

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATÓRIO

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ESTAGIÁRIO: EDUARDO VALÉRIO DE MIRANDA

LOCAL: CANTEIRO DE OBRAS DA HIDROELÉTRICA ITAPARICA

SUPERVISOR: LUCIANO AZEVEDO

  
Prof. Marcelo Loureiro Marinho  
Coordenador de Estágios - UEC - CCT - PRAI - UFPB

18/09/84



Biblioteca Setorial do CDSA. Junho de 2021.

Sumé - PB

# ÍNDICE

2

CAPA	
APRESENTAÇÃO	2
FORMAS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO DAS OBRAS DE TERRAPLENAGEM	6
- Quanto as medições e pagamentos	8
- Definição dos grupos de serviços	8
FORMAS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO DAS OBRAS DE CONCRETO	16
- Tipos de preços	18
- Definição dos grupos de serviços	18
CONTROLE DE AÇO PARA CONCRETO ARMADO; SOLDAS	26
- Emendas das barras	28
- Execução de emendas	28
- Critérios de utilização	32
LINHA DE TRANSMISSÃO	36
- Introdução	38
- Projeto	38
- Visita ao local de construção	38
ESTRUTURAS DE CONCRETO	42
- Introdução	44
- Bacia de dissipação do vertedouro	44
- Tipos de concreto utilizados na obra	44
- Adufas	46
ENSAIOS DE AÇO	48
- Introdução	50
- Cálculo do $f_{yk}$ e $f_{st}$	50
GEOLOGIA	54
- Introdução	56
- Mapeamento das fundações	56
- Procedimento	56
BARRAGEM DE TERRA E ENSACADEIRAS	60
- Introdução	62
- Tipos de zonas	62
- Juntas de construção	66
- Instrumentação	68
ENSECADERAS	70
- Introdução	72
- Ensacadeira II	72
- Ensacadeiras incorporadas à barragem	74

CENTRAL DE CONCRETO	76
- Introdução	78
- Visita a central de concreto	78
INSTRUMENTAÇÃO	82
- Introdução	82
- Tipos de Aparelhos	82
ENTREVISTA COM O ENGR OSCAR	84
- Tema	84
LABORATÓRIO DE SOLOS	86
- Permeabilidade (ensaio)	86
FISIOLOGIA DO PROJETO	86
- Tema	88
CONCLUSÃO	90

#### ANEXO

- 1) Locação geral da obra e áreas de empréstimo
- 2) Implantação geral
- 3) Projeto Itaparica - Ficha Técnica
- 4) Ensecadeira II - Maciço compactado - plantas e cortes
- 5) Barragem margem direita  
maciço compactado entre est. 40+00 e est. 73+00
- 6) Barragem margem esquerda  
Instrumentação no maciço e fundação  
entre est. 140+00 e est. 245+00
- 7) Barragem margem direita  
maciço compactado  
entre est. 5+00 e est. 40+00

## APRESENTAÇÃO

O presente relatório, traz como conteúdo o acompanhamento de alguns trabalhos de construção civil, realizados na construção da Hidroelétrica de Itaparica, no período de fevereiro de 1984.

A aproveitamento hidrelétrico de Itaparica localiza-se no trecho de nominado seção inferior do médio São Francisco, 10 Km a jusante da cidade de Petrolândia-Pe.

Consiste em uma construção de barragem de seção mista (terra/enrocamento), associado às estruturas de concreto da casa de máquinas e do vertedouro.

A energia firme disponível em Itaparica é da ordem de 1000 MW médios permitindo a instalação de 10 unidades geradoras com potencia de 250 MW cada uma.

Detalhes técnicos vide anexo 3.

OBJETIVO

O estágio realizado teve como principal objetivo introduzir conceitos práticos de engenharia civil ao estagiário na construção da Hidroelétrica de Itaparica.

Os estudos abrangeram tanto obras de concreto como de terraplenagem e linha de transmissão e todos os objetivos do estágio foram plenamente atendidos.

I

FORMAS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO DAS OBRAS DE TERRAPLENAGEM

## OBRAS DE TERRAPLENAGEM

### 1 - QUANTO AS MEDIÇÕES E PAGAMENTOS:

1.1 - Os serviços em geral, serão medidos e pagos pela aplicação dos preços unitários às quantidades de serviços executados e pelos preços globais.

1.2 - O empreiteiro de terraplenagem prepara um boletim de medição mensal, com base nas medições realizadas pela CHESF, devendo este documento, receber assinatura dos representantes da CHESF e do empreiteiro de terraplenagem.

1.3 - É utilizado o Sistema Internacional de unidades aceitando-se o sistema Inglês, onde tradicionalmente empregado.

1.4 - Somente são pagos os serviços cujas medições forem aprovadas pela CHESF.

### 2 - DEFINIÇÃO DOS GRUPOS DE SERVIÇOS:

2.1 - Serviços por preços globais:

- Os preços devem corresponderem a serviço pronto, de acordo com o projeto e especificações técnicas da Obra.

- São exemplos dos serviços pagos por preços globais:

- a) Manutenção do canteiro de Obras e Acampamento
- b) Construções adicionais no Acampamento Principal.
- c) Serviços correspondentes a desmobilização do empreiteiro de terraplenagem.
- d) Ensecadeiras incorporadas à barragem.



Obs: Para cada material, o empreiteiro de terraplenagem apresentará o preço unitário correspondente, de modo que, o preço global seja a somatória dos produtos dos diversos preços unitários pelas quantidades respectivas.

e) Remoção das ensecadeiras

f) Manutenção das ensecadeiras, controle do rio durante a construção e bombeamento.

Obs: Estão incluídos neste item, despesas relativas ao reparo ou substituição de trabalhos ou obras danificadas devido a ocorrência de enchentes ou outras causas.

## 2.2 - Serviços por preços unitários.

- Os preços devem corresponder a serviço pronto, de acordo com o projeto, especificações técnicas e instruções da fiscalização da Obra.

São exemplos de serviços pagos por preços unitários:

a) Escavações Comuns

Obs: O volume de escavação é calculado pela quantidade em metros cúbicos de material escavado, medido no corte, independente de sua localização, forma ou tipo de material. Para isso a CHESF realiza um levantamento topográfico antes de qualquer escavação.

Os volumes são calculados onde possível, pelo método da área média.

A escavação é paga pelo preço unitário "escavação comum".

b) Escavação em rocha a céu aberto.

Obs: O volume de escavação é calculado de modo análogo a alínea (a) deste item.

A escavação é paga pelo preço unitário "escavação em rocha".

c) Escavação submersa.

Obs: O volume de escavação é calculado de modo análogo aos itens já citados, sendo que a CHESF realiza um levantamento.....

batimétrico antes de quaisquer escavação.

A escavação será paga pelo preço unitário "Escavações Submersas"

d) Raspagem das áreas das jazidas

A raspagem será paga pelo preço unitário "Raspagem das áreas das jazidas"

e) Preparo das Fundações em terra:

Obs: A medição corresponde à determinação da área medida em metros quadrados, satisfatoriamente preparada para o contato com os enrocamentos.

O pagamento é feito pelo preço unitário "Preparo das Fundações em terra".

f) Preparo de fundações em rocha.

A medição corresponde a determinação do número de metros quadrados da superfície rochosa, satisfatoriamente preparada para o contato com as estruturas para ali destinados.

O pagamento será feito pelo preço unitário.

"Preparo das fundações em rocha do núcleo e filtro fino da barragem de enrocamento"

g) Enrocamentos compactados.

A determinação das quantidades de enrocamento é feita com base no cálculo do número de metros cúbicos deste material ao qual se aplicará o preço unitário "Enrocamento compactado".

h) Transições.

A determinação das quantidades de enrocamento é feita com base no cálculo de metros cúbicos de cada material aos quais se aplicam os preços unitários:

"Transição Grossa de Montante", "Transição Grossa de Jusante", "Transição Fina de Montante" e "Transição Fina de Jusante".

i) Núcleo Impermeável.

A quantidade de solo impermeável é feita com base no cálculo de metros cúbicos de material colocado ao qual se aplicará o preço unitário "núcleo impermeável".

### 2.3 - Serviços Eventuais.

- Trata-se de serviços para os quais não haja preços unitários na planilha de preços adotada pela CHESF, tais como:

a) Fornecimento eventual de mão de obra pelo empreiteiro de terraplenagem.

Pago por hora efetivamente trabalhada.

b) Aluguel eventual de máquinas e equipamentos em geral são pagos horas efetivamente trabalhadas.

c) Fornecimento de materiais:

São pagos por volume, peso, unidades etc... através de notas fiscais acrescidas de taxa de administração.

d) Verbas para Serviços eventuais.

FORMAS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO DAS OBRAS DE CONCRETO

## FORMAS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

### 1 - TIPOS DE PREÇOS

- a) Serviços por preços globais
- b) Serviços por preços unitários
- c) Serviços eventuais

- Os preços correspondem a serviços prontos
- Os serviços em geral, são medidos e pagos pela aplicação dos preços globais, de acordo com o desenvolvimento dos mesmos.
- É sempre utilizado o Sistema Internacional de Unidades aceitando-se o sistema inglês, onde tradicionalmente empregado.
- Somente são pagos os serviços cujas medições forem aprovadas pela CHESF.

### 2 - DEFINIÇÃO DOS GRUPOS DE SERVIÇOS

#### 2.1 - Serviços por preços globais:

- a) Mobilização e instalação do canteiro de Obras de concreto
- b) Manutenção e operação do canteiro de Obras de concreto
- c) Desmobilização do empreiteiro

#### 2.2 - Serviços por preços unitários

- a) A concretagem das aberturas de desvio do vertedouro é remunerada pelo preço unitário "concretagem das aberturas de desvio do vertedouro".

- b) Concreto moldado no local

A medição do concreto é feita com base nos volumes em metros cúbicos definidos pelas linhas exatas das estruturas como indicado nos desenhos.

Quando o concreto é lançado diretamente contra superfícies escavadas, sem uso de formas, os volumes são determinados

Pelas linhas finais de escavação.

No cálculo dos volumes, não são descontados volumes ocupados por peças metálicas, eletrodutos, tubulações nem também espaços vazios de volumes inferior a  $0,5 \text{ m}^3$  ou de seção transversal inferior a  $0,5 \text{ m}^3$ .

O pagamento é feito de conformidade com os preços unitários:

- " Concreto na Tomada D'agua"
- " Concreto nos Muros de Ligação"
- " Concreto na Casa de Máquinas"
- " Concreto no Hall de Montagem, Casa de Comando, Muro Lateral"
- " Concreto na Crista e Pilares do Vertedouro"
- " Concreto em Muros, Bacia de Amortecimento e Defletor no Vertedouro"
- " Concreto na Ponte sobre o Vertedouro"
- " Concreto em Estruturas Diversas"

#### c) Concreto de Regularização

Para fins de pagamento, as quantidades de concreto de enchimento de vazios ou depressões de fundação, são calculadas a partir da determinação, na central de concreto, de volume em metros cúbicos efetivamente produzido, colocado e aceito pela fiscalização. Para os volumes acima citados, é aplicado o preço "concreto de regularização."

#### d) Concreto Prê-moldado

A Medição dos serviços de construção de peças prê-moldadas é feita determinando o número de metros cúbicos de concreto empregado.

As quantidades citadas acima, são pagas aplicando o preço unitário "concreto prê-moldado".

#### e) Concreto Protendido

A Medição dos serviços de protensão é feita determinando o comprimento em metros lineares de cabos de protensão conforme os desenhos, para os quais é aplicado o preço unitário "protensão".

#### f) Aditivos para concreto

A medição é feita através da determinação do número de quilogramas de agente redutor d'água utilizados na fabricação dos concretos, as quais se aplica o preço unitário "agente d'água".

#### g) Aço para Concreto Armado

A medição das armaduras, fabricadas com aço fornecido pela CHESF e empregado nas estruturas de concreto, será feita por peso (Kg) sendo medidos nas armaduras colocadas.

Para o cálculo do peso são determinados os coeficientes Kg/mm, por bitola.

As quantidades acima citadas são aplicados os preços unitários:

"colocação de aço CA-50 A"

"Colocação de aço CA-24"

#### h) Barras de Ancoragem

A medição das barras de ancoragem, instaladas satisfatoriamente, será feita por peso (Kg) com base nos comprimentos indicados nos desenhos, as quais se aplica o preço unitário "instalação de barras de ancoragem".

#### i) Tubulações de Drenagem de Fundações

É determinado o número de metros lineares de cada categoria de tubo ou dreno satisfatoriamente instalados, aos quais se aplicam os preços unitários:

"Meia-cana de concreto para dreno 6"

"Meia-cana de concreto para drenos 8"

"Meia-cana de concreto para drenos 12"

### 2.3 Serviços eventuais

Entende-se por serviços eventuais, trabalhos não explicitados no contrato, mas n. i.

contrato, mas relacionados com a Obra e solicitados pela Diretoria de Construção da CHESF, tais como:

- a) Manutenção e operação do Acampamento
- b) Construções adicionais do Acampamento
- c) Fornecimento de refeições



II

CONTROLE DE AÇO PARA CONCRETO ARMADO - "SOLDAS"

## 1 - EMENDAS DE BARRAS

1.1 - Consideram-se passíveis de emprego os seguintes tipos de emendas:

- a) Por transpasse
- b) Por caldeamento
- c) Por solda com eletrodo
- d) Por luvas c/preenchimento metálico tipo "cadweld"
- e) Com luvas comprimidas tipo "ccl"
- f) Com luvas rosqueadas tipo "lenton"

Obs: No presente estágio, foram acompanhadas as emendas dos tipos:

Por transpasse

Por caldeamento

Por solda c/eletrodo

Em todos os trabalhos de emenda de barras, são verificados o processo de emenda e o desempenho do operador, através de ensaios de avaliação.

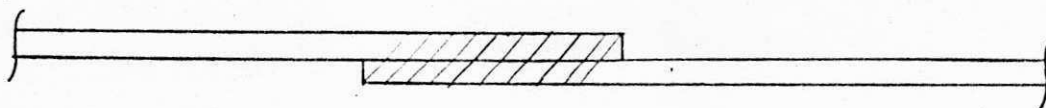
## 2 - EXECUÇÃO DE EMENDAS

a) Por transpasse:

As emendas por transpasse apresentam em ensaios específicos uma boa condição de trabalho a tração.

No transpasse a emenda pode ser executada para trabalhar a tração das seguintes formas:

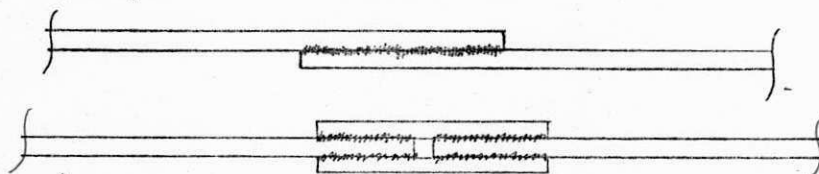
a) Transpasse através de amarração com arame.



Onde o comprimento do trecho de transpasse é calculado em função da área de armadura, do coeficiente de aderência, do tipo de concreto em que vai ser utilizada e em função do diâmetro da armadura.

Bastante utilizada em blocos de concreto maciço de fundação dos muros de ligação direito e esquerdo.

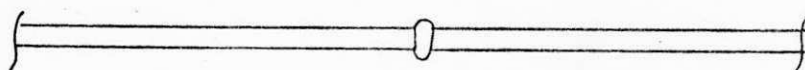
b) Transpasse através de solda



Esse tipo de emenda é impróprio para trabalhar em blocos de concreto onde exista vibrações devido às cargas de trabalho.

Nesses tipos de emenda a solda é feita no local onde a armadura irá trabalhar, devido ao grande comprimento da ferragem (23m, 30m, etc...) onde se vão emendando ao passo que a armadura vai se prolongando.

b) Por Caldeamento:



É um tipo de emenda feita no pátio de montagem, através de uma descarga elétrica, de alta resistência, onde ocorre uma fusão do ferro a alta temperatura e que deixa a barra uniformemente homogênea.

No procedimento da solda as extremidades das barras, devem ser: planas, normais e limpas.

Após a soldagem a seção apresenta um nó no meio do segmento de barra.

Esse tipo de solda não é utilizado em ferros de grande comprimento, na posição vertical devido a dificuldade de colocação do ferro no local onde irá trabalhar.

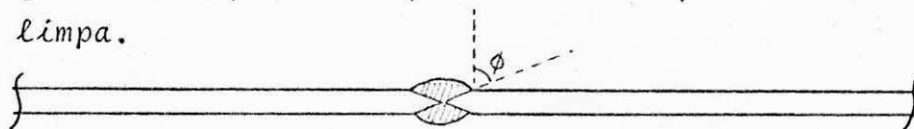
Também se apresenta imprópria em locais onde houver carga móvel e vibração do concreto como na bacia de amortecimento. Os segmentos emendados devem ter comprimento "L" de forma que:

$$L = 20 \varnothing + 20 \text{ (cm)}$$

Onde  $\varnothing$  é o diâmetro da seção nominal da barra, dado em ( cm ).

c) Por solda com eletrodo

Nesse tipo de solda, as extremidades de barra são chanfradas em forma de duplo bisel, devendo-se apresentar-se perfeitamente limpa.



Com ângulo em torno de  $30^\circ$ , com a vertical (  $\varnothing$  ).

Apresenta praticamente as mesmas características da emenda por caldeamento, podendo ser utilizada em locais em que o não da emenda por caldeamento, impossibilite sua colocação.

### 3 - CRITÉRIOS DE UTILIZAÇÃO

a) Uma mesma seção da peça, não pode apresentar mais de uma emenda, estendendo-se por seção, a região delimitada pela distância de  $15 \varnothing$  em relação à emenda, em todas as direções.

b) As emendas não podem ser locadas em regiões onde a barra de armação se apresente em curva ou em ângulo.

c) Somente um dos segmentos constituintes da barra emenda, poderá apresentar comprimento entre 1m e 5m, devendo os demais serem de no mínimo 5m

d) As emendas não são permitidas em peças sujeitas a esforços dinâmicos ou vibratórios, tais como a bacia de dissipação.

LINHA DE TRANSMISSÃO

## 1 - INTRODUÇÃO

O projeto da linha de transmissão de Itaparica à cidade Nova Petrolândia, está sendo executado pela CHESF devido a CELPE declarar-se impossibilitada da referida execução.

Nesta etapa do estágio, houve uma explicação geral do que seria o projeto da linha de transmissão e depois uma visita ao local de construção da referida linha de transmissão.

## 2 - PROJETO

Este projeto tem como objetivo, construir uma linha de transmissão de 69000 KV capaz de levar energia elétrica da subestação de Itaparica à cidade de Nova Petrolândia.

Nas etapas de construção, primeiro a região é sobrevoada com fins de reconhecimento do seu relevo e a elaboração dos possíveis cursos para construção da "linha".

A equipe de topografia, então faz um estudo desses cursos decidindo por fim qual o de melhores condições para a referida construção, levando em conta os acidentes geográficos existentes na região. Definido então o melhor curso a ser tomado, é feito pela topografia um mapeamento da região, com planatas, cortes, perfis, pontos críticos (estradas, riachos, outras linhas de transmissão...) a fim de que se tenha informações necessárias a locação dos postes.

Assim sendo, é escolhido os melhores locais para locação dos postes, o qual é estudado em função da altura que deve ficar a linha de transmissão nos diversos locais (estradas, lagos, riachos...) alturas que em sua maioria são estabelecidas por normas específicas.

Estando todo este trabalho concluído, parte-se para a instalação dos postes nos locais definidos conforme citado acima.

## 3 - VISITA AO LOCAL DE CONSTRUÇÃO

Na visita ao local de instalação dos postes, foi explicado o proce-

dimento de construção das fundações das estruturas (postes) bem como para as fundações dos cabos de sustentação das referidas estruturas.

As fundações são feitas em rochas, escavando-se aproximadamente blocos de 2,5m X 2,5m X 1,8m para fiação dos postes e depois se procedendo uma compactação com o material escavado que sirva para este emprego.

Já os cabos de sustentação, são escavados blocos de 1,0m X 1,5m X 1,5m onde é feito um pequeno bloco de concreto que se instalará no fundo da vala, sendo depois compactado satisfatoriamente, com fins de ser chumbado os cabos de sustentação.

Por toda a extensão da linha de transmissão, é feita uma limpeza numa faixa de 20m a fim de possibilitar a execução dos serviços de construção bem como servir futuramente para manutenção da linha de transmissão.

Nesta visita, foi observado várias estruturas que tiveram suas locações alteradas, por se situarem em locais comprometedores a segurança da linha, tais como: estruturas situadas entre duas águas, ou em locais de fácil inundação, o que em ambos os casos compromete as estruturas por estas não estarem preparadas para trabalharem submersas.

Devido a construção da linha de transmissão estar na etapa de limpeza do terreno e trabalhos de fundação, é que neste estágio, não foi possível acompanhar os serviços de fiação das estruturas nos seus devidos locais.



ESTRUTURAS DE CONCREIO

## INTRODUÇÃO

A Usina Hidroelétrica de Itaparica consta das seguintes estruturas de concreto:

- Muro Lateral Esquerdo (concreto massa)
- Muro Lateral <sup>DIREITO</sup> ~~Esquerdo~~ (concreto massa) } Muros de Ligação
- Hall de Montagem
- Casa de Máquinas
- Vertedouro
- Muro Central

No presente estágio, foram acompanhados alguns lançamentos de concreto na bacia de amortecimento do vertedouro.

### 1 - Bacia de Dissipação do Vertedouro

O concreto lançado na bacia de amortecimento do vertedouro, é um concreto altamente resistente a esforços devido as cargas móveis.

Devido a malha da ferragem ser muito emaranhada, o lançamento do concreto merece um certo cuidado tanto com o modo de ser lançado, que se processa através de condutos de borracha, ligados ao balde de concreto de capacidade de  $6m^3$ , para poder se conseguir colocar o concreto entre a malha de modo satisfatório.

O concreto utilizado na soleira da bacia de amortecimento é do tipo B9, com  $f_{ck} 28 = 270 \text{ Kgf/cm}^2$ , sendo este o concreto de mais alta resistência a compressão até hoje usado nesta Obra.

Todo o lançamento do concreto, é protegido através de nebulizadores para garantir uma umidade do ar não prejudicial a qualidade do mesmo.

Entre um bloco de concreto e outro, existe uma junta, que é protegida por uma faixa de borracha para impedir uma possível infiltração de água que seria prejudicial a boa aderencia entre os blocos.

### 2) Tipos de Concreto utilizados na Obra

- A1 -  $f_{ck} 180 = 90 \text{ Kgf/cm}^2$       Concreto Massa
- A2 -  $f_{ck} 90 = 100 \text{ Kgf/cm}^2$       (muros e núcleo do vertedouro)

B3 - $f_{ck}$ 90 = 150 Kg $\bar{f}$ /cm <sup>2</sup>	Concreto Armado (galerias)
B4 - $f_{ck}$ 28 = 150 Kg $\bar{f}$ /cm <sup>2</sup>	
B5 - $f_{ck}$ 28 = 180 Kg $\bar{f}$ /cm <sup>2</sup>	Concreto Armado
B6 - $f_{ck}$ 28 = 225 Kg $\bar{f}$ /cm <sup>2</sup>	
B7 - $f_{ck}$ 90 = 180 Kg $\bar{f}$ /cm <sup>2</sup>	Concreto sujeito a fluxo de alta velocidade
B8 - $f_{ck}$ 90 = 225 Kg $\bar{f}$ /cm <sup>2</sup>	

### 3 - Adufas

O projeto desta Obra exigiu a construção de adufas para permitir o fluxo da água pelo vertedouro quando for desviado o rio, para a construção das ensecadeiras incorporadas.

Na concretagem dessas adufas, pode-se observar um novo tipo de forma denominada "FORMA DESLIZANTE", que permite uma concretagem quase que contínua da camada de concreto.

Essa forma é equipada com macacos hidráulicos que a fazem se mover a medida que se vai concretando camadas superiores, dessa maneira dando um rendimento melhor a produtividade e assegurando um mais rápido andamento das construções ali situadas.

ENSAIOS DE AÇO

## INTRODUÇÃO

Uma etapa desse estágio foi destinada ao acompanhamento dos ensaios feitos com aço no laboratório da HIDROSERVITEC.

Usualmente, são feitos ensaios de tração e dobramento dos aços CA-50, CA-60, CA-25 em todos os diâmetros existentes para trabalhos na Obra. O ensaio acompanhado, tratou-se de ensaio a tração do aço CA-50  $\varnothing$  25mm.

O objetivo deste ensaio é sujeitar uma barra de comprimento inicial 70cm a um esforço de tração que vá aumentando gradativamente até o rompimento do corpo de prova.

No decorrer deste ensaio, a máquina de tração vai traçando um gráfico no qual se determina a tensão de escoamento do aço através do patamar de escoamento bem definido no citado gráfico.

Enfim, objetiva-se com este ensaio, determinar o  $f_{yk}$  (escoamento) e o  $f_{st}$  (ruptura) do corpo de prova para controle de qualidade do material usado na Obra.

### 1 - Cálculo do $f_{yk}$ e $f_{st}$

O cálculo do  $f_{yk}$  e do  $f_{st}$  é feito de forma bem simples:

- O laboratorista numera as amostras com os seus respectivos diâmetros, comprimento inicial (70cm) e peso.

- Submete o corpo de prova ao esforço de tração e observa no gráfico que a máquina traça, onde se deu o escoamento com sua respectiva carga, então espera o rompimento do corpo observando agora a carga de ruptura.

- Mede novamente o comprimento do corpo de prova observando assim o seu alongamento.

Assim se obtém as cargas de escoamento e rupturas e o alongamento do corpo de prova.

Através do peso do corpo de prova com 70cm, determina-se o peso por metro  $(p)$  e com a fórmula:

$\varnothing = \sqrt{p} \times 12,736$  determina o diâmetro real do corpo através do qual tem-se a área circular e obviamente tem-se as tensões de escoamento  $f_{yk}$  e ruptura  $f_{st}$ .

Verifica-se então a razão  $f_{st}/f_{yk}$  onde se obtém a porcentagem de segurança para aquele corpo de prova.

Agora de posse do  $f_{yk}$  e  $f_{st}$ , verifica-se se o corpo de prova atende as exigências das normas para ser aprovado o seu uso para construção.

G E O L O G I A

## INTRODUÇÃO

Depois do próprio Departamento de geologia escolher o local que apresenta melhores condições geológicas para a implantação do eixo da barragem, são feitas sondagens ao longo de toda a extensão da barragem, obtendo-se assim todas as informações necessárias para a construção da mesma, definindo-se as cotas para as escavações bem como todas as características da rocha ali existentes.

### 1 - MAPEAMENTO DAS FUNDAÇÕES

O estágio no Departamento de geologia, basicamente foi um acompanhamento dos trabalhos de mapeamento da fundação da Ensecadeira II.

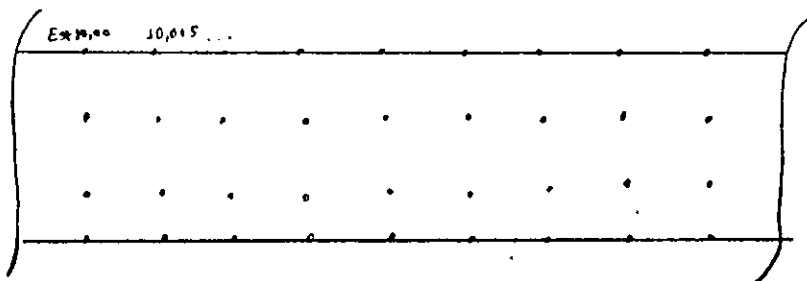
O mapeamento da fundação da ensecadeira II, foi feito ao longo da faixa de 10,00m prevista para a implantação do núcleo impermeável, onde se requer um trabalho mais cuidadoso e um padrão de qualidade mais rigoroso possível.

Este trabalho baseia-se, como em todo, em mapear a faixa de rocha prevista para o núcleo impermeável, de modo que fique bem definido todas as características da rocha ali existentes.

### PROCEDIMENTO

Depois de limpa toda esta faixa de 10,0m, a topografia marca uma malha de pontos de 5,0m em 5,0m, em forma quadrada, de modo que permita a geologia ter pontos de referência para o mapeamento.

EX:





então, de posse de um papel milimetrado contendo toda essa malha feita pela topografia, o geólogo procede com o mapeamento da seguinte forma:

Percebida uma falha na rocha, vê-se onde é seu início e sai acompanhando-a até seu final (dentro da faixa de 10,0m) e mapeando-a na planilha milimetrada, procedendo assim continuamente para todas as falhas de comprimento maior que 3,0m.

Depois de mapeadas todas as falhas, marca-se com o auxílio de uma bússola a direção na qual a falha acontece, bem como através de um clinômetro, marca-se o caimento da falha e em qual sentido ela está se procedendo.

Assim sendo, todas as falhas ficam bem delimitadas com suas direções e caimento bem definidos.

Após o término deste trabalho, todas as faixas são examinadas pelo geólogo, a fim de obter informações mais detalhadas sobre as mesmas, tais como: tipo de falha, espessura, tipo de material existente nela (argila, biotita, etc...) e todos esses dados são anotados numa planilha específica (planilha de x") onde então todas as falhas ficam bem caracterizadas, cumprindo assim os trabalhos de mapeamento geológico das fundações.

Este trabalho de mapeamento, tem como objetivo, ficar com todos os dados da rocha, para possíveis tratamentos no futuro da Obra, como também verificar dependendo da falha se é preciso fazer algum tratamento especial tal como: injeções de cimento, chumbadores e até mesmo a remoção da rocha quando a falha compromete demasiadamente as estruturas a serem construídas.

Nota-se então que trata-se de um trabalho de suma importância tanto para as etapas de construção da Obra como para inspeções futuras da mesma.

Por se tratar de uma ensecadeira provisória, os cuidados são mais a menos, mas quando se trata de fundações para estruturas de concreto, toda a rocha é injetada com cimento e os trabalhos são mais cuidadosos bem como os critérios de segurança mais rigorosos. Não sendo aqui dissertados por não terem sido acompanhados neste estágio que limitou-se aos trabalhos da Ensecadeira II.

BARRAGEM DE TERRA E ENSECADOURAS

## 1 - BARRAGEM DE TERRA (Maciço compactado)

### INTRODUÇÃO

Os materiais a serem utilizados na construção do maciço compactado da barragem de terra da margem esquerda e direita, são obtidos a partir das escavações e se subdividem em:

- a) Zona 1 (núcleo impermeável)
- b) Zona 3C (transição fina)
- c) Zona 4A (transição grossa)
- d) Zonas 4C e 4B (contranúcleo)
- e) Zona 5 (rip-rap)

#### a) Zona 1 - Núcleo impermeável de saprolito de granito

Na construção do núcleo impermeável é utilizado o solo saprolítico, proveniente da decomposição do granito.

O saprolito é um solo essencialmente arenoso, com pedregulhos e com fração fina apresentando plasticidade.

As áreas de empréstimo de saprolito de granito, encontram-se na margem esquerda do rio a montante do eixo, a distância de até 5 KM.

A escavação do saprolito é feita após a remoção da camada superficial do solo coluviomar, utilizando-se trator de esteira, abaixo desta camada superficial ocorre o saprolito de granito, com espessura variável entre 3,0 e 5,0m.

O material é escavado e transportado para "praças de tratamento" onde é espalhado, retirando-se todos os blocos de rocha com diâmetros iguais ou superiores a 0,25m, depois é umidificado e homogenizado até ser aprovado pela fiscalização para ser usado no maciço compactado.

No lançamento do saprolito na barragem de terra, as camadas devem apresentar espessura menor ou igual a 0,30m, depois de compactadas com rolos metálicos.

Em média, o valor do grau de compactação é igual a 98%.

O controle de qualidade do material é feito pela fiscalização at...

através do acompanhamento e inspeção tátil-visual.

b) Zona 3C - Transição fina

A zona 3C é construída com material constituído por enrocamento com predominância de finos, provenientes das escavações obrigatórias.

Este material apresenta granulometria bem definida, não apresentam blocos de rocha com diâmetros superiores a 0,10m.

Após a molhagem do material, através de mangueiras espessoras, este é lançado em camadas que também não devem exceder de 0,3m depois de compactada. Esta camada sempre é lançada antes do saprolito da zona 1.

Após o lançamento do material 3C, dá-se a compactação através de rolos metálicos lisos vibratórios.

O controle de qualidade do material 3C é feito pela fiscalização através de ensaios de granulometria e inspeção visual da transição compactada.

c) Zona 4A - Transição grossa

A zona 4A é construída com o enrocamento fino obtido das escavações obrigatórias, apresentando blocos de diâmetros maiores que 0,10m e menores que 0,30 m, isentos de matéria orgânica.

Este material é molhado através de carros-pipas a fim de se retirar os finos a ele incorporados e lançados em camadas não superiores a 0,30m.

Sua compactação é feita a cada tres camadas lançadas e espalhadas através de rolos metálicos lisos vibratórios.

O controle de qualidade do material 4A é feito pela fiscalização através de ensaios de granulometria e inspeção visual durante a execução da compactação.

d) Zona 4 - Contranúcleo

Os contranúcleos serão construídos com o enrocamento obtido das escavações obrigatórias, apresentando blocos de rocha com diâmetro máximo de 0,80m.

No lançamento, as pedras são descarregadas no talude ou nos bordos da camada que está sendo lançada, em camadas horizontais de espessura aproximadamente de 0,90m.

Para sua compactação, são utilizados rolos metálicos lisos vibratórios e seu controle de qualidade é feito pela fiscalização através de ensaios de granulometria e inspeção visual durante a construção do enrocamento.

e) Zona 4B - Grandes Blocos

Ao longo dos taludes de montante e jusante da barragem, é colocada uma faixa de 10m, medida na horizontal, que é denominada Zona 4B.

Esta Zona apresenta bloco de rocha com diâmetros superiores a 0,8m.

As pedras são colocadas na superfície externa do talude a partir da cota mínima prevista para o nível do reservatório e irá até a crista da barragem.

Esta Zona é compactada através de rolos metálicos lisos vibratórios.

f) Zona 5 - Rip-Rap

É uma Zona constituída de materiais que não foram utilizados quando explorados.

Esses são empilhados de acordo com a sua classificação, em locais previamente aprovados pela fiscalização.

O empilhamento é feito em camadas horizontais e com um mínimo possível de espalhamento e regularização, de modo a minimizar qualquer tipo de segregação.

A principal finalidade desta Zona é proteger as zonas intermediárias do movimento da água do reservatório que poderia deslocar os materiais de menor peso, e ir desgastando a parte montante da barragem.

#### JUNTAS DE CONSTRUÇÃO

Quando há necessidade de juntas de construção na barragem de terra,

o talude fica em forma de escada (degraus) e a parte do núcleo impermeável recebe tratamento de proteção.

Para os taludes de junta paralela ao eixo da barragem a indicação é 1(v) : 4 (h).

Juntas na zona do núcleo impermeável são matidas protegidas por camada de 0,5m de areia, sendo constantemente irrigada para evitar o ressecamento do solo protegido.

Quando da retomada da construção do maciço adjacente a junta é removida toda esta camada protetora de areia e todo o solo ressecado, fissurado, afrouxado ou mal compactado, procedendo assim até a liberação por parte da fiscalização.

### INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação da barragem de terra, consiste de: piezômetros, medidores de recalque, medidores de deformação e deslocamento superficial, etc...

Estes instrumentos vão sendo instalados conforme projeto nas cotas em que se encontram, ao passo que a barragem vai sendo construída.

Estes instrumentos são de utilização futuras, sendo através deles todo o controle e verificação da estabilidade e situação da barragem por toda a sua vida útil.

ENSEC'ADEIRAS

## ENSECADEIRAS

### INTRODUÇÃO

Ensecadeiras, são estruturas mistas de terra e enrocamento, semelhantes a barragem de terra, que tem finalidade de vedação para etapa de construção que visem tais condições, como exemplo as ensecadeiras incorporadas a barragem que vedam totalmente o próprio leito do rio.

#### a) ENSECADEIRA II .

A construção da ensecadeira II, tem como principal objetivo impedir que depois do desvio do rio pelo vertedouro, a água passa, pela parte de jusante invadir a casa de máquinas prejudicando assim o procedimento das obras que ali estão sendo executadas.

Assim sendo, a ensecadeira II, fechará a jusante da casa de máquinas todo o canal de fuga, por um período de mais ou menos 4 anos.

A remoção da ensecadeira II, será efetuada através de dragas, quando as Obras da casa de máquinas estiverem prontas, fazendo assim com que a água tenha livre acesso pelo canal de fuga.

#### Construção da Ensecadeira II

A ensecadeira II, está sendo construída na cota 243m do canal de fuga (jusante da casa de máquinas).

Esta ensecadeira possui uma faixa de 10m para construção do núcleo impermeável (saprolito de granito), na qual será efetuado a limpeza rigorosa e tratamentos especiais para a fundação, tais como: mapeamento geológico, injeções de cimento, escavação até a rocha pouco alterada.

Como a rocha, na faixa do núcleo impermeável, apresentou-se de qualidade inferior aos critérios da especificação, teve-se que escavar além da cota 243m o que propiciou o aparecimento de valetas que foram preenchidas com enrocamento fino e compactadas com tratores D-8 até se atingir a cota 243m onde se prosseguiu com o saprolito compactado.



Além da faixa de 10m de limpeza rigorosa, no restante do contato fundação-macizo, foram removidos apenas o solo e blocos de rocha soltos e efetuado um ligeiro umedecimento do terreno imediatamente antes do lançamento da primeira camada de aterro.

#### b) ENSECADDEIRAS INCORPORADAS À BARRAGEM

As ensecadeiras incorporadas a barragem, tem como principal objetivo, desviar o rio para o vertedouro a fim de que se possa executar as obras da barragem de terra no leito do rio, e também proteger a barragem de terra por sua vida útil, daí o motivo de ficarem incorporadas. A primeira etapa de construção das ensecadeiras incorporadas, já realizadas, conta de dois cordões de enrocamento, a partir da margem esquerda, sendo um a montante e o outro a jusante do eixo da barragem.

Estes cordões parcialmente construídos, devem resistir a vazões no período de cheia, por esta razão, na ponta dos cordões de enrocamento foi feita uma camada de proteção de 4,0m de largura de grandes blocos de diâmetro mínimo 0,80m.

Para a construção desses cordões de enrocamento foi utilizado enrocamento denominado 4C.

A título de projeto a 2<sup>a</sup> etapa de construção, partirá com os cordões de enrocamento, começando na margem direita e indo se encontrar com os cordões já construídos, quando se dará o desvio do rio, através do canal de desvio até o vertedouro. Vão começar a limpeza do leito do rio para a construção da barragem de terra que ficará incorporada pelas ensecadeiras.

CENTRAL DE CONCRETO

## INTRODUÇÃO

A Obra da Usina Hidrelétrica de Itaparica, está munida de duas centrais de concreto, uma pertencente a CHESF (Jonhson) com capacidade de  $240 \text{ m}^3/\text{h}$ , e outra pertencente a Construtora Mendes Júnior S.A (CIFA) com capacidade de  $120 \text{ m}^3/\text{h}$

### 1 - Visita a Central de Concreto

Na visita a central de concreto, observou-se que a do tipo Jonhson pertencente a CHESF é munida de 4 betoneiras com capacidade fr  $3 \text{ m}^3$  e a do tipo CIFA pertencente a Construtora Mendes Júnior S.A, é munida de 3 betoneiras com capacidade de  $2 \text{ m}^3$  cada uma.

Na própria central de concreto, localiza-se a fábrica de gelo, com o uso da amônia para congelar a água através de uma serpentina e depois a água é projetada ao encontro de rolos metálicos de forma circular onde esta atinge o estado sólido em forma de uma camada de 2mm de espessura, sendo assim fabricado o gelo para o concreto.

O cascalho por sua vez é refrigerado através de um banho de água gelada por um túnel de refrigeração que está ligado a central de concreto, fazendo assim com que o cascalho chegue gelado quando na fabricação do concreto.

A central de concreto também é munida de quatro silos de cimento com capacidade de 1.300t cada um e de dois silos de pozolana com capacidade de 600t cada um.

Internamente a central de concreto possui um painel de controle dos traços de concreto, painel este que fornece dados para as balanças medirem a quantidade de cada material a ser usado para os diferentes tipos de traço de concreto.

De todo o concreto que sai da central é tirado uma amostra para ensaios de controle e confecção de corpos de prova para o rompimento à compressão.

Efetua-se assim um rígido controle de qualidade do concreto.

Este concreto que sai da central, possui uma temperatura em torno de 60°C. Novos corpos de prova são tirados na hora do lançamento, estando o concreto agora em torno de 10°C, continuando assim exercendo com rígido controle de segurança e qualidade do mesmo.

## INSTRUMENTAÇÃO

Nas etapas de construção da Usina Hidrelétrica de Itaparica são instalados aparelhos capazes de medir e fornecer dados sobre o que acontece estruturalmente com a barragem ao longo do tempo.

Essa etapa de estágio contou com um acompanhamento de leitura dos aparelhos já instalados. Todas as leituras são anotadas e enviadas para a Hidroservice (São Paulo) onde se procede com a construção de gráficos dos quais se pode ter todo um acompanhamento de supervisão do que acontece com a barragem.

Os aparelhos mais comuns que eu pude observar foram:

- Extensômetro de grande base : serve para medir o afastamento da rocha com o concreto.
- Piezômetro elétrico : serve para medir a subpressão da rocha.
- termômetro : mede a temperatura em graus celcius de todos os blocos de concreto.
- Medidor de junta : serve para medir o afastamento entre dois blocos de concreto.
- Extensômetro para concreto : mede as tensões internas dos blocos de concreto.
- Medidor de recalque : mede o recalque existente tanto da rocha como das camadas da barragem de terra.

Enfim, através desses instrumentos é possível manter-se um rígido controle e segurança da obra em toda sua vida útil.



## ENTREVISTA COM O ENGº OSCAR

Foi-me concedida uma entrevista com o Engº Oscar, sobre o concreto gelado. Nessa entrevista o Engº Oscar espos alguns fatores principais do uso do concreto gelado, tais como: a possibilidade de se concretar camadas muito espessas o que é de alta necessidade em barragens, devido aos blocos de concreto serem de imensa dimensões, originando assim grandes gradientes térmicos.

Tendo em vista essa necessidade de grandes espessuras nos blocos de concreto é que se especificou o concreto gelado que permite no caso de Itaparica, camadas com até 2,25m de altura.

O uso do concreto não refrigerado em camadas de tal espessura devido ao calor de hidratação do cimento e da temperatura ambiente, atingiria temperaturas altas o que proporcionaria tensões internas de tração o que o concreto em baixa idade não seria capaz de resistir, provocando assim fissuras e conseqüentemente uma má qualidade do concreto.

O uso do gelo no concreto reduziu essas tensões internas a valores compatíveis com a resistencia a tração do concreto o que permite grandes espessuras para os blocos.

O cálculo da quantidade de gelo é feito em função do traço de concreto (quantidade de cimento) e é incorporado a água do traço para garantir uma boa trabalhabilidade do mesmo. Ainda temos o resfriamento do agregado graúdo (cascalho) que se processa através de um banho de água gelada e que junto ao gelo proporciona uma temperatura ao concreto de aproximadamente 10°C na hora do seu lançamento.

Essa temperatura de lançamento foi estudada de forma a garantir ao concreto uma boa qualidade com o custo relativamente razoável.

esses são em princípio, as principais causas e conseqüências do concreto gelado a Usina Hidrelétrica de Itaparica

## LABORATÓRIO DE SOLOS

Essa parte do estágio, contou de um acompanhamento de um dos ensaios de controle de qualidade feitos na barragem de terra margem direita.

O ensaio foi de permeabilidade "in situ" com carga constante, que como o próprio nome já diz, verifica a permeabilidade do solo.

O operador do ensaio satura a regularização feita para proteger o solo, e depois, fica cronometrando o tempo que este solo leva para absorver uma carga constante de 100 ml, verificando assim uma certa vazão para o especificado solo, e através da fórmula

$$K_T = \frac{q}{2,75 \cdot D \cdot H_c} \quad (\text{cm/seg})$$

D → Diâmetro do aparelho  
Hc → altura do tubo de carga do aparelho.  
q = VAZÃO

é determinada a permeabilidade deste solo.

Então verifica-se as especificações de controle da obra para ver se o solo mostra-se satisfatório.

Trata-se de um ensaio muito simples, mas de grande importância para o controle de qualidade da obra.

## FISIOLOGIA DO PROJETO

Tive a oportunidade de assistir a uma palestra do Engenheiro Marcos Smith, sobre a fisiologia do projeto da construção da Usina de Itaparica, feito pela Hidroservice.

Nesta palestra, foram esplanados os critérios de cálculo estrutural em que são baseados, quais os locais que requerem maiores cuidados etc...

Foram muito debatidos os cuidados tomados, tanto quanto ao cálculo estrutural, quanto a execução da concretagem das estruturas na casa de máquinas e conduto forçado.

A concretagem em volta do conduto forçado, que é de metal, é executada estando o conduto forçado já carregado com quase a metade de sua carga de trabalho, tentando dessa maneira evitar-se grandes vibrações no concreto, devido a passagem da água.

Também foram debatidos os cuidados tomados quando forem instaladas as comportas no vertedouro. Devido a essas peças exercerem um grande esforço no vertedouro é que as estruturas de sustentação das comportas são executadas com concreto protendido tentando assim amenizar esses esforços.

Enfim foram debatidos todos os cuidados tomados em relação a sub-pressão da rocha na bacia de amortecimento, a proteção do muro central etc...



## CONCLUSÃO

Ao fim deste estágio, pode-se concluir que o mesmo foi de suma importância para minha preparação como profissional, pois acrescentou uma grande quantidade de novos conhecimentos sobre construções civis, o que enriquece e me prepara para uma vida futura como engenheiro civil.

Por se tratar de uma obra de grande porte, Itaparica me proporcionou conhecimentos sobre os mais diversos campos da engenharia, tais como: Solos, Geologia, Linhas de Transmissão, Soldas, Concreto, etc...

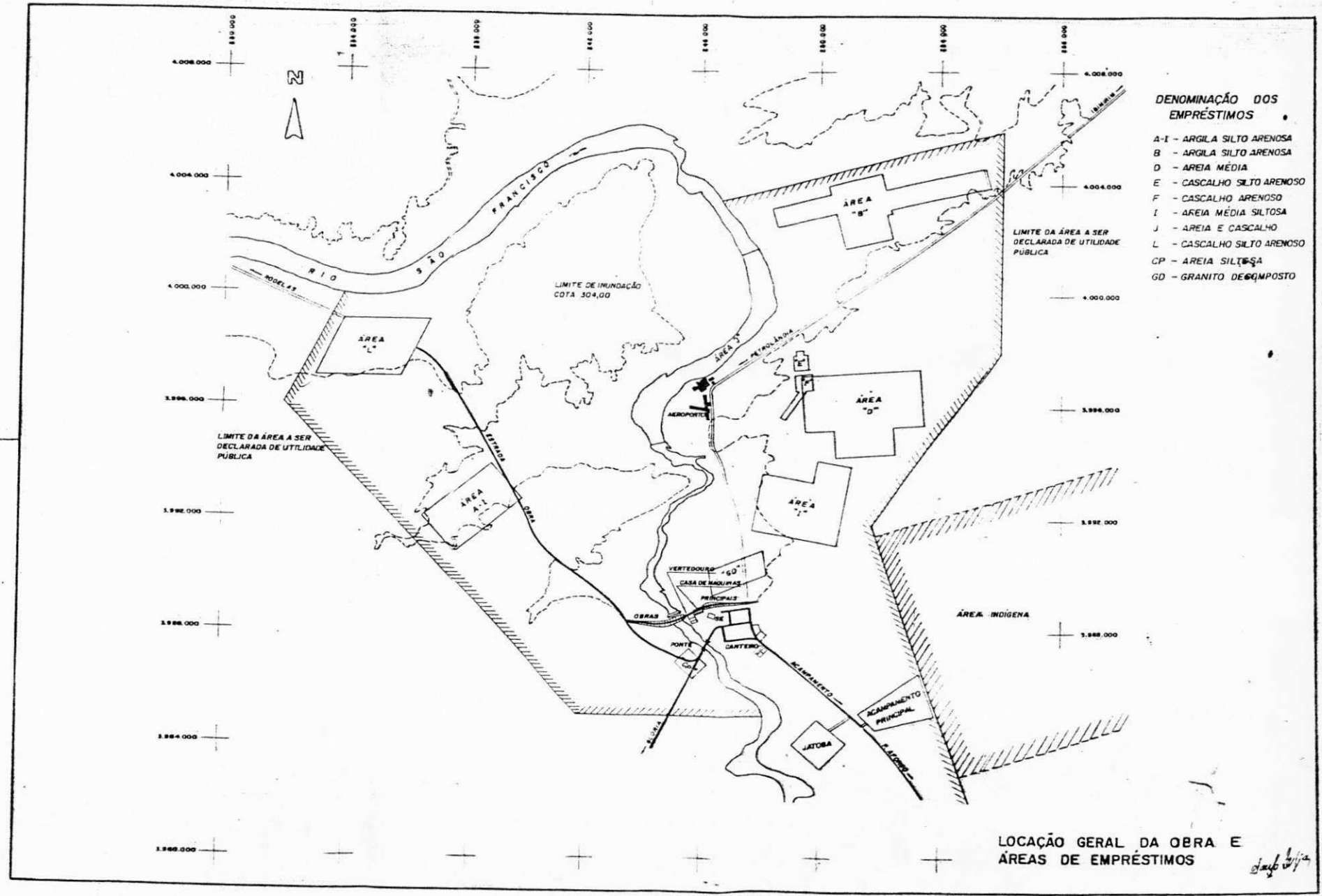
Portanto, tendo em vista este vasto campo para estudos é que o estágio se mostra de suma importância para uma boa formação profissional e pelo o qual eu me sinto cada dia mais satisfeito com a escolha da profissão.

Aproveito para agradecer a cooperação e interesse de todos que diretamente ou não, ajudaram-me a realizar este estágio.

*Luís Valério de Miranda*

DENOMINAÇÃO DOS EMPRÉSTIMOS

- A-I - ARGILA SILTO ARENOSA
- B - ARGILA SILTO ARENOSA
- D - AREIA MÉDIA
- E - CASCALHO SILTO ARENOSO
- F - CASCALHO ARENOSO
- I - AREIA MÉDIA SILTOSA
- J - AREIA E CASCALHO
- L - CASCALHO SILTO ARENOSO
- CP - AREIA SILTOSA
- GD - GRANITO DESCOMPOSTO



LOCAÇÃO GERAL DA OBRA E ÁREAS DE EMPRÉSTIMOS

*Handwritten signature/initials*





## PROJETO ITAPARICA - FICHA TÉCNICA

## BARRAGEM MARGEM ESQUERDA

Tipo	Mista (terra/enrocamento)
Comprimento na Crista	2.060m
Largura na Crista	10m
Cota da Crista	308,10m
Altura Máxima	44,10m

## BARRAGEM MARGEM DIREITA

Tipo	Mista (terra/enrocamento)
Comprimento na Crista	1.400m
Largura na Crista	10m
Cota da Crista	308,10m
Altura Máxima	30m

## BARRAGEM CENTRAL

Tipo	Mista (terra/enrocamento)
Comprimento na Crista	520m
Largura na Crista	10m
Cota da Crista	308,10m
Altura Máxima	105m

## CANAL DE DESVIO

Comprimento	531m
Largura no Fundo	176,20m
Cota do Fundo	247,00m
Profundidade Máxima	32m

## MURO DE LIGAÇÃO DIREITO

Comprimento	78,50m
Largura Máxima	40,50m
Altura Máxima	69,40m
Cota da Crista	308,10m

## MURO LATERAL DIREITO

Comprimento	239,15m
Largura Máxima	18m
Altura Máxima	41,50m
Cota da Crista	255,50m

## MURO CENTRAL

Comprimento	244m
Largura Máxima	30,50m
Altura Máxima	41,50m
Cota da Crista	255,50m

## MURO DE LIGAÇÃO ESQUERDO

Comprimento	176,80m
Largura Máxima	52,40m
Altura Máxima	62,10m
Cota da Crista	308,10m

## MURO LATERAL ESQUERDO

Comprimento	453,30m
Largura Máxima	9,40m
Altura Máxima	51,50m
Cota da Crista	259,50m

## VERTEDOIRO

Tipo	de Crista
Comprimento	176,20m
Largura Máxima	74,65m
Comportas Tipo	Setor
Comportas-Quantidade	09un
Comportas-Dimensões	15m x 19m
Cota do Soleira	285,00m
Adufas de Desvio-Quantidade	18un
Adufas de Desvio-Dimensões	5,70mx9,30m

## CASA DE FORÇA

Tipo	Externo
Comprimento	314,60m
Largura Máxima	48m
Pontes Rápidas 35t-Quantidade	02un
Pontes Principais 350t/50t-Quantidade	02un
Quantidade de Maquinas	10un
Hall de Montagem-Dimensões	52,30x43,50m

## TOMADA D'ÁGUA

Comprimento da Crista	314,60m
Cota do Soleira	268,00m
Comportas Tipo	Vagão
Comportas-Quantidade	10un
Comportas-Dimensões	10,60mx10,40m
Condutos Forçados-Quantidade	10un
Condutos Forçados-Comprimento	61,50m
Condutos Forçados-Diâmetro	9,50m

## TURBINAS

Tipo	Francis
Quantidade	10un
Potência Nominal	250 MW
Rotação Nominal	90 rpm
Vazão	5.300 m <sup>3</sup> /s

## GERADORES

Tipo	
Quantidade	10un
Potência Nominal	250 MW
Fator de Potência Nominal	0,9
Frequência Nominal	60 Hz
Tensão	16 Kv
Queda Nominal	51 m

## NÍVEIS D'ÁGUA

Máximo Nominal Operação Montante	304,00m
Mínimo Operação Montante	299,00m
Máximo Máximum Montante	305,00m
Normal Operação Jusante	252,00m
Máximo Operação Jusante	253,00m
Mínimo Operação Jusante	250,00m
Máximo Máximum Jusante	255,00m

## QUEDAS

Líquida Máxima de Operação	53m
Líquida Mínima de Operação	46m
Médio de Operação	50,80m

## ENCHENTES

De Projeto (afluente)	28.850 m <sup>3</sup> /s
De Desvio (20 anos)	10.450 m <sup>3</sup> /s
De Fechamento	2.060 m <sup>3</sup> /s

## CAPACIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONTROLE DE ENCHENTES

Descarga por 9 Comportas do Vertedouro	26.425 m <sup>3</sup> /s
Descarga por 10 Turbinas	5.300 m <sup>3</sup> /s

## RESERVATÓRIO

Volume Total (cota 304,00m)	10,7x10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
Volume Total (cota 305,00m)	11,5x10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
Área na Cota 304,00m	835 Km <sup>2</sup>
Área na Cota 305,00m	884 Km <sup>2</sup>

## VOLUMES TOTAIS PREVISTOS

Escavação Comum	2.915.000 m <sup>3</sup>
Escavação em Rocha	8.310.000 m <sup>3</sup>
Escavação Submersa	76.000 m <sup>3</sup>
Núcleo Impermeável	2.482.000 m <sup>3</sup>
Transições	2.398.000 m <sup>3</sup>
Enrocamento Compactado	6.220.000 m <sup>3</sup>
Concreto	2.200.000 m <sup>3</sup>
Concreto Pré-Moldado	1.200 m <sup>3</sup>
Armadura	55.000.000 Kg
Ensecadeiras	3.850.000 m <sup>3</sup>

## SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Linhas-Tensão	500 Kv
Linhas-Quantidade	06 un

ANEXO 3