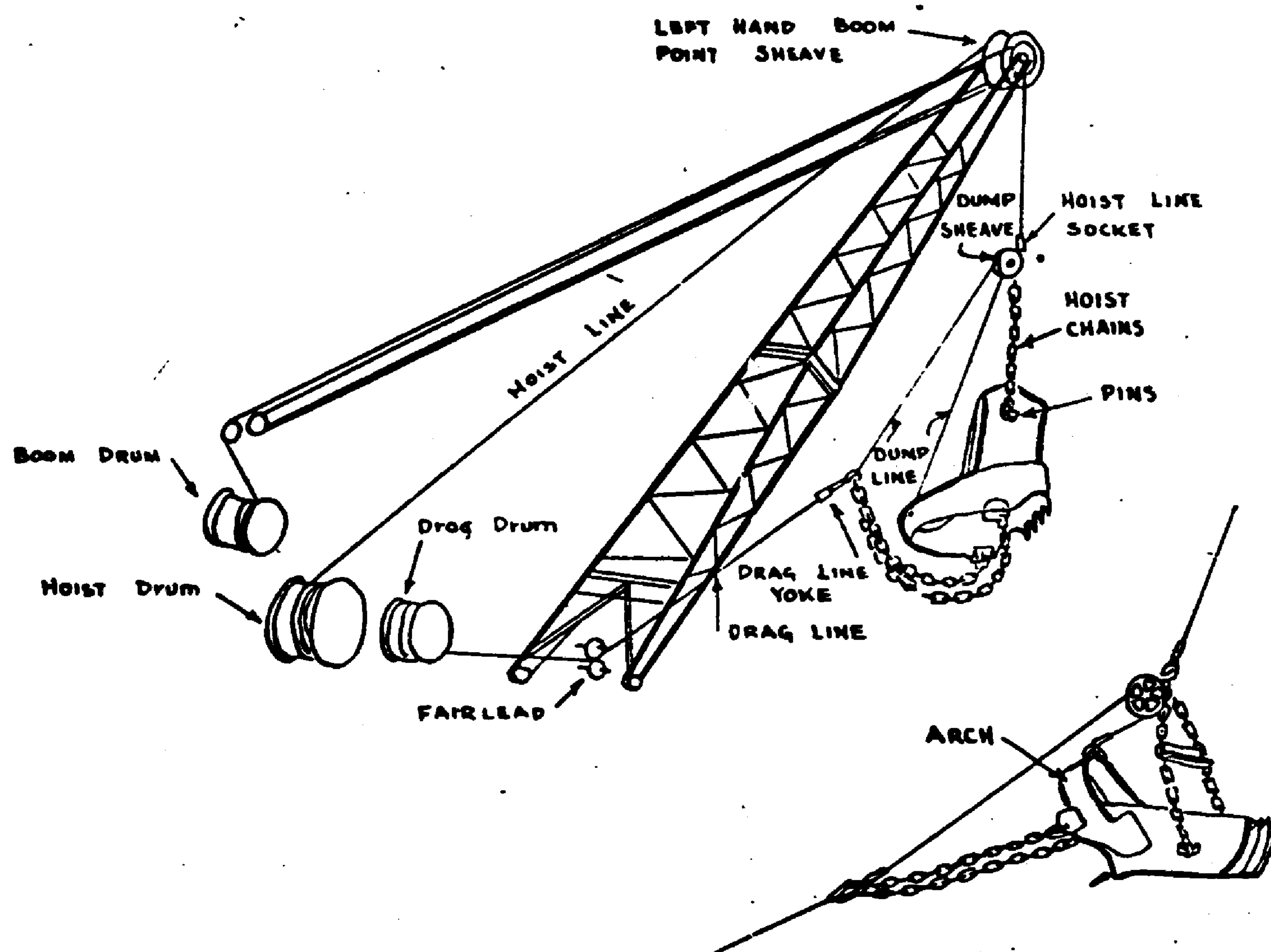


Fig. 8: Dragas Escavadeira de Arrasto.

Em sua forma convencional, a escavadeira de arrasto consiste de uma usina de tratamento flutuante que contém os elementos básicos de uma draga de mineração, onde a escavadeira extrai e conduz o material para o silo de alimentação da usina.

A escavadeira também é usada para erguer e desarmar a usina de tratamento, para facilitar transferências em seu local de operação. Estas transferências usualmente significam semanas ao invés de anos como no caso de uma draga de alcatruzes.

Quanto às dragas de sucção, a cerca de 40 anos atrás, na Califórnia, uma usina para areia e cascalho operava com uma draga de sucção onde o cortador foi substituído por uma cadeia sem fim de barras paralelas e escarificadores que passam e liberam o material na frente de dragagem. O material com tamanho menor do que o espaçamento entre as barras passa por elas e é bombeado a uma usina de tratamento. As partículas maiores, incluindo os mata

cões, que não passam pelas barras, são retiradas para fora do caminho da draga. Este arranjo foi satisfatório durante anos e é um exemplo de uma feliz combinação das melhores características de ambos os tipos de dragas (de sucção e de alcatruzes). As caçambas realizavam a escavação e o manuseio dos matacões, enquanto uma bomba e uma tubulação transportavam o material passante (undersize) a uma considerável distância, para uma usina de tratamento ou para áreas de estocagem.

4.1 - Considerações Gerais

Um depósito mineral pode ser definido como uma parte da crosta terrestre que contém uma quantidade suficiente de constituintes valiosos, normalmente metais, capazes de permitir uma mineração economicamente viável.

Quando é necessário decidir se um depósito pode ser minerado por métodos de dragagem, e neste caso, qual seria o método e o equipamento mais adequado, existem muitos aspectos a serem considerados. Os mais importantes são:

- Quais são os minerais a serem extraídos?
- O depósito está localizado em terra ou sob o mar?
- Quais são as condições do tempo e das ondas no caso de um depósito sob o mar?
- A camada mineralizada está na superfície ou recoberta por uma capa de material estéril?
- O material a ser dragado é homogêneo ou existe uma grande variedade de solos, como argila, areia e seixos, está livre ou compactado?
- Os minerais valiosos estão distribuídos mais ou menos sobre todo o depósito ou ocorrem em camadas específicas com teores variados?
- Qual é a natureza da rocha-matriz (bed-rock) sotoposta ao depósito: é plana ou muito irregular, é dura ou intemperizada?
- O depósito contém muita vegetação, raízes profundas ou troncos de árvores que poderiam interferir com o processo de dragagem?
- É um depósito pequeno ou grande?

- É um depósito profundo ou raso?
- O local da mina é facilmente acessível para o transporte de equipamento pesado ou é necessário trazer o equipamento em pequenas partes e montá-lo no local?
- Existe água limpa disponível em quantidade suficiente?

Todas estas questões precisam ser respondidas antes de se poder determinar a viabilidade de uma operação de mineração com draga e antes de se selecionar e projetar o tipo de equipamento mais adequado. Pode ser dito com segurança, que não existem dois depósitos exatamente iguais, e neste caso, a melhor solução para um problema particular é, necessariamente, o resultado de um estudo individual e de um processo de seleção de equipamento.

4.2 - Aplicações Atuais e Futuras

Nos depósitos onde a topografia, as condições do solo e a disponibilidade de água permitem a dragagem para minerais, este é, invariavelmente, o meio mais econômico de extrair o material, e grandes quantidades de minério podem ser manuseadas.

Os minerais que são minerados por dragagem atualmente, não considerando areia e cascalho, são:

- Cassiterita - É o mineral mais extraído através da utilização de dragas, existindo mais de uma centena de unidades em operação. A maioria dessas dragas é do tipo linha de caçambas, com a capacidade das caçambas variando de 3 a 30 pés cúbicos, equipadas com uma usina de pré-concentração a bordo.

- Ouro - em alguns casos com diamante. O tipo de equipamento que prevalece é ainda a draga de linha de caçambas (alcatruzes) com usina de concentração (Fig. 9).

- Minerais Pesados - (rutilo, ilmenita, zircônio, monazita, etc.). Estes são dragados, na grande maioria dos casos, por dragas de corte e sucção (cutter suction dredges), sendo o material bombeado a uma usina de pré-concentração flutuante. O desenvolvimento das técnicas de concentração com a utilização de jiques no lugar de cones em espiral, "sluices" ou bandejas, irá reduzir sensivelmente o tamanho físico das usinas de concentração, permitindo que sejam montadas na própria draga. Isto irá facilitar a operação e reduzir os

custos operacionais e de energia.

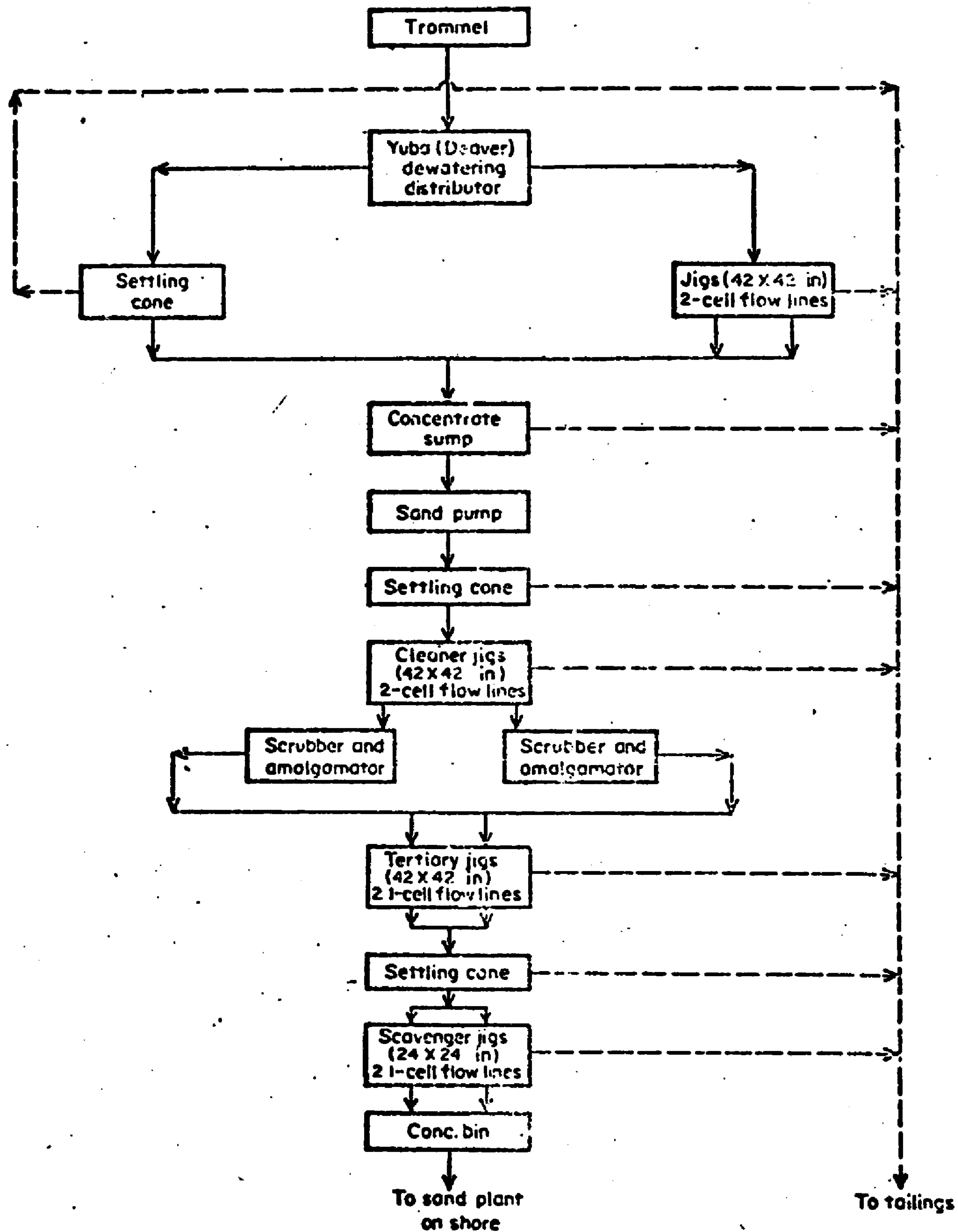


Fig. 9: Fluxograma de uma usina de concentração de ouro instalada em draga.

- Magnetita (frequentemente contendo vanádio). É dragada por dragas de corte ou de sucção, alimentando uma usina estacionária de separação.

- Fosfato - Minerado tradicionalmente por escavação à seco, sendo recentemente usadas dragas de corte com usina estacionária de

beneficiamento.

- Outros Minerais - como aragonita, potássio, diatomita, etc., são também minerados, com sucesso, por dragagem.

4.3 - Comentários Sobre a Dragagem como um Método de Mineração

As quatro principais e inter-relacionadas razões para o fracasso no aumento significativo da capacidade das dragas durante a primeira metade do século foram:

1. A lacuna na demanda de equipamentos de maiores capacidades, devido à escassez de propriedades que justificassem o uso econômico de equipamentos de maior porte.
2. A concentração das atenções no projeto de dragas para o trabalho em maior profundidade. Aumentar tanto a capacidade de como a profundidade de escavação iria combinar muitos problemas de engenharia. Por razões óbvias, o aumento na profundidade de escavação teve prioridade e, durante os últimos 50 anos, praticamente dobrou, isto é, de 75 pés (22,5m) a mais de 150 pés (45m) abaixo da linha d'água da draga.
3. A crescente complexidade dos problemas de tratamento, a medida que decrescem os valores com a exaustão das propriedades existentes, fazendo com que poucas dragas de grande porte possam tratar atualmente, de modo apropriado, todo o material que são capazes de extrair. Deste modo, até que novos e mais amplos campos na dragagem sejam abertos e se tornem disponíveis, as capacidades de escavação de 50 anos atrás permanecerão ainda como as mais adequadas.
4. A disponibilidade de equipamentos de segunda-mão bem projetados, a uma pequena fração do custo de um equipamento novo, naturalmente retarda o desenvolvimento de novos projetos.

4.4 - A Evolução do Equipamento de Dragagem em uma Mineração de Ouro na Nova Zelândia

Por volta de 1893 várias dragas pequenas estavam operando no Rio Clutha, em Alexandre; nesta ocasião a dragagem era

limitada a uma milha do rio. Enquanto a maioria das operações em Central Otago obtiveram um sucesso razoável, envolvendo a escavação de seixos fracamente compactados do fundo do rio, as da região de West Coast não foram tão bem sucedidas. Ao que parece a razão desta lacuna nos sucessos foi a dificuldade experimentada na escavação do material, devido à presença de uma considerável quantidade de grandes matacões, à dureza da ganga que os envolvia e à presença de troncos. Pode se observar que um aluvião considerado rico em Central Otago poderia não cobrir despesas em alguns dos rios de West Coast. O ouro dos depósitos de areia preta era muito fino e como estivesse constantemente associado com material de alto peso específico, a obtenção de um alto percentual de recuperação apresentava alguma dificuldade. Em suma, as primeiras dragas não eram exatamente projetadas e equipadas para operar com sucesso na região de West Coast (fotos 1 e 2).

Em 1921 a draga de Riru Gold Dredging Co. Ltd. demonstrou que estes seixos pesados poderiam ser manuseados por um equipamento convenientemente projetado; a partir de 1933 a capacidade da caçamba desta draga passou a ser de 12 pés cúbicos.

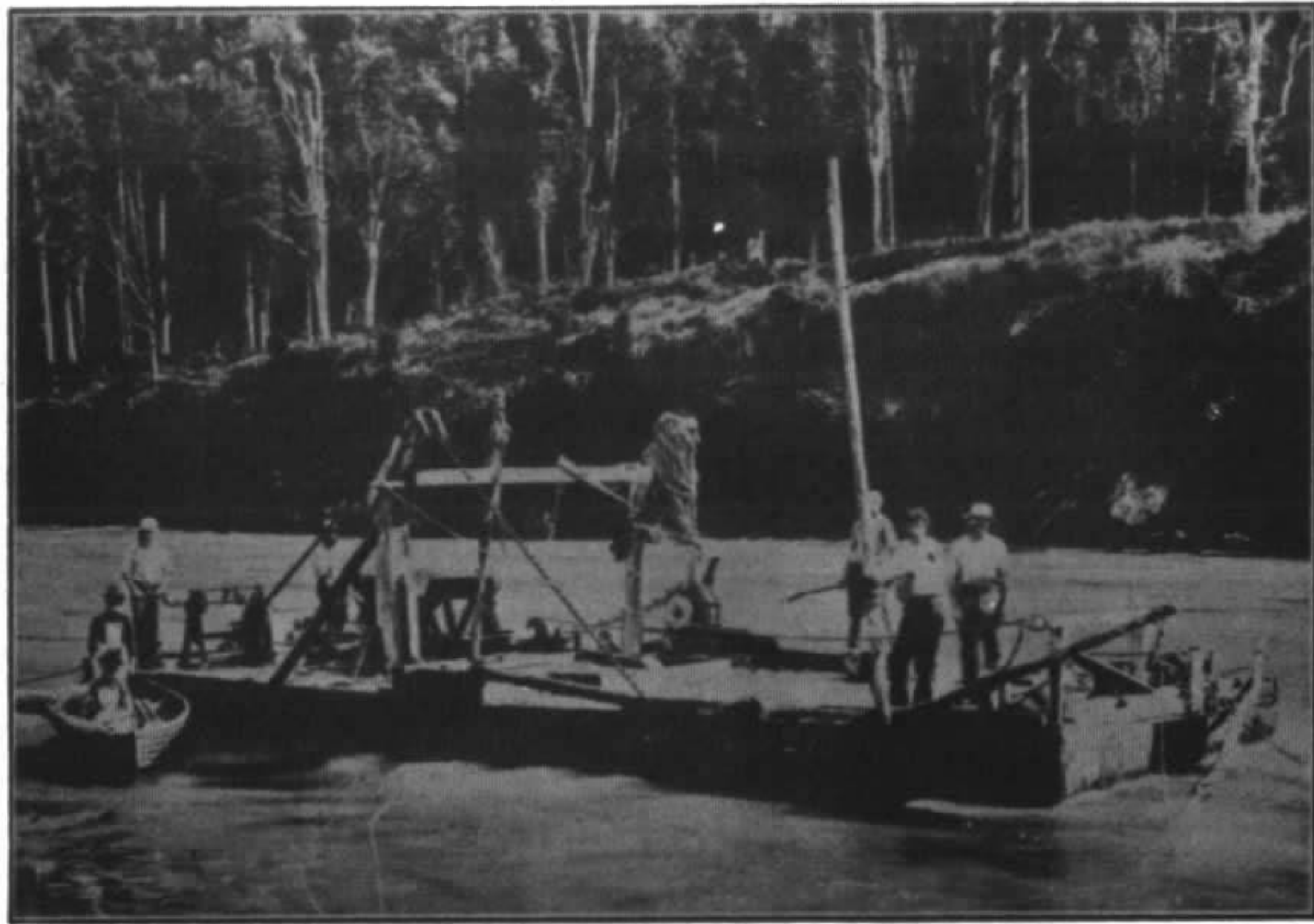
4.5 - A Eficiência da Dragagem

A questão que deve ser respondida é: qual é o melhor sistema para realizar uma dragagem para se obter uma ótima eficiência na operação de dragagem como um todo? Dentre os numerosos critérios adotados para uma avaliação da eficiência, podem ser mencionados os seguintes:

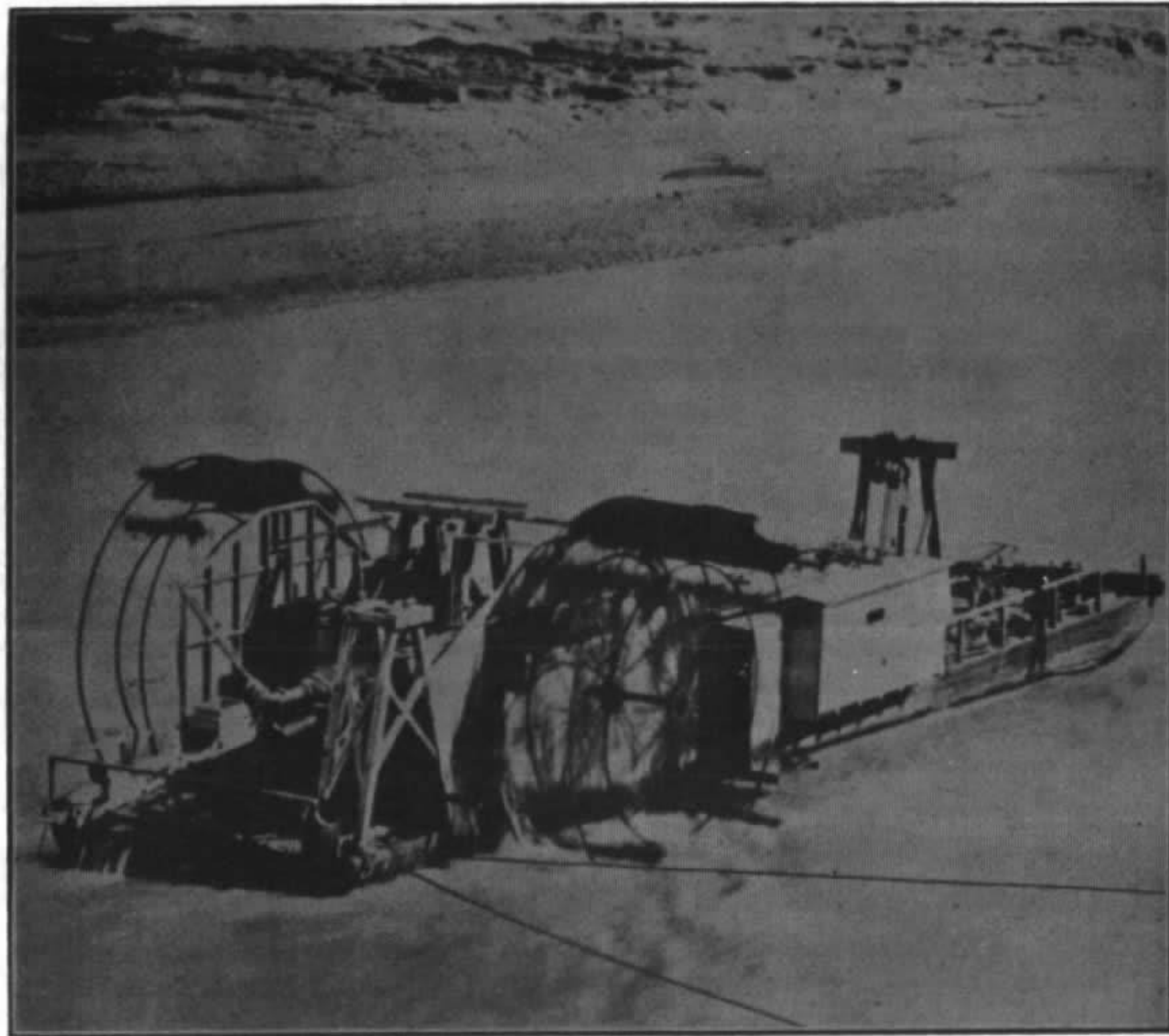
- | Deve ser mínimo | Deve ser máximo |
|--|-------------------------|
| - o risco de fracasso, completo ou mesmo parcial | - o tempo de escavação |
| - a mão-de-obra necessária | - a recuperação de ouro |
| - o consumo de energia | |
| - a manutenção exigida | |
| - os custos totais | |

Todos os sistemas de dragagem operam dentro de uma série de ambientes, tais como:

- físico-geológico (características das áreas de dragagem).



Fotografia 1: A. New Zeland Spoon Dredge, 1865.



Fotografia 2: B. Current-Wheel Dredge, New Zeland, 1882.

- político (aspectos legais, infraestruturais, recomposição do solo, etc.).
- técnicos (escavações, processamento, rejeitos).
- econômico.

5 - CAPACIDADE DE DRAGAGEM

As características técnicas e econômicas aqui enfocadas correspondem a uma mineração em pequena escala, alertando assim para os principais problemas na seleção adequada dos equipamentos nela utilizados.

A capacidade de produção da draga dependerá das diversas fases de operação por ela envolvidas, isto é, lavra, transporte e beneficiamento do minério. Neste caso, cada fase deverá ser objeto de um dimensionamento adequado para prover alto rendimento técnico e econômico, visando uma recuperação global do minério nunca inferior a 80%, com produtos finais altamente puros. Devemos levar em conta que para a obtenção de algumas gramas do metal precioso é necessário tratar dezenas e talvez centenas de metros cúbicos de material de origem aluvionar, dependendo do teor do minério, que não raras vezes chega a 0,2g de Au/m³.

Todas as fases deverão ser dimensionadas dentro de estreitos critérios de economicidade, tendo em vista ser o volume final produzido muito baixo.

Segundo C.M. Romanowitz - Gold Placer Mining, a capacidade anual estimada para uma draga, em jardas cúbicas de material tratado, é:

$$\frac{Cfs \times S \times M \times D}{27}$$

onde

C = capacidade de caçamba em pés cúbicos

f = média estimada do fator de enchimento

s = média estimada do fator de empolamento

S = velocidade média da linha de caçambas em caçambas por minuto

M = tempo médio estimado de operação por dia

D = número estimado de dias de operação por ano.

Devem ainda ser previstas as paradas para reparação das caçambas, manutenção da draga, e sua transferência de lugar, e algum eventual acidente com o equipamento.

6 - DISTRIBUIÇÃO DO TEMPO EM OPERAÇÕES DE DRAGAGEM

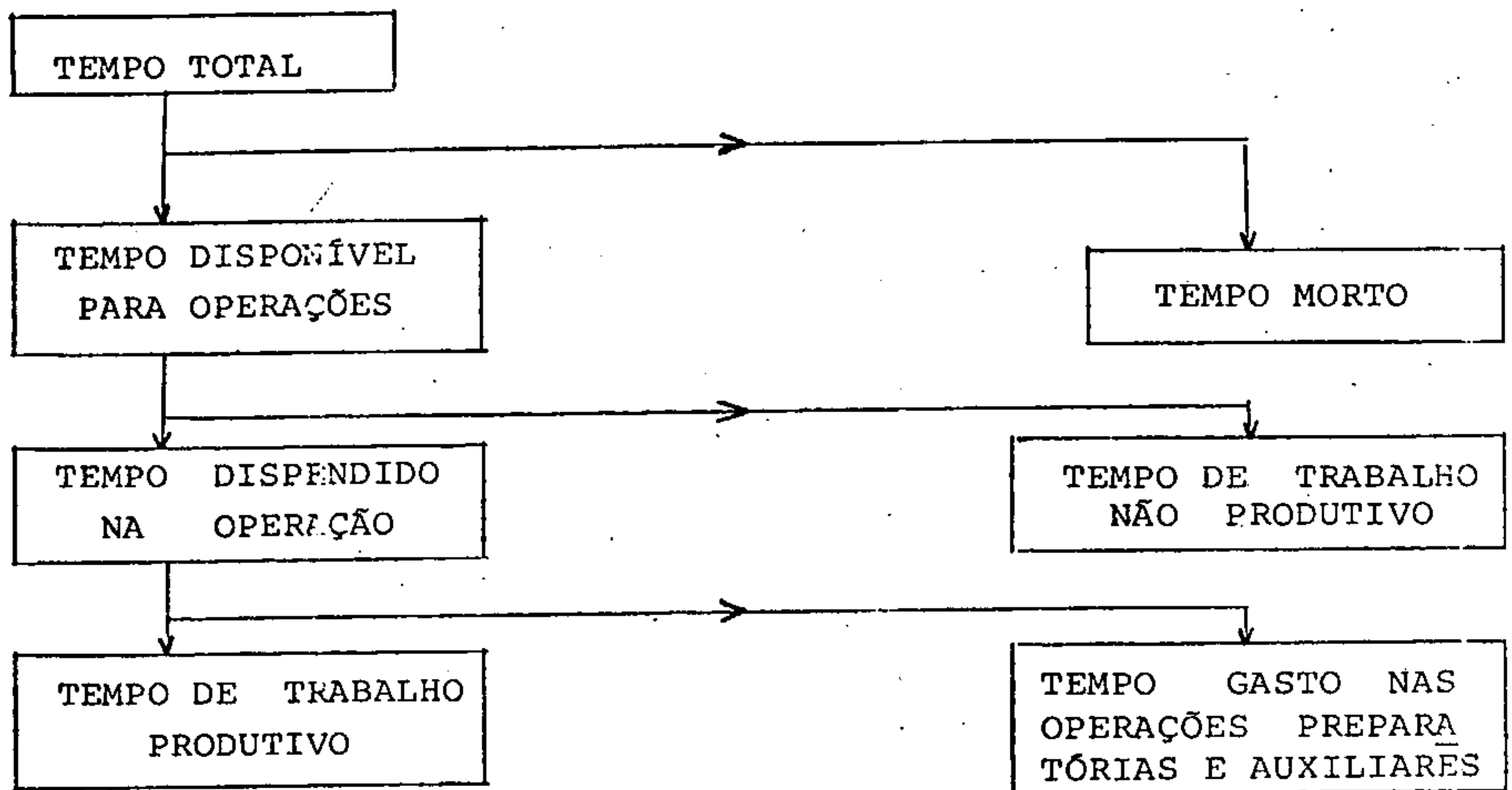


Fig. 10: Divisão do Tempo em uma Operação de Dragagem.

Tempo Morto: é o tempo em que foi estabelecido que não haverá trabalho de qualquer natureza. Ele irá incluir normalmente domingos, feriados nacionais, revisão anual da draga, movimentação da draga entre locais diferentes de trabalho e horas não trabalhadas por dia.

Tempo de Trabalho não Produtivo: este tempo ocorre devido a atrasos, panes e outras interrupções indesejáveis durante a operação de dragagem devidas ao tráfego, isto é, passagem de embarcações e também de deficiências de manejo. É o tempo que a draga deveria estar operando, mas que não está.

Tempo Gasto nas Operações Preparatórias e Auxiliares: este tempo é necessário para realizar trabalhos que são essenciais para a operação das dragas mas que não resultam

em produção. Estes trabalhos incluem o transporte da tripulação para a draga, a movimentação da draga no local de trabalho e a manutenção de rotina, quando é necessário fazê-la no período de operação. Os trabalhos que são parte do ciclo de dragagem não são incluídos.

Tempo de Trabalho Produtivo: é o tempo durante o qual a draga está desempenhando seu ciclo de operação e tentando dragar.

7 - CUSTOS

Os custos de dragagem são afetados principalmente pelos seguintes fatores:

- custos de mão-de-obra, manutenção, combustíveis, desgaste, peças de reposição, etc...
- localização, tamanho e profundidade do projeto;
- tipo de material a ser escavado;
- ritmo de produção (metros cúbicos por dia);
- distância de transporte para a deposição do material dragado;
- método de deposição do material dragado;
- condições meteorológicas na zona do projeto;
- condições aquáticas na área do projeto.

A figura 11 mostra um exemplo simplificado das necessidades de caixa para a realização de um trabalho, com a utilização de equipamento normal, já existente, não havendo, desta forma, necessidade de adquirir equipamentos especialmente para o trabalho. Os custos são os gastos atuais somados à depreciação calculada para o equipamento.

Na figura 12 é apresentado um gráfico do custo de uma operação em função do número de dias utilizados para realizá-la. Verifica-se que o valor diário do custo indireto é constante e que o custo direto é maior para um trabalho que se procura realizar a curto prazo. A curva de custo total, sendo a soma das outras duas curvas, certamente apresen

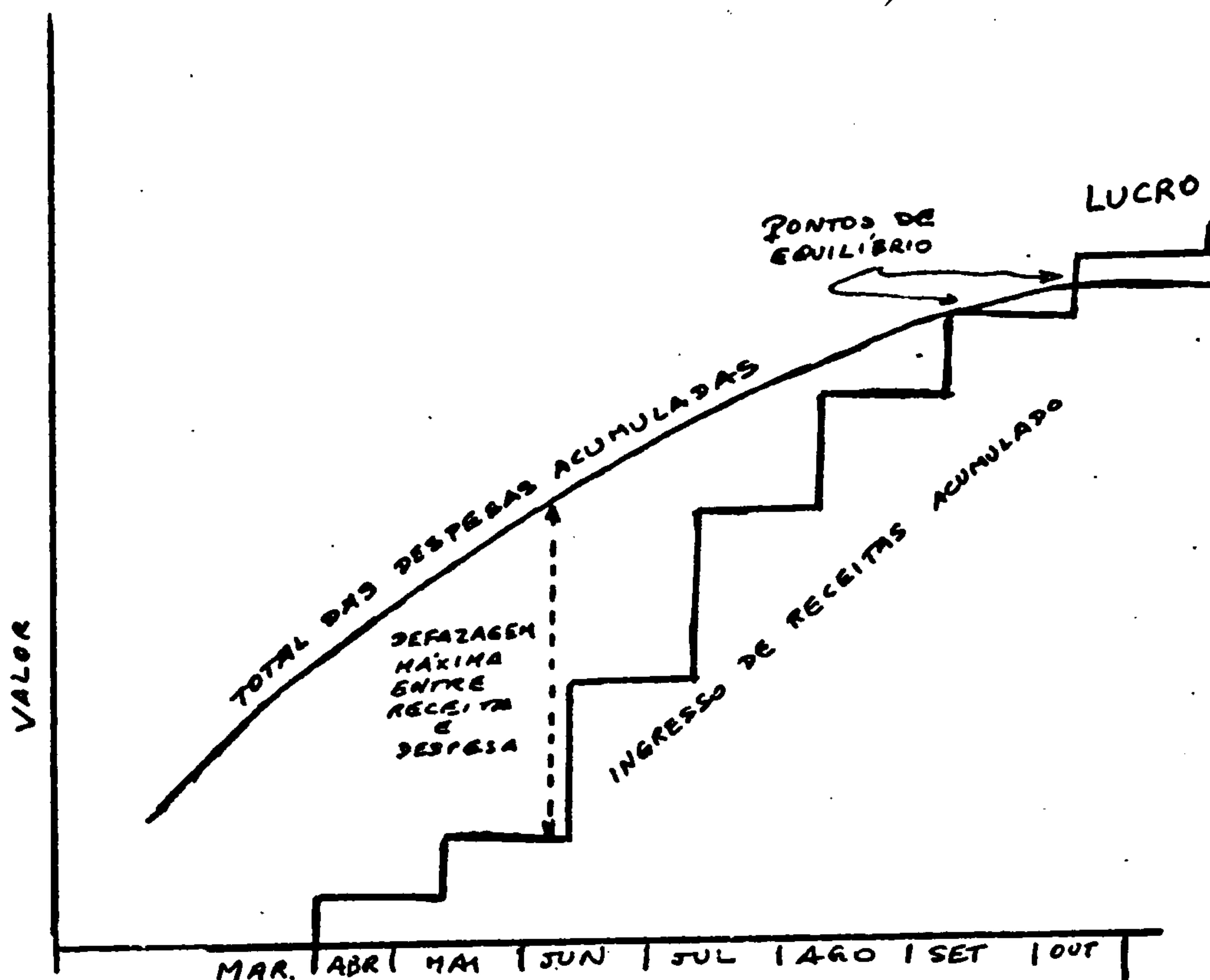


Figura 11: Necessidades de Caixa para um Trabalho.

ta uma inflexão, resultando em um ponto de custo mínimo. Desta forma ao se programar uma operação devem ser levantadas as curvas de custo, buscando situar o tempo necessário ao trabalho no ponto de custo total mínimo (ideal).

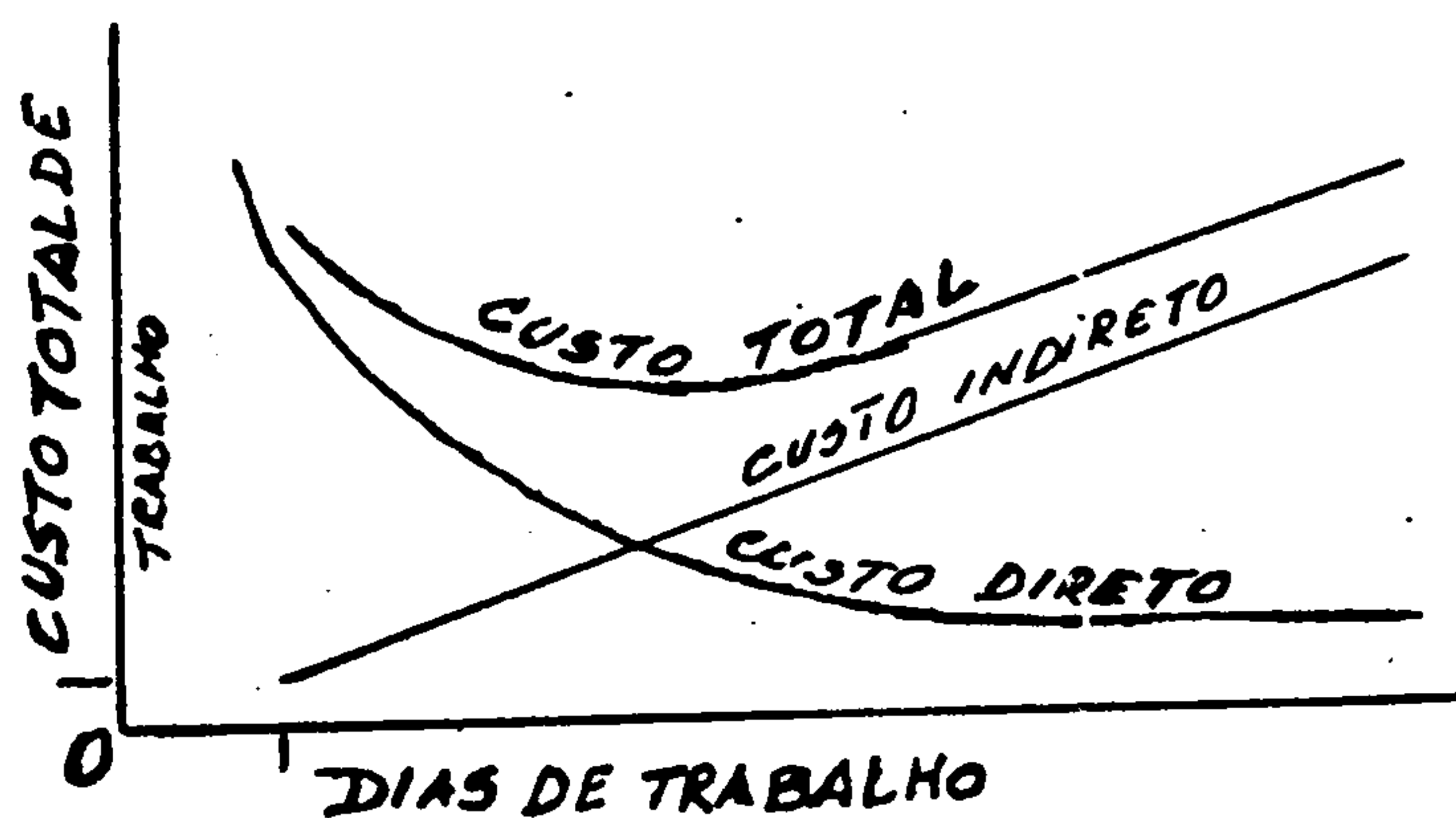


Figura 12: Relação Custo x Tempo de Trabalho.

8 - MINERAÇÃO DE PEQUENOS DEPÓSITOS

Para finalidades práticas um pequeno depósito mineral pode ser definido como um depósito limitado em extensão, área e profundidade, tornando possível, e algumas vezes obrigatória, a mineração com métodos simples.

Uma limitação posterior no caso é que, somente de depósitos minerais inconsolidados, como aluviões e eluviões metálicos, devem ser investigados uma vez que, no contexto da dragagem, os depósitos devem também ser adequados para garantir a aquisição de uma draga de mineração.

Em ordem de grandeza isto pode ser melhor ilustrado pelo seguinte exemplo:

Suponha-se uma operação contínua com um tempo efetivo de operação de 20 horas/dia e que conserve uma produção horária de 100 metros cúbicos, o que significa $2.000\text{m}^3/\text{dia}$ e $50.000\text{m}^3/\text{mês}$ para uma operação de 25 dias/mês.

Quando a vida do depósito para mineração é, em princípio, de 5 anos, nós chegamos a uma reserva total de minério de $3.000.000$ de m^3 , que com uma profundidade média de 10m indica uma área de 300.000 m^2 ou 30ha.

É bastante provável que outros depósitos de mesma grandeza sejam encontrados em áreas vizinhas, o que torna o prospecto como um todo muito mais atrativo.

8.1 - Sistemas de Mineração Utilizados

Inúmeros sistemas de mineração são empregados para tratar depósitos aluvionares, desde um simples método manual até uma operação de mineração à céu aberto com mecanização sofisticada.

A figura 13 mostra uma representação simples destes sistemas de mineração de aluviões.

Estes métodos têm seus méritos e desvantagens e devem ser aplicados judiciosamente, de acordo com as condições impostas pela natureza e pelas circunstâncias.

Não considerando os métodos manuais, que podem ser

		ESCAVAÇÃO	TRANSPORTE	TRATAMENTO MINERAL		
MÉTODOS MANUAIS.	DESMONTE PARA CIMA		CARRINHO DE MÃO		BATEIA	LAVAGEM MANUAL
	DESMONTE PARA BAIXO		CALHA		SLUICE	
MÉTODOS MECÂNICOS A ÚMIDO.	MONITOR		ELEVADOR HIDRÁULICO			JIGUE CONVENCIONAL
			BOMBA DE CASCALHO			JIGUES - JUC
MÉTODOS MECÂNICOS A SECO.	ESCAVADEIRA		CORREIA TRANSPORTADORA			USINA DE TRATAMENTO POR JIGAGEM.
	CAMINHÃO BASCULANTE				JIGUES terciários de célula retangular.	

Fig. 13- REPRESENTAÇÃO DE SISTEMAS DE MINERAÇÃO DE ALUVIÕES.

aplicados somente para trabalhos muito pequenos, podemos comparar os seguintes parâmetros:

- volume de água necessário por metro cúbico de minério;
- número de KWh consumidos por metro cúbico de minério; e,
- metros cúbicos de minério extraído por homem-hora.

A tabela 1 ilustra uma comparação entre os mais correntes sistemas de mineração de aluvião e a mineração por dragagem. Os dados sobre a mineração de aluvião são médias dos dados obtidos nas operações em regiões tropicais, enquanto que os dados relativos à mineração por dragagem são baseados em uma pequena dragagem de mineração de 3 pés cúbicos (caçamba) com uma produção média de 100m³/h.

Certamente estes parâmetros podem variar devido às circunstâncias e à qualidade da organização, todavia, eles indicam claramente que a mineração por dragagem é muito superior em economia de água e energia, apresentando ainda a maior produção por homem-hora.

Racionalmente seria então o primeiro sistema a ser considerado para qualquer mineração de aluvião.

Explicação sobre a Tabela 1:

Sistema 1: A escavação (desmonte) feita com um monitor e usando um elevador hidráulico para o transporte até um "sluice", é restrita às pequenas operações, devido à limitada capacidade de transporte e baixa eficiência do elevador hidráulico, refletindo em alto KWh/m³ de minério, além de necessitar de muita água para o transporte.

Sistema 2: É um aprimoramento do nº 1, onde uma bomba de cascalho substitui o elevador hidráulico, aumentando a capacidade de transporte necessitando de menos água. A economia em energia é pequena, todavia, este sistema é o mais eficiente em produção por homem-hora em mineração à céu aberto.

Sistema 3: A escavação a seco, com escavadeiras e utilizando correias transportadoras, requer boa organização e tem muitos entraves devido ao encadeamento em série dos componentes.

Sistema 4: A substituição, no transporte, da cor

reia transportadora por caminhões basculantes, torna a operação mais flexível requerendo, no entanto, mais manejo, explicando desta forma a reduzida produção/homem-hora, comparado ao sistema 3.

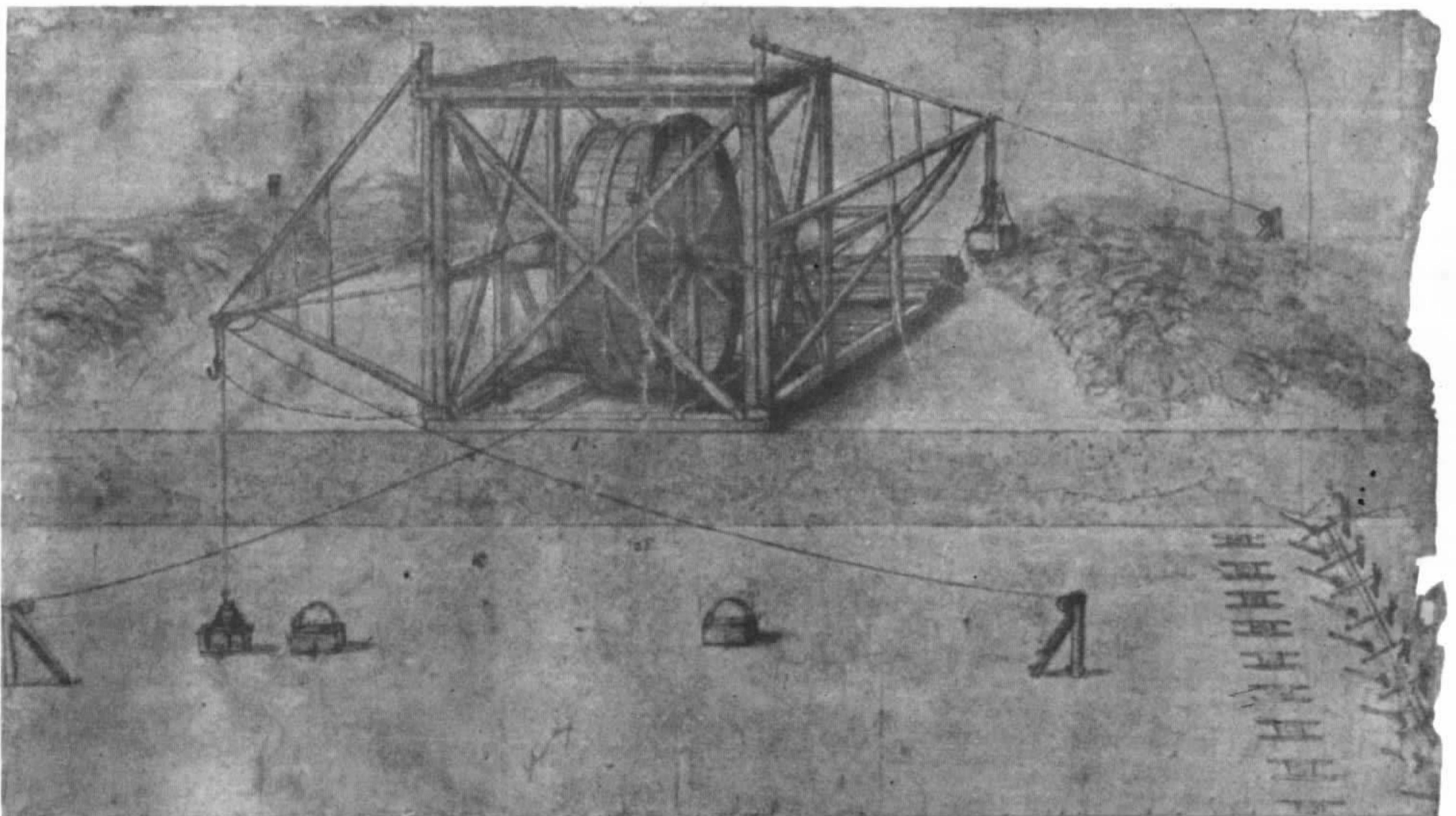
TABELA 1

SISTEMA	ESCAVAÇÃO	TRANSPORTE	TRAT.MIN.	m ³ H ₂ O/m ³ minério	KWh/m ³ de minério	m ³ minério/homem/hora
1	monitor	elevação hidráulica	sluice	30	15	1
2	monitor	bomba de cascalho	Usina com Jigue Convencional	14	13	1,3
3	escavadeira	correia transportadora	"	8	8	1,2
4	"	caminhão basculante	"	8	8	1,1
5	draga de mineração IHC e usina com Jigue (3 pés cúbicos; 100m ³ /h)			6	2	20

Os sistemas 3 e 4 são mais sensíveis à chuva e não devem ser considerados para terrenos muito úmidos (alagadiços).

Sistema 5: Na draga de mineração as caçambas são os componentes de escavação e transporte para a unidade de tratamento. Neste sistema a usina vai até o minério e assim o minério não é transportado até a usina. Ao lado das vantagens óbvias indicadas pelos parâmetros acima, a remoção dos rejeitos é feita mais facilmente do que nos 4 sistemas anteriores uma vez que, neste sistema, os rejeitos são despejados na área já minerada.

O desenho abaixo é do "Codex Atlanticus", manuscrito recentemente restaurado de maneira admirável pelos monjes do Convento de Grottaferrata, na Itália. Trata-se de uma máquina para abrir canal. Ela escava a terra e a deposita nas margens do canal.



5. BIBLIOGRAFIA

- 1 - IHC Dredger Division - Bucket-Dredgers. IHC Holland Bulletin,
5th series n. 2, 1975
- 2 - HOEN, J.P.T.A. - Estudio de Suelos en Relación con el trans-
porte de Materias Diluídas. Ports and Dredging & Oil Report,
out/diez, 1977
- 3 - CLEAVELAND, N. - Some Comments on Dredging as a Mining Method.
World Dredging Conference, 1967
- 4 - CARR, J.S. - Dredging for Gold in New Zealand. University of
Melbourne, World Dredging Conference, 1967
- 5 - MINING AND TRANSPORT ENGINEERING MTE - Dredge Mining Methods
and Equipment for Exploitation of Alluvial Mineral Deposits.
IHC Holland Group, noviembre, 1977
- 6 - PLANTAS MODULARES MONTADAS EM LANCHONES - Desarrollo Nacional,
outubre, 1979
- 7 - HILL MOVING THE EARTH - The Workbook of Excavation.
- 8 - ARGALL, Jr. - Tailing Disposal Today. The First International
Symposium, Tucson, Arizona.
- 9 - HORACE, K.C. - Excavation Handbook.
- 10 - STOCES - Elección y Critica de los Métodos de Explotación en
Mineria, Principios para la Explotación de Yacimientos.
- 11 - TAGGART - Handbook of Mineral Dressing Ores and Industrial
Mineral, 1945
- 12 - ONU - Mineral Processing in Developing Contries, 1980
- 13 - JUDITH T. K. - Deep sea Mining, 1980