



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DA PARAIBA**

"CAMPUS"

DE

CAMPINA GRANDE

ESTÁGIO SUPERVISIONADO

ANTONIO JORGE SIMÕES HAMAD

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
"CAMPUS" DE CAMPINA GRANDE
AVENIDA APRÍGIO VELOSO, 882-Cx.POSTAL 518
CAMPINA GRANDE - PB
BRASIL



Biblioteca Setorial do CDSA. Setembro de 2021.

Sumé - PB

1. INTRODUÇÃO

O Rio das Contas, importante curso d'água incluído entre os cinco principais rios do Estado da Bahia, nasce na Vertente Leste da Serra das Almas na chapada Diamantina e é um dos componentes da "Bacia do Leste".

Sua bacia hidrográfica é da ordem de 53.000 Km², dos quais três quartas partes acham-se situados no "Polígono das Secas". A parte restante atravessa a zona de matas da região cacauzeira.

Com uma extensão de pouco mais de 500km, apresenta desde a nascente na chapada Diamantina até sua foz em Itacaré uma queda de 615 metros.

Seu regime, genuinamente torrencial, apresenta grandes variações de descarga. Em épocas de en^{ch}entes já ultrapassou a casa dos 4.000 m³/s. Durante a estiagem registrou-se descarga nula.

Na área de drenagem do Rio das Contas, as chuvas médias anuais apresentam um valor máximo de ordem de 2.000 mm, na desembocadura, decrescendo, gradativamente para montante, até a parte da bacia. No centro dessa, existe uma depressão pluviométrica bem acentuada onde a menor isoeta tem o valor de 500 mm. À medida que se vai em direção aos divisores de água, aumentam as magnitudes dos totais anuais, atingindo um máximo de 1.000 mm nos limites a Nordeste entre o Rio das Contas e o Paraguaçu.

Na metade sul da bacia a montante de Ipiáú (área de drenagem dos afluentes da margem direita) os totais de chuva são menores que os da metade oposta.

A barragem da Pedra está localizada 20 Km a montante de Jequié - Ba, construída no Rio das Contas com um reservatório de armazenamento com capacidade de 1.700×10^6 m³ correspondente a cota 228,30m. Este reservatório tem 72 Km de extensão e abrange uma área de 10 milhões de metros quadrados.

A barragem da Pedra além de cumprir os objetivos de hidroelétrica gerando 20 mW através de uma

turbina instalada, funciona como regularizadora das
vazões da hidroelétrica de Funil. Situada 90 Km a ju
sante.

2. OBJETIVO

O objetivo do estudo em modelo reduzido da Barragem da Pedra é a obtenção de elementos que possibilitem, com eficiência, a operação da referida barragem, tanto em termos de geração de energia elétrica, como na regularização das vazões da usina de Funil.

Para tanto, foram construídos no Laboratório de Hidráulica do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba em Campina Grande, um modelo bidimensional e outro tridimensional.

Com a operação dos modelos serão determinados parâmetros solicitados pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco - CHESF e que envolvem aspectos

de relação cota-vazão para os descarregadores de su
perfície e de fundo, lei de manobra das comportas de
superfície, bem como, condições de aproximação, desloca
camento do ressalto na bacia de dissipação e desenvolvi
vimento de pressões na soleira do vertedor.

3. CONSTRUÇÃO DOS MODELOS

Foram construídos, em um galpão do laboratório de hidráulica, com área de 400 m^2 , dois modelos reduzidos: um Bidimensional na escala 1 : 50 e outro Tridimensional na escala 1 : 100.

A alimentação de água até os modelos será feita por um sistema de recirculação constituído de reservatório inferior com 120 m^3 de volume útil, sistema de bombeamento, reservatório superior de nível constante, com 40 m^3 de volume, e canais de retorno até o reservatório inferior.

Os modelos serão alimentados por tubulações independentes o que garantirá a operação simultânea'

dos modelos.

As vazões que escoarão em cada modelo se rão medidas através de vertedores retangulares instalados em cubas vertedoras colocadas em no início de cada um.

3.1. Modelo Bidimensional

Com o objetivo de se estudar aqueles parâmetros que exigem uma escala maior, para que se tenha melhorada a precisão das medidas, foi construído um modelo bidimensional na escala 1 : 50, envolvendo a reprodução de um vão completo e duas metades do extravador de superfície.

Neste modelo serão estudados os seguintes tópicos:

- 3.1.1 - Determinação das curvas de cota/abertura/vazão do sistema extravador de superfície
- 3.1.2 - Comportamento da lâmina d'água na extravasor de superfície quanto:
 - pressões negativas
 - descolamentos

- salto

- padrão de erosão no leito do rio, após a bacia de dissipação

Considerando que o escoamento se processa à superfície livre, a semelhança de Froude é a indicada. A condição de semelhança dinâmica pela Lei de Froude permite a transformação das várias grandezas entre o protótipo e o modelo pelas seguintes relações:

- a) - velocidade : $V_p = 7,092 V_m$
- b) - pressões : $P_p = 50,000 P_m$
- c) - tempos : $T_p = 7,092 T_m$
- d) - vazões : $Q_p = 17.677,670 Q_m$ (vazão por unidade de largura)

onde os índices "p" e "m" indicam respectivamente protótipo e modelo.

A vazão máxima a ser escoada pelo modelo bidimensional será de 161,62 l/s (para os dois vãos do extravasor de superfície).

O modelo bidimensional foi construído em um canal de alvenaria com 12 m de comprimento, 070 m de largura e 1,90 m de altura. No trecho do canal em que se instalou o extravasor de superfície, instalou-se uma lâmina de vidro para visualização do fluxo.

Foi também construída uma bacia

de tranquilização na entrada do canal.

Este modelo foi construído na escala 1 : 50, envolvendo a reprodução de um vão completo e ^{metade} duas unidades do extravasor de superfície.

A locação deste, também no mesmo galpão ao lado do tridimensional, foi executada no piso, envolvido por paredes de alvenaria com 12,00 m de comprimento, 0,70 m de largura e 1,90 m de altura. No trecho do canal em que foi instalado o modelo, será colocada uma lâmina de vidro para visualização do fluxo d'água. Foi construída uma bacia de tranquilização na entrada do canal.

Confeccionou-se, à parte, os dois pilares' em concreto e levou-se as mesmas considerações dos pilares para o tridimensional, ou seja: tornar as su perícies totalmente lisas e evitar as contrações. Pa ra este, encontrou-se certas dificuldades nas confecções das calhas. Optou-se finalmente em construir as calhas de acrílico e assenta-las com massa plastica' Iberê. As comportas foram confeccionadas de metal, lixadas e pintadas com tinta a base de óleo.

A alimentação deste será por meio de um sistema de recirculação constituído de um reservatório inferior, sistema de bombeamento, reservatório su perior de nível constante e canais de recirculação .

Essa alimentação será feita por uma tubulação de ferro de 350 mm de diâmetro dotada de registro de gaveta para controle de vazão.

Também, como no tridimensional, a medição da vazão a ser escoada neste modelo será feita através de um vertedor retangular sem contração, previamente calibrado, instalado em uma cuba vertedora, que descarregará na bacia de tranquilização.

Foram adaptadas tomadas de pressões, ao longo da soleira do vão central do extravasor de superfície, em tubos de cobre, as quais serão ligadas por mangueiras a um multimanômetro instalado na parede do canal.

Os principais equipamentos a serem utilizados nos ensaios deste modelo serão:

- Micromolinete
(para leitura de velocidade)
- Multimanômetro
(para medições de pressões)
- Pontas Linimétricas
(para leitura dos níveis d'água).

3.2 Modêlo Tridimensional

Para os estudo de outros parâmetros solici-
tados pela CHESF, foi construdo no Laboratório de Hi-
dráulica, um modêlo tridimensional na escala 1 : 100
envolvendo os aspectos gerais da Barragem da Pedra.

Numa área de aproximadamente 130 m², será
reproduzida a barragem e obras acessórias, além de
montante e jusante, correspondente a um trecho de 2
Km do vale do rio das Contas. *de*

Este modêlo será utilizado para o estudo
dos seguintes tópicos:

- 3.2.1 - Determinação das curvas de cota/abertu-
ra/vazão para o descarregador de fundo;
- 3.2.2 - Determinação da "Lei de Manobra" das com-
portas do extravasor de superfície em con-
dições normais de operação e em condi-
ções de cheias Máx.Máx (5.000 m³/s) e
Máx.Excepcional (10.000 m³/s);
- 3.2.3 - Estudo do comportamento da lâmina d'água
no extravasor de superfície quanto:
 - aproximação
 - descolamento
 - Salto

Desde a semelhança de Froude é também indicada para este modelo, tem-se as relações:

- a) - velocidade : $V_p = 10 V_m$
- b) - pressões : $P_p = 100 P_m$
- c) - tempos : $T_p = 10 T_m$
- d) - vazões : $Q_p = 100.000 Q_m$

onde os índices "p" e "m" indicam respectivamente protótipo e modelo.

Para a vazão máxima excepcional no protótipo ($10.000 \text{ m}^3/\text{s}$), escoará numa vazão de 100 l/s no modelo.

A locação deste modelo foi efetuada no piso do galpão já mencionado anteriormente. Foi construída uma laje de concreto simples com espessura de 5 cm e sobre esta uma outra laje de concreto armado com espessura de 5 cm para evitar recalques com conseqüentes fugas d'água. O contorno de modelo foi feito em alvenaria de tijolos.

Para a reprodução da topografia foram confeccionados perfis normais ao eixo da calha do modelo, com espaçamento entre eles de aproximadamente 50 cm. Esses perfis confeccionados em compensado foram locados e nivelados com o auxílio de um teodolito. Após nivelados, foram fixados com pequenas alvenarias de tijolos. O espaço compreendido entre os

perfis foram preenchidos com metralha devidamente compactada em camadas de 4 cm aproximadamente e molhados. A camada de acabamento foi feita com argamassa de cimento e areia.

Na entrada do modelo, foi construído uma bacia de tranquilização dotada de uma soleira espessa para que se obtenha uma distribuição uniforme da lâmina d'água na seção inicial.

Entre a parte de montante e jusante foi construída uma barragem que servirá para quase totalidade do estudo. Construiu-se à parte, os pilares e as comportas. Os pilares foram construídos de cimento e areia e as comportas de metal. Inicialmente os pilares foram confeccionados de madeira, mas verificou-se que havia uma certa inviabilidade, primeiro que não se obtinha perfeição devido a inexistência de operários especializados no assunto, depois verificou-se que haveria diferença nas dimensões dos pilares e portanto tirou-se de cogitação o uso desses pilares. Partiu-se para confecção de cimento e areia o qual se tornou mais viável. Foram confeccionadas formas (moldes) de madeira para moldar os pilares. Foi observado que os pilares apresentavam uma certa rugosidade em suas superfícies e para se corrigir estes defeitos eles foram emassados com massa plástica (Iberê) e depois lixados para que essas superfícies se tornassem o mais lisas

possíveis pois como utilizou-se uma escala bastante reduzida, precisou-se reduzir também a rugosidade.

Neste modelo as vazões serão controladas por um registro de gaveta e medidas em um vertedor retangular sem contrações, previamente aferido e instalado em uma cuba vertedora.

A tubulação que alimentará este modelo será de ferro de 300 mm de diâmetro independente daquela que alimentará o modelo bidimensional, para evitar oscilações nas vazões durante a operação conjunta dos modelos.

4. CONCLUSÃO

O estágio, que inicialmente compreenderia a parte de construção e operação dos modelos da Barragem da Pedra, envolveu somente a fase construtiva, uma vez que eventos incontroláveis obrigaram a alterações no cronograma inicialmente definido.

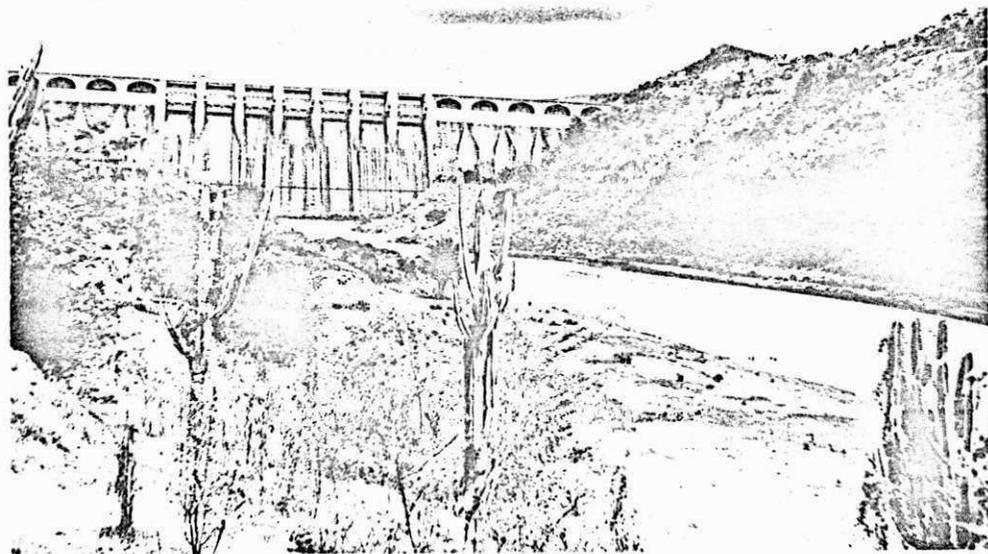
Apesar disto, o estágio proporcionou a aprendizagem de técnicas em um campo bem especializado da engenharia, como é, o estudo em modelos reduzidos.

Como o modelo representa uma obra, em pequena escala, o que exige uma precisão maior nos detalhes construtivos, foi possível aplicar conhecimentos

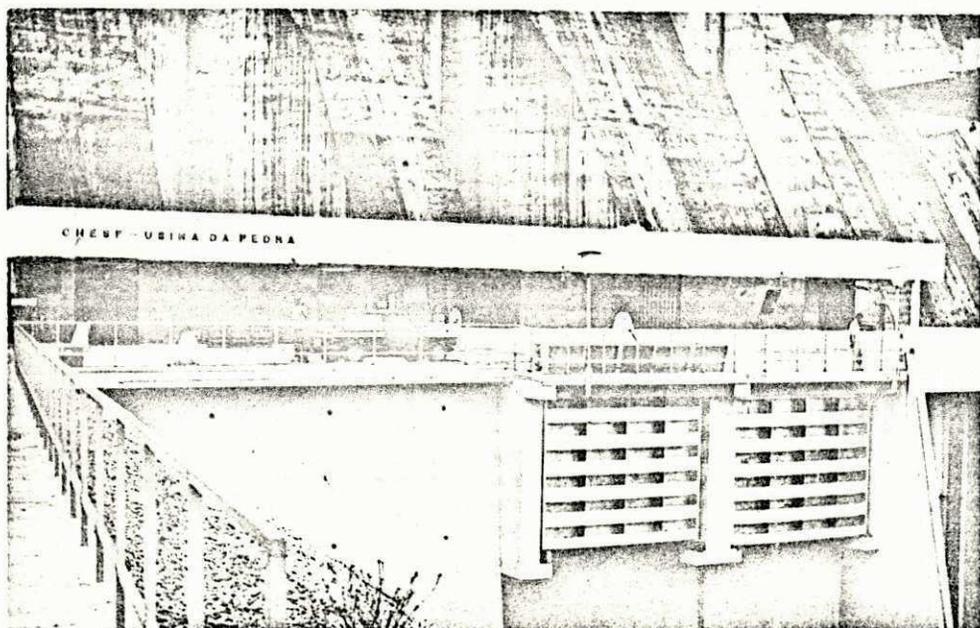
teóricos de disciplinas de graduação, tais como ,
topografia, Construção Civil, hidráulica, etc.



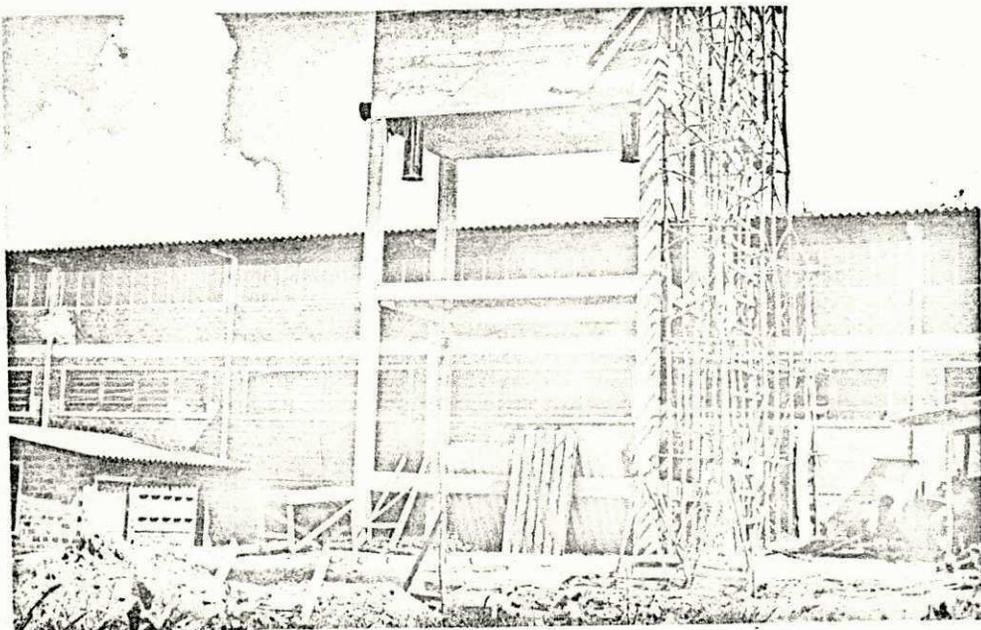
Barragem da Pedra
Vista de Jusante



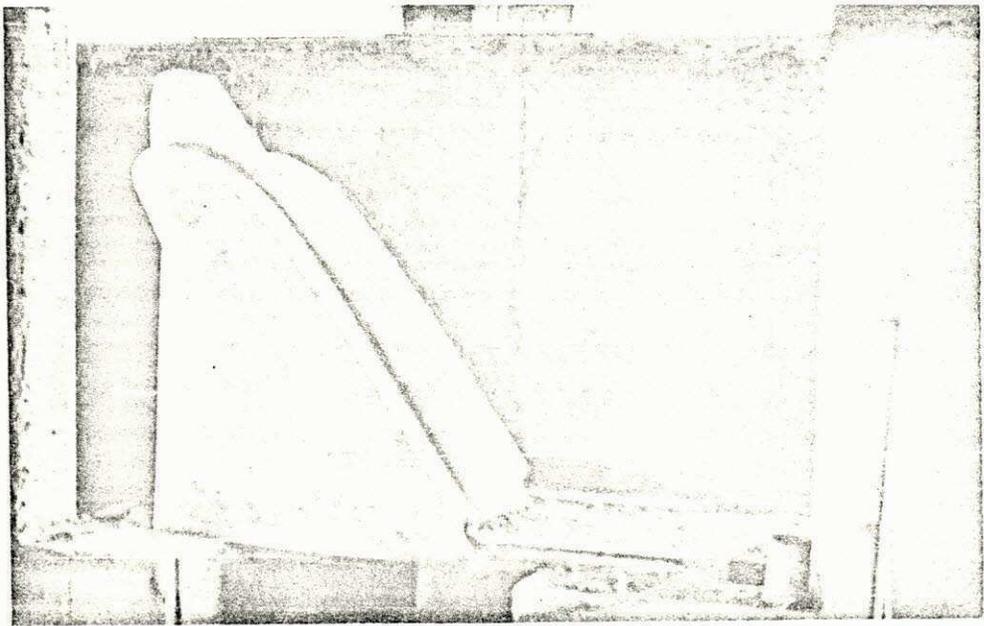
Barragem da Pedra
Vista de Jusante



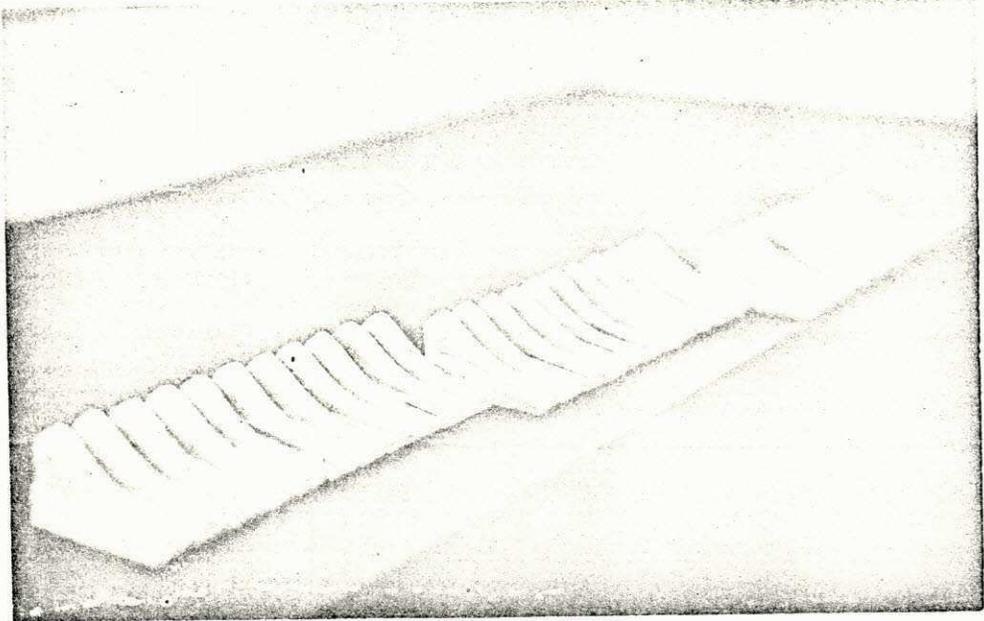
Barragem da Pedra
Usina



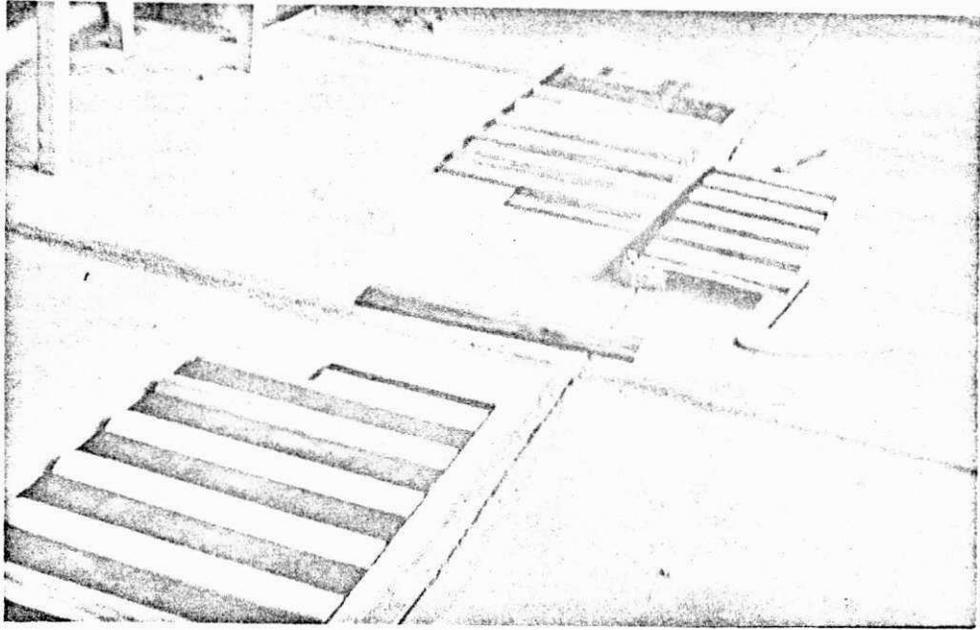
Sistema de alimenta dos Modêlos



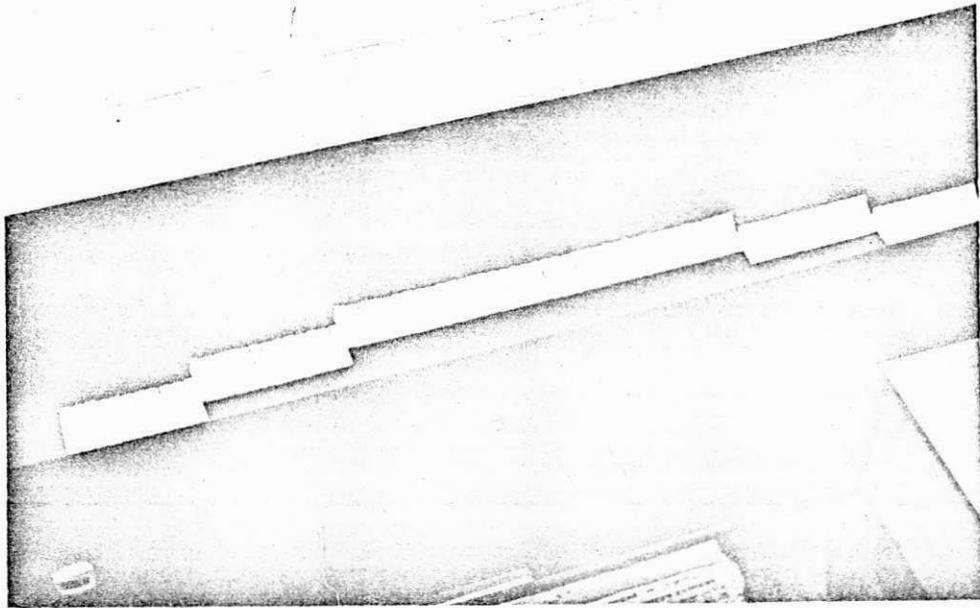
Modêlo Bidimensional
Extravador de Superfície



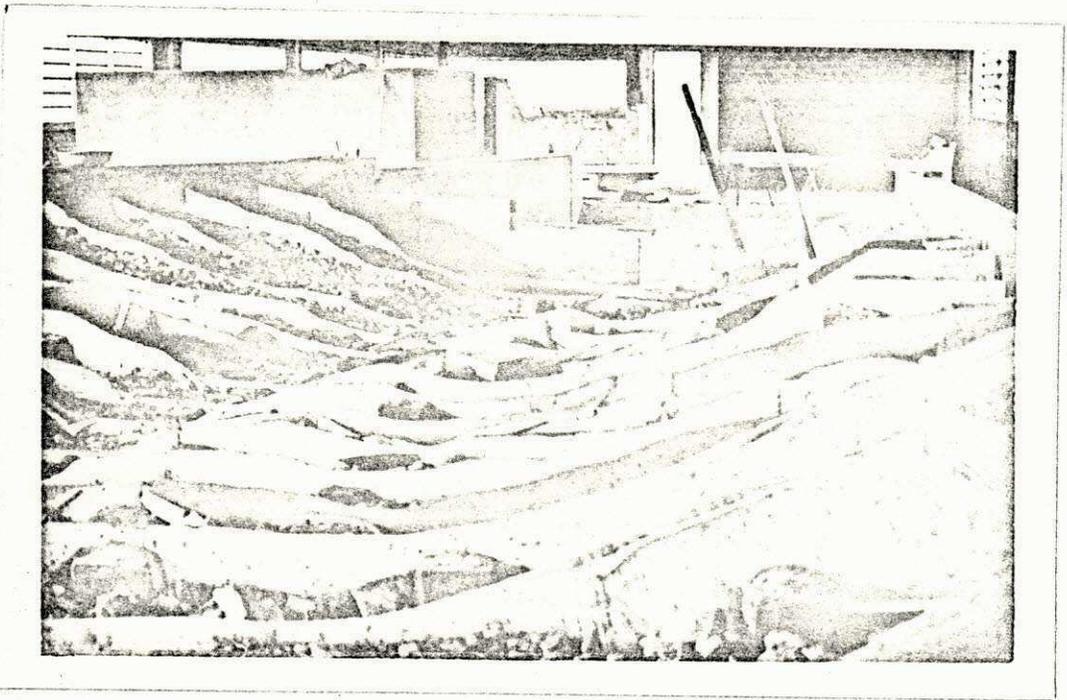
Modêlo Bidimensional
Soleira da Bacia de Dissipação



Modêlo Tridimensional
Forma da Barragem

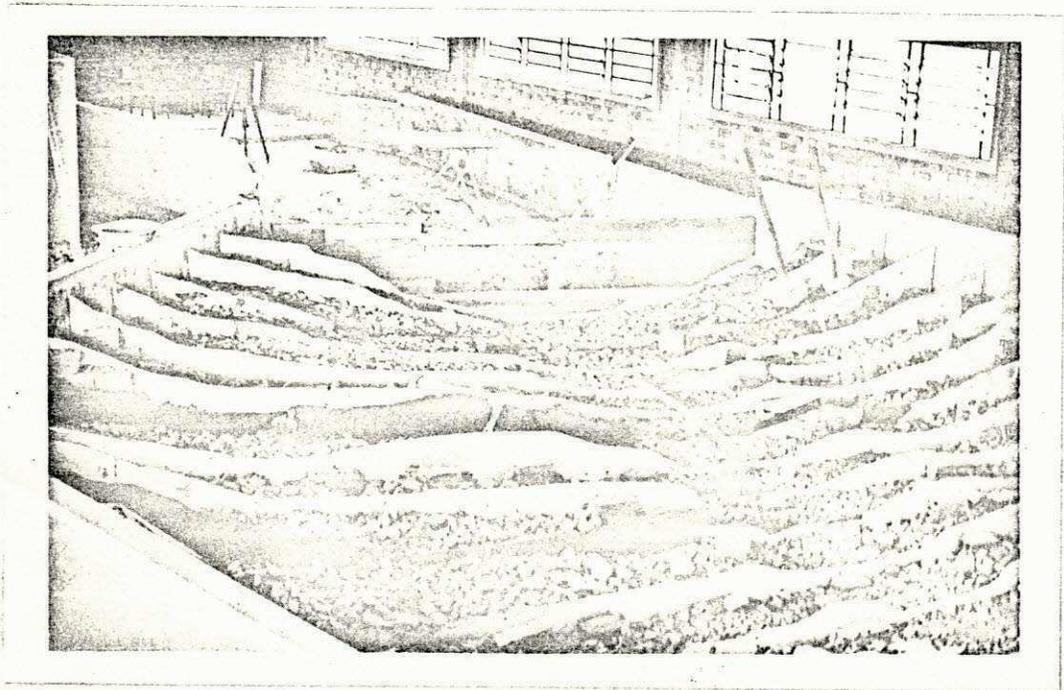


Modêlo Tridimensional
Dentes da soleira da bacia de dissipação



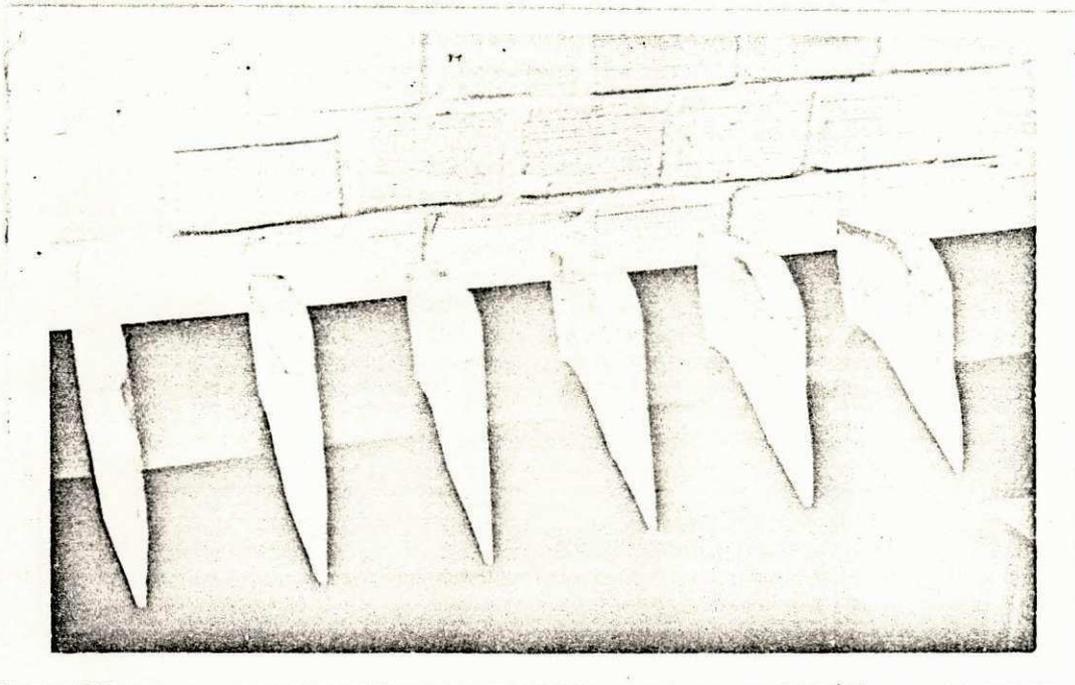
Modêlo Tridimensional

Perfis

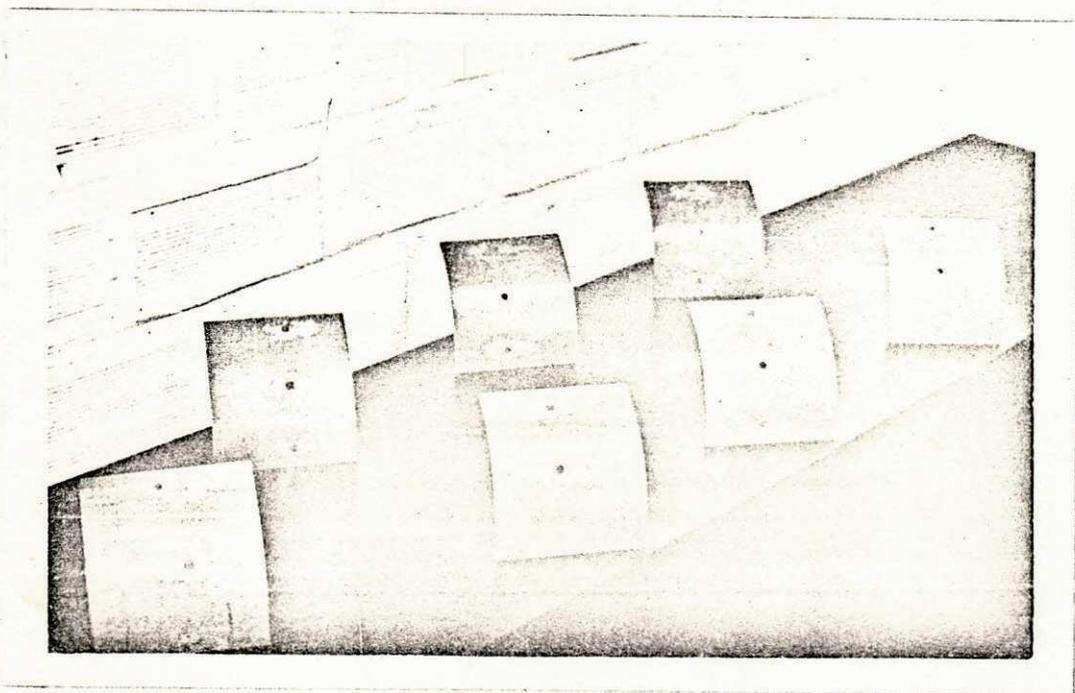


Modêlo Tridimensional

Vista Geral



Modêlo Tridimensional
Pilares



Modêlo Tridimensional
Comportas