

CESP

*Companhia
Energética de
São Paulo*

Construção do Muro de Gravidade a Jusante da Usina Jupia

*Diretoria de Engenharia e Construções
Departamento de Obras II
Residência Ilha Solteira e Três Irmãos*

SETOR OBRAS DE CONCRETO
CONSTRUÇÃO DO MURO DE GRAVIDADE A JUSANTE DA
USINA JUPIÁ

C - 03 - 11 - 13 - 50

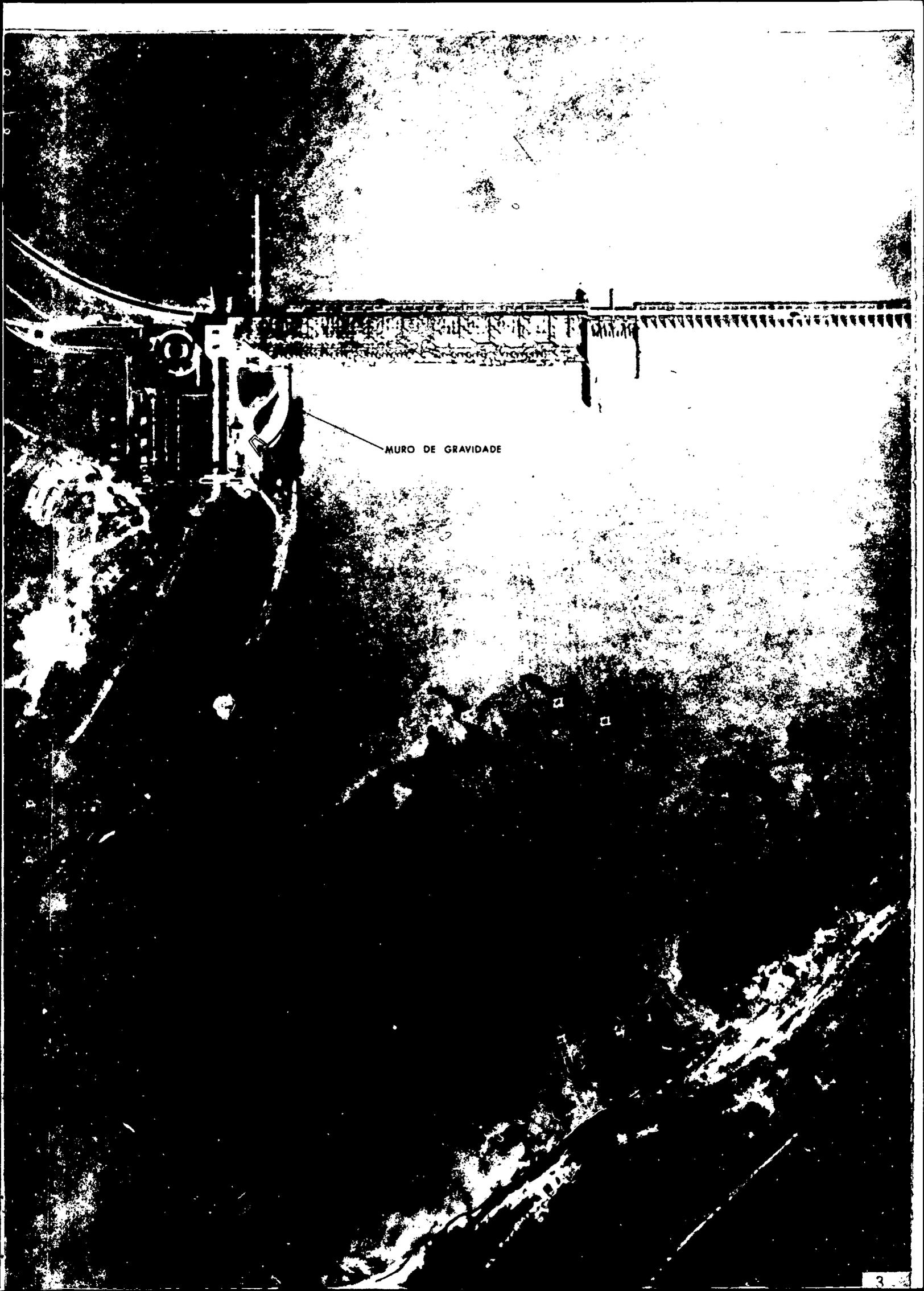
Este trabalho, elaborado pelo Eng^o Alberto Kawauchi e pelo Encarregado Técnico Antonio Irineu Soares, descreve a "Construção de Muro de Contenção do Enrocamento, a Jusante da Usina Hidrelétrica Jupia, para Proteção do Canal de Fuga dos Grupos Auxiliares".

LUIZ A. CAL DE OLIVEIRA E SILVA
Eng^o Setor Obras de Concreto

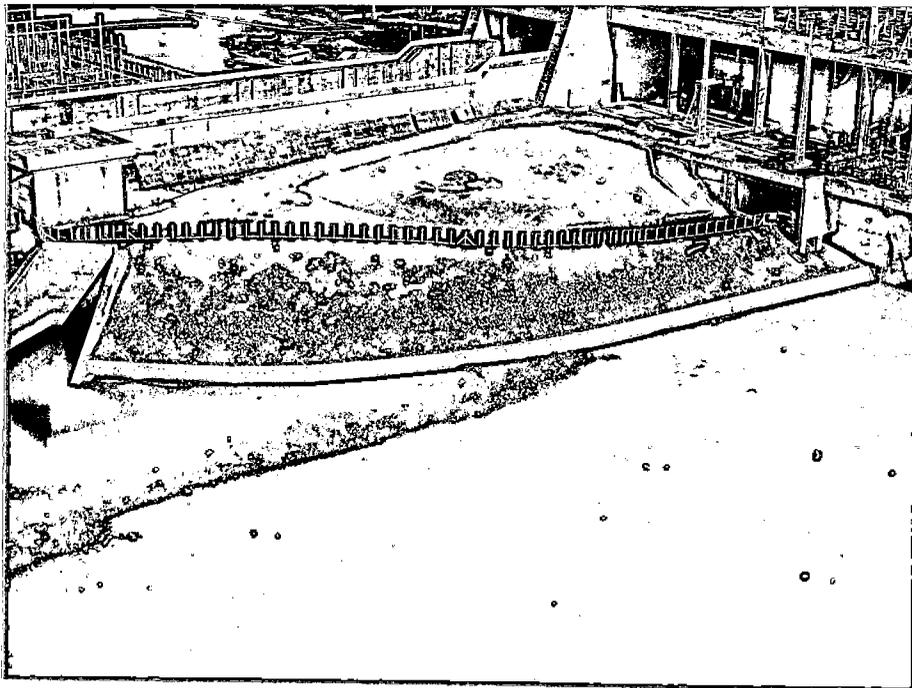
NÍVED AURÉLIO VILLA
Engenheiro Residente

I N D I C E

APRESENTAÇÃO	pág. 01
1 - INTRODUÇÃO	pág. 05
2 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO PROJETO	pág. 08
3 - EXECUÇÃO	pág. 09
3.1 - LIMPEZA DO CANAL DE FUGA DOS GRUPOS AUXILIARES	pág. 09
3.2 - CANTEIRO PARA EXECUÇÃO DO MURO	pág. 11
3.3 - CONSTRUÇÃO DO MURO NO TRECHO I	pág. 13
3.4 - CONSTRUÇÃO DO MURO NO TRECHO II	pág. 25
3.5 - CONSTRUÇÃO DO MURO NO TRECHO III ...	pág. 30
3.6 - ACERTO DO TALUDE	pág. 34
3.7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	pág. 36



MURO DE GRAVIDADE



Vista aérea do Muro de Gravidade de concreto pronto.

1 - INTRODUÇÃO

A ocorrência de deslizamentos do enrocamento a jusante da Usina Hidrelétrica Jupia, conforme fotos das folhas nº 06 e nº 07, ocasionou a obstrução parcial do Canal de fuga do Grupo Turbina-Gerador Auxiliar nº 01, GA-01.

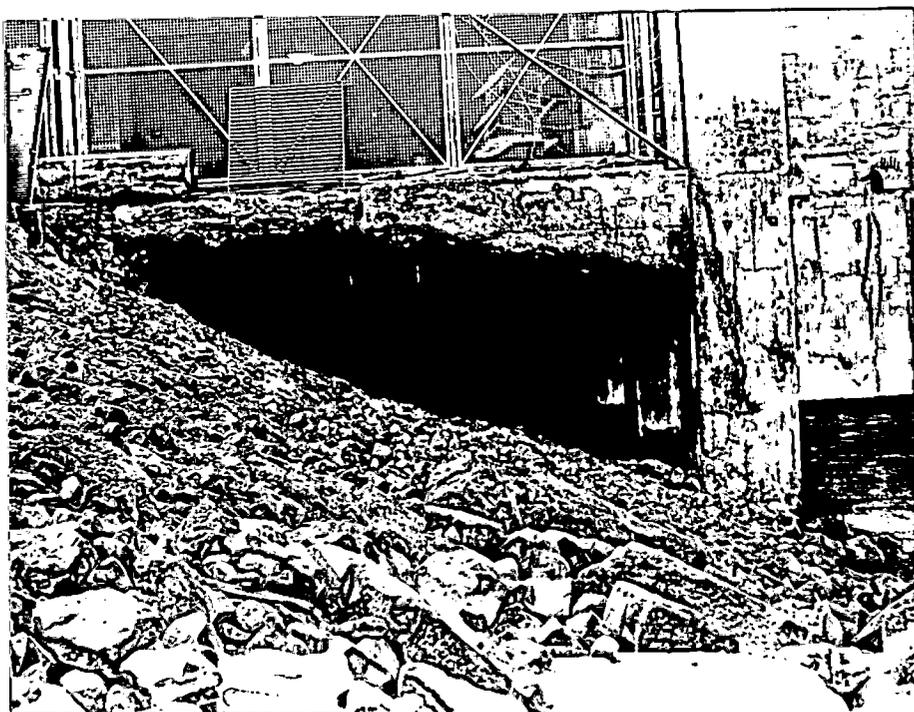
Visto que esse material depositado à saída da turbina poderia estar influenciando no rendimento do GA-01, surgiu a necessidade de desassorear o canal. Ao mesmo tempo seria necessário conter o enrocamento, a fim de se evitarem desmoronamentos futuros.

Quanto ao aspecto de desmoronamento a solução adotada consistiu na construção de um muro de gravidade de concreto, projetado pelo Setor Técnico da Residência Ilha Solteira, numa extensão compreendida entre a sub-estação e o canal de fuga da eclusa.

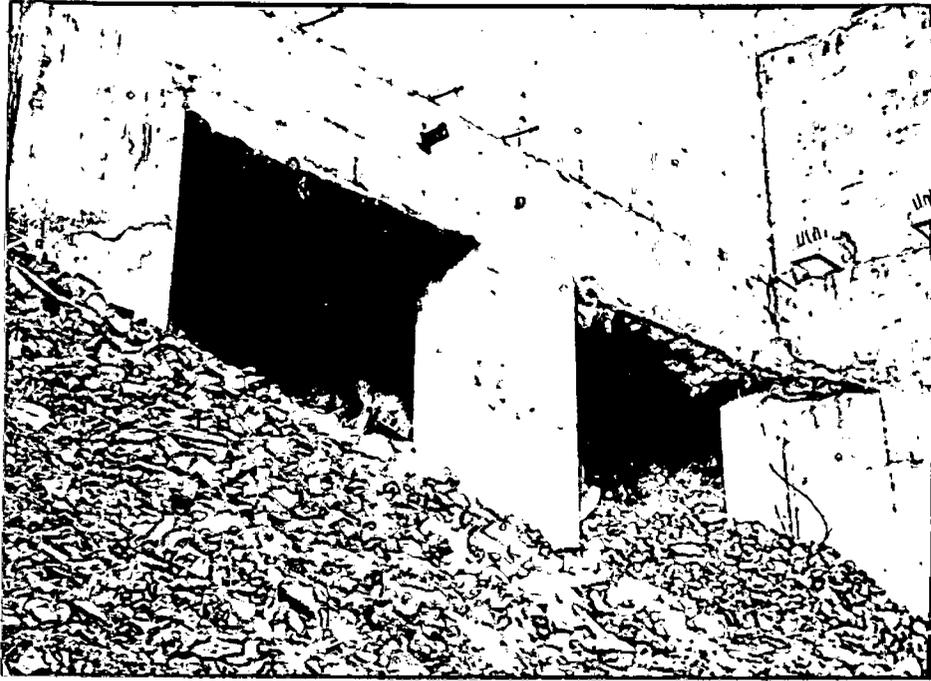
O serviço de desobstrução do canal de fuga do GA-01, bem como o de construção do muro de arrimo e do novo talude, foi executado pelo Setor de Obras de Concreto da Residência Ilha Solteira. Os serviços, iniciados em 13/08/79, foram concluídos em 17/02/80, sendo que a concretagem do muro se deu no período de 29/09/79 a 10/12/79. Utilizou-se mão de obra no regime de administração direta, com coordenação de um Encarregado Técnico do Setor de Concreto e supervisão de um Engenheiro desse Setor.



Situação do enrocamento junto aos Grupos Auxiliares.



Deslizamento do enrocamento, ocorrido sob a laje da Oficina de Manutenção, ao lado dos Grupos Auxiliares.



Vista sob outro ângulo do mesmo deslizamento.



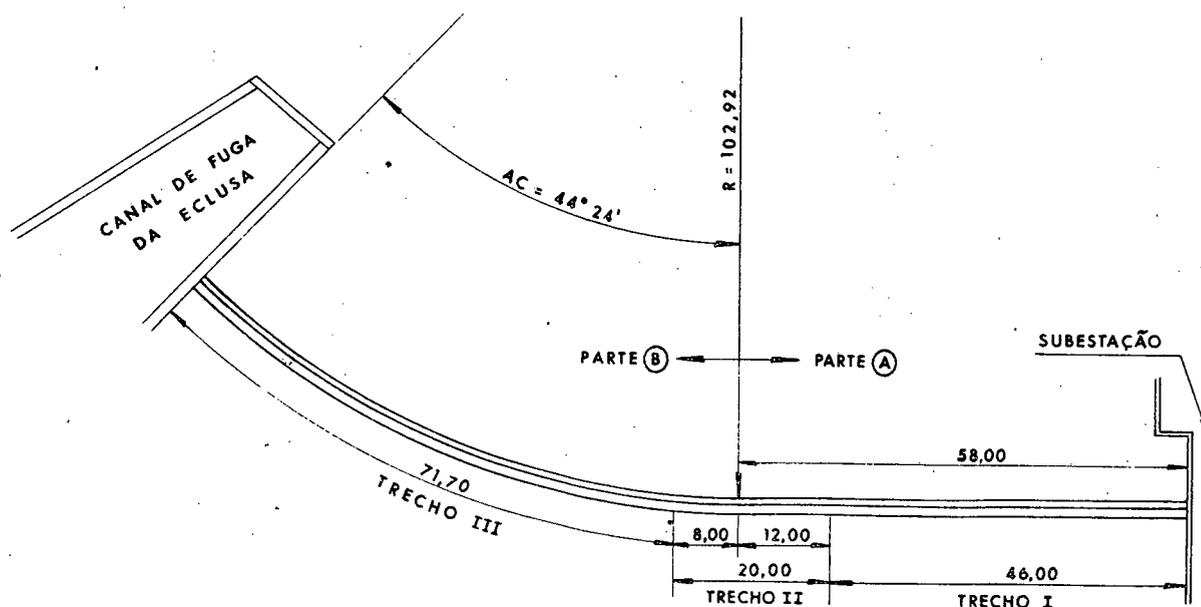
Situação do enrocamento junto às estruturas da Eclusa.

2 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO PROJETO.

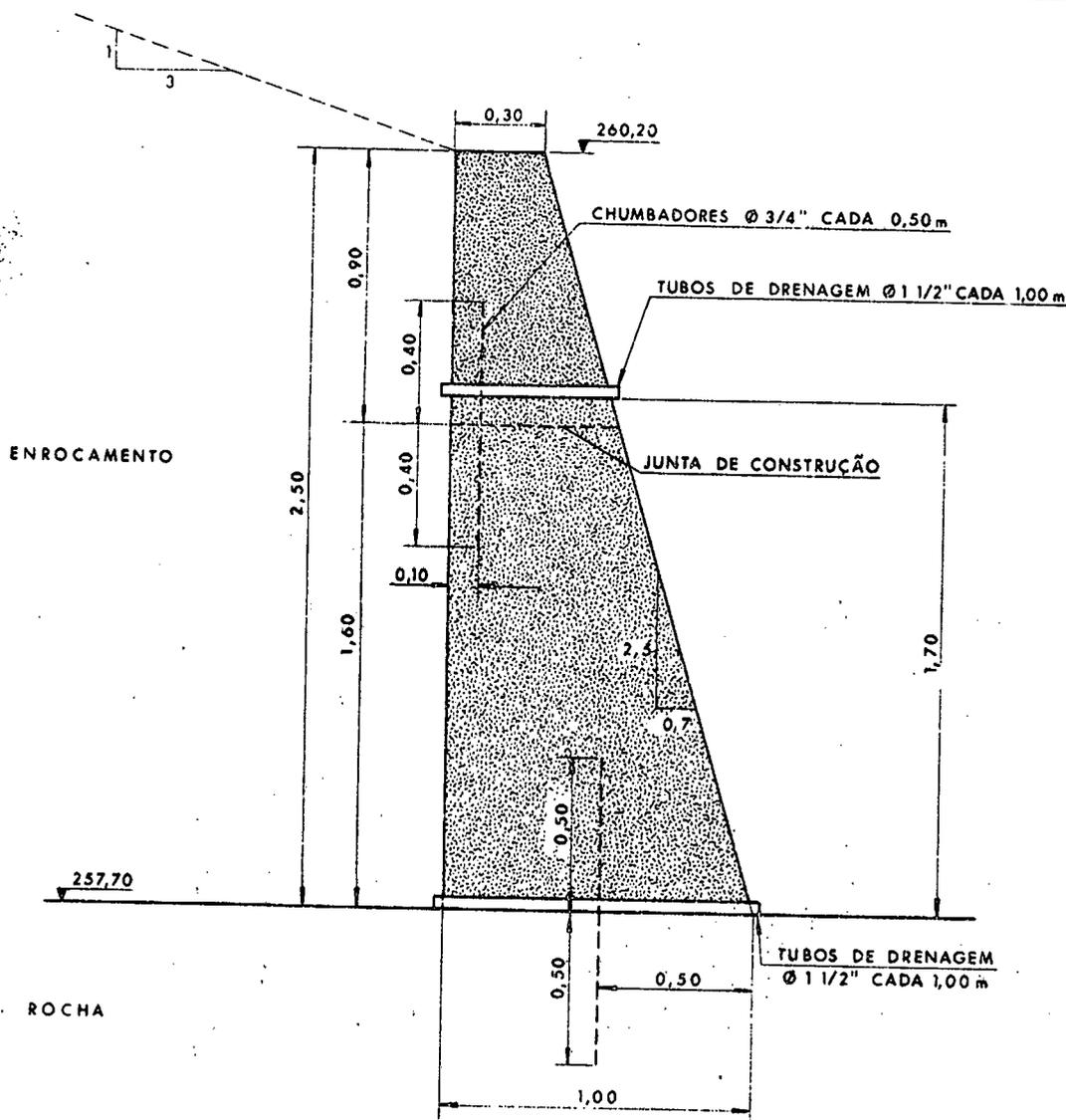
O projeto previa a construção do muro em três etapas,

- a) 1ª etapa - elevação do muro até a altura de 1,60m, apenas na parte (A), ficando o enrocamento com talude 1:2,5.
- b) 2ª etapa - caso persistisse o problema, o procedimento acima seria adotado igualmente na parte (B).
- c) 3ª etapa - persistindo ainda o problema, o muro seria alteado em 0,90m em toda a sua extensão ficando, por conseguinte, o enrocamento com talude 1:3.

Quando da execução do muro, decidiu-se eliminar as duas primeiras etapas e partir diretamente para a 3ª etapa de construção.



Planta do Muro de Arrimo



OBS. MEDIDAS EM METROS

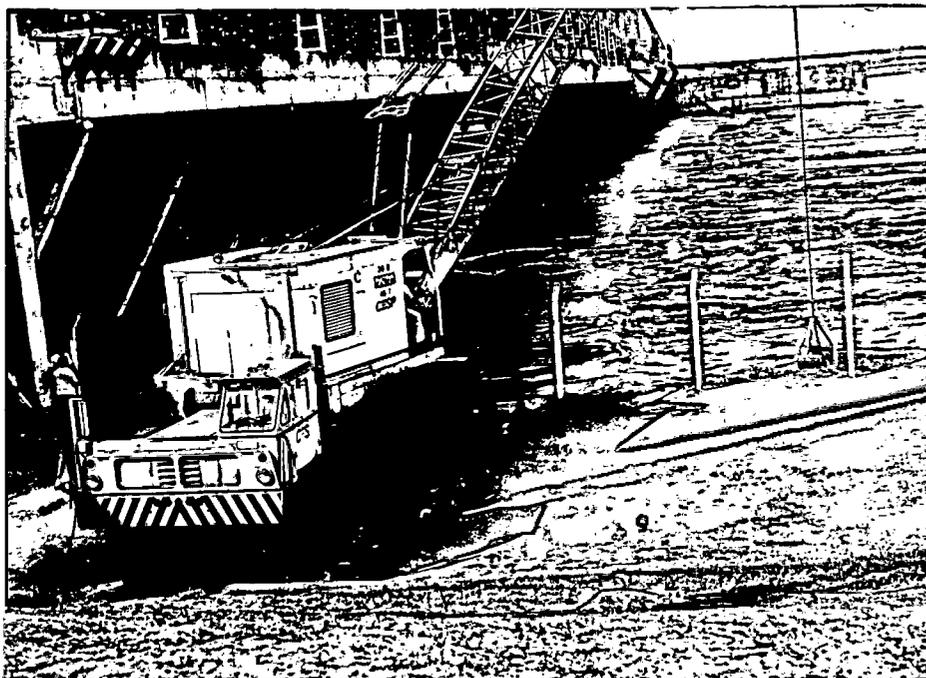
Seção Típica do Muro de Arrimo

3 - EXECUÇÃO.

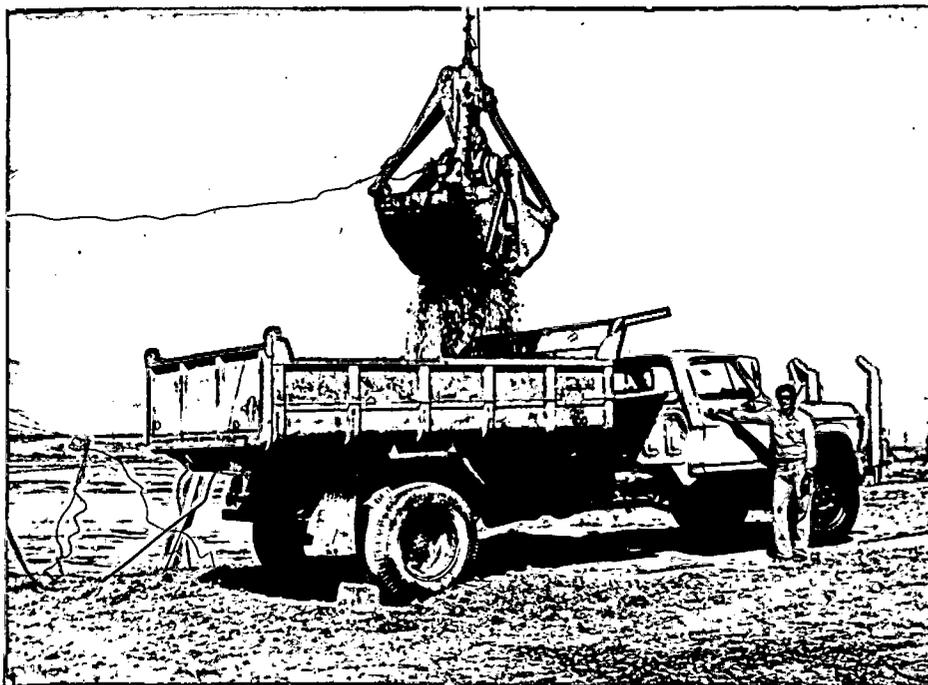
3.1 - LIMPEZA DO CANAL DE FUGA DOS GRUPOS AUXILIARES.

Baseado no desenho JU-22, nº 08 - "Situação do Canal de Fuga dos Grupos Auxiliares", com dados da inspeção sub-aquática realizada em 09/10/77, executou-se o desassoreamento do canal.

O equipamento utilizado foi um guindaste sobre rodas Bucyrus - 30B - 45 toneladas com clamshell estacionado sobre o aterro. O transporte do material retirado, era feito por caminhões basculantes de 5m³ até o local de "Bota-Fora", situado ao lado da escavação para o canal de navegação da eclusa, próximo ao local de remoção.



Desassoreamento do Canal de Fuga do Grupo Auxiliar nº 01,
efetuado com guindaste-Clamshell.



Carregamento do caminhão basculante com o material
dragado, destinado ao "Bota-Fora".

O volume de material resultante da limpeza do canal atingiu a cifra de 552m³. No entanto, por se encontrar fora de alcance da lança do guindaste, parte do material localizado sob a laje da sub-estação, junto à guia de stop-logs do GA-01, não pôde ser removido. A tentativa de movimentação dessas pedras através de descarga de água por esse Grupo Auxiliar, mostrou-se ineficaz. Assim sendo, decidiu-se efetuar essa remoção posteriormente, na medida em que houvesse disponibilidade de equipamentos mais adequados à situação, tendo em vista ainda que além de ser em pouca quantidade, esse material remanescente situava-se lateralmente, não afetando mais o fluxo d'água do GA-01

A última inspeção sub-aquática realizada mostrou que, a exceção das pedras sob a laje da sub-estação, o canal de fuga apresentava-se desobstruído.

3.2 - CANTEIRO PARA EXECUÇÃO DO MURO.

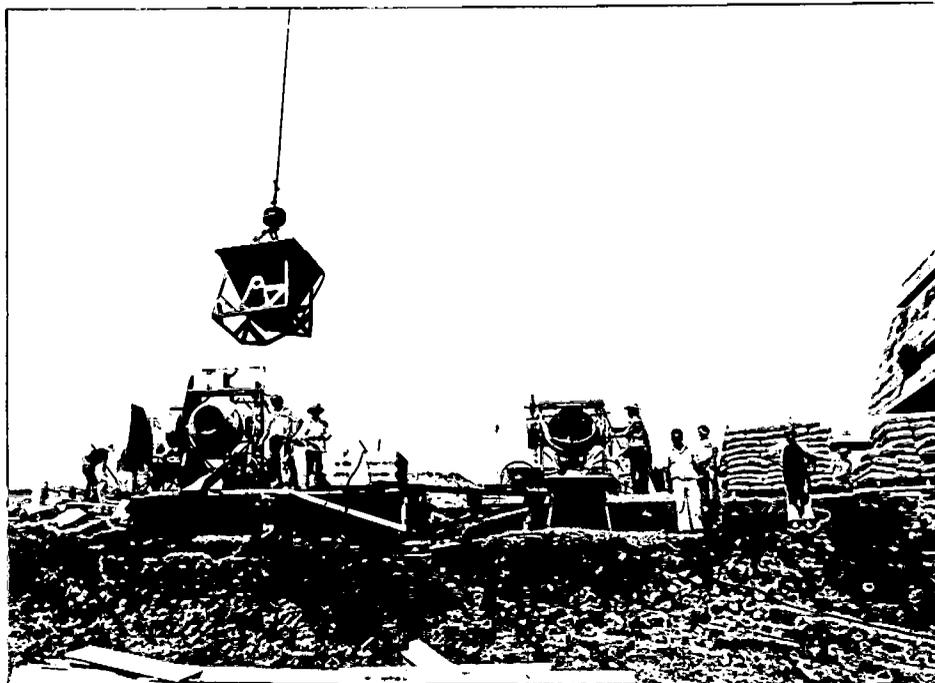
As instalações do canteiro se resumiram na montagem sobre o aterro, de duas betoneiras elétricas com capacidade nominal de 250ℓ cada, junto aos depósitos de cimento e agregados, dentro do raio de ação da lança do guindaste, evitando-se, assim, transportes de concreto com caminhões. O ar comprimido foi captado da rede definitiva da Usina, no ponto mais próximo das Obras.

Para a guarda de ferramentas e material consumido na execução de formas, utilizou-se a oficina de manutenção existente, localizada ao lado dos Grupos Auxiliares.

Os equipamentos (guindaste, trator, basculantes com agregados) e materiais de construção foram levados ao local do Canteiro através do túnel de acesso à Casa de Máquinas (cota 265,50), sendo erguidos até a cota 271,50 por uma ponte rolante de 250t, com o auxílio de uma plataforma adaptada para esse serviço.



Central de concreto.



O transporte de concreto com o emprego de guindaste sobre rodas.

3.3 - CONSTRUÇÃO DO MURO NO TRECHO I.

3.3.1 - Limpeza da rocha.

Inicialmente foram removidas as pedras depositadas sobre a rocha, utilizando-se o guindaste sobre pneus Bucyrus - 30B - com clamshell, estacionado sobre o aterro. A seguir, procedeu-se a limpeza propriamente dita da rocha, com a retirada manual de todo material solto e lavagem da superfície com o uso de espingarda com entradas de água e ar e saída única.

O material resultante da limpeza foi transportado por um caminhão basculante com capacidade de $5m^3$ para o local de "Bota-Fora".



Demarcação topográfica para construção do muro.



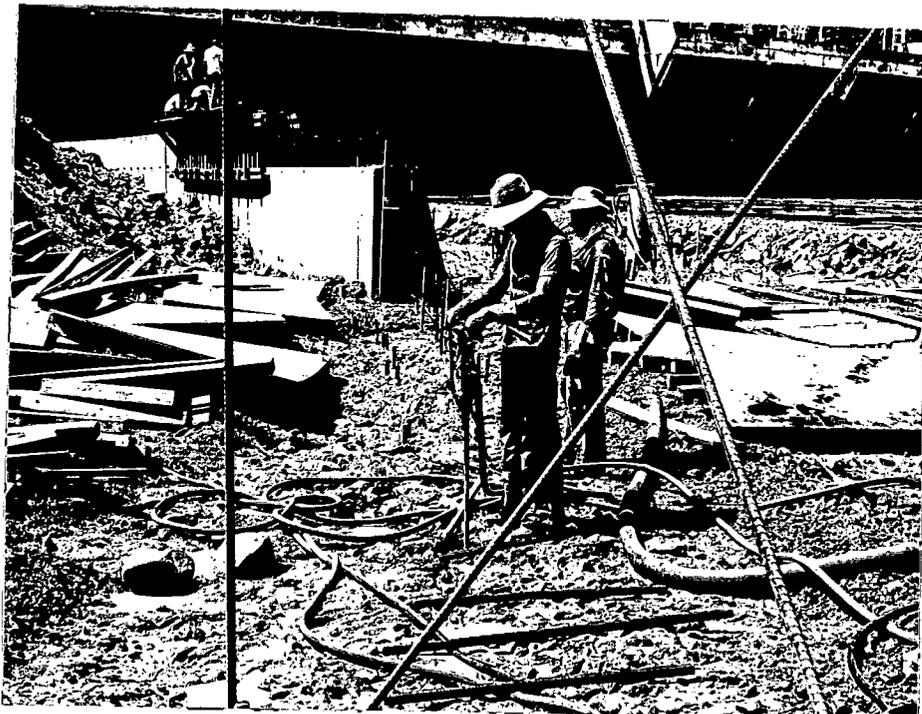
Remoção do material resultante de limpeza do terreno, com guindaste-Clamshell.



Uso de espingarda de água e ar na limpeza da rocha.

3.3.2 - Concretagem do muro.

Concluída a limpeza, procedeu-se a furação para fixação dos chumbadores na rocha. Os furos foram executados com perfuratriz pneumática, conforme a foto abaixo, utilizando haste de 0,80m x Ø 30mm e ponta de vídia. A seguir os furos foram lavados, soprados com ar comprimido, sendo então preenchidos com calda de cimento (A/C = 0,6). Finalmente introduziram-se os vergalhões de Ø 1" nos furos, golpeando-os, caso necessário, até atingirem a profundidade determinada de 0,50m.



Perfuração com martelete pneumático para fixação de chumbadores na rocha.

O muro foi dividido em blocos de 10m de extensão, sendo que a concretagem de cada bloco processou-se em 2 etapas: a 1ª, de 1,60m, em camadas de 0,40m de altura e a 2ª, de 0,90m, em duas camadas de 0,45m de altura. O topo da 1ª etapa foi preparado pelo sistema de "corte verde"; tendo sido utilizado para isso a espingarda de água e ar.

O transporte e o lançamento do concreto foram executados com o emprego do guindaste sobre rodas Bucyrus 30 B, equipado com caçamba de 0,5m³.

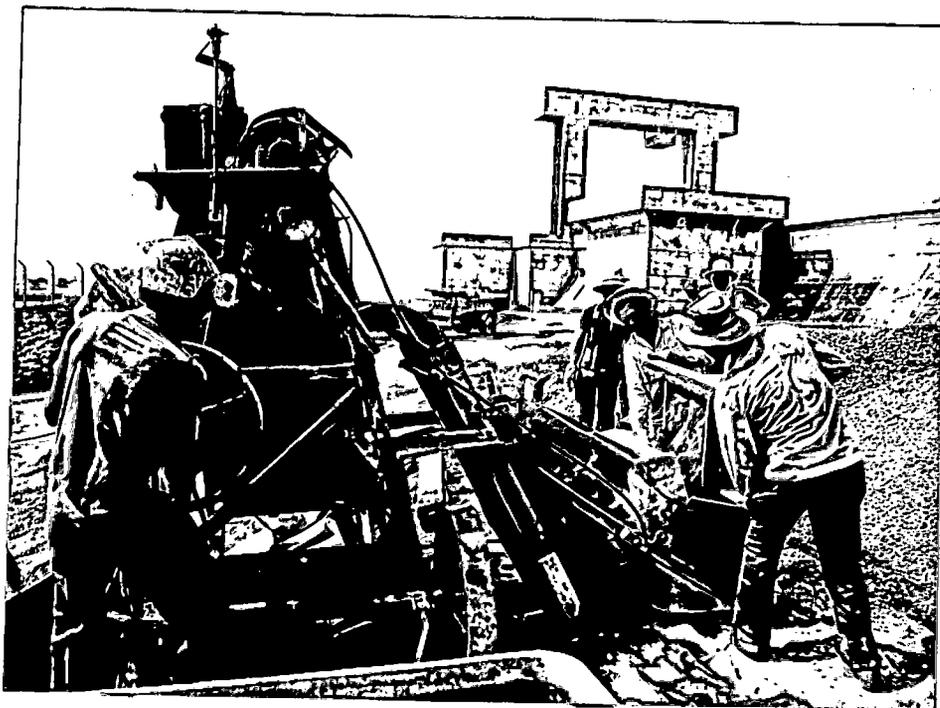
O traço do concreto utilizado é o indicado a seguir:

CONCRETO - $\nabla R \times 180 : 150 \text{ kgf/cm}^2$

MATERIAL	CIMENTO	POZOLANA	AREIA	CASCALHO 1	CASCALHO 2	ÁGUA
Consumo (kg/m ³)	184	46	527	686	684	160

O prazo para desforma foi fixado em vinte e quatro horas após a concretagem e a cura se prolongou por um período de vinte e um dias.

Nas fotos a seguir são mostradas as diversas fases de concretagem.



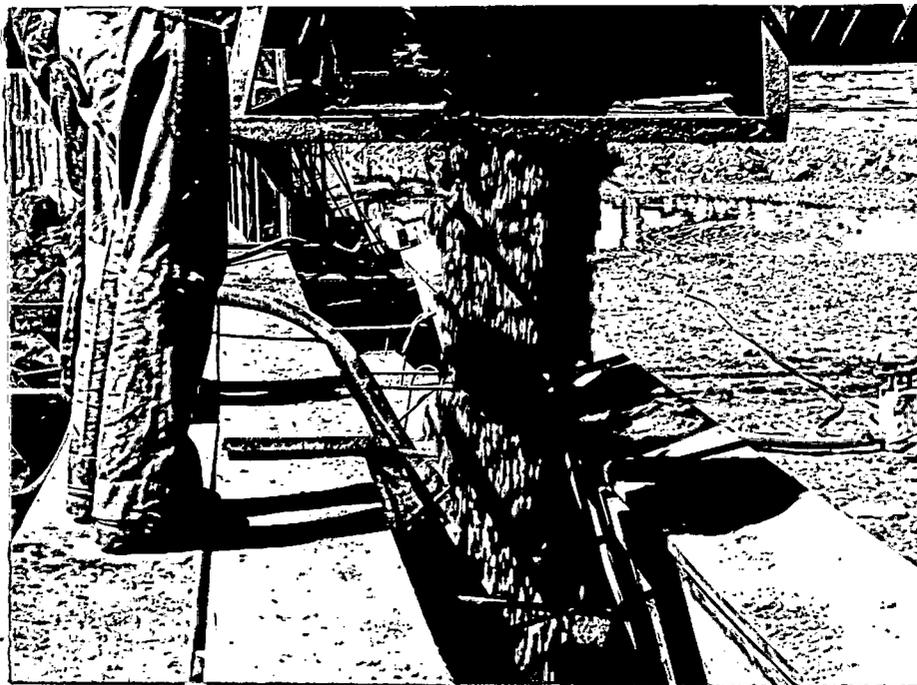
Carregamento da caçamba alimentadora da betoneira.



Descarga de concreto na caçamba transportadora.



Caçamba presa ao cabo, em condições de ser erguida pelo guindaste.

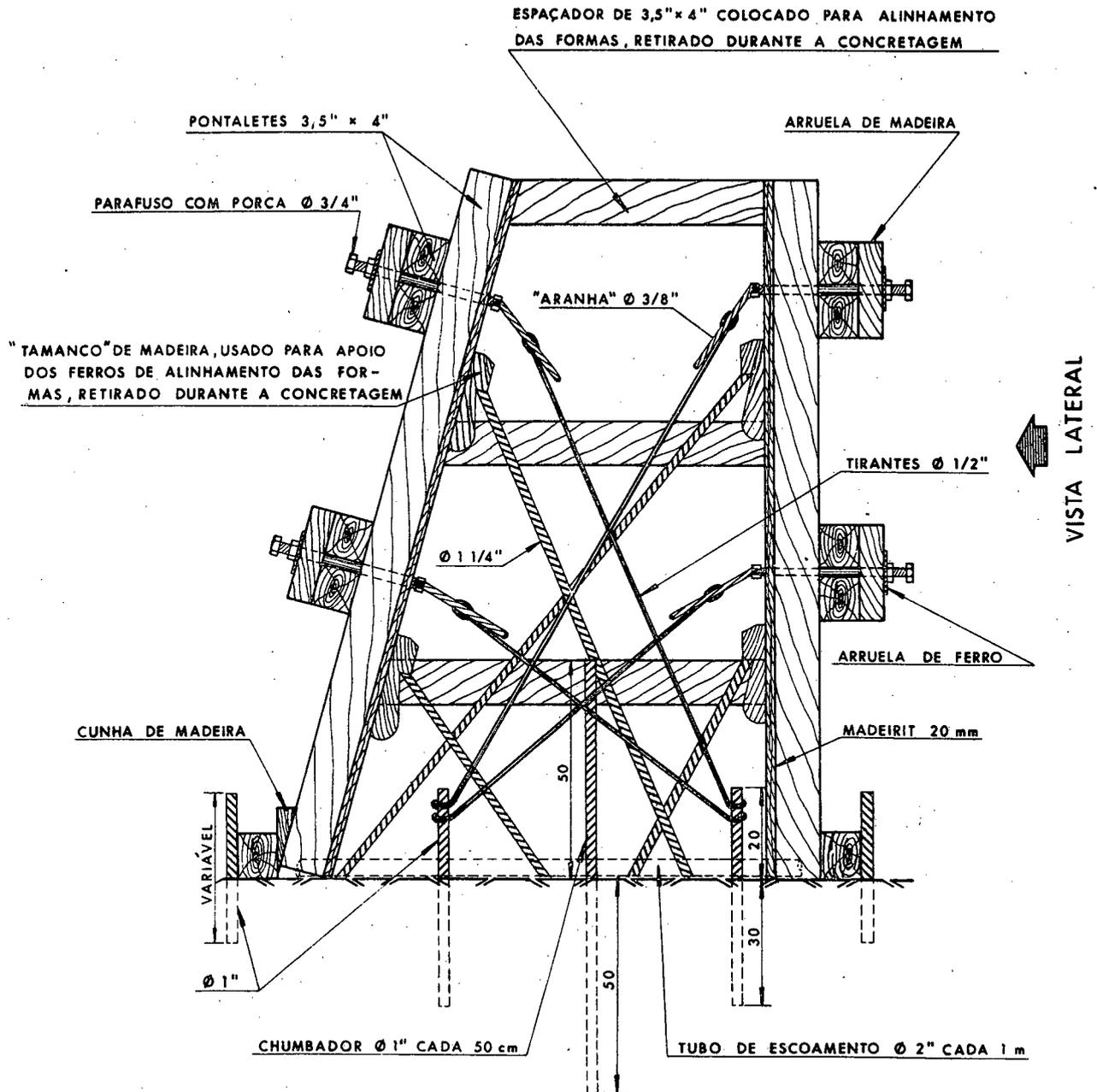


Lançamento de concreto.

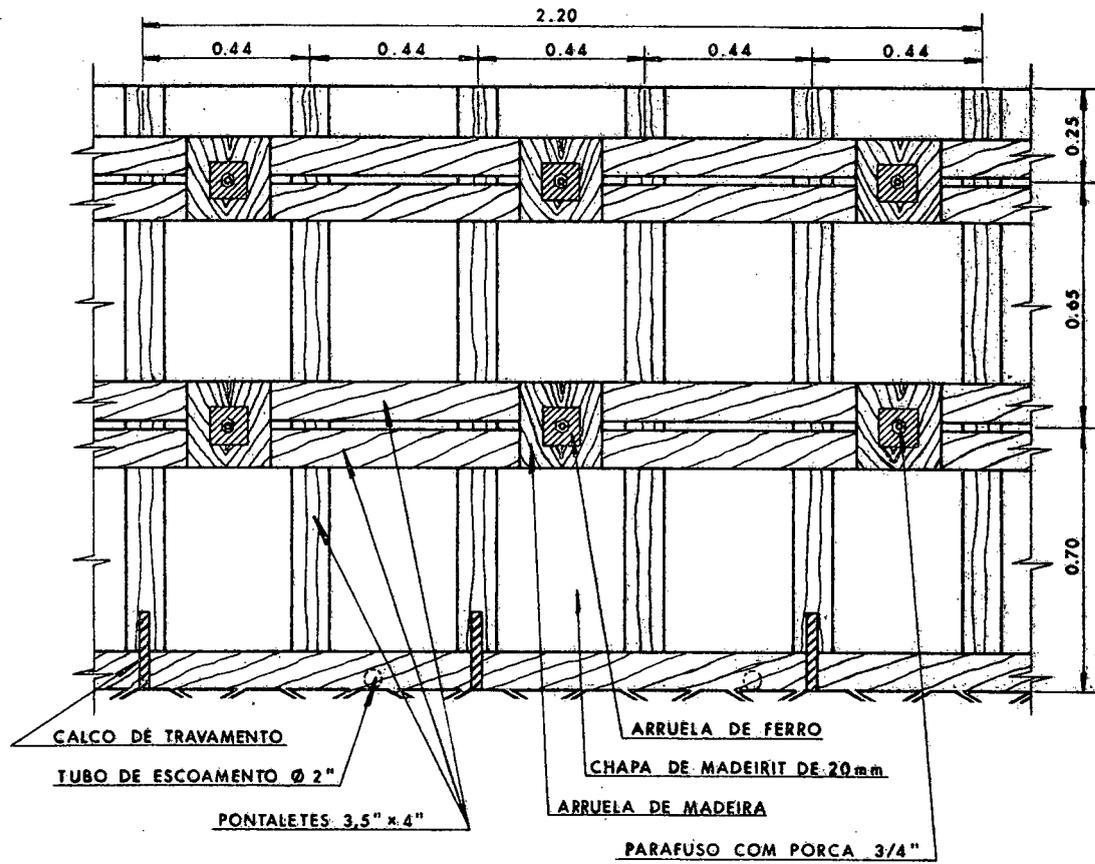


Adensamento do concreto por meio de vibrador de imersão.

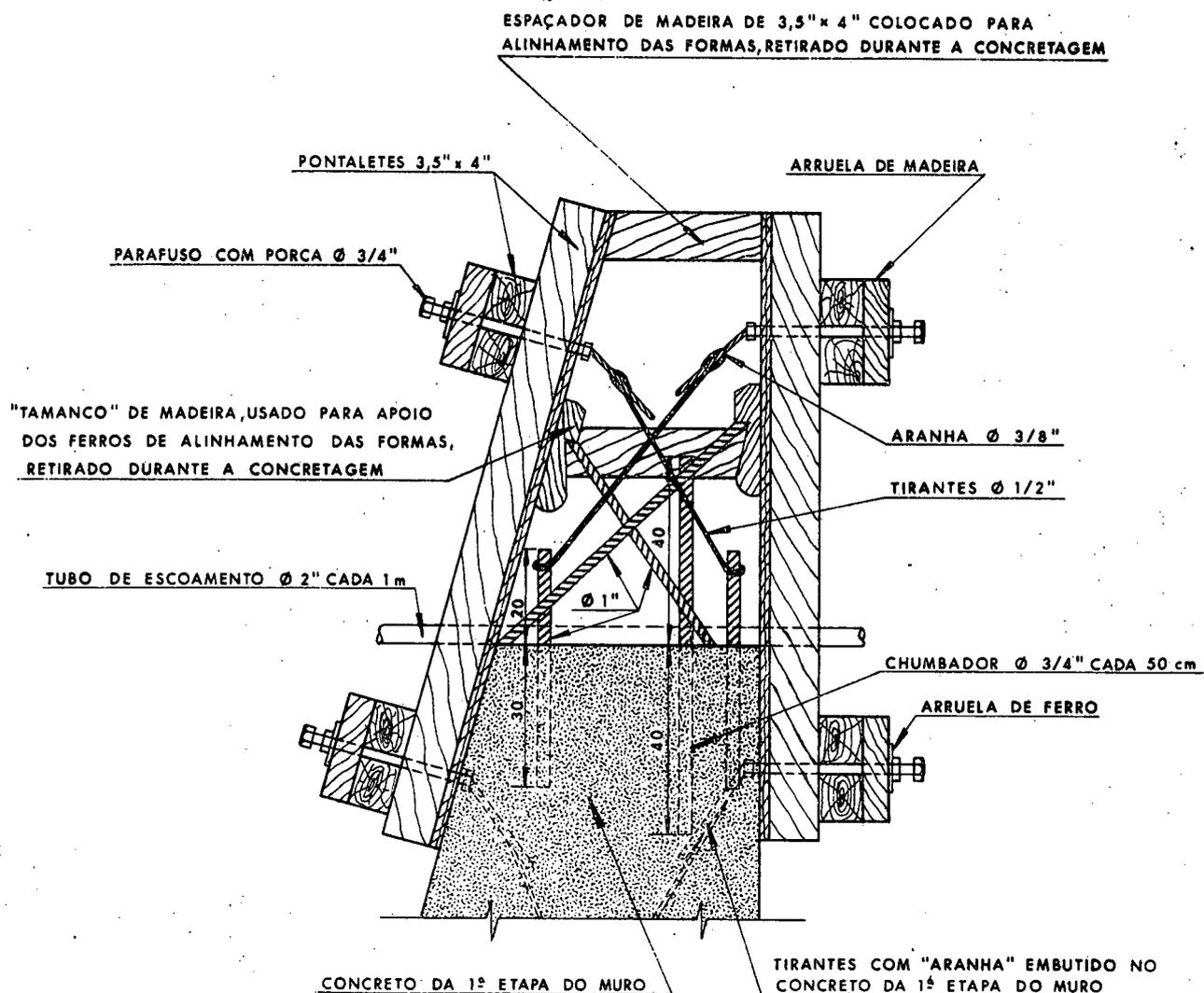
As formas utilizadas eram constituídas por painéis de 2,20m x 1,60m (1ª etapa) e 2,20m x 0,90m (2ª etapa) em chapas de compensado de 20mm de espessura e acham-se detalhadas e ilustradas nos desenhos e fotos das folhas seguintes.



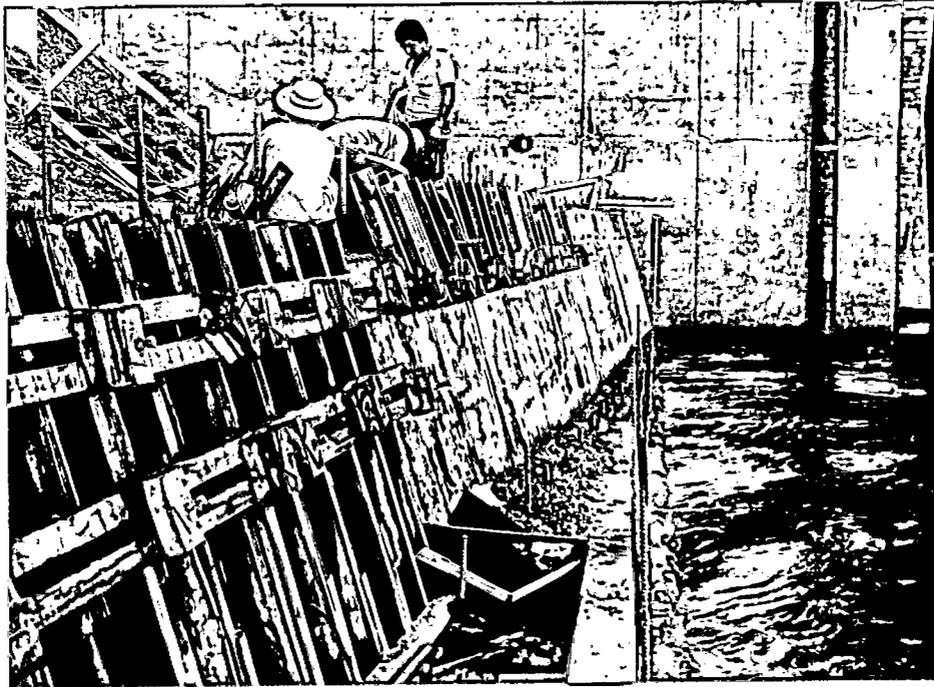
Detalhe de Fixação de Formas da 1ª Etapa de Concretagem



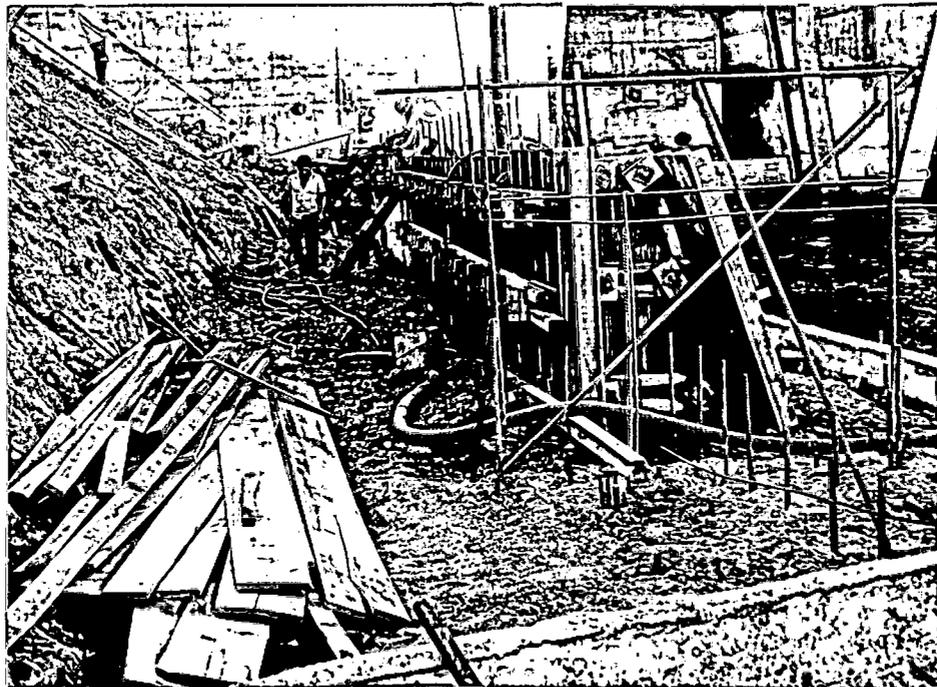
Vista Lateral das Formas 1ª Etapa de Concretagem
(LADO INTERNO DO MURO)



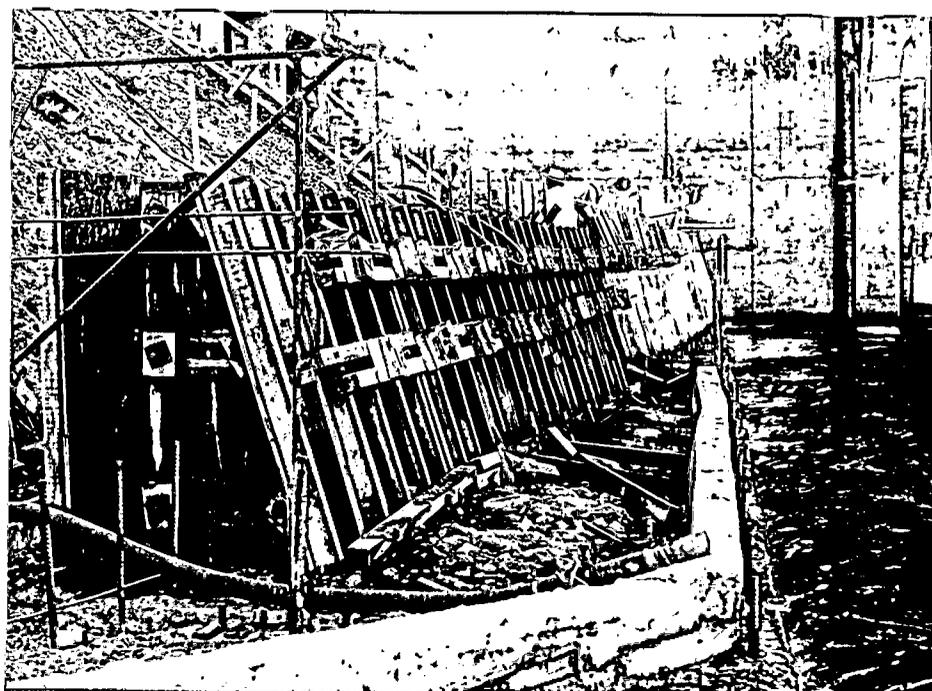
Detalhe de Fixação de Formas da 2ª Etapa de Concretagem



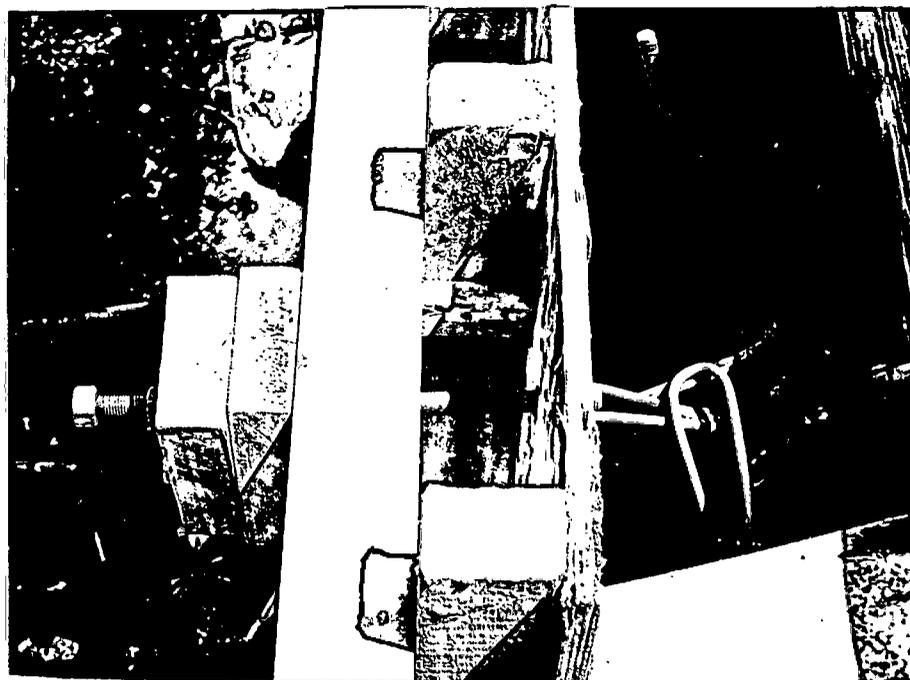
Montagem de formas para a 1ª e 2ª etapas de concretagem.



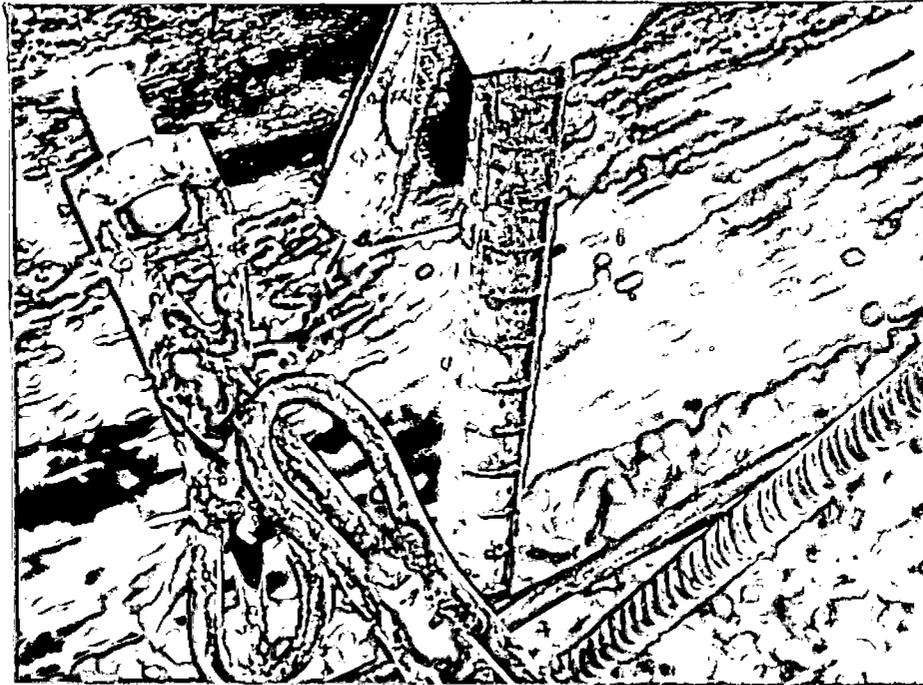
Forma interna da 1ª etapa, concluída.



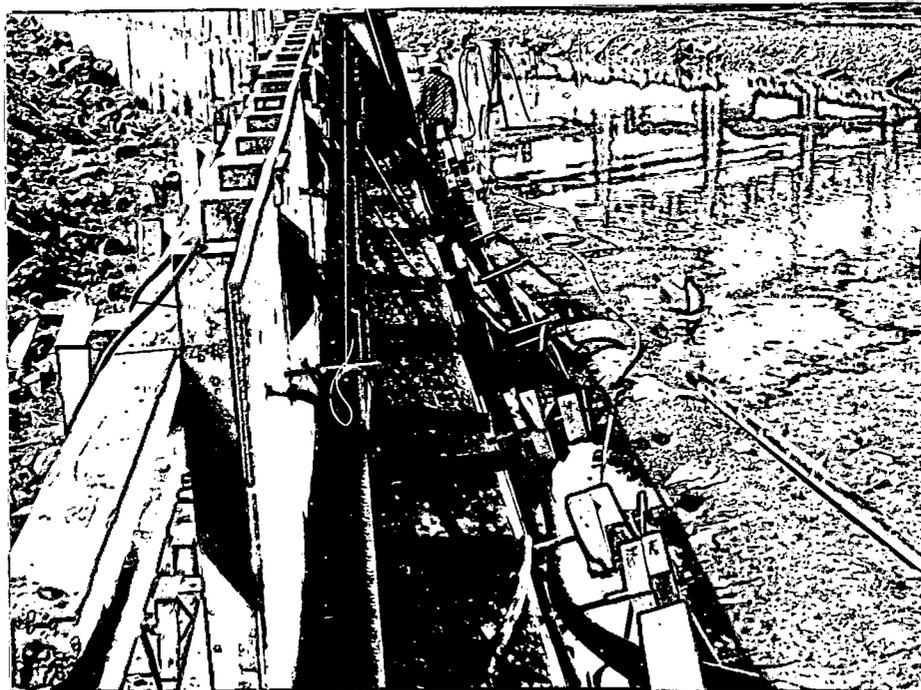
Forma externa da 1ª etapa, concluída.



Detalhe de fixação de forma.



Detalhe de fixação de forma (interior da forma).



Sistema de fixação de forma para a 2ª etapa de concretagem.

3.4 - CONSTRUÇÃO DO MURO NO TRECHO II.

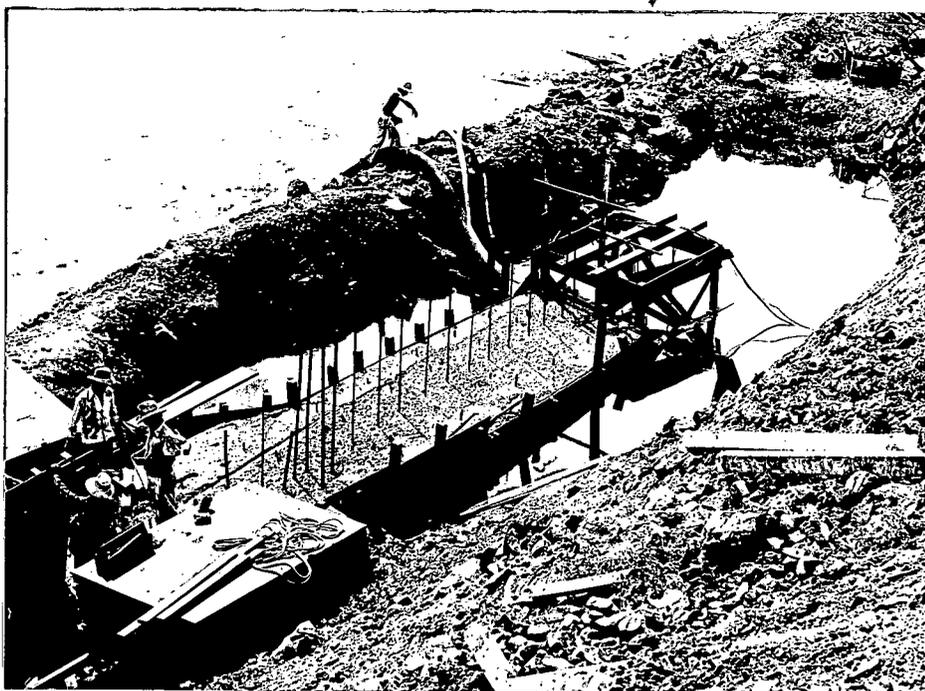
3.4.1 - Limpeza. Descoberta de depressão na rocha.

No decorrer da operação de limpeza grossa com clamshell, foi constatada a existência de uma depressão na rocha. A continuação do trabalho de remoção de material viria mostrar que a depressão compreendia uma extensão de aproximadamente 20m e profundidade máxima de 4,5m, até encontrar uma camada mais resistente constituída por rocha alterada.

Segundo parece, essa descontinuidade da rocha teria sido causada por uma escavação para a abertura de um acesso de serviço, durante a construção da Usina Jupia.

3.4.2 - Concretagem do bloco de apoio do muro.

Parte do material proveniente da limpeza, foi reaproveitada para a construção de uma ensecadeira envolvendo o trecho II, que possibilitasse o erguimento do muro na região situada abaixo do nível d'água. Em vista das condições precárias em que essa ensecadeira teve de ser construída, não se obteve a vedação necessária, tendo sido preciso recorrer a outros meios.



Vista da ensecadeira construída na região da depressão, para execução do bloco de apoio do muro. Na foto, o 1º trecho do bloco encontra-se concretado, estando parcialmente submerso.

Em comum acordo com a Gerência Regional do Paranã, na Usina Jupiã, foi programada a concretagem apenas nos fins de semana, quando a usina é menos requisitada e há um abaixamento do nível d'água a jusante de cerca de 3,50m.

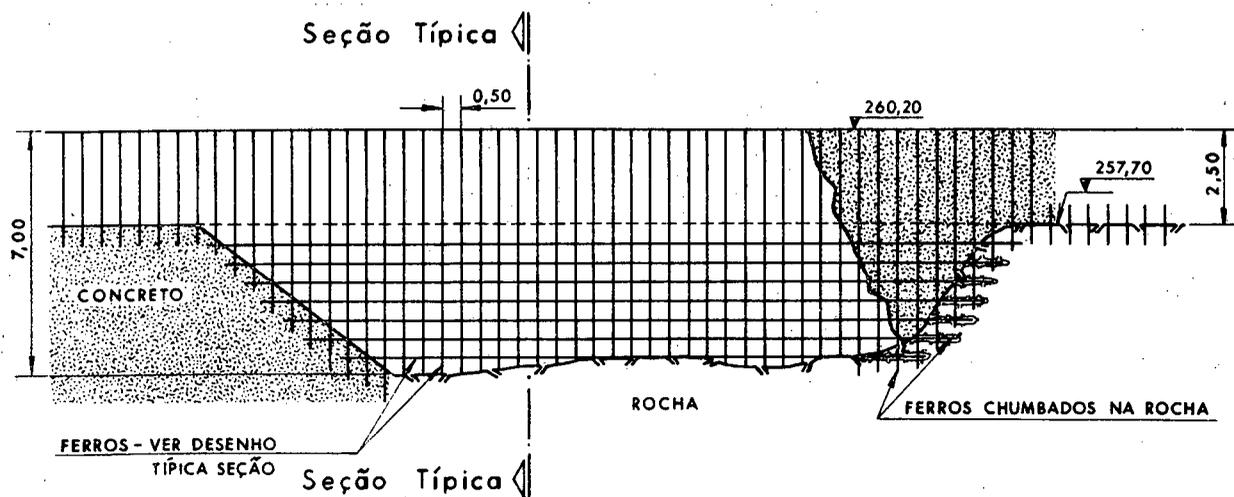
Nessas condições, com o rebaixamento da água no interior da área ensecada conseguido através de bombeamento, pôde-se completar a limpeza, com lâmina de água oscilando entre os 20 e 60cm.

Dividiu-se o trecho em dois blocos para concretagem. Os 60cm iniciais (regularização) foram concretados sem forma, abrangendo toda a largura do interior ensecado, com lançamento de ponta, em virtude da presença de água. A seguir, devido ao tempo exíguo, foram montadas formas e concretou-se até a cota 257,70m (pé do muro) um bloco de 2,20m de largura, em camadas de 0,40m. Utilizou-se concreto ciclôpico nas duas etapas de concretagem.

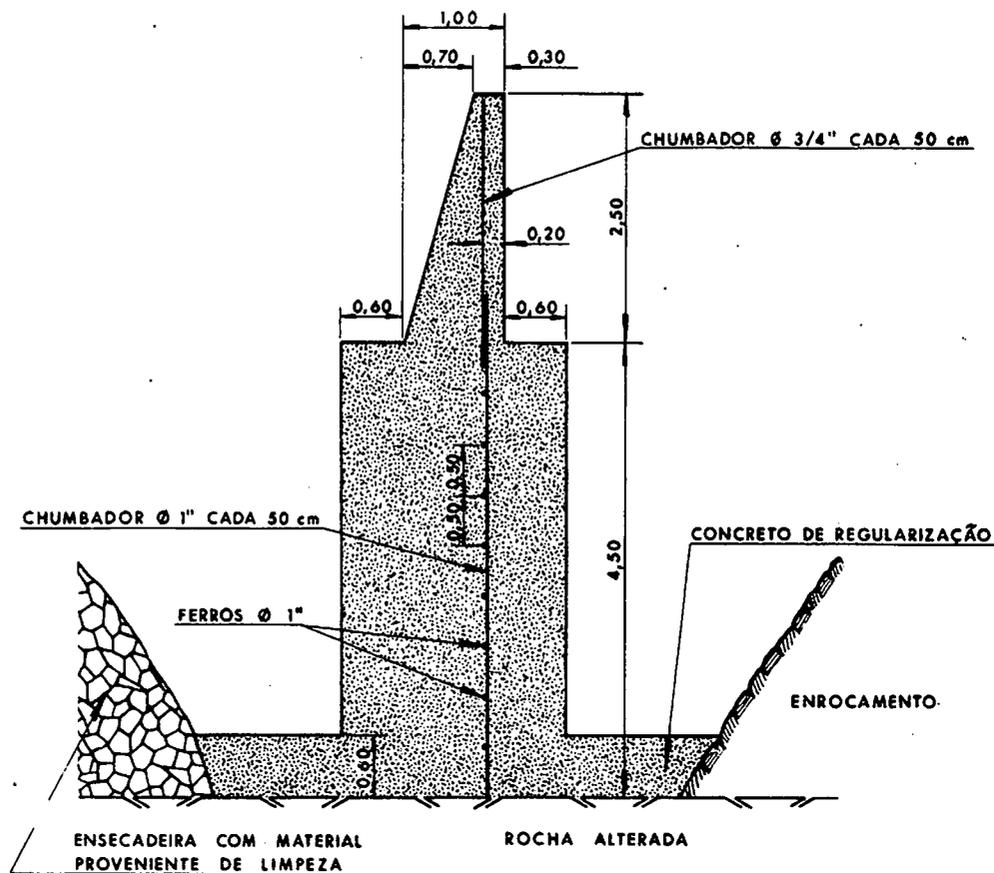
O procedimento anterior foi repetido na concretagem do II trecho da depressão.

3.4.3 - Concretagem do muro.

Sobre o bloco concretado, executou-se o muro conforme descrito no item 3.3.2.



Trecho de Depressão - Vista Longitudinal



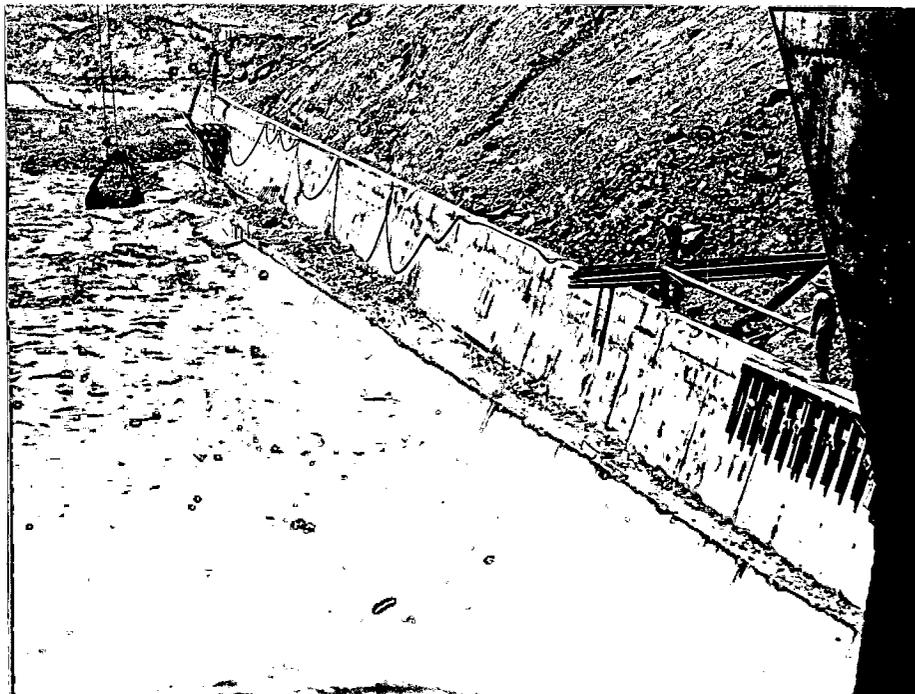
Trecho de Depressão – Seção Típica



Montagem de formas do muro sobre o bloco já concretado, no 1º trecho da depressão.



Vista da 1ª etapa do muro e do bloco de apoio, no 1º trecho da depressão. Limpeza complementar do 2º trecho com Guindaste-Clamshell.



Remoção da ensecadeira na região da depressão, com guindaste-Clamshell.

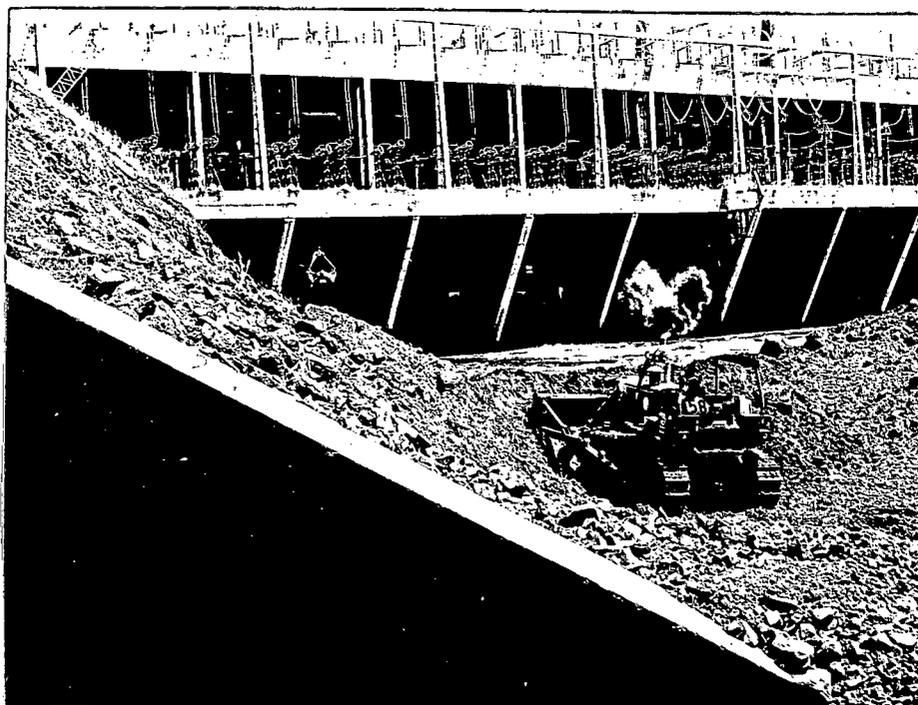
3.5 - CONSTRUÇÃO DO MURO NO TRECHO III.

3.5.1 - Limpeza da rocha e construção de ensecadeira.

A limpeza grossa foi realizada com trator de lâmina sobre esteira Caterpillar D7, conforme a foto abaixo, sendo o material juntado pelo trator removido por pã-carregadeira Caterpillar 966 e em seguida transportado por três caminhões basculantes ao local de "Bota-fora".

Quanto a limpeza fina, esta foi efetuada conforme já descrito no item 3.3.1.

Após concluída a limpeza, verificou-se a elevação do nível de água a jusante acima da cota 257,70m, em virtude das fortes chuvas ocorridas na região, surgindo assim a necessidade de ensecar a área de construção do muro, no seu trecho III. Utilizando-se o trator sobre esteira D7 e com o material resultante do desbastamento para acerto do talude, construiu-se uma ensecadeira protegendo o trecho em questão, conforme foto da folha seguinte.



Limpeza grossa para execução do muro na região ensecada, utilizando trator de esteira.

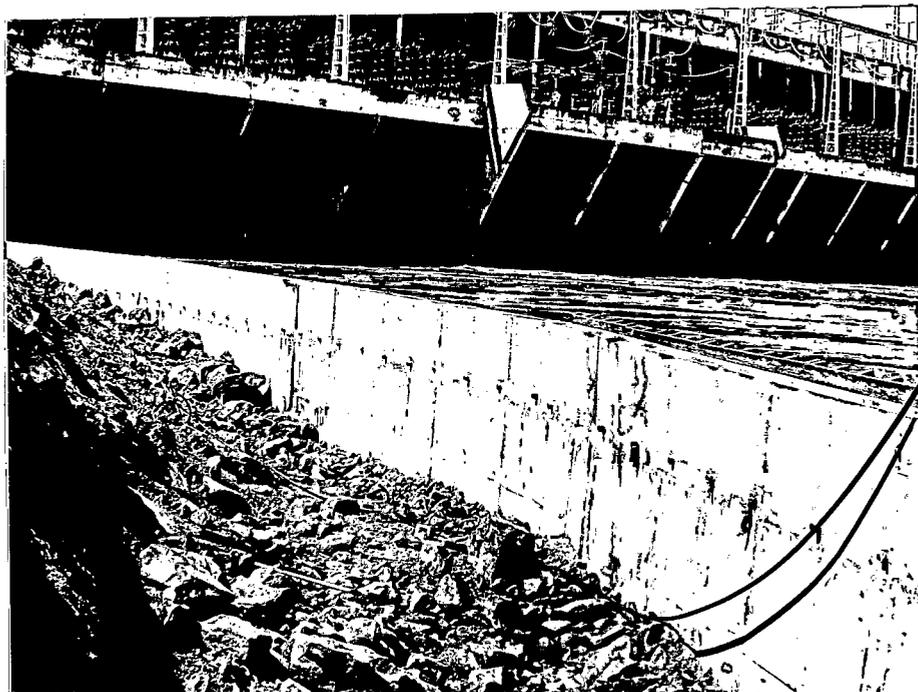


Vista aérea da ensecadeira (inundada) e da parte concluída do muro.

3.5.2 - Concretagem do muro.

A construção desse trecho em curva foi feita em segmentos de 10m. Assim sendo, o sistema de formas utilizado, bem como o esquema de concretagem, obedeceram ao já disposto no item 3.3.2.

A dificuldade maior de execução residiu nas elevações do nível de água acima do esperado em algumas ocasiões, havendo transposição da ensecadeira e prejudicando os trabalhos de limpeza, em vista do arraste de lama para o interior dos blocos já em vias de serem concretados.



Aspecto de um trecho concluído do muro - face interna.



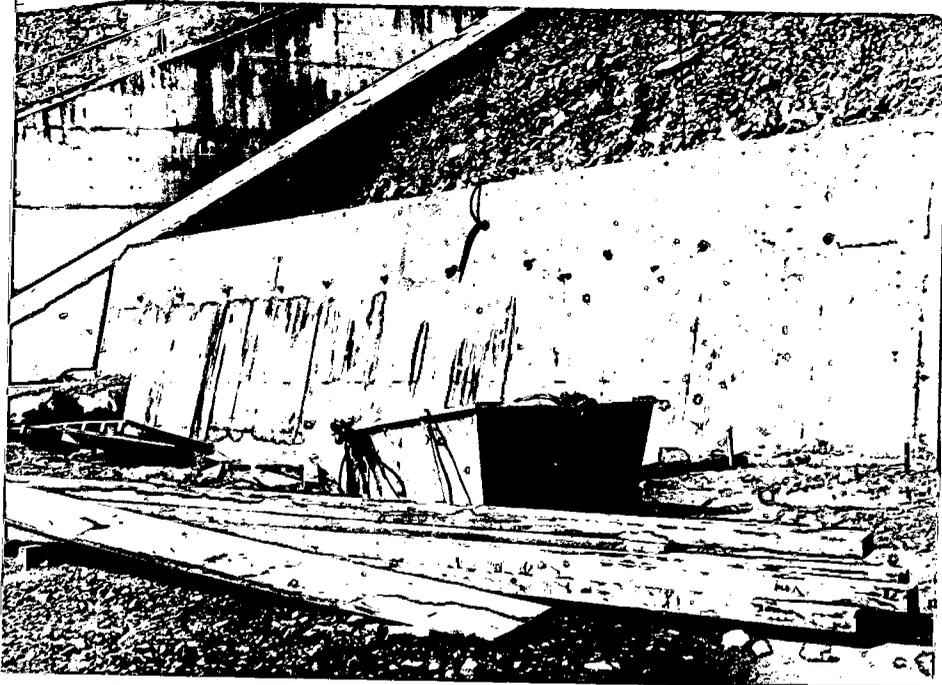
Aspecto de um trecho concluído do muro - face externa.



Vista da construção do muro, em sua fase final.



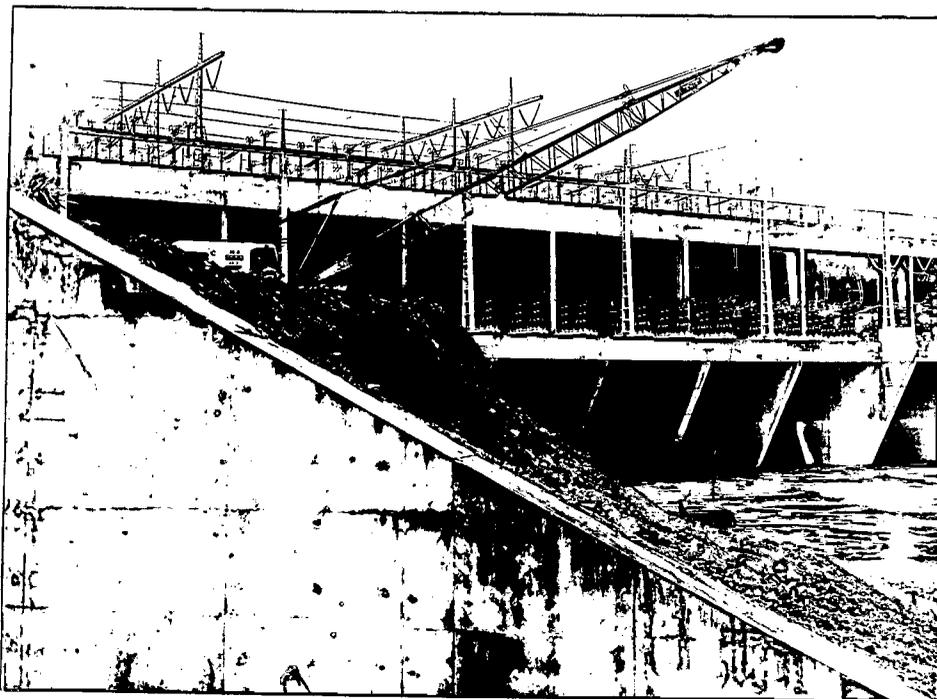
Montagem de formas para a 2ª etapa de concretagem do muro, no seu trecho final junto ao Canal de Fuga da Eclusa.



Ligação do muro, no seu trecho final, ao muro de ala do Canal de Fuga da Eclusa.

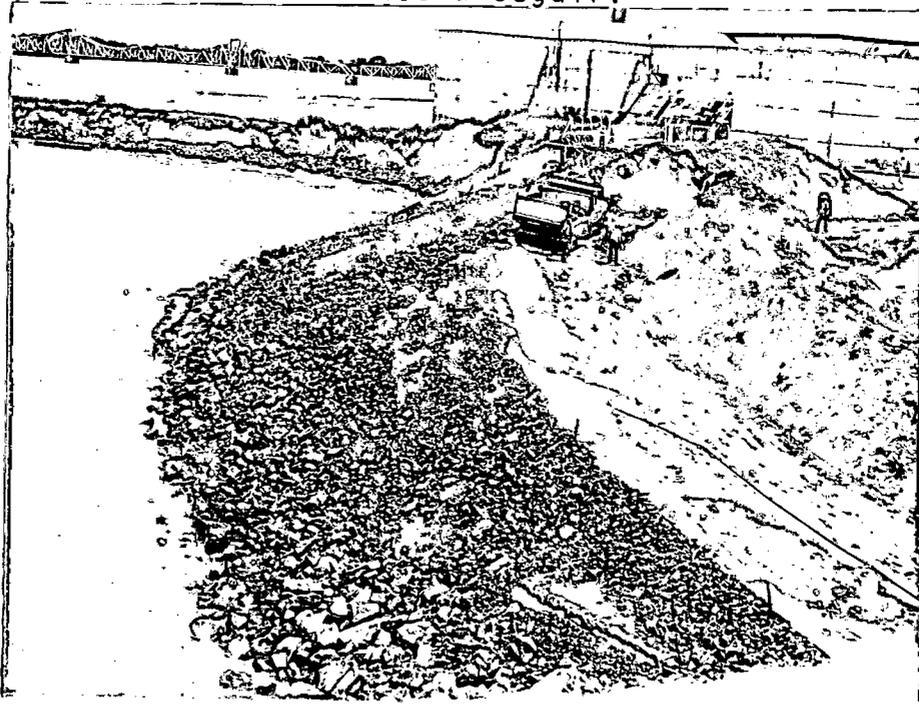
3.6 - ACERTO DO TALUDE.

O abatimento do talude, que passou a 1:3, foi executado com Drag-line, conforme foto abaixo.



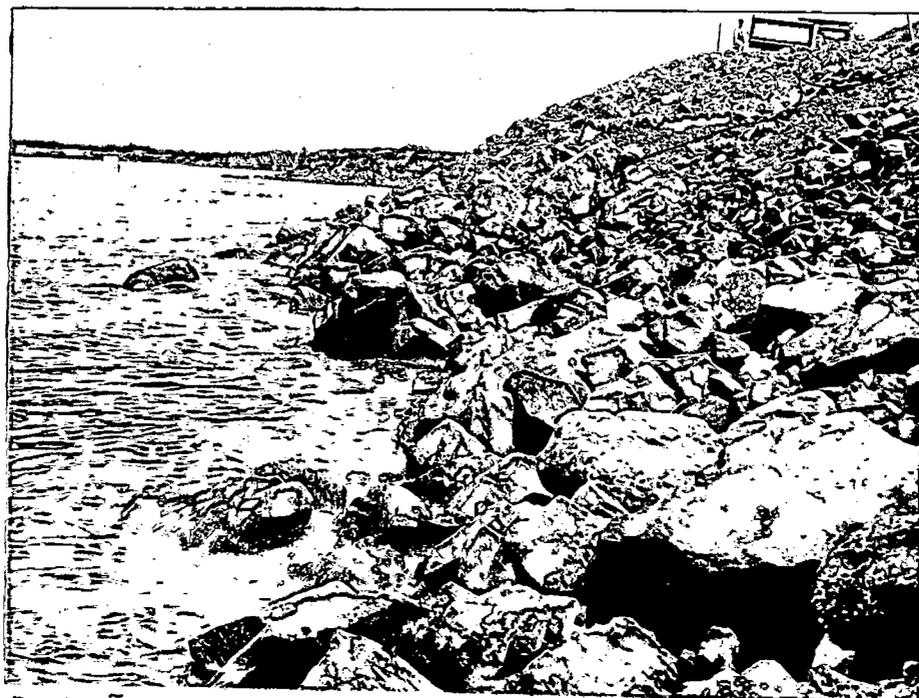
Acerto do talude com Drag-line.

Como proteção adicional do enrocamento, foram dispostas na sua superfície, pedras maiores selecionadas do material destinado ao "Bota-Fora", conforme fotos a seguir.



Vista do talude já acertado e do material excedente destinado ao "Bota-Fora".

Nota: Muro (já pronto) submerso devido às cheias.



Proteção do enrocamento executado com pedras selecionadas do material destinado ao "Bota-Fora".

Nota: Muro submerso.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A construção do muro, que consumiu o volume de 380m^3 de concreto, embora de consecução relativamente simples em condições normais, revestiu-se de certas dificuldades, como pode ser constatado em nosso relato, que exigiram grande empenho de nossa equipe de campo, que esteve assim constituída:

- 01 Engenheiro (Tempo Parcial) - CESP;
- 01 Encarregado Técnico (com eventual substituto) - CESP;
- 01 Nivelador - CESP;
- 01 Encarregado;
- 01 Feitor;
- 01 Soldador;
- 08 Pedreiros;
- 04 Carpinteiros;
- 06 Ajudantes;
- 05 Serventes.

APRESENTAÇÃO GRÁFICA

SERVIÇO DE TECNOLOGIA SETOR TÉCNICO EDI/T

REPRODUÇÃO

GRÁFICA VHI