

GOVERNO DO ESTADO



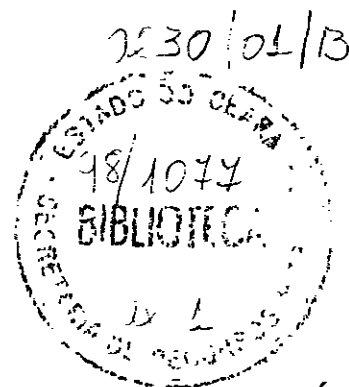
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS - SRH

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM
ITAPEBUSSU - MARANGUAPE CE

VOLUME I - RELATÓRIO GERAL DO PROJETO

ANB
Água do Nordeste do Brasil LTDA

FORTALEZA- CE
NOVEMBRO DE 1998



ÍNDICE

000003

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	6
1 – INTRODUÇÃO.....	8
1.1 – FICHA TÉCNICA	8
1.1.1 - Características Gerais	8
1.1.2 – Maciço	9
1.1.3 – Sangradouro	10
1.1.4 – Tomada d'Água.....	10
2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	12
3 – SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS.....	15
3.1 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS	15
3.1.1 – Transporte de cotas.....	16
3.1.2 – Levantamento Planialtimétrico do Eixo da Barragem e Sangradouro.....	16
3.1.3 – Levantamento Planialtimétrico da Bacia Hidráulica.....	16
3.1.4 – Levantamento das Jazidas	17
3.2 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS	17
3.2.1 – Generalidades.....	17
3.2.2 – Curvas Cota-Área e Cota-Volume.....	18
3.3 – ESTUDOS GEOLÓGICOS	19
3.3.1 – Geologia Regional.....	20
3.4 – GEOLOGIA LOCAL	21
3.5 – ESTUDOS GEOTÉCNICOS	22
3.5.1 – Estudos Geotécnicos no Eixo Barrável e Sangradouro.....	22
3.5.2 – Estudos Geotécnicos nas Áreas de Empréstimos.....	23
3.5.3 – Estudos Geotécnicos na Área do Sangradouro	24
4 – CRITÉRIOS UTILIZADOS NA ESCOHA DO PROJETO	26
4.1 – CONDICIONANTES GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS	26
4.2 – ARRANJO GERAL DAS OBRAS.. . . .	27
4.3 – ESCOLHA DA SEÇÃO TIPO	27
4.4 – ESCOLHA DO SANGRADOURO	28
4.5 – ESCOLHA DA TOMADA D' ÁGUA	29
5 – DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO.....	32

5 1 – DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM	32
5 2 – DESCRIÇÃO DO SANGRADOURO.....	33
5 3 – DESCRIÇÃO DA TOMADA D' ÁGUA	34
6 - CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO	36
7 – EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA REALIZAÇÃO DA OBRA.....	39

APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

A documentação aqui apresentada compreende o Relatório Final do projeto Executivo da Barragem Itapebussu, desenvolvido nos termos do contrato nº 14/98 SRH, firmado entre a ANB – ÁGUAS DO NORDESTE DO BRASIL e a SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos.

Os estudos desenvolvidos na elaboração do projeto envolveram duas etapas, sendo a primeira denominada de fase A nos termos de referência, relativa aos estudos básicos. Nesta fase, já concluída e analisada pela SRH, foram produzidos os relatórios relacionados a seguir. Os mesmos serviram de base para elaboração do Relatório Geral.

- Relatório dos Estudos Preliminares,
- Relatórios dos Estudos Básicos, incluindo:
 - Estudos Topográficos,
 - Estudos Geológicos e Geotécnicos,
 - Estudos Hidrológicos.

Na fase B foi feito o desenvolvimento e detalhamento do projeto. Em síntese, o Relatório final está composto dos seguintes documentos:

Volume 1 – Relatório Geral do Projeto

Volume 2 – Memória de Cálculo

Volume 3 – Especificações Técnicas e Quantitativos

Volume 4 – Orçamento

Volume 5 – Desenhos

Volume 6 – Síntese do Projeto

1 – INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

o presente relatório referente ao Projeto executivo da barragem Itapebussu, foi elaborado em decorrência do Contrato firmado entre a Secretaria dos Recursos Hídricos e a ANB – Águas do Nordeste do Brasil

A obras em questão barrará o Rio São Gonçalo localizado no distrito de Itapebussu no município de Maranguape, o qual faz parte dos municípios formadores da região metropolitana de Fortaleza

Com a construção da barragem será criado um reservatório com $9,00 \times 10^6 \text{ m}^3$, constituindo-se uma fonte de recursos hídricos para o abastecimento da sede dos distritos de Itapebussu e Lagoa do Juvenal e irrigação do vale a jusante.

Os aspectos básicos das obras são apresentados a seguir.

- Maciço misto, formado de terra e enrocamento proveniente da escavação do sangradouro, com filtro vertical e horizontal, com trincheira de vedação sobre o substrato rochoso no trecho entre as estacas 04 e 25
- Sangradouro localizado na ombreira esquerda sobre rocha magmática do tipo granitóide, com 90,00 metros de largura, com canal escavado na cota 115,50m, soleira espessa com um cordão de fixação
- Tomada d' água localizada na ombreira direita, estaca 04, sendo constituída de uma caixa de entrada, galeria com tubulação com diâmetro de 400mm e uma bacia de dissipação contendo um registro e uma válvula borboleta para controle de vazão

1.1 - FICHA TÉCNICA

1.1.1 - Características Gerais

Localização:	Distrito de Itapebussu
Sistema	Bacia Metropolitana - Sub Bacia do Rio São Gonçalo
Rio Barrado:	São Gonçalo

Área da bacia hidráulica (cota 115,50):	239,70 ha
Área da bacia hidrográfica: 76,34 km ²
Vazão regularizada (f=90%). 0,100 m ³ /s
Acumulação máxima (cota 115,50m): 9,00 x 10 ⁶ m ³

1.1.2 – Maciço

Tipo: Misto (argila e material provindo da escavação do sangradouro, enrocamento)

Cota do coroamento 118,00m

Altura Máxima acima da Fundação 13,40 m

Largura do Coroamento 6,00m

Extensão do Coroamento. 528,00 m

Taludes

Montante: 2,5 (H) : 1,00(V)

Montante: 2,0 (H) : 1,00(V) do coroamento até a cota 107,00, onde existe uma berma de 2,00m. A partir desta até o TN o talude é 1,5(H) : 1,00(V)

Volumes

Terra 85.652,00 m³

Enrocamento 64 583,00 m³

Areia: 9 713,00 m³

TOTAL: 159 948,00 m³

Escavação: 26.446,90 m³

1.1.3 – Sangradouro

Tipo: ..	Canal escavado em rocha (soleira espessa)
Cota da Soleira	115.50m
Largura do Sangradouro.	90,00 m
Lamina Máxima de Sangria.	1,26 m (T.R 1 000 anos)
Cota Máxima Vertente	116.80m
Volume de Escavação	70 837,80 m ³
Vazão Máxima de Projeto amortecida	161,7 m ³ /s (TR = 1 000 anos)
Vazão Máxima de Projeto amortecida :	222,4 m ³ /s (TR = 10 000 anos)

1.1.4 – Tomada d'Água

Tipo :	Galeria
Número de conduto:.	1,00
Diâmetro do Conduto(DN):.	400mm
Comprimento do Conduto:	50.00 m
Cota do Eixo do Conduto:	110,10
Vazão regularizada	0.100 m ³ /s
Volume de Escavação	800,00 m ³

2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO

2 – LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O açude público Itapebussu está situado no município de Maranguape, próximo a sede do distrito de Itapebussu

O acesso a este distrito partindo-se de Fortaleza pode ser feito de duas maneiras:

1. Seguindo-se pela BR-020 percorre-se 60,40 km até o trevo que dá acesso a cidade de Maranguape. A partir deste ponto segue-se por mais 8,40km na direção leste pela CE-354 até a referida sede distrital
2. Seguindo-se pela CE-065, pega-se a CE-455 a 8,0km depois da cidade de Maranguape. A partir desta estrada segue-se na direção da CE-354 por mais 20,0 km até Itapebussu.

O acesso ao eixo do barramento, partindo-se da sede do distrito de Itapebussu é feito por uma estrada vicinal carroçável (CE-354) que liga este distrito ao município de Palmácia.

Os mapas de localização e acessos ao barramento no contexto estadual e municipal são mostrados nas Figuras 1 e 2 respectivamente

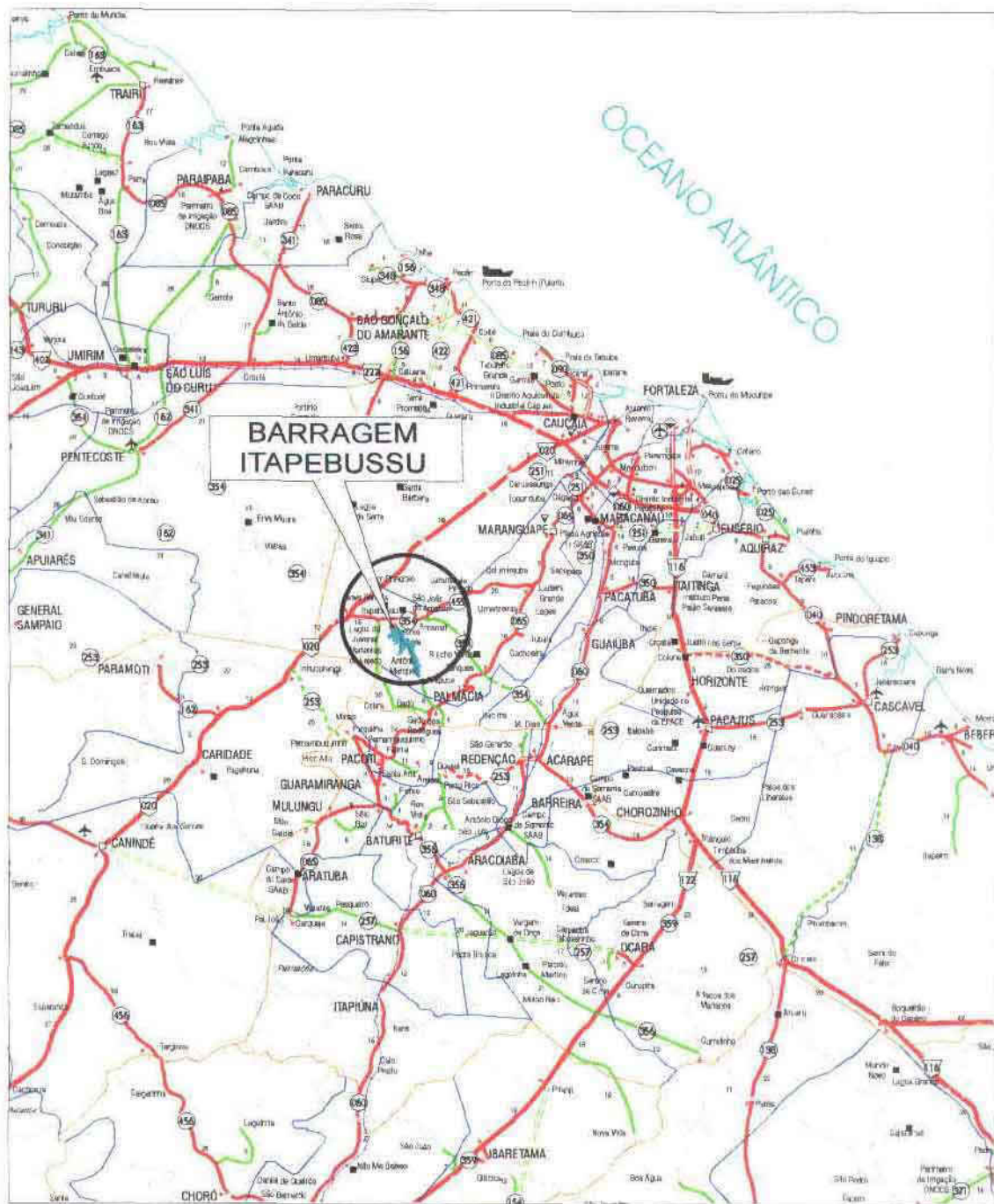


Figura 1 - Localização e acessos no contexto estadual

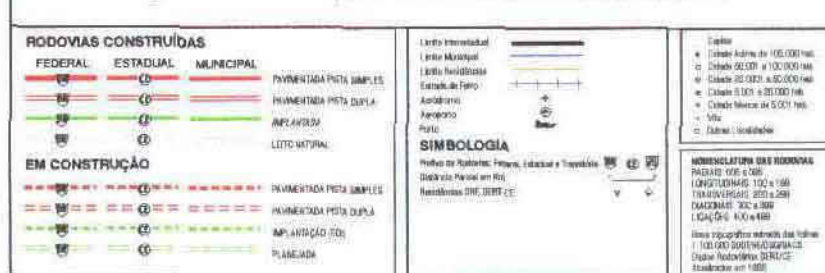
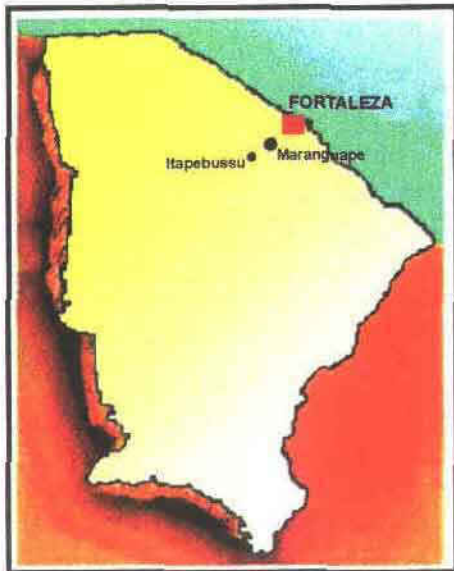
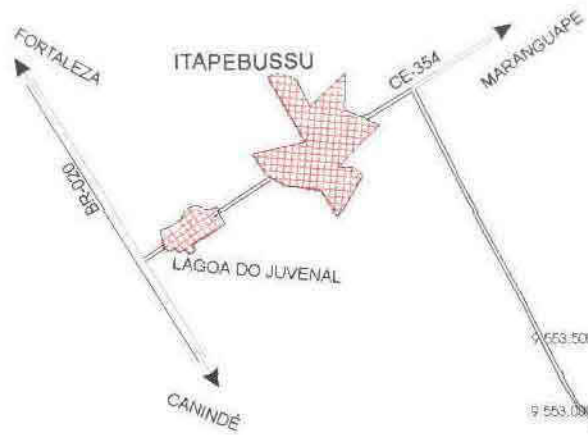
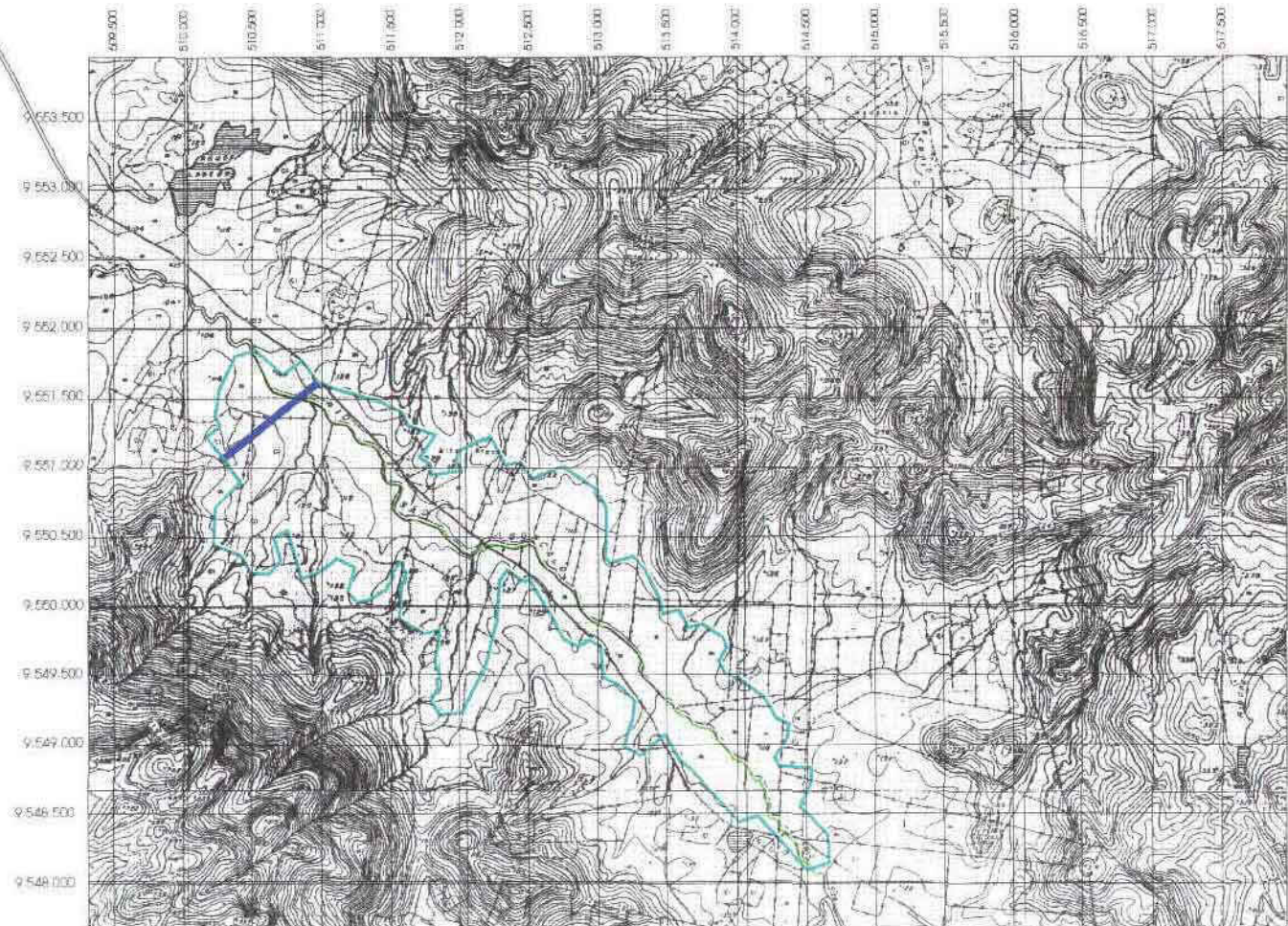


FIGURA 2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO E ACESSOS NO CONTEXTO MUNICIPAL



LOCALIZAÇÃO NO CONTEXTO ESTADUAL



PALMÁCIA

3 – SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

3 – SÍNTESE DOS ESTUDOS BÁSICOS

Os dados necessários para a concepção do projeto da Barragem Itapebussu, foram obtidos através de uma sequência de estudos topográficos, hidrológicos e geotécnicos, que vieram possibilitar a definição dos parâmetros técnicos e geométricos finais da obra

Para um primeiro contato com as condições naturais gerais da região, foram realizadas pesquisas bibliográficas. Em seguida foi realizado os estudos preliminares de escritório, tendo sido enviado ao campo, uma equipe de técnicos com a finalidade de analisar mais detalhadamente as condições locais do barramento e também as características topográficas, geológicas e geotécnicas da área em estudo. Foram identificadas também, as áreas de empréstimos, através da abertura de poços de inspeção e realizadas investigações geotécnicas através de sondagens rotativas, mistas e percussivas ao longo da barragem e sangradouro.

Com base nos resultados obtidos desses estudos, foram definidas algumas conceituações técnicas para as obras, possibilitando a verificação de sua viabilidade técnica.

3.1 – ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Os estudos topográficos realizados na área de implantação das obras, constaram dos levantamentos planialtimétricos na escala 1:1.000 do eixo da barragem, sangradouro, tomada d'água e faixas de domínio do contorno da bacia hidráulica, das áreas do canal de restituição, dos trechos de talvegue de cursos d'água em torno do eixo da barragem, através da implantação das linhas de base, e seccionamentos transversais a cada 20 metros.

Estes estudos foram complementados pela amarração da área de empréstimo estudada e pela implantação de marcos topográficos que servirão de base para amarração da obra.

Todos os levantamentos tiveram suas origens em marcos topográficos do IBGE e obedeceram as características técnicas usuais para estes serviços, exigido nas Especificações Técnicas, que constaram dos seguintes itens:

3.1.1 - Transporte de cotas

O transporte de cotas foi feito com base em referência de nível do IBGE, a partir do Piso da Ponte sobre o rio São Gonçalo (próximo a cidade de Itapebussu) a uma distancia de 4,50km do eixo da barragem. O valor da cota do piso da referida ponte á igual a 96, 575m

A cota transportada foi fixada com marcos de concreto nas duas ombreiras do boqueirão Na ombreira direita, o Marco M 0 à cota 123 - 750 e na ombreira esquerda, estaca 34 do levantamento do eixo barrável, o Marco M1, à cota 121,287m

A partir dos marcos M0 e M1, transfenu-se as cotas para os demais pontos do eixo barrável A barragem foi situada através de malhas de coordenadas UTM, obtidas através da Base cartográfica do INCRA

3.1.2 - Levantamento Planialtimétrico do Eixo da Barragem e Sangradouro

O levantamento do eixo barrável e sangradouro, com extensão de 850 m, foi iniciado na estaca 00, marco 0, situado na ombreira direita, estendendo-se até a estaca 42+10,00 à cota 123,430 O levantamento das seções do eixo da barragem foi executado a cada 20,00 metros, numa faixa de 100 m (montante e jusante) da estaca 00 à 33

O levantamento do eixo do sangradouro, situado a margem esquerda da barragem, compreendido entre as estaca 30 e 34 + 10m, foi prolongado até a estaca 42 + 10m cujas seções foram levantadas a cada 20,00m, uma faixa média de 240m (montante e jusante) da estaca 34 à 42+10m

Foi levantada e seccionada uma linha de base desde o eixo do sangradouro seguindo o canal de restituição da sangria, até o encontro com o rio São Gonçalo, numa extensão de 572,00m. As seções transversais foram levantadas a cada 20,00 metros, com uma faixa de 120 m (lados esquerdo e direito)

3.1.3 - Levantamento Planialtimétrico da Bacia Hidráulica

O levantamento planialtimétrico da bacia hidráulica foi executado mediante a implantação de uma linha de base, nivelada e contranivelada, seguindo o leito do curso d'água principal, no sentido jusante montante, partindo do eixo da barragem. Esta linha de base, foi estaqueada a cada 50,00 metros e as seções transversais levantadas a cada 100m com estaqueamento a cada 50m, permitindo no final, a elaboração da planta da bacia

hidráulica, na escala 1: 5 000, com curvas de nível a cada metro. Foram levantados todos os acidentes de importância, como talvegues de riachos, estradas, linha de transmissão, etc.

3.1.4 – Levantamento das Jazidas

As jazidas de materiais terrosos (JS-1, JS-2, JS-3, JS-4 e JS-5), pedreiras (JP-1 e JP-2) e areia (JA-1), identificadas e detalhadas em áreas mais próximas possíveis do barramento e que o material fosse adequado para execução das obras. Para as jazidas de solos foram estabelecidas uma malha variável a mesma se encontram a uma distância média de transporte máxima de 4,5km, todas fora da bacia hidráulica, pois dentro não foi identificado material com características adequadas para construção de barragem. A jazida de areia se encontra no leito de Rio São Gonçalo e estendendo-se para montante até cerca de 4,00km.

3.2 – ESTUDOS HIDROLÓGICOS

3.2.1 – Generalidades

Os estudos de fluviometria e demais aspectos hidrológicos do rio São Gonçalo foram elaborados a partir dos dados selecionados em sete postos pluviométricos, todos próximos à área de interesse.

Os dados disponíveis de interesse foram submetidos a análises criteriosas, tais como determinação das relações cota-descarga e consistência de valores de descargas, níveis d'água, com a finalidade de obter-se vazões médias e vazões de chuva. Em função destes resultados foram desenvolvidos estudos para fins de determinação dos valores de vazões regularizadas e vazões de projeto.

Tais estudos foram apresentados detalhadamente no relatório dos Estudos Hidrológicos cujos os resultados são descritos de forma sucinta a seguir.

Em síntese, a região estudada apresenta os seguintes indicadores na caracterização do seu clima:

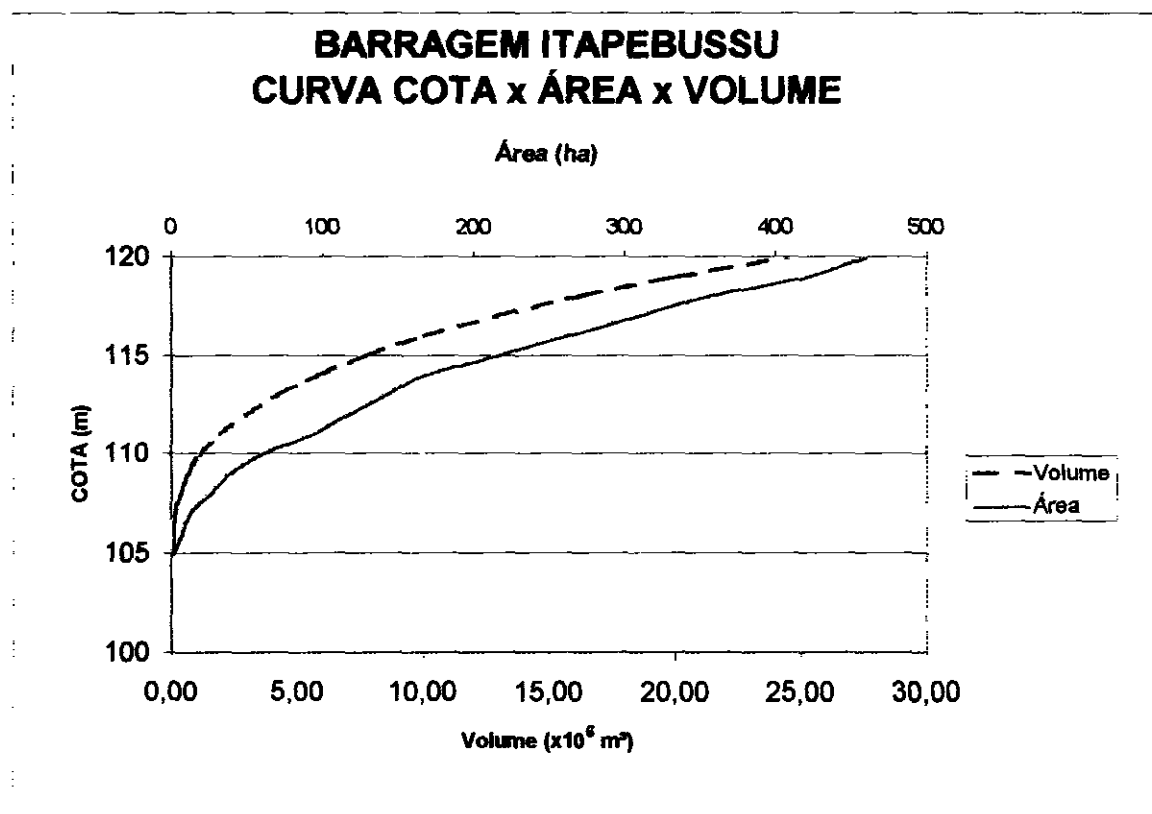
- Pluviometria Média Anual (sobre a Bacia) 1.121mm
- Evaporação Média Anual. 1.649mm
- Evapotranspiração Potencial (Hargreaves).... . 1.563mm

- Insolação Média Anual 2.792h
- Umidade Relativa Média Anual 78,3%
- Temperatura Média Anual. Média das máximas 29,9°C
- Temperatura Média Anual: Média das médias.. . . . 26,6°C
- Temperatura Média Anual. Média das mínimas.. . . . 23,5°C
- Classificação Climática 'C1AS' a'

3.2.2 – Curvas Cota-Área e Cota-Volume

As curvas cota-área e cota-volume para o reservatório da barragem Itapebussu foram obtidas a partir do levantamento topográfico da bacia hidráulica. As áreas foram calculadas por planimetria das curvas de nível a cada metro, a partir das quais foram calculados os volumes do reservatório

È apresentada a seguir, o gráfico com as áreas e volumes do reservatório.



Cota (m)	P (mm)	Área (ha)	Área (ha) Média	Vol. (10 ⁶ m ³)	Vol. Acum. (10 ⁶ m ³)
104,615	0,00	0,00			
105	0,88	0,42	0,21	0,81	0,81
106	1,81	6,29	3,36	33,57	34,38
107	2,18	11,93	9,11	91,12	125,50
108	3,99	25,18	18,55	185,54	311,03
109	5,78	38,29	31,73	317,33	628,37
110	6,46	59,64	48,97	489,67	1 118,04
111	9,66	92,05	75,85	758,45	1.876,49
112	10,45	116,00	104,02	1 040,23	2.916,72
113	12,48	141,27	128,64	1.286,36	4 203,08
114	13,78	165,34	153,31	1 533,09	5 736,17
115	17,83	214,69	190,02	1.900,17	7.636,33
116	21,78	261,66	238,17	2.381,73	10.018,07
117	22,25	307,62	284,64	2 846,36	12.864,42
118	24,18	354,15	330,88	3 308,83	16.173,25
119	23,89	419,67	386,91	3 869,09	20 042,34
120	24,50	458,95	439,31	4 393,09	24 435,43
TOTAL				24.435,43	24.435,43

3.3 – ESTUDOS GEOLÓGICOS

Os Estudos Geológicos da barragem Itapebussu, tem como objetivo, o reconhecimento da geologia da bacia hidráulica e a definição das características da fundação da barragem, bem como dos materiais que serão utilizados na construção, solos, areia e rochas.

Os estudos geológicos foram realizados através de estudos bibliográficos correlatas à área em questão, utilizando-se uma escala regional, para uma visão mais ampla das características geológicas da região. Complementando esses estudos foram realizados em escala localizada, possibilitando uma melhor definição das litologias e suas respectivas estruturas, nos locais de implantação das obras

Os estudos geológicos de superfície constaram de um mapeamento detalhado do eixo barrável, executado através de caminhamentos ao longo do mesmo, e na faixa de domínio de assentamento das obras, numa faixa de 100 metros para montante e jusante

3.3.1 – Geologia Regional

A composição geológica da região que compreende a bacia hidrográfica, é constituída basicamente por gnaisses-migmatitos e granitóides pertencentes a unidade cronológica Pré-Cambriano.

De acordo com o Projeto Fortaleza DNPM, 1981, o Complexo Tamboril/Santa Quitéria (p&tsq) que tem sua seção mais representativa na região de Tamboril, Monsenhor Tabosa e Santa Quitéria, também se distribui em duas grandes ocorrências, uma, a sudeste de Fortaleza englobando as serras de Maranguape e Pacatuba e a outra, estendendo-se para o norte até a região de Itapipoca, Itauçuba e Itapagé, como extensas áreas com predominância de rochas migmatíticas e graníticas

Beltrão (1970), faz referência às rochas da região sudoeste de Fortaleza como pertencendo a um grande sinclínório, com direção NE-SW, desenvolvido na sua porção central as grandes dorsais graníticas das serras de Baturité e Maranguape

Brito Neves (1973), refere-se às áreas de ocorrência da unidade como um complexo antigo, eminentemente metassomático dominante nos "altos regionais" e constituído de granitos, migmatitos e gnaiss migmatizados.

Em 1975, o próprio Brito Neves em suas novas conceituações geotectônicas do Nordeste, relaciona esses terrenos ao que ele chamou de "maciço mediano de Santa Quitéria", constituído de granitos e migmatitos, cercados por "faixas de dobramentos laterais"

A ocorrência a sudeste de Fortaleza, abrangendo a região de Maranguape, Pacatuba e parte norte do maciço de Baturité, apresenta-se de forma ovalada, com o eixo maior orientado na direção NE-SW. A Segunda ocorrência tem forma alongada, com direção geral NE- SW no extremo setentrional.

Encontram-se boas exposições desta unidade nas regiões de Maranguape, Pacatuba, Tamboril - Santa Quitéria, Umirim - Itapipoca e Umirim - Itapagé - Itauçuba. Morfologicamente, comporta-se como duas regiões serranas, onde a rede hidrográfica instalou-se segundo as direções de fraturamentos

Os contatos com as unidades subjacentes são bruscos quando com os sedimentos do Grupo Barreiras, que recobrem discordantemente as porções setentrionais de ambas as áreas de ocorrência, e transicionais ou tectônicos ou eventualmente bruscos, quando em contato com as rochas do Complexo Caicó

No seio da massa migmatítica, não raro encontram-se remanescentes não digeridas de anfíbolitos, anfíbólio – gnaisses, quartzitos e rochas calcossilicáticas

3.4 – GEOLOGIA LOCAL

Os estudos geológicos de superfície envolveram o mapeamento geológico detalhado do sítio barrável, área do sangradouro, foto interpretação geológica da bacia hidráulica e estudos de reconhecimento superficial dos materiais construtivos

A litologia local é formada, basicamente por gnaiss migmatítico e granitóides, cobrindo a maior parte da superfície posicionados estratigraficamente no Pré – Cambriano indiviso. Esta sequência ocorre a partir do sopé da serra de Maranguape, estendendo-se na direção sul até as proximidades de Redenção.

Visualmente, no campo o granitóide apresenta-se em forma de solo de alteração e/ou rocha alterada com a presença esporádica de blocos aflorantes principalmente na ombreira direita do barramento. Esta rocha apresenta uma granulação variável geralmente de média a grossa com uma textura dominante do tipo equigranular, podendo ora aparecer o tipo porfiróide, podendo ainda apresentar orientação dos seus constituintes mineralógicos

O granitóide apresenta uma direção geralmente perpendicular ao eixo da barragem com mergulhos voltados para o interior do mesmo. Nos afloramentos, esta rocha apresenta uma coloração cinza clara podendo ocorrer também os tipos mais escuros e róseo, com grande presença de quartzo e feldspato. A microclina, com intercrescimento perfitico, engloba cristais e manchas de plagioclásio remanescentes da microclinação, os quais, muitas vezes, estão conectados aos fios de perfitita. Os cristais de plagioclásio são geralmente geminados exibindo freqüentemente bordos menos cálcicos nos contatos com a microclina, alterando as vezes, para substâncias argilosas e muscovita

São freqüentes nestas litologias granitizadas, enclaves de natureza, classificação e dimensões diversas, podendo ser migmatíticas, ou diorítica e mais raramente anfíbolítica. O

fenômeno de potassificação é evidente, pela abundância de microclina, revelando formação tardia em relação ao plagioclásio

Estruturalmente, na área mapeada, foram observadas as estruturas primárias representadas pelas lineações ou planos de xistosidades e as estruturas secundárias representadas pelas fraturas de variadas origens e feições.

As direções de lineações ou de plano de xistosidade apresentam direções preferenciais de AZ 105°, enquanto, o local onde se situa o eixo barrável apresenta direções AZ 45°

Na área da bacia hidráulica não ocorre concentração de minerais, existindo somente, a exploração de argila utilizados na fabricação de telhas e tijolos para obra de construção das próprias casas e também a exploração de areia e cascalho que ocorrem no leito do rio São Gonçalo e outros riachos tributários

3.5 – ESTUDOS GEOTÉCNICOS

Os estudos geotécnicos constaram de investigações de subsuperfície, através de sondagens à pá e picareta, percussiva, rotativa. Constaram ainda, de mapeamento geológico/geotécnico de superfície e estudos dos materiais de empréstimos

Tais investigações serão apresentadas para o eixo da barragem e sangradouro, bem como para as áreas de empréstimos, possibilitando mostrar os resultados dos ensaios e análise realizadas

3.5.1 – Estudos Geotécnicos no Eixo Barrável e Sangradouro

Nas investigações de subsuperfície no eixo barrável, procurou-se identificar o pacote aluvionar, quanto ao aspecto hidráulico e de suporte, identificar o horizonte de rocha alterada e do solo de alteração e caracterizar a rocha, sob o aspecto geomecânico e hidráulico

A localização das investigações geotécnicas de subsuperfície é mostrada no desenho 04 no Volume de Plantas

O pacote aluvionar existente no leito do rio e estendendo-se na ombreira esquerda por cerca de 100 metros, é composto por uma camada de areia média a grossa, sobreposta por uma camada de areia fina siltosa. Apresenta valores de SPT varia entre 3 e 22 golpes, permeabilidade na ordem de 10^{-5} cm/s e a profundidade máxima atingida foi de 5,15 metros

As investigações de subsuperfície obtidas através de sondagens, possibilitaram uma caracterização da fundação das obras no trecho do leito do rio, onde ocorre o pacote aluvionar, e das ombreiras, onde a rocha se apresenta pouco profunda praticamente aflorando, em pontos localizados como nas estacas 2 e 3 na ombreira direita e 26 e 28 na ombreira esquerda, conforme pode ser observado no perfil geológico/geotécnico desenho 04 no Volume de Plantas

A rocha em toda região da barragem apresenta-se em geral bastante fraturada, as quais proporcionaram um baixo grau de recuperação. No entanto o elevado grau de alteração da rocha não traz grandes preocupações quando ao suporte que a mesma pode oferecer ao maciço da barragem, devido a pequena altura da carga hidráulica máxima, cerca de 11,0 metros

3.5.2 – Estudos Geotécnicos nas Áreas de Empréstimos

Os estudos dos materiais de construção constaram inicialmente do reconhecimento dos materiais ferrosos, granulares e rochosos existentes próximo ao área da barragem, cujas características permitissem o emprego na construção do maciço e obras de concreto.

Foram estudadas cinco áreas de empréstimos todos fora do domínio da bacia hidráulica, pois as investigadas dentro da bacia apresentavam materiais inadequados para construção de barragem. As selecionadas para serem utilizadas na construção são formadas por uma areia argilosa, tipo CL segundo a Classificação Unificada de Solos, apresentando características favoráveis à implantação das obras de engenharia. Este material apresenta um Índice de Plasticidade (IP) médio da ordem de 12% e umidade ótima de 11,9% e permeabilidade da ordem 10^{-7} cm/s

Para materiais granulares foi pesquisada o areal que existe no leito do rio São Gonçalo no eixo da barragem a montante e a jusante, devendo ser explorado o depósito existente do eixo para montante estendendo-se cerca de 4,0km. O material da jazida de areia foi classificado como uma areia média a fina e apresentou permeabilidade na ordem de 10^{-3} cm/s.

Para materiais pétreos, foram estudadas duas pedreira de rocha tipo granitóide que ocorrem na margem esquerda do lago que se formará com a construção da barragem. Provavelmente não será necessário usar essas pedreiras, pois as escavações do sangradouro apresenta volume suficiente para as necessidades exigidas na construção das obras

QUADRO RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DAS JAZIDAS DE SOLO

CARACTERÍSTICAS	JAZIDAS				
	JS-1	JS-2	JS-3	JS-4	JS-5
Distancia do eixo barrável	1,12	1,55	2,59	4,21	4,49
Utilização	Fundação /maciço montante	Fundação /maciço montante	Fundação /maciço montante	Fundação /maciço montante	Fundação /maciço montante
Tipo de material	CL	CL	CL	CL	CL
Índice de Plasticidade (%)	13,0	12,0	12	12	11
Umidade Ótima (%)	11,90	10,95	11,70	13,20	11,70
D _{máxima} (g/cm ³)	1.818	1.887	1.895	1.867	1.880
% que passa na # 200	50	45	51	45	52
Permeabilidade	8,7x10 ⁻⁷	9,0x10 ⁻⁷	6,3x10 ⁻⁷	9,2x10 ⁻⁷	7,8x10 ⁻⁷
Ângulo de atrito (°)	-	-	-	-	29,1°
Coesão (g/cm ³)	-	-	-	-	0,22
Área levantada m ²	25.000,0	22.500,0	39.660,0	25.200,0	113.200,0
Volume utilizável m ³	20.500,0	15.975,0	32.076,0	21.168,0	92.824,0
TOTAIS	182.542,00m³				

3.5.3 - Estudos Geotécnicos na Área do Sangradouro

Na área do sangradouro foram realizados estudos geológicos e geotécnicos a nível de detalhamento dos materiais que ocorrem superficialmente e sub-superficialmente através da realização de sondagens

As investigações realizadas no local de implantação do sangradouro, indicaram a ocorrência de uma rocha do tipo granitóide bastante fraturada, sobreposta a uma camada de solo de alteração e/ou coluvião com espessura em torno de 1,5m. Praticamente em toda área do sangradouro não existem afloramentos de rocha, talvez pela proximidade dos morros existentes, em que todo o solo coluvionar que se forma a partir desses acidentes é carregado para as partes mais planas, no caso a áreas do sangradouro

A jusante do sangradouro existe um canal de fuga natural que irá direcionar as águas para fora da área da barragem. Neste canal existe afloramentos de rocha medianamente alterada, que servirão de dissipador de energias, diminuindo os efeitos erosivos da calha e encosta do canal, evitando que o fluxo retorne ao leito do rio com velocidade que possibilite a erosão do pacote aluvionar

4 – CRITÉRIOS UTILIZADOS NA ESCOLHA DO PROJETO

4 – CRITÉRIOS UTILIZADOS NA ESCOHA DO PROJETO

A definição do Projeto Executivo da Barragem Itapebusssu, baseou-se nos dados obtidos ao longo dos estudos realizados e desenvolvidos no campo, em laboratório e no escritório, os quais foram analisados e interpretados conjuntamente a fim de se obter a otimização das obras, atendendo aos objetivos preconizados pela SRH.

As investigações de campo desenvolvidas durante a evolução do projeto, compreenderam os estudos topográficos e geológicos da área de implantação das obras e da bacia hidráulica e os estudos geotécnicos de superfície e subsuperfície

Os estudos em laboratório compreenderam a caracterização dos diversos materiais a serem utilizados na construção das obras. Os desenvolvidos no escritório constaram da análise destes materiais, suas potencialidades e distâncias de transporte, que em conjunto com o conhecimento das fundações através das sondagens realizadas e dos estudos hidrológicos, hidráulicos e topográficos, forneceram os critérios a serem tomados na escolha do projeto

4.1 – CONDICIONANTES GEOLÓGICOS GEOTÉCNICOS

Conforme mostrado nos Estudos Básicos – Estudos Geológicos /Geotécnicos, a região de implantação das obras possui uma caracterização comum sob o aspecto geológico em obras existentes no embasamento cristalino, pois o local de implantação da barragem é constituído na sua totalidade de rochas magmáticas do tipo granitóide, encoberto por solo residual e/ou coluvionar verificado nas partes altas (ombreiras) e por sedimentos inconsolidados aluviais nas partes baixas, leito do rio e planície aluvionar

Os granitóides estão presentes por toda a área em estudo. Se apresentam em forma de afloramentos e/ou em blocos soltos, muitas vezes levando-se a acreditar que os mesmos foram rolados das partes mais elevadas dos morros envoltos a área do barramento. Os solos presentes na área tanto pode ser provindo da alteração da rocha "in situ" como podem ser um solo coluvionar, ou seja, originário das encostas dos morros provindos de detritos vindos dos altos

Quanto ao aspecto geomecânico, o substrato rochoso no local de implantação das obras apresenta uma rocha muito alterada, extremamente fraturada, medianamente coerente, com fraturas geralmente preenchidas, podendo ocorrer pontos localizados em que as fraturas se não apresentam

A condutividade hidráulica do maciço rochoso de uma maneira geral apresenta valores variando entre médio e baixo, podendo ocorrer trechos localizados com perda d'água total (SM-4/Est.17)

4.2 – ARRANJO GERAL DAS OBRAS

Na definição do arranjo geral das obras, foram considerados principalmente os condicionantes topográficos e geotécnicos das fundações do eixo da barragem, do local do sangradouro e da tomada d'água.

Procurou-se desenvolver o projeto com o objetivo de se conseguir o maior aproveitamento hídrico da bacia, para atender toda a demanda de abastecimento da população dos distritos de Itapebussu e Lagoa do Juvenal e das populações ribeirinhas assim como com a irrigação dos solos existentes a jusante ao longo do vale

Um fator limitante para que o coroamento da barragem ficasse na cota 118,00m, foi a grande densidade populacional existente a montante, pois quanto mais aumenta-se a cota do coroamento mais implicaria em grandes valores de desapropriação

O posicionamento do sangradouro na ombreira esquerda, foi favorecido principalmente pela restituição do canal de sangria que deságua mais afastado do off-set da barragem assim como a profundidade do topo rochoso se encontrar acima da cota prevista para soleira do sangradouro

A tomada d'água foi posicionada na estaca 04 na ombreira direita, devido a uma menor profundidade da rocha no local. A cota de montante foi fixada em 109,55 para um volume morto na ordem de 1,2 hm³

O arranjo geral das obras ficou definido por um maciço misto de terra e material proveniente da escavação do sangradouro, enrocamento, que se desenvolve ao longo de um eixo reto, um sangradouro situado na ombreira esquerda e uma tomada d'água posicionada na ombreira direita

4.3 – ESCOLHA DA SEÇÃO TIPO

A escolha da seção tipo do maciço foi definida em função dos condicionantes geotécnicos das fundações da barragem, aspectos topográficos do eixo e das características geotécnicas dos materiais de construção, suas localizações e disponibilidades

A seção tipo ficou caracterizada por uma seção trapezoidal com o maciço constituído por material areno argiloso tipo CL, proveniente das áreas de empréstimos de solo. Recomenda-se usar primeiro a área de empréstimo N° 03 e complementar com a N° 05. Na parte de jusante do maciço será empregado o material proveniente da escavação do sangradouro de 2ª e 3ª categoria isento de solos coesivos, pois os solo de 1ª categoria apresenta uma grande quantidade de minerais argilico provavelmente tipo montmorilonitas devendo evitar o seu uso no maciço.

A jusante a seção possui taludes 2,0 · 1,0 (H/V) partindo da cota do coroamento até a cota 107,00 onde será construída uma berma com 2,00 m de largura que segue com talude 1,5 1,0 (H:V) até o terreno natural.

A seção a montante possui taludes de 2,5 1,0 (H/V) do coroamento até o terreno natural. A proteção deste talude deverá ser feita por uma camada de 0,9 m de espessura de rocha disposto da seguinte maneira; 0,20 m de transição de brita corrida, sob 0,70 m de enrocamento externo, obedecendo as especificações de exploração e de execução.

A seção possui um filtro vertical situado no inicio do talude de jusante, com o topo na cota 116,80 com 1,00 m de espessura, estando este ligado a um filtro horizontal também com 1,00 m de espessura que se estende até a cota 107,00m.

Ao longo de toda extensão do maciço, deverá ser escavada uma trincheira de vedação do tipo " cut-off" com largura da base variável, taludes para escavação 1,0:1,0 (H:V) e profundidade variando de acordo com a linha de escavação da trincheira. Será também retirada uma camada do pacote aluvionar entre as estacas 7 e 16 com espessura variando entre 2,00 e 1,00 metro, com a finalidade de eliminar a camada de solo aluvionar com valores de SPTs baixos, assim como retirar as raízes da grande quantidade de carnaubeira que existente nesse terraço aluvionar, entre as estacas acima mencionadas.

4.4 – ESCOLHA DO SANGRADOURO

A concepção do sangradouro da barragem Itapebussu partiu da análise dos dados relativos aos estudos hidrológicos, das características topográficas e geotécnicas da fundação.

Os estudos hidrológicos definiram uma vazão de projeto amortecida de 161,7 m³/s, relativa a um período de recorrência de 1 000 anos, e com vazão verificada para um período de

recorrência de 10.000 anos de 222,4 m³/s, conforme mostrado no Volume dos Estudos Hidrológicos

O local mais adequado para o posicionamento do sangradouro é no alto topográfico da ombreira esquerda, onde a restituição a calha principal do rio é feito através de um canal natural que irá conduzir as águas para fora da área da barragem. As condições geológicas/geotécnicas são favoráveis, ressaltando-se ainda a pequena lâmina de sangria máxima.

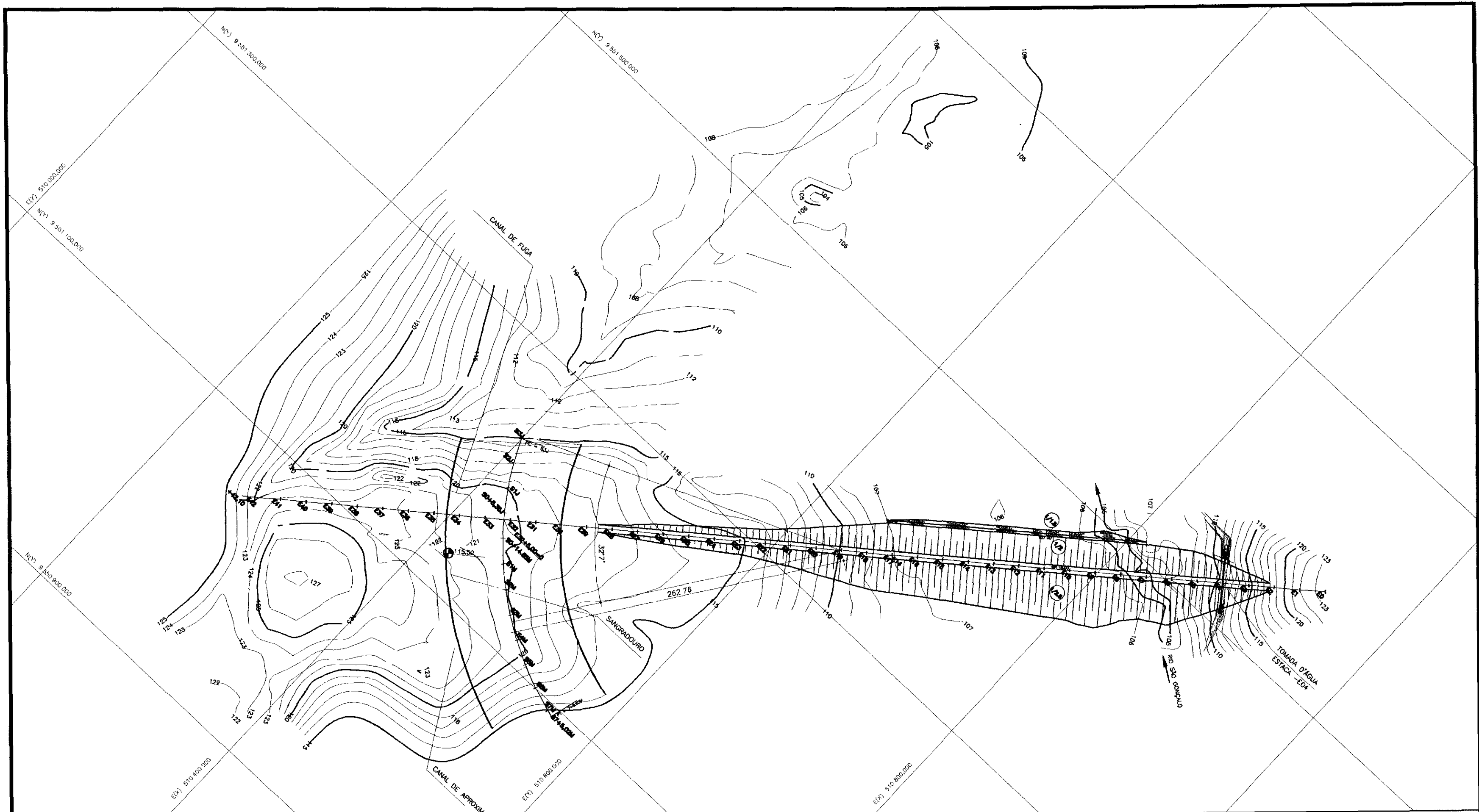
4.5 – ESCOLHA DA TOMADA D' ÁGUA

Para escolha do local de implantação da Tomada D' Água, tomou-se como fator principal a topografia no eixo do boqueirão e a profundidade da rocha ao longo do mesmo

A tomada d'água foi posicionada na ombreira direita, estaca 04 do eixo topográfico.

O projeto da estrutura segue as recomendações exigidas pelo Painel de Inspeção de Segurança de Barragens do PROURB seguindo o Small Dams

Na figura apresentada a seguir pode-se visualizar o Arranjo Geral das Obras componentes da Barragem Itapebussu



ESCALA
 1/2 500
 DATA
 NOVEMBRO/98

PROJETO EXECUTIVO DA BARRAGEM ITAPEBUSSU
 ARRANJO GERAL DAS OBRAS 000032

5 – DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

5 – DESCRIÇÃO GERAL DO PROJETO

A Barragem Itapebussu é composta por um conjunto de obras constituídas pela barragem mista terra e enrocamento, uma tomada d' água sob o maciço e um sangradouro escavado em rocha na ombreira esquerda.

A posição espacial das obras pode ser visualizada no Desenho Arranjo Geral das Obras apresentada anteriormente neste relatório e na planta N° 05 no volume de Desenhos do Projeto

A seguir são descritas as diversas obras que compõem a barragem destacando-se os princípios técnicos adotados na concepção individual de cada uma delas

5.1 – DESCRIÇÃO GERAL DA BARRAGEM

A barragem projetada, conforme apresentada nos desenhos N°s 05 e 08 , foi prevista com um eixo retilíneo em todo seu desenvolvimento. É do tipo enrocamento com paramento de montante impermeável, com 13,40m de altura máxima acima das fundações, 528,00 metros de extensão e capacidade total de acumulação de 9 000 000,00 m³

A barragem tem seu coroamento à cota 118,00m, com 6,0 metros de largura de crista e talude de montante de 2,5:1,0 e jusante de 2,0:1,0 com uma berma na cota 107,00m e desta até o terreno natural com talude de 1,5:1,0. É constituída por um aterro compactado com seção mista, com enrocamento no espaldar de jusante e, o paramento de montante de material argiloso acabando junto com o filtro vertical

A fundação, terá uma largura mínima de contato do núcleo com a fundação de apoio de 4,0 metros

O espaldar de montante apresenta ainda um zoneamento quanto ao grau de compactação e teor de umidade de compactação, relativos aos ensaios do tipo Proctor Normal, objetivando com isso melhorar as condições de contato com as ombreiras e reduzir a possibilidade da ocorrência de fissuras nas partes mais elevadas da zona impermeável, imediatamente adjacentes às ombreiras, face a possibilidade de tensões de tração

Deste modo é recomendável, que as camadas do aterro situadas em zonas mais elevadas, principalmente nas proximidades das ombreiras sejam executadas com a umidade do material acima e em torno da ótima.

Nas fundações foi previsto um tratamento superficial em toda área de implantação da barragem, sendo que entre as estacas 7 e 16 será removida uma camada de solo com espessura variando entre 1,0 e 2,0 metros dentro do domínio dos off-set assim como a escavação do cut-off até atingir o solo residual e/ou rocha alterada

O espaldar de jusante será utilizado o material proveniente das escavações do sangradouro. O mesmo será executado concomitante com a escavação do sangradouro, sendo que deverá ser feita uma prévia seleção na área de escavação quanto aos tipos de materiais que deverão ser usados do interior para a extremidade externa do paramento de jusante. Os materiais que apresentarem granulometria mais fina deverão ser utilizados mais próximo dos filtros e gradativamente seguir com os materiais com granulometria mais grossa a medida que se aproxima da face externa do paramento de jusante.

A drenagem interna do maciço será feita por um filtro vertical (tipo chaminé) com 1,00m de espessura. O topo do filtro vertical deverá atingir a cota 116,80m em toda extensão da barragem. O filtro horizontal do tipo drenante com 1,0m de espessura será executado até a cota 107,00m.

O rock-fill tem uma geometria trapezoidal na seção máxima, com 2,00 m de largura na cota 107,00 e inclinação de 1,50:1,00 (H.V) para o lado de jusante e 1,00:1,00 (H.V) para o lado de dentro, estando sua base aprofundada até 2,00m a partir do terreno natural como pode se ver nos desenhos das seções transversais do volume de Desenhos.

A superfície de contato do "rock-fill" com o terreno natural será preenchida por material com granulometria graduadas equivalentes a brita e areia.

5.2 – DESCRIÇÃO DO SANGRADOURO

o sangradouro está projetado na ombreira esquerda, sendo do tipo soleira espessa, com 90,00 metros de largura escavado em rocha composto por um canal de aproximação de 150,00 m de extensão, um cordão de fixação com soleira na cota 115,50m ligado nas extremidades por muros laterais de proteção e um canal de fuga de 60,00 m de extensão.

O nível da soleira do sangradouro foi determinado a partir dos estudos hidrológicos e econômicos, levando-se em conta as características topográficas e geotécnicas do local, das potencialidades da bacia hidrográfica bem como das características da bacia hidráulica e da necessidade de armazenamento d' água máximo possível, oferecendo 100% de garantia ao objetivo maior que é o abastecimento a população de Itapebussu e Lagoa do Juvenal e o excedente, com 90% de garantia, para um plano de aproveitamento com irrigação a jusante da barragem

O sangradouro da barragem foi dimensionado para a cheia máxima de projeto correspondente ao tempo de recorrência de 1.000 anos e fez-se o amortecimento da cheia com recorrência de 10.000 anos, para verificar se o nível d' água ultrapassaria a crista da barragem

As descargas de pico calculada para os períodos de retorno mencionados foram

TR (anos)	Qp (m ³ /s)
1.0000	461,8
10 000	604,96

Para a crista do sangradouro tipo soleira espessa com largura de 90,00 metros e situada a cota 115,50m, obtiveram-se os seguintes resultados de amortecimento de cheias com os tempos de recorrências considerados

TR (anos)	Vazão máx. efluente m ³ /s	Altura máxima vertente (m)
1 000	161,76	1,26
10.000	222,41	1,54

5.3 – DESCRIÇÃO DA TOMADA D' ÁGUA

A tomada d' água ficará embutida no maciço da barragem , firmemente apoiada sobre a rocha sã de fundação da ombreira direita, na estaca 4,00 em torno da cota 110,70m

A orientação do fluxo em direção ao emboque da tomada d' água será feita através de um canal de acesso curvo, encaixando-se na estrutura por meio de uma caixa de entrada provida de uma grade de proteção contra entrada de material que desce das margens.

A estrutura em concreto armado será do tipo convencional "galera", com dispositivo de controle de saída

O eixo da tomada d' água será perpendicular ao da barragem

A galeria terá um diâmetro de 400mm, com cerca de 50,0m de comprimento

O acionamento da tomada d' água será feito a jusante, através de registro de gaveta.

As obras acima descritas estão detalhadas nos desenhos N.ºs 12, 13 e 14 do volume Desenhos do projeto

6 - CRONOGRAMA DE CONSTRUÇÃO

BARRAGEM ITAPEBUSSU										
CRONOGRAMA FÍSICO DAS OBRAS										
ITEM	SERVIÇOS	MESES								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
		(1)							(2)	
1	ADMINISTRAÇÃO E FISCALIZAÇÃO	■							■	
2	TRABALHOS PREPARATÓRIOS	■								
3	BARRAGEM	■								
4	SANGRADOURO E MUROS	■								
5	TOMADA D'ÁGUA			■						

NOTAS

- (1) Referente a instalação do canteiro de obras e mobilização de pessoal e equipamentos
- (2) Referente a acabamento, limpeza final e desmobilização

7 – EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA REALIZAÇÃO DA OBRA

7 – EQUIPAMENTO MÍNIMO PARA REALIZAÇÃO DA OBRA

Deverão ser utilizados, durante o período construtivo, os seguintes equipamentos nas quantidades mínimas abaixo especificadas

- 02 (dois) - Tratores de Esteiras,
- 02 (duas) - Pás Carregadeira,
- 02 (duas) - Motoniveladoras com potência mínima de 115 HP;
- 01 (uma) - Retroescavadeira,
- 02 (dois) - Rolos pés-de-carneiro vibratório, com capacidade mínima de 8 a 10 toneladas, impacto dinâmico,
- 01 (um) - Caminhão Munck,
- 04 (quatro) - Tírfor,
- 10 (dez) - Caminhões basculante com capacidade mínima de 4 m³;
- 03 (três) - Compactador tipo Sapo,
- 02 (dois) - Trator de pneus, com capacidade mínima de 100 HP;
- 02 (duas) - Grades de disco,
- 03 (três) - Caminhões tanque, com capacidade mínima de 6.000 litros;
- 03 (três) - Betoneiras, com capacidade mínima de 320 litros,
- 02 (dois) - Vibradores de imersão, tipo agulha, variando de 35 a 500 mm de diâmetro;
- 01 (um) - Compressor de ar, com capacidade mínima de 500 pcm,
- 02 (dois) - Marteletores de 24 kg;
- 01 (uma) - Perfuratriz, tipo ROC - 601 ou similar,
- 01 (um) - Conjunto de motobomba
- 01 (um) - Equipamento para injeção de cimento
- 01 (uma) - Viatura para Fiscalização como especificado no item 2.9