

DART.T	
RELATÓRIO	
N.º 8680	CÓPIA 2
Volume (s)	4

Anexo 1 BO.1

APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE SÃO FÉLIX USINA CANA-BRAVA

ESTUDOS DE VIABILIDADE

RELATÓRIO FINAL

RIL - 002

VOLUME IV

ESTUDOS ENERGÉTICO-
ECONÔMICOS



DEZ 1987

RIL - 002
RO
DEZ/87

APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE SÃO FÉLIX
USINA CANA-BRAVA
ESTUDOS DE VIABILIDADE
VOLUME IV - ESTUDOS ENERGÉTICO-ECONÔMICOS

ÍNDICE	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO	1
2. RECOMENDAÇÕES	4
3. ESTUDOS ANTERIORES	5
3.1. Aspectos Gerais da Bacia do Alto Tocantins	5
3.2. Estudos Desenvolvidos por Outras Entidades	5
3.3. Estudos de Furnas	6
4. DETERMINAÇÃO DO N.A.NORMAL DE JUSANTE	10
4.1. Introdução	10
4.2. Alternativas Estudadas	11
4.3. Metodologia	13
4.4. Benefícios Energéticos	14
4.5. Estimativas de Custo	16
4.6. Comparação Econômica	17
4.7. Avaliação Energética Probabilística	19
5. DETERMINAÇÃO DO VOLUME ÚTIL	22
5.1. Introdução	22
5.2. Alternativas Estudadas	23
5.3. Metodologia	23
5.4. Benefícios Energéticos	24
5.5. Conclusões	26
6. DEFINIÇÃO DO N.A.MÁXIMO	27
6.1. Introdução	27
6.2. Alternativas Estudadas	27
6.3. Metodologia	29
6.4. Benefícios Energéticos	30
6.5. Estimativas de Custo	30
7. ESTUDOS DE MOTORIZAÇÃO	36
7.1. Introdução	36
7.2. Transferência das Unidades Geradoras da UHE Três Irmãos para FURNAS	37
7.2.1. Introdução	37
7.2.2. Estudo Energético	38
7.2.3. Avaliação Econômica	41
7.2.4. Análise dos Resultados	44

RIL - 002

RO

DEZ/87

APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DE SÃO FÉLIX

USINA CANA-BRAVA

ESTUDOS DE VIABILIDADE

VOLUME IV - ESTUDOS ENERGÉTICO-ECONÔMICOS

ÍNDICE

PÁGINA

1. INTRODUÇÃO	1
2. RECOMENDAÇÕES	4
3. ESTUDOS ANTERIORES	5
3.1. Aspectos Gerais da Bacia do Alto Tocantins	5
3.2. Estudos Desenvolvidos por Outras Entidades	5
3.3. Estudos de Furnas	6
4. DETERMINAÇÃO DO N.A.NORMAL DE JUSANTE	10
4.1. Introdução	10
4.2. Alternativas Estudadas	11
4.3. Metodologia	13
4.4. Benefícios Energéticos	14
4.5. Estimativas de Custo	16
4.6. Comparação Econômica	17
4.7. Avaliação Energética Probabilística	19
5. DETERMINAÇÃO DO VOLUME ÚTIL	22
5.1. Introdução	22
5.2. Alternativas Estudadas	23
5.3. Metodologia	23
5.4. Benefícios Energéticos	24
5.5. Conclusões	26
6. DEFINIÇÃO DO N.A.MÁXIMO	27
6.1. Introdução	27
6.2. Alternativas Estudadas	27
6.3. Metodologia	29
6.4. Benefícios Energéticos	30
6.5. Estimativas de Custo	30
7. ESTUDOS DE MOTORIZAÇÃO	36
7.1. Introdução	36
7.2. Transferência das Unidades Geradoras da UHE Três Irmãos para FURNAS	37
7.2.1. Introdução	37
7.2.2. Estudo Energético	38
7.2.3. Avaliação Econômica	41
7.2.4. Análise dos Resultados	44

7.3. Motorização Ótima para Cana Brava	47
7.3.1. Introdução	47
7.3.2. Aspectos do Problema	47
7.3.3. Vazão Turbinada Mínima	47
7.3.4. Fator de Capacidade Mínimo	50
7.3.5. Potência Máxima a Instalar	51
7.3.6. Potência Mínima a Instalar	53
7.3.7. Alternativas de Motorização	54
7.3.8. Análise Energética das Alternativas	55
7.3.9. Aspectos de Custo	55
7.3.10. Conclusão e Recomendação	55
8. DEFINIÇÃO DA ALTURA DE QUEDA NOMINAL	56
9. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ELÉTRICO DE INTEGRAÇÃO	57
10. JUSTIFICATIVA DO PROJETO	60
10.1. Do Ponto de Vista Energético	60
10.1.1. Metodologia Utilizada na Análise	60
10.1.2. Dados Utilizados	61
10.1.3. Alternativas Consideradas	65
10.1.4. Conclusões	65
10.2. Do Ponto de Vista Econômico	65
ANEXOS	
Anexo 1 Tabela e Polinômio Descarga x Canal de Fuga de Cana Brava	69
Anexo 2 Características Básicas do Projeto de Peixe	70
Anexo 3 Tabela e Polinômios Cota x Volume de Cana Brava	71
Anexo 4 Tabela e Polinômios Descarga x Canal de Fuga de Serra da Mesa	72
Anexo 5 Indicadores Econômicos Utilizados na Atualização Monetária dos Orçamentos	73
Anexo 6 Estimativas de Custo	74
Anexo 7 Ficha Técnica	75
Anexo 8 Série de Vazões	78
Anexo 9 Orçamento da Usina	81
Anexo 10 Dados e Resultados da Simulação	98

1. INTRODUÇÃO

O Ministério das Minas e Energia através da Portaria nº 2130, de 15.10.79, autorizou FURNAS a estudar o aproveitamento dos recursos hidráulicos do trecho do rio Tocantins, compreendido entre a confluência dos rios Almas e Maranhão e o ponto situado 10 km a jusante da foz do Ribeirão São Félix.

Pelo Decreto 84.589/80, de 24 de março de 1980, foram modificadas as áreas de atuação das subsidiárias da ELETROBRÁS, cabendo a FURNAS a nova área do Estado de Goiás, ao Sul do paralelo 12ºS.

Posteriormente, pelo Decreto 85.983/81 de 6 de maio de 1981, foi outorgada a FURNAS a concessão para o aproveitamento de energia hidráulica do trecho da bacia do rio Tocantins dentro de sua área de atuação, isto é, abaixo do paralelo 12ºS.

FURNAS passou, então, a realizar seus próprios estudos relativos à área, contratando como consultora a Internacional de Engenharia S.A. - IESA.

Desses estudos, concluiu-se que o melhor aproveitamento energético e econômico do potencial do Alto Tocantins deverá ser feito através da implantação de três projetos no curso principal do rio e dois no seu afluente Parana, segundo o esquema da Figura 1.1.

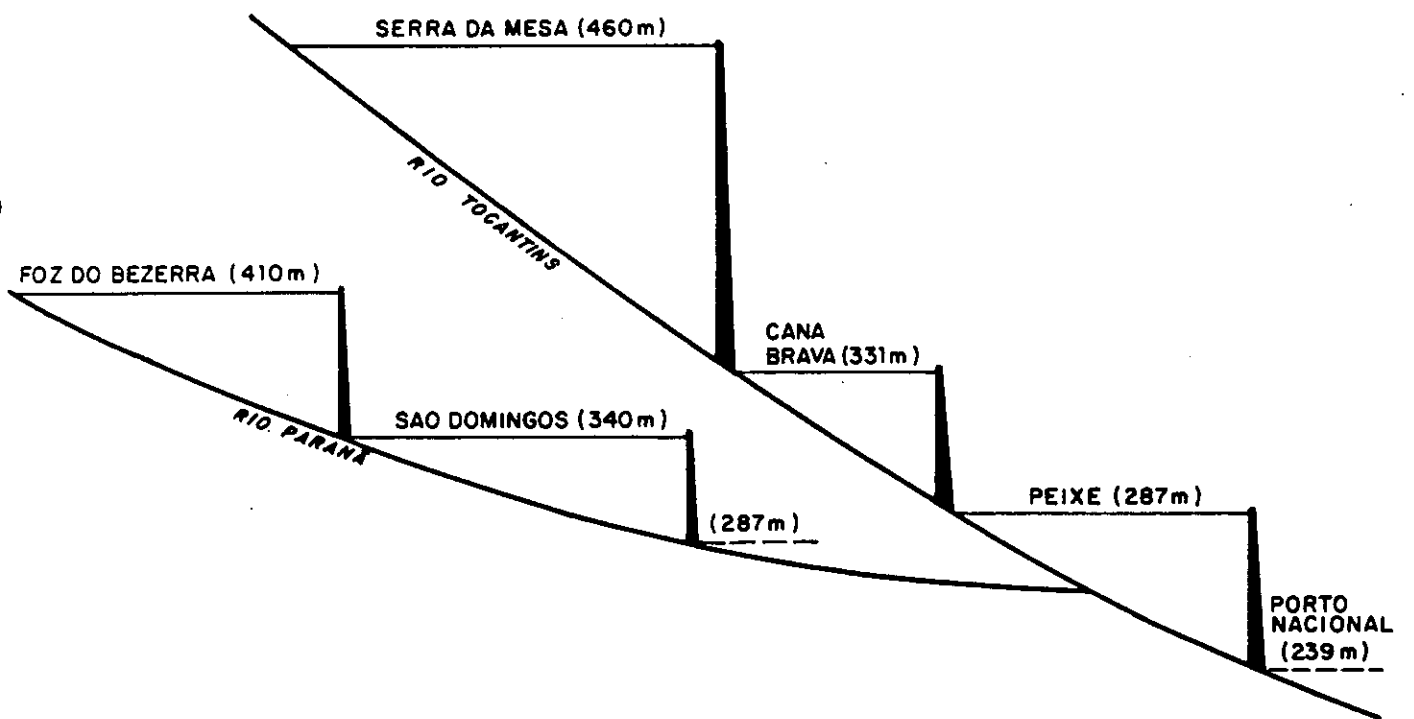
Em seguida, FURNAS desenvolveu estudo para estabelecer a melhor seqüência de implantação dos projetos. De acordo com os resultados obtidos, essa seqüência seria: Serra da Mesa, Foz do Bezerra, Peixe, Cana-Brava, Porto Nacional e São Domingos. Esta recomendação considerou apenas critérios energéticos e econômicos.

Posteriormente, estudos de FURNAS permitiram concluir que a proximidade dos projetos Serra da Mesa e Cana Brava possibilitaria a redução do custo final de Cana-Brava em 15% no caso da construção combinada de ambos. Isto porque permitiria aproveitar o longo período de tempo de enchimento do reservatório de Serra da Mesa para o desvio e controle do rio em Cana Brava, com significativas simplificações nas operações de construção e conseqüentes ganhos econômicos.

Nestas condições, verificou-se que a construção de Cana-Brava em segunda adição, logo após Serra da Mesa, constituindo o que se denominou Aproveitamento Hidrelétrico de São Félix, seria recomendável, permanecendo inalterada a seqüência dos demais projetos.

FIGURA 1.1

DIVISÃO DE QUEDA RECOMENDADA POR FURNAS PARA O ALTO TOCANTINS



Concluído o inventário final, os estudos foram concentrados em Serra da Mesa, estando esta usina agora em fase de construção.

Em prosseguimento aos estudos relativos ao Alto Tocantins, analisou-se Cana Brava, a nível de viabilidade.

Este relatório, feito no âmbito de FURNAS Centrais Elétricas S.A. pelo Departamento de Planejamento do Sistema de Geração - DPS.T, objetiva documentar os estudos energéticos e econômicos desta fase, compreendendo a definição do N.A. máximo e do N.A. normal de jusante para o projeto, do volume útil de seu reservatório, do seu nível de motorização e a indicação da queda nominal, além de consubstanciar os resultados dos estudos pretéritos e proceder uma análise crítica das possibilidades de sua integração ao sistema.

2. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos nos estudos documentados neste relatório, o Departamento de Planejamento do Sistema de Geração - DPS.T de FURNAS Centrais Elétricas, recomenda que se adote para a UHE Cana-Brava o dimensionamento caracterizado pelos parâmetros seguintes:

N.A. Máximo Normal	-	El. 333,0 m
N.A. Mínimo Operativo	-	El. 333,0 m ^(*)
Volume Útil	-	0,0 km ³ (a fio d'água) ^(*)
Potência Instalada	-	3 x 160 MW = 480 MW
Queda Nominal	-	43,0 m

Com relação a potência instalada e queda nominal, deve-se observar que os valores acima indicados referem-se a utilização das máquinas da UHE Três Irmãos em Cana Brava. Caso não sejam concretizadas as negociações entre FURNAS e CESP, a motorização a ser adotada para Cana Brava deverá ser de 450 MW distribuídos em quatro unidades de 112,5 MW. Neste caso a queda nominal será determinada em estudos posteriores.

Cabe ressaltar, ainda, a competitividade do projeto, expressa através de seu custo médio de geração, cerca de 28,5 US\$/MWh, a preços de junho de 1986, inferior ao custo marginal de expansão do sistema no período para sua implantação - 31 US\$/MWh.

(*) Este N.A. mínimo reflete um valor médio mensal. A nível diário ou semanal deve ser considerada a possibilidade de depleção, de forma a permitir que a geração da usina acompanhe a curva de carga do sistema ao qual será integrada.

3. ESTUDOS ANTERIORES

3.1. Aspectos Gerais da Bacia do Alto Tocantins

O rio Tocantins, formado pela confluência dos rios das Almas e Maranhão, constitui o elemento principal do sistema de drenagem da bacia natural onde será localizado o projeto de Cana Brava. Suas cabeceiras situam-se nas proximidades do Distrito Federal, no divisor de águas das bacias amazônica e platina, em altitudes que variam de 1.050 a 1.150 m. Seu curso desenvolve-se predominantemente no sentido sul-norte, ao longo de cerca de 2.000 km, até desembocar na baía de Marajó, no Oceano Atlântico, próximo a Belém do Pará. Esse rio conta com inúmeros afluentes, dentre os quais se destaca, por sua extensão e volume d'água, o rio Araguaia, e forma uma bacia de drenagem de 767.000 km². Seus principais afluentes na parte da bacia dentro da área de atuação de FURNAS, ao sul do paralelo de 12°S, são os rios Bagagem, Tocantinzinho e Paranã, todos pela margem direita.

O local da usina de Cana Brava, está situado no rio Tocantins, na divisa dos municípios de Minaçu e Cavalcante, estado de Goiás. A cidade mais próxima é a cidade de Minaçu, ligada a BR-153 (Belém-Brasília), pela estrada estadual GO-241 na localidade de Santa Tereza de Goiás.

3.2. Estudos Desenvolvidos por Outras Entidades

A bacia do rio Tocantins foi objeto de diversos estudos orientados inicialmente para uma definição das potencialidades existentes com referência a recursos minerais, agricultura, navegação, hidreletricidade e iniciativas industriais ligadas às atividades extrativas. Até 1980, porém, os estudos desenvolvidos por diversas entidades federais e estaduais objetivaram definições qualitativas e quantitativas dos potenciais identificados, com vistas a um desenvolvimento integrado da área.

Os primeiros estudos importantes relativos ao aproveitamento do potencial hidrelétrico do Alto Tocantins foram desenvolvidos sob a orientação da Centrais Elétricas de Goiás - CELG, e foram concentrados na definição de um aproveitamento no alto rio Tocantins, próximo à foz do Ribeirão São Félix, que lhe deu o nome.

Em 1964, foram contratados com o "Bureau of Reclamation" dos Estados Unidos, através da "Agency for International Development", estudos de levantamento das potencialidades para fins de aproveitamento múltiplo das bacias dos rios Araguaia e Tocantins, sob a supervisão da Comissão Interestadual dos Vales do Araguaia/Tocantins (CIVAT). Nestes estudos foi incluído um inventário hidrelétrico das duas bacias, considerando o aproveitamento de São Félix como definido pela CELG.

A partir de 1972, após a extinção da CIVAT, a ELETROBRÁS iniciou o levantamento sistemático, a nível de inventário, dos recursos hidroenergéticos de toda a bacia do rio Tocantins, em seqüência aos estudos e de acordo com as recomendações contidas no relatório final do trabalho realizado pelo Comitê Coordenador dos Recursos Energéticos da Amazônia (ENERAM), posterior àquele da CIVAT.

Com a criação da Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. - ELETRONORTE, subsidiária da ELETROBRÁS, em 1973, essa empresa ficou encarregada do desenvolvimento desse inventário e, em consequência, da definição dos aproveitamentos hidrelétricos a serem objeto de estudos mais aprofundados a nível de viabilidade. Em 1976, a ELETRONORTE apresentou uma proposição para a exploração do potencial ali disponível (Ver Figura 3.1).

3.3. Estudos de FURNAS

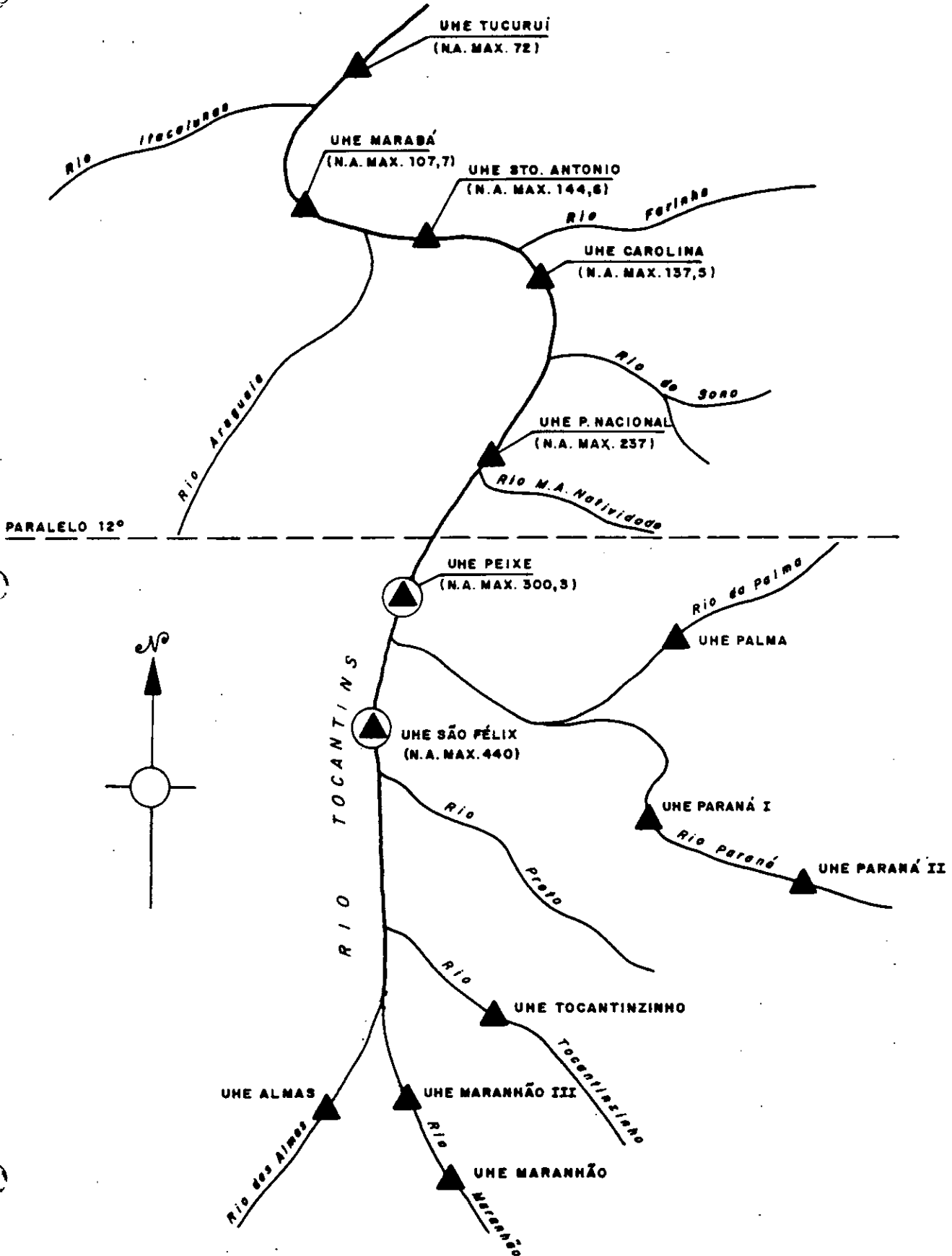
Em meados de 1981, FURNAS deu início às suas atividades na bacia do Alto Tocantins.

Na divisão de queda proposta pela ELETRONORTE para esta bacia, a UHE São Félix estava localizada a jusante da foz do rio Preto.

Uma das razões que levaram FURNAS a estudar possíveis alternativas para a localização do projeto foi o interesse manifestado pela NUCLEBRÁS em pesquisar as jazidas uraníferas detectadas no vale do rio Preto, as quais poderiam ser prejudicadas caso São Félix fosse implementado no local previsto até então. Além disso, haviam sido identificados dois novos locais, a montante daquele, não contemplados anteriormente, que reuniam condições atraentes para barramento. Estes eventos motivaram FURNAS a reestudar a divisão de queda daquele trecho do Tocantins, incluindo seu afluente Paranã.

FIGURA 3.1

DIVISÃO DE QUEDA DO TOCANTINS PROPOSTA ORIGINAL NÍVEL INVENTÁRIO



O arranjo harmônico dos locais pesquisados com cada uma das soluções para São Félix gerou diversas alternativas, as quais foram comparadas sob os aspectos energéticos e econômicos.

Desses estudos que abrangeram o rio Paranã, por sua importância na bacia, concluiu-se que o melhor aproveitamento energético e econômico do potencial do Alto Tocantins deveria ser feito através dos locais Serra da Mesa, Cana-Brava e Peixe, no rio Tocantins e de Foz do Bezerra e de São Domingos no rio Paranã.

Deve-se observar que a melhor alocação do eixo de São Félix, sob o ponto de vista enfocado, e devido às excelentes condições topo-geológicas, foi o local Serra da Mesa, 46 km a montante do eixo original (ELETRONORTE). A queda perdida com seu deslocamento para montante foi resgatada com o aproveitamento hidrelétrico de Cana-Brava.

A partir da divisão de queda selecionada, para o trecho analisado do Tocantins e seu afluente Paranã, FURNAS desenvolveu estudo para estabelecer a melhor seqüência de instalação dos projetos, segundo os custos médios de geração dos mesmos incorporados ao sistema. A seqüência foi estabelecida pela ordem crescente destes custos, considerando-se apenas critérios energéticos e econômicos. De acordo com os resultados obtidos, esta seqüência seria: Serra da Mesa, Foz do Bezerra, Peixe, Cana-Brava, Porto Nacional e São Domingos.

Em função de vantagens técnicas, energéticas, econômicas e financeiras, a construção da usina Cana Brava foi associada à execução da usina Serra da Mesa. Tais vantagens foram evidenciadas através do Relatório DPS.L.R.57, de julho de 1982. Estudos mostraram que a construção combinada das duas usinas permite aproveitar o longo período necessário para o enchimento do reservatório de Serra da Mesa (quase 2 anos) para a execução das obras de desvio e controle do rio em Cana Brava, com significativas simplificações nas operações de sua construção, o que proporciona uma redução de cerca de 15%, no investimento global da Cana-Brava se comparada com sua construção independentemente de Serra da Mesa.

O conhecimento do local de Serra da Mesa foi levado a nível de viabilidade, estando os estudos relativos a esta fase condensados no Relatório DIE.T.061.83, de julho de 1983. Esta usina teve seu projeto básico apresentado ao DNAEE, para aprovação, através do Relatório DEC.T.008.86, de junho de 1986, estando atualmente em fase de construção.

Prosseguindo os estudos do Alto Tocantins, todos os esforços foram direcionados para o aproveitamento de Cana Brava, analisado agora a nível de viabilidade. A partir do capítulo 4, serão abordados os estudos energético-econômicos relativos a esta fase.

4. DETERMINAÇÃO DO N.A. NORMAL DE JUSANTE

4.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar os estudos realizados os quais resultaram na definição do N.A. normal de jusante da UHE Cana Brava.

Com base nos estudos de inventário do rio Tocantins, verifica-se que, no local Cana-Brava, o eixo escolhido para o assentamento da barragem forma um lago no qual há um ponto de fuga. Este se localiza em um talvegue onde inicialmente projetou-se um dique de terra. Ainda nesta fase dos estudos, avançou-se nas investigações formulando-se alternativamente soluções neste talvegue de tal modo que a se pudesse instalar uma parte das estruturas da usina tendo em vista as condições geológicas favoráveis que o local apresenta. Assim é que foram desenvolvidos arranjos nos quais instalava-se, no talvegue, o vertedouro ou a casa de força. Nesta última hipótese, a restituição se daria na cota 286 m, com ganho de 1 m em relação à alternativa inicial (casa de força no leito do rio ou em uma das ombreiras do local da barragem principal) na qual o N.A. normal do canal de fuga estaria na cota 287 m.

A decisão por uma ou outra alternativa não é, todavia, uma simples questão de comparação de custos uma vez que há interferência no aproveitamento de Peixe, a jusante, cujo N.A. máximo do reservatório, pela divisão de queda selecionada no inventário, atingiria a cota 287 m. Assim, um eventual aumento de 1 m na queda da UHE Cana-Brava, pelo rebaixamento de seu canal de fuga com o deslocamento da casa de força, pode significar ou a redução da cota máxima do reservatório de Peixe ou a conjugação dos dois fatores (canal de fuga mais baixo em Cana Brava e reservatório mais alto em Peixe), com a casa de força de Cana Brava, neste caso, operando com afofamento de até 1 m. Somente um estudo econômico, que considere os custos e os benefícios energéticos diretamente envolvidos, poderá, pois, fornecer os elementos necessários para que se possa decidir pela alternativa de maior interesse.

4.2. Alternativas Estudadas

As alternativas estudadas compreendem as três situações do limite entre o nível do canal de fuga de Cana-Brava e o nível máximo operativo do reservatório de Peixe descritas no item precedente. A primeira situação corresponde um primeiro par de alternativas nas quais aqueles níveis estão na cota 286 m. Outro par corresponde a aqueles níveis na cota 287 m. Em cada par, as alternativas diferem apenas pela consideração ou não de um volume útil operativo em Peixe^(*). A última situação é vista por uma quinta alternativa que considera o nível de reservatório de Peixe na cota 287 m, um metro acima do nível do canal de fuga da UHE Cana-Brava. Estas alternativas estão representadas esquematicamente na Figura 4.1 e caracterizadas no Quadro 4.1.

QUADRO 4.1

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
DEFINIÇÃO DO N.A. NORMAL DE JUSANTE

ALTERNATIVAS ESTUDADAS

Alternativas	UHE Cana Brava N.A. jusante (m)	UHE Peixe N.A. montante (m)	Volume útil (km ³)
I	286	286	9,0
II	286	286	0
III	287	287	9,9
IV	287	287	0
V	286	287	9,9

Adicionalmente cabe observar que, para efeito da análise, considerou-se para a UHE Cana Brava:

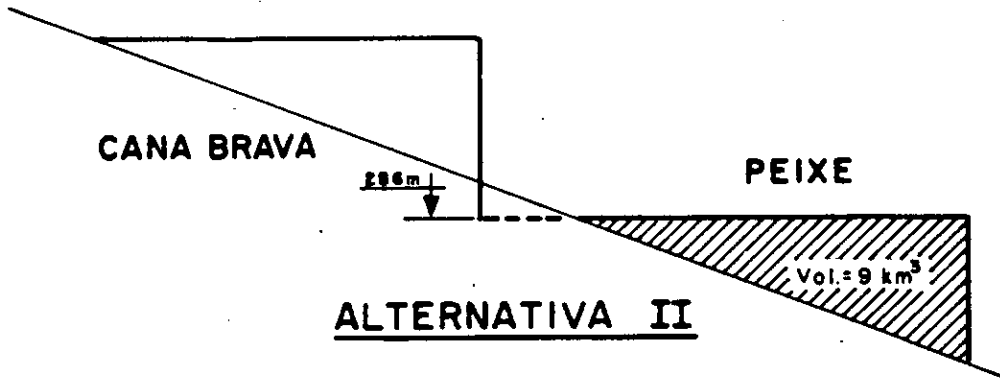
- potência de referência: 480 MW (4 x 120 MW) conforme os estudos de inventário);

(*) Não obstante os estudos finais do inventário hidrelétrico do trecho terem indicado vantagens energéticas para volume útil operativo em Peixe, a não consideração de um reservatório de regularização neste projeto pode ser justificada, neste trabalho, como uma pesquisa inicial de influência da regularização de montante promovida pelos reservatórios das UHE's Serra da Mesa e Foz do Bezerra.

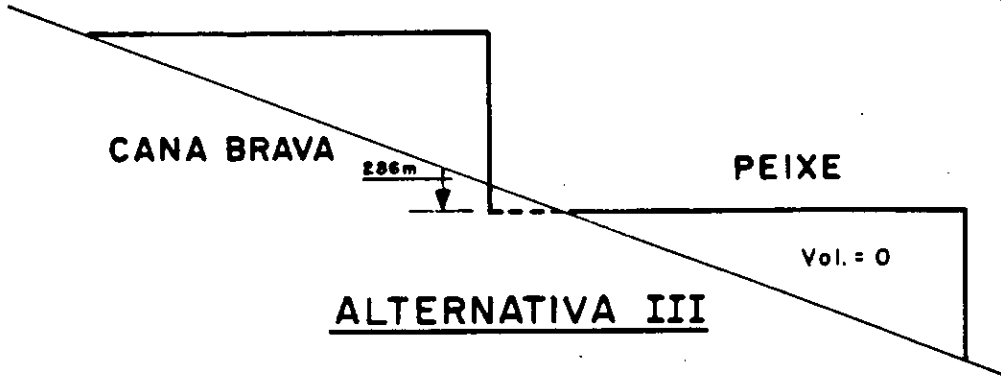
FIGURA 4.1



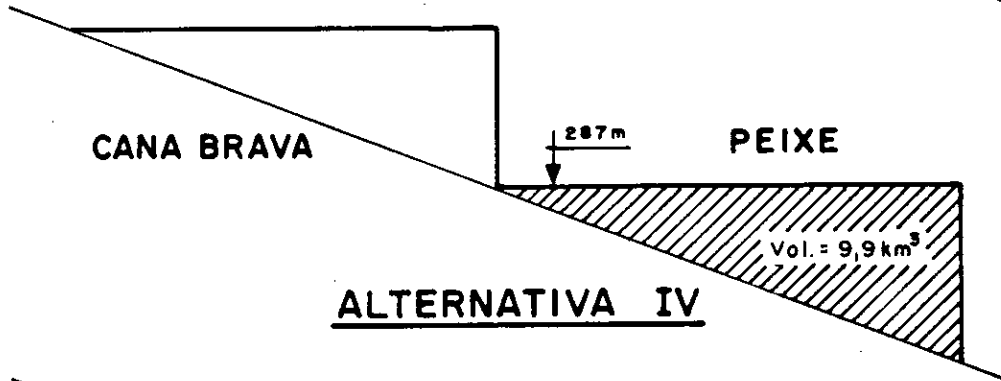
ALTERNATIVA I



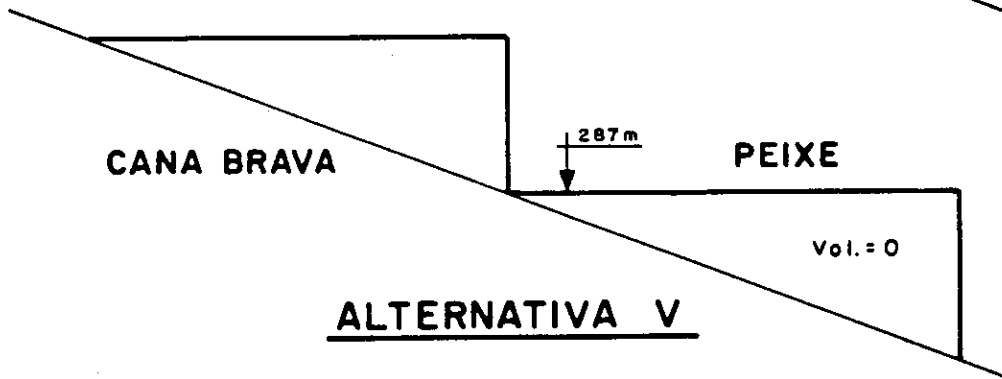
ALTERNATIVA II



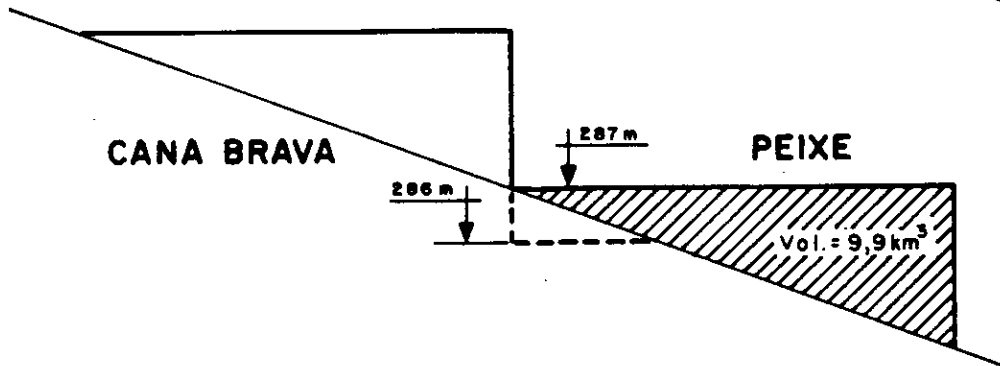
ALTERNATIVA III



ALTERNATIVA IV



ALTERNATIVA V



- volume útil: nulo, em termos médios mensais (operação a fio d'água), conforme os estudos de inventário;

- ajustamento polinomial para a curva-chave: ver Anexo 1.

As características básicas do projeto de Peixe estão apresentadas no Anexo 2.

4.3. Metodologia

A comparação econômica das alternativas foi realizada conforme metodologia usualmente empregada no setor. Tal metodologia consiste em selecionar entre as diversas alternativas aquela cujo benefício líquido anual (diferença entre benefícios e custos anuais envolvidos) auferido ao sistema é máximo.

Os benefícios envolvidos são aqueles ditos diretos e referem-se à contribuição de ponta e energia da alternativa ao sistema e à variação de consumo de combustível, tida como aplicação da energia secundária de origem hidráulica. Nesta análise, todavia, foram considerados somente os benefícios de energia. Os demais ganhos não foram computados por serem irrelevantes suas variações entre as diversas alternativas. No caso da ponta, em particular, isto é corroborado pelo fato de o custo de referência de ponta atualmente adotado no setor ser nulo.

Os custos envolvidos são, também, os diretamente relacionados às alternativas: investimento nas usinas e no sistema de transmissão associado e custo de operação e manutenção. Estas duas últimas parcelas não apresentam diferenças relativas entre as alternativas pelo que não foram incluídas na avaliação das mesmas. Assim, para efeito da análise, considerou-se apenas os investimentos nas usinas.

Outros parâmetros considerados foram:

- base de preços: junho de 1986 (US\$ 1.00 = Cz\$ 13,84)

- vida útil das alternativas: Usina: 50 anos - Transmissão: 25 anos

- taxa de atualização: 10% a.a.

4.4. Benefícios Energéticos

Os benefícios energéticos auferidos em cada uma das alternativas foram obtidos por comparação com um "caso base", através de simulações estáticas da operação do sistema efetuadas com o modelo SIMUS, código computarizado desenvolvido no âmbito do DPS.T. Utilizou-se, pois, o enfoque determinístico na análise energética.

O sistema de referência corresponde à configuração de usinas hidráulicas e térmicas previstas para 1995 nos sistemas Sudeste/Sul acrescida dos aproveitamentos visualizados na bacia do rio Tocantins a mais longo prazo. O "caso base" considera a mesma coleção de usinas excluindo o par em estudo, isto é, Cana-Brava e Peixe.

O período crítico obtido nas simulações foi o mesmo em todas as alternativas: inicia-se em junho de 1949 e termina em dezembro de 1955.

O Quadro 4.2. resume os resultados obtidos referentes à energia firme, obtidos nas simulações.

A avaliação econômica dos benefícios energéticos foi feita com o custo de referência de energia calculado a partir dos valores apresentados na Informação Técnica nº 011.87, "Custos Marginais de Referência", do DEGE-Departamento de Geração da ELETROBRÁS, de 17.06.87 e de resultados de estudos internos do DPS.T, desenvolvidos no âmbito da DEXP.T - Divisão de Estudos de Expansão.

Para a região Sudeste - Centro-Oeste, o documento da ELETROBRÁS informa que o custo de referência para efeito de dimensionamento de projetos no período 1996/2000 é de 37 US\$/MWh, referido ao barramento de 230 kV e a preços de junho de 1986. Por outro lado, o DPS.T calcula o custo marginal da energia no período 1991/95 em 25 US\$/MWh. A composição destes valores produz um custo de referência para efeito de dimensionamento de projetos no período 1991/95, como é o caso, de 32,5 US\$/MWh, que será utilizado neste trabalho.

QUADRO 4.2

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
DEFINIÇÃO DO N.A. NORMAL DE JUSANTE
BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS

Aproveitamentos	Energia Firme (MW Médio)					
	Alternativas					
	Caso Base	I	II	III	IV	V
Serra da Mesa	632	632	632	632	632	632
Cana Brava	-	261	261	255	255	261
Peixe	-	511	521	518	531	518
Demais Usinas	38 678	38 732	38 660	38 732	38 660	38 732
Configuração Total	39 310	40 136	40 074	40 137	40 078	40 143

QUADRO 4.3

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
DEFINIÇÃO DO N.A. NORMAL DE JUSANTE
VALOR ECONÔMICO DOS BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS
(base de preços: junho/86 - US\$ 1.00 = Cz\$ 13,84)

Alternativas	Benefícios	
	MW	10 ⁶ US\$/ano
I	826	235,2
II	764	217,5
III	827	235,4
IV	768	218,6
V	833	237,2

4.5. Estimativas de Custo

Os custos considerados na análise foram levantados com base no relatório do inventário final do Alto Tocantins, emitido pela IESA - Internacional de Engenharia S.A., em fevereiro de 1984 (RBU-002).

A adoção de informações a nível de inventário nesta análise, não obstante estar-se em meio aos estudos de viabilidade da UHE Cana-Brava, é justificada tendo em vista o grau do conhecimento sobre Peixe. Se por um lado deve-se reconhecer a pior qualidade das informações utilizadas, por outro, com o procedimento adotado, logra-se preservar a homogeneidade dos dados, o que é básico em qualquer análise econômica. Ademais, um maior aprofundamento nas investigações em Peixe, visando especificamente o problema presente, não traria, por certo, acréscimo correspondente na qualidade dos resultados que podem ser obtidos a partir das informações disponíveis.

Isto posto, o Quadro 4.4 apresenta os custos considerados, atualizados monetariamente para as condições de preços de junho de 1986, levando-se em conta a variação de indicadores gerais e específicos e da taxa de câmbio das divisas.

Observe-se que as estimativas de custo não compreendem diferenças entre as alternativas I, II, III e IV, isto é, não fazem distinção quanto à consideração ou não de volume útil operativo em Peixe. Isto ocorre em virtude de a hipótese de Peixe operar como aproveitamento a fio d'água não ter sido examinada nos estudos de inventário.

Outro ponto importante a observar refere-se à alternativa V cuja estimativa do custo de investimento não compreende eventuais reforços ou obras de proteção à casa de força de Cana-Brava em função da possibilidade de, neste caso, ser possível de operar com afogamento de até 1 m. Esta alternativa também não foi contemplada nos estudos de inventário.

Os aspectos aqui levantados são de relevante importância. Contudo, não desautorizam, necessariamente, a comparação econômica das alternativas a seguir apresentadas, em cujo processo, isto sim, deve-se ter em mente o alcance das informações utilizadas.

QUADRO 4.4

UHE CANA-BRAVA - VIABILIDADE

DEFINIÇÃO DO N.A. NORMAL DE JUSANTE

ESTIMATIVAS DE CUSTO

(base de preços: junho/86 - US\$ 1.00 = Cz\$ 13,84)

Alternativas	Custos de Investimento		Total 10 ⁶ US\$	10 ⁶ US\$/ano
	Cana-Brava 10 ⁶ US\$	Peixe 10 ⁶ US\$		
I e II	459,6	1 011,5	1 471,1	184,4
III e IV	431,0	1 039,0	1 470,0	148,3
V	459,6	1 039,0	1 498,6	151,2

4.6. Comparação Econômica

Para efeito de melhor apresentação e tendo em vista os aspectos ressaltados no item precedente, a comparação econômica das alternativas formuladas se reportará inicialmente ao exame particular dos pares que discriminam a consideração ou não do volume útil operativo no aproveitamento de Peixe. A diferença entre os benefícios associados às alternativas I/II e III/IV é de respectivamente, US\$ 17,7 e US\$ 16,8 milhões por ano. Considerando que em cada par não há diferenciação nos custos, estes valores podem ser vistos como os limites, em cada caso, para os acréscimos no investimento em Peixe para a permissão de deplecionamento de seu reservatório (tomada d'água em cota mais baixa, turbinas mais pesadas, etc.) de modo a tornar as alternativas equivalentes duas a duas. Em valor atual, aquelas cifras correspondem, respectivamente, a US\$ 177 e US\$ 168 milhões, algo entre 16% e 17% do investimento total para a implantação de Peixe. A experiência na construção de grandes barragens e obras de geração demonstra estarem estes valores muito além da provável diferença existente entre as alternativas I, II, III e IV. Desta forma, pode-se desde logo descartar as alternativas II e IV, nas quais Peixe aparecia como aproveitamento com operação a fio d'água.

Isto posto, segue-se o cálculo do benefício líquido anual das três alternativas remanescentes. O Quadro 4.5 reúne os valores envolvidos.

QUADRO 4.5

UHE CANA-BRAVA - VIABILIDADE

DEFINIÇÃO DO N.A. NORMAL DE JUSANTE

RESULTADO DA ANÁLISE ENERGÉTICO-ECONÔMICA

(base de preços: junho/86 - US\$ 1.00 = Cz\$ 13,84)

Alternativas	Benefício 10 ⁶ US\$/ano	Custo 10 ⁶ US\$/ano	Benefício Líquido 10 ⁶ US\$/ano
I	235,2	148,4	86,8
III	235,4	148,3	87,1
V	237,2	151,2	86,0

O exame deste quadro revela que a alternativa III é a de maior benefício líquido devendo, pois, ser a escolhida. Contudo, pode-se argumentar que as diferenças entre as três alternativas é muito reduzida, caracterizando uma indiferença econômica. Ocorre, todavia, que:

- relativamente à alternativa I, a III apresenta maior valor de benefício e menor custo. Ainda que tais valores sejam muito próximos entre si, permanecendo a evidência de indiferença entre ambas, cabe ressaltar que na alternativa III o investimento em Cana-Brava é menor e o em Peixe maior do que na alternativa I. Levando em conta que, conforme o estudo de ordenação dos projetos do Alto Tocantins (Nota DPS.L-214, de julho de 1982) e o estabelecido no PRS, o aproveitamento de Peixe deve entrar em operação em data posterior à de Cana-Brava, verifica-se uma tendência a ressaltar a vantagem econômica da alternativa III na medida em que se incorpora o fator tempo na análise;

- o custo incremental de se passar da alternativa III (benefício equivalente a 827 MW) para a alternativa V (benefício de 833 MW) é de 55 US\$/MWh, valor bastante superior (69%) aos custo de referência de energia empregado neste trabalho (32,5 US\$/MWh). Além disso, há o fato, já salientado anteriormente, de não terem sido considerados custos adicionais próprios da alternativa V em decorrência da possibilidade de afogamento da casa de força de Cana-Brava, aspecto que ressalta ainda mais a vantagem econômica da alternativa III.

4.7. Avaliação Energética Probabilística^(*)

A metodologia para a avaliação energética de projetos de geração, tanto a nível de inventário como de viabilidade, deverá experimentar uma significativa e desejável evolução nos próximos anos. Hoje em dia percebe-se claramente grande insatisfação em relação à metodologia tradicionalmente utilizada no setor para a avaliação dos benefícios energéticos. Há evidentes deficiências que se acentuam à medida em que o sistema se expande.

Assim é que os principais benefícios avaliados atualmente - energia firme e disponibilidade de ponta - deverão ser substituídos, dentro da abordagem econômico-probabilística que se propõe, pelos conceitos de energia e potência garantidas.

Ocorre que, embora seja unânime o reconhecimento da necessidade de se evoluir metodologicamente no processo de avaliação energética, existem diferentes abordagens práticas do problema, o que impede sua aplicação generalizada no setor. Além disso, o domínio da metodologia ainda não é suficientemente amplo para permitir sua utilização de forma geral.

Nestas condições, apresenta-se neste item resultados da avaliação energética probabilística das alternativas III e V, que, afinal, foram as duas sobre as quais tomou-se a decisão. Esta aplicação, em face do exposto, tem apenas caráter informativo e ilustrativo.

(*) Para maiores detalhes ver Mendes Lima, W; Fabiano Mendes, L.N; Boscardin, S.C; Guerreiro, A.G.: "Abordagem Econômico-Probabilística para Avaliação Energética de Projetos de Geração", apresentado no IX SNPTEE, Belo Horizonte, MG, outubro de 1987.

A avaliação energética destas alternativas sob o enfoque probabilístico foi feita com base na metodologia propugnada por FURNAS, que se baseia na igualdade dos custos marginais da expansão (longo prazo) e de operação (curto prazo).

O modelo de cálculo utilizado foi o denominado EROS, concebido, desenvolvido e implantado no âmbito do DPS.T. Este modelo calcula iterativamente as energias e potências garantidas de uma dada configuração estática de usinas hidráulicas e térmicas. No caso presente, pelos motivos já expostos no item 4.3 foram considerados somente os benefícios de energia. O sistema de referência adotado corresponde àquele descrito no item 4.4 (configuração Sudeste/Sul para o ano de 1995, acrescida dos desenvolvimentos visualizados na bacia do rio Tocantins). Embora o modelo, em sua forma mais geral, possa considerar o sistema representado por até 5 subsistemas interligados em linha, nesta aplicação adotou-se a representação a um único sistema equivalente uma vez que a desagregação em subsistemas demanda ajustes de diversos parâmetros os quais a motivação do trabalho não justificava que fossem feitos.

Adicionalmente, podem ser ressaltados os seguintes dados básicos:

- a função custo marginal do déficit foi considerada em um único patamar, de 1000 US\$/MWh;
- custo marginal de expansão igual a 32,5 US\$/MWh.

O quadro abaixo resume os resultados obtidos:

	Energia Garantida (MW) (*)	
	Total	Incremental
Caso Base	44 315	-
Alternativa III	45 227	912
Alternativa V	45 232	917

(*) Inclui geração térmica

Comparando-se estes resultados com os obtidos na avaliação determinística (item 4.6), observa-se que:

- a energia garantida incremental ao sistema das alternativas em questão é maior que a energia firme incremental (915 MW contra 830 MW);
- a diferença entre a energia garantida incremental da alternativa V relativamente à da alternativa III, de 5 MW, é praticamente igual a calculada no enfoque determinístico (6 MW).

Esta última observação ratifica as conclusões apontadas na análise sob o enfoque determinístico, corroborando a recomendação de que, para efeito do prosseguimento dos estudos de viabilidade da UHE Cana-Brava, se adote como N.A. normal da jusante do projeto a cota 287 m.

5. DEFINIÇÃO DO VOLUME ÚTIL

5.1. Introdução

Normalmente, o estudo relativo à definição do volume útil de um reservatório é desenvolvido após a definição do seu N.A. máximo. Porém, no caso da UHE Cana-Brava intui-se que o parâmetro em questão não é sensível à alteração processada na cota de montante do reservatório.

De fato, já os estudos de inventário hidroelétrico do Alto Tocantins indicavam vantagens energéticas na operação a fio d'água do reservatório da UHE Cana-Brava. Em tal análise utilizou-se um modelo de cálculo simplificado que estima os parâmetros energéticos através de um método analítico, tomando por base as recomendações do "Manual de Estudos de Inventário de Bacia Hidrográfica", emitido pela ELETROBRÁS.

Na etapa de viabilidade, este estudo deve ser revisto com maior profundidade, com o uso de modelo de simulação da operação do sistema interligado, determinando o comportamento energético de cada aproveitamento individualmente.

Não obstante, é de se esperar que o resultado deste estudo ratifique o encontrado na etapa de inventário. O modelo aí utilizado, embora contenha algumas simplificações capazes de influir em algumas decisões, é conclusivo quanto a consideração ou não pela operação a fio d'água de reservatórios cujos volumes, por não serem muito grandes, não influenciem a operação de outras usinas fora da mesma bacia. Este é o caso da UHE Cana-Brava cujo reservatório contém pouco mais de dois quilômetros cúbicos de volume.

Diante do exposto e tendo em vista aspectos administrativos ligados à gerência das atividades do projeto, decidiu-se examinar o volume útil da UHE Cana-Brava mesmo antes de definir seu N.A. máximo normal.

O objetivo deste capítulo é, pois, apresentar a análise realizada na atual etapa deste estudo, bem como o resultado encontrado.

5.2. Alternativas Estudadas

Foram estudadas cinco alternativas de volume para o reservatório da UHE Cana-Brava. Analisou-se desde o volume nulo, considerando a usina com operação a fio d'água, até o volume correspondente ao máximo deplecionamento adotado por FURNAS para reservatórios, consoante os critérios usualmente utilizados no Setor Elétrico. Tal volume corresponde a um terço da queda bruta máxima no local e é considerado como limite técnico para locação da tomada d'água.

O Quadro 5.1 abaixo apresenta as alternativas de volume útil para o reservatório da UHE Cana-Brava.

QUADRO 5.1

UHE CANA-BRAVA - VIABILIDADE
DEFINIÇÃO DO VOLUME ÚTIL
ALTERNATIVAS ESTUDADAS

Alternativa	N.A. Mínimo (m)	Volume Mínimo (km ³)	Volume Útil (km ³)
I	331,0	2,019	0,000
II	327,0	1,570	0,449
III	324,0	1,285	0,734
IV	320,0	0,951	1,068
V	316,3	0,712	1,307

O ajustamento polinomial para a curva cota x volume do reservatório da usina em questão pode ser visto no anexo 3.

5.3. Metodologia

A metodologia utilizada na comparação das alternativas consiste em selecionar entre as diversas alternativas, aquela cujo benefício auferido ao sistema é máximo.

Os benefícios envolvidos referem-se à contribuição de ponta e energia da alternativa ao sistema.

Os custos envolvidos estão associados ao nível de recursos requerido pelo empreendimento. De uma forma geral, o aumento do volume útil em uma usina hidrelétrica através do rebaixamento do N.A. mínimo operativo implica em incremento nos custos de investimento. Desta forma, a menos que haja ganho energético com a operação do reservatório, não se justifica a instalação da tomada d'água em cotas mais baixas.

5.4. Benefícios Energéticos

Os benefícios energéticos auferidos em cada uma das alternativas foram obtidos empregando-se o modelo computadorizado e o sistema de referência adotado no estudo anterior (ver capítulo 4, item 4.4).

O Quadro 5.2 a seguir resume os resultados referentes à energia firme obtidos nas simulações.

QUADRO 5.2

UHE CANA-BRAVA - VIABILIDADE

DEFINIÇÃO DO VOLUME ÚTIL

GANHOS DE ENERGIA FIRME

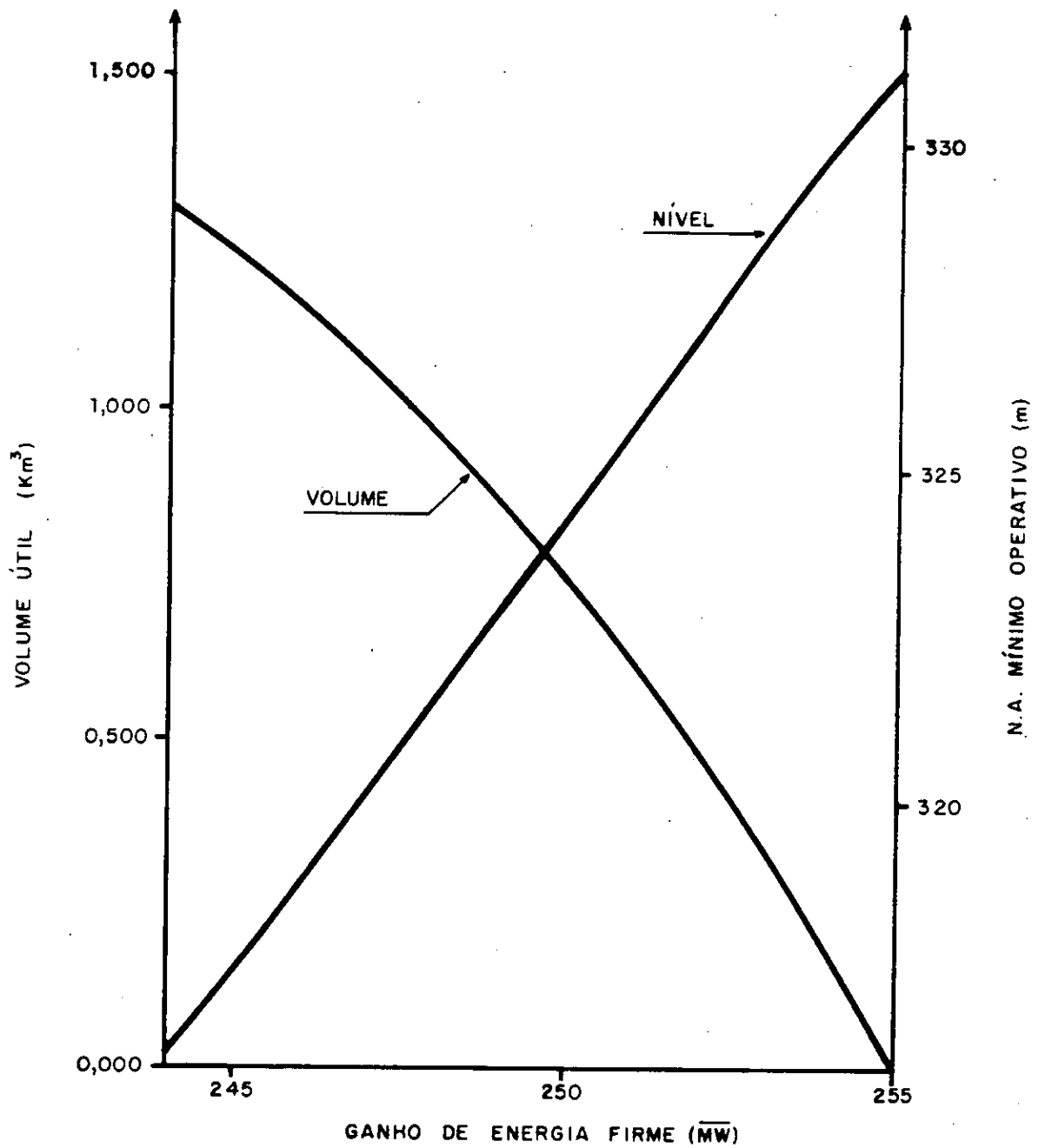
Alternativa	Volume Útil (km ³)	Energia Firme do Sistema (MW)	Energia Firme Incremental (MW)
CASO BASE	-	39.882	-
I	0,000	40.137	255
II	0,449	40.134	252
III	0,734	40.132	250
IV	1,068	40.129	247
V	1,307	40.126	244

A Figura 5.1 apresenta graficamente estes benefícios.

FIGURA 5.1

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
DEFINIÇÃO DO VOLUME ÚTIL

CURVA ENERGIA FIRME x VOLUME ÚTIL x N.A. MÍNIMO



Tais resultados mostram que a medida em que se reduz o volume útil de Cana-Brava, crescem os ganhos de energia firme ao sistema. Este fato demonstra que os ganhos obtidos nas usinas a jusante com o deplecionamento do reservatório de Cana-Brava são menores que a perda de energia nesta usina decorrente da redução de sua queda média.

Em termos de ponta, como é lógico, os resultados apontaram melhores desempenhos para as alternativas que consideram menores volumes úteis, e conseqüentemente com os reservatórios operando em cotas mais altas, isto é, com maiores quedas.

Assim, tanto os benefícios de energia como os de ponta são máximos para alternativas que considera a operação da UHE Cana-Brava a fio d'água, decrescendo sempre na medida em que se aumenta o volume do seu reservatório.

5.5. Conclusões

Os custos de investimento de uma usina hidrelétrica normalmente crescem quando se aumenta o volume útil de seu reservatório, pela redução de seu N.A. mínimo operativo. Isto ocorre porque a tomada d'água deve ser projetada para cotas inferiores sujeitando sua estrutura a maiores pressões, o que exige reforço adicional e, via de regra, implica em maiores escavações. Nestas condições, a alternativa que considera a UHE Cana-Brava operando a fio d'água é a que apresenta o menor custo de investimento.

Assim sendo, a Alternativa I apresenta maiores benefícios energéticos e menor custo de investimento.

Estes resultados corroboram, como já comentado no item 5.1 deste trabalho, a conclusão obtida pela análise da fase de inventário, promovida com auxílio do programa DIANA, que concluiu pela operação a fio d'água da UHE Cana-Brava.

Cabe observar que a recomendação acima se refere a um volume útil médio mensal. Deve-se ressaltar a necessidade de um pequeno reservatório de compensação (regularização diária) que permite a usina acompanhar a curva de carga do sistema.

6. DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO

6.1. Introdução

Nos estudos de inventário da UHE Cana-Brava o N.A. máximo do seu reservatório foi fixado na El. 331,0 m. Posteriormente, a partir de um estudo de remanso do reservatório sobre o canal de fuga da UHE Serra da Mesa, imediatamente a montante, verificou-se a possibilidade de sobre elevação deste nível.

O objetivo deste capítulo é documentar os estudos realizados, os quais resultaram na definição do N.A. máximo do reservatório da UHE Cana-Brava.

6.2. Alternativas Estudadas

No escopo dos serviços de campo da viabilidade do aproveitamento hidrelétrico de Cana-Brava, em particular os que visaram o estudo dos efeitos do remanso do reservatório sobre o canal de fuga da usina de montante, Serra da Mesa, foram obtidas seções transversais do rio, acima do sítio da barragem. Desde logo, os resultados preliminares indicaram a possibilidade de alteamento da cota de represamento de Cana-Brava. De fato, conforme confirmaram os resultados finais, para uma mesma descarga em Serra da Mesa, há uma perda de altura de queda relativamente menor nesta usina com a elevação do N.A. máximo do reservatório de Cana-Brava. As curvas-chaves produzidas a partir destas investigações evidenciam o exposto (ver anexo 4).

Conforme mostra uma análise da tabela de cotas e descargas no canal de fuga de Serra da Mesa, considerando o remanso do reservatório de Cana-Brava, o efeito descrito é bastante nítido até o alteamento em 2 m do N.A. máximo de referência deste, definido no estudo de divisão de queda realizado na fase de inventário na cota 331,0 m. Embora com menor intensidade, ainda verifica-se o exposto mesmo com o reservatório de Cana-Brava na El. 334,0 m. De fato, para cada metro adicional na altura da barragem de Cana-Brava há uma redução no N.A. de jusante de Serra da Mesa, para uma vazão de 500 m³/s, de 0,58, 0,67 e 0,73 m, respectivamente para os N.A. nas El. 332, 333 e 334 m.

Em face disto, decidiu-se considerar como alternativas a serem examinadas para efeito da definição do N.A. máximo de Cana-Brava as quatro alternativas referidas anteriormente, caracterizadas no Quadro 6.1, a seguir.

QUADRO 6.1

UHE CANA-BRAVA - VIABILIDADE

DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO

CARACTERIZAÇÃO DAS ALTERNATIVAS ESTUDADAS

	I	II	III	IV
N.A. máximo (m)	331,0	332,0	333,0	334,0
Área Inundada (10^3 ha)	12,6	13,1	13,8	14,4
Volume do Reservatório (km^3)	2,019	2,130	2,260	2,390
Queda Bruta Máxima (m)	44,0	45,0	46,0	47,0

Adicionalmente cabe observar que, para efeito da análise, considerou-se:

- potência de referência: 480 MW (4 x 120 MW, conforme os estudos de inventário);
- volume útil: nulo, em termos médios mensais (operação a fio d'água, conforme o capítulo 5).

É importante observar, ainda, os seguintes aspectos, que deverão ser levados em conta para efeito da decisão final:

- com o alteamento da cota de represamento de Cana-Brava há, naturalmente, aumento na área inundada pelo reservatório. Todavia, em face do grau de precisão do levantamento topográfico, precisão de 5 m, na estimativa da área a ser desapropriada, tendo em vista a elaboração dos orçamentos de investimento, foi aplicada uma extrapolação linear a partir da área definida para o nível 331,0 m. Este procedimento, justificável diante das circunstâncias,

tende a favorecer as alternativas de N.A. mais alto, em face das características de conformação do vale.

- a cota 334,0 m deve ser considerada como o limite máximo para alteamento da barragem de Cana-Brava em função das interferências sócio-econômicas na área. De fato, entre as barragens de Serra da Mesa e Cana-Brava situa-se a cidade de Minaçu cujas áreas mais baixas seriam atingidas no caso do N.A. máximo do reservatório desta usina situar-se além daquele limite. Mesmo posicionando-o na cota 334,0 m pode-se dizer que existe algum risco de atingimento à cidade, em determinadas condições especiais, não obstante o fato de na presente análise já estar sendo considerado o efeito do remanso do reservatório de Cana-Brava.

6.3. Metodologia

A metodologia utilizada na comparação econômica das alternativas consistiu em avaliar o custo incremental (relação entre os incrementos de custos e benefícios anuais envolvidos) de passar de uma alternativa para outra, decidindo pela primeira, caso este índice seja superior ao custo de referência ou pela segunda, em caso contrário. O custo de referência adotado foi de 32,5 US\$/MWh, calculado conforme descrito no item 4.5 do capítulo 4, deste relatório.

Os benefícios e os custos envolvidos bem como os parâmetros considerados são os mesmos que os utilizados na definição do N.A. normal de jusante (capítulo 4, item 4.4).

Uma informação adicional valiosa pode ser obtida através de uma análise da sensibilidade dos resultados à variação de um parâmetro específico.

À questão ambiental, na qual se insere a inundação de terras pelos reservatórios dos aproveitamentos hidrelétricos, vem sendo conferida crescente importância. É hoje consenso no setor de que, de alguma forma, os impactos ambientais precisam ser internalizadas ao processo de decisão que compreende os estudos de dimensionamento de usinas

hidrelétricas. A questão é complexa e não há ainda sistematização a respeito. Uma forma de levar em conta este aspecto é seguir a proposição colocada, de efetuar um estudo de sensibilidade. Neste sentido, no presente trabalho, seguiu-se à análise energética-econômica das alternativas um estudo de sensibilidade dos resultados à variação no custo da terra, estritamente ligado à área inundada pelo reservatório, a exemplo de procedimento adotado no estudo de alternativas de divisão de queda no inventário do rio Tocantins.

6.4. Benefícios Energéticos

Os benefícios auferidos em cada alternativa foram obtidos empregando-se o modelo computadorizado e o sistema de referência adotado no estudo anterior (ver capítulo 4, item 4.5).

O Quadro 6.2 resume os resultados obtidos destacando as usinas de Serra da Mesa e Cana-Brava.

QUADRO 6.2

UHE CANA-BRAVA - VIABILIDADE
DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO
BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS

Aproveitamento	Energia Firme (MW) Alternativas			
	I	II	III	IV
Serra da Mesa	632	630	627	623
Cana-Brava	255	261	267	273
Demais Usinas	39 250	39 250	39 250	39 250
TOTAL	40 137	40 141	40 144	40 146

6.5. Estimativas de Custos

Os custos considerados na análise referem-se unicamente aos investimentos na UHE Cana-Brava e foram fornecidos pela IESA - Internacional de Engenharia S.A., para as alternativas de N.A. máximo 331, 333 e 334 m, através de planilhas detalhadas. A conta eventuais e os juros durante a construção foram reavaliados pelo Departamento de Planejamento do Sistema de Geração (DPS.T), de FURNAS, adotando-se os percentuais de 10% e 17%, respectivamente. Vale destacar que o custo da terra considerado nestas estimativas foi de 12 000 Cz\$/ha (cerca de 870 US\$/ha).

Tais custos de investimento, referidos a condições de preços de fevereiro de 1987, foram transportados para a base de preços de junho de 1986, a mesma do custo de referência adotado neste estudo, levando-se em conta a variação de indicadores gerais e específicos e da taxa de câmbio das divisas conforme apresentado no Anexo 5.

Com relação à alternativa de N.A. máximo 332 m, seu custo de investimento foi obtido através de uma curva traçada a partir dos valores de custo conhecidos para as outras alternativas (ver Figura 6.1). Nestas condições, adotou-se o custo de 469,0 milhões de dólares para a alternativa II.

O Quadro 6.3 resume os valores considerados que podem ser vistos em detalhe no Anexo 6.

QUADRO 6.3

UHE CANA-BRAVA - VIABILIDADE

DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO

INVESTIMENTOS NA USINA (10^6 US\$)

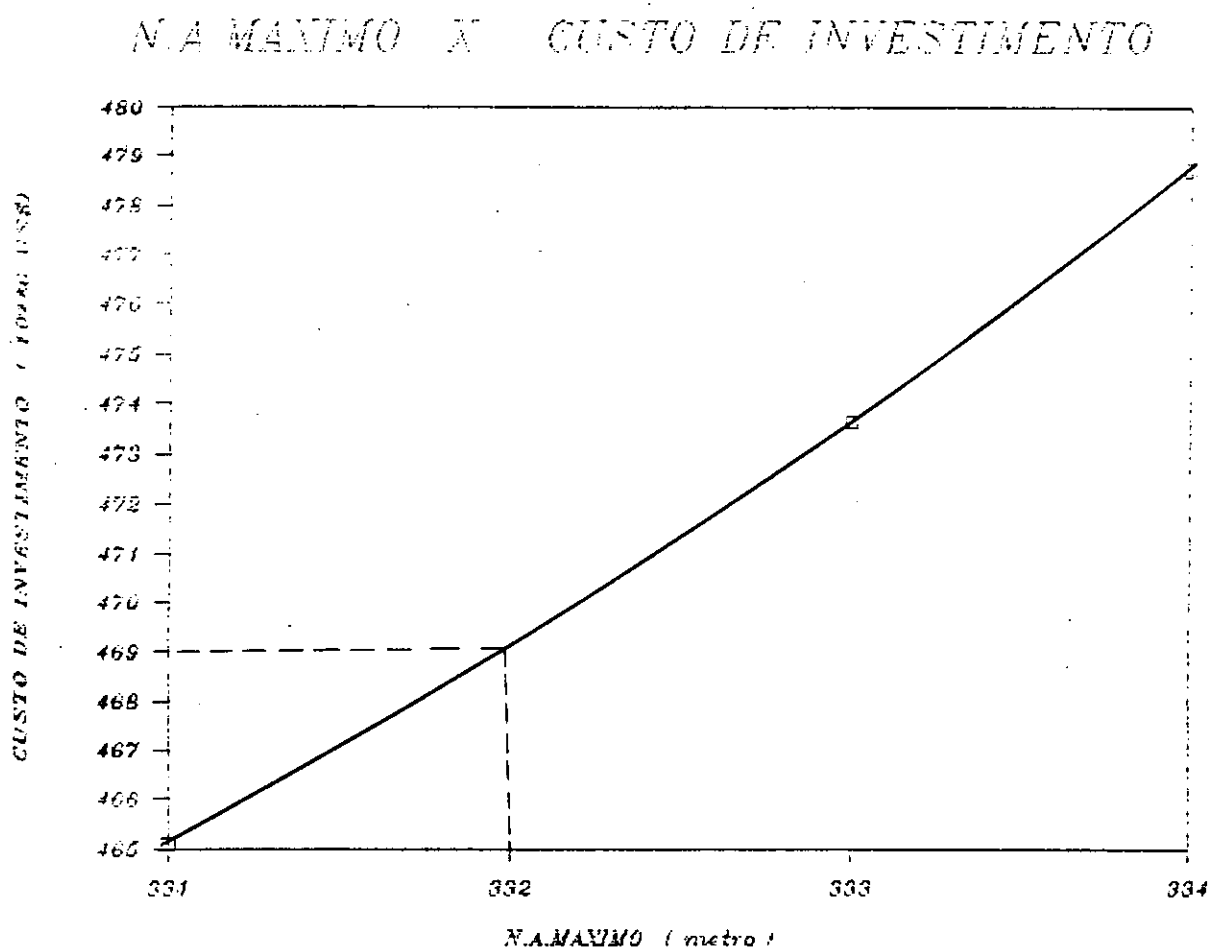
Valores referidos a junho de 1986 (US\$ 1,00 = 13,84)

Alternativa	N.A. Máximo (m)	Custo Total (10^6 US\$)
I	331	465,1
II	332	469,0
III	333	473,6
IV	334	478,7

O Quadro 6.4 a seguir, apresenta o cálculo dos custos incrementais de passagem de alternativa i para $i + 1$.

FIGURA 6.1

UHE CANA BRAVA - ESTUDO DE VIABILIDADE
 DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO
 N.A. MÁXIMO x CUSTO DE INVESTIMENTO



QUADRO 6.4

UHE CANA-BRAVA - VIABILIDADE

DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO

CUSTOS INCREMENTAIS ENTRE AS ALTERNATIVAS

Alternativa de para	Investimento Anual (10 ⁶ US\$)	Benefício (Energia Firme)		Custo Incremental (US\$/MWh)
		(MW)	(GWh/ano)	
I + II	0,39	4	35,0	11,2
II + III	0,46	3	26,3	17,7
III + IV	0,51	2	17,5	29,4

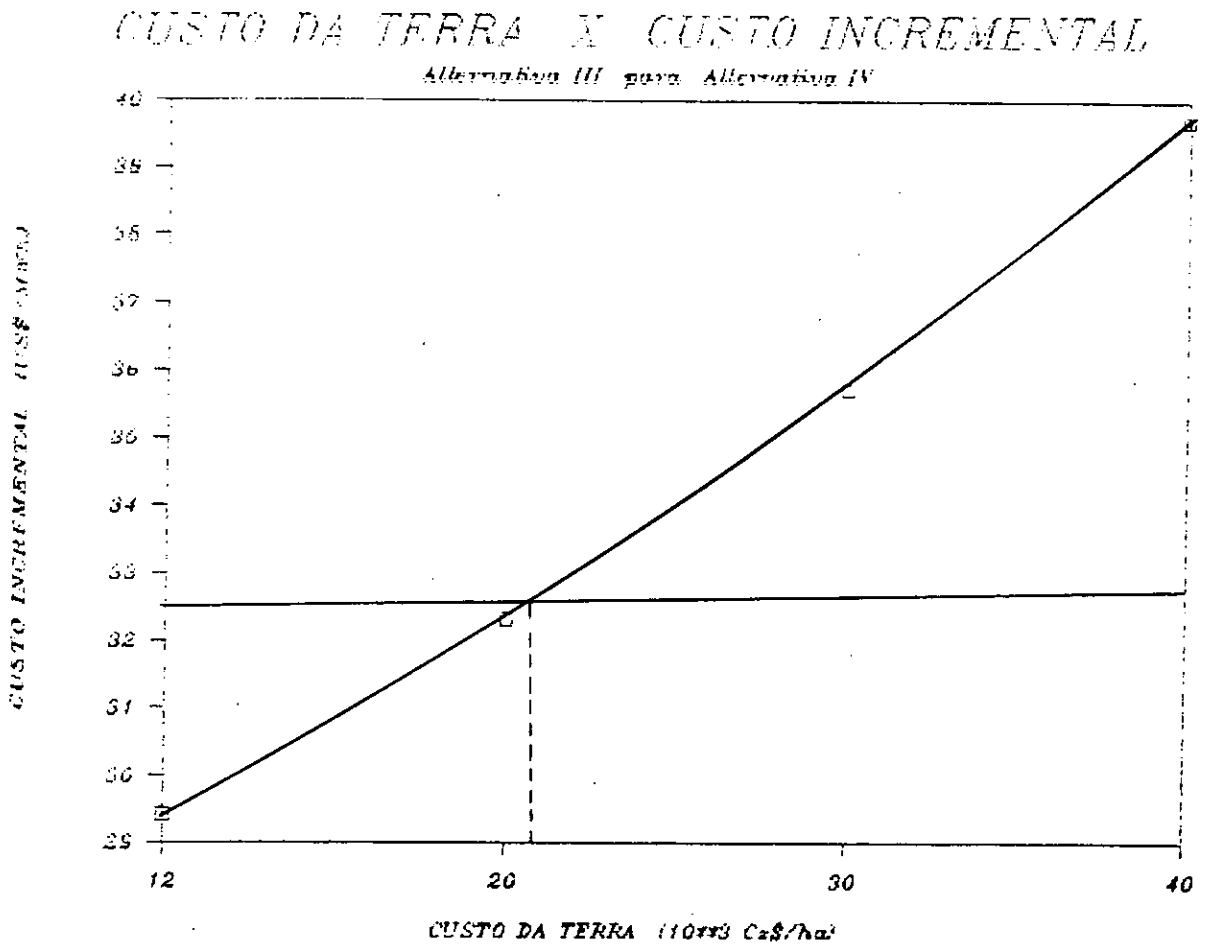
Pode-se observar que os custos incrementais calculados são sempre inferiores ao custo de referência aplicável à análise (32,5 US\$/MWh). Isto significa que, do ponto de vista estritamente energético, seria economicamente justificável a recomendação da cota 334,0 m para o N.A. montante de Cana-Brava.

A análise de sensibilidade deste resultado ao custo da terra, no entanto, pode revelar indicações diferentes. Para efeito desta análise, definiu-se um intervalo de variação do custo da terra entre Cz\$ 12 e 40 mil por hectare. O primeiro valor corresponde ao custo presente da terra na região, ao valor atual de mercado, tendo sido utilizado nas estimativas do custo do empreendimento. O segundo corresponderia a um valor potencial da terra, ao seu custo futuro, procurando levar em conta um possível aproveitamento produtivo, agropastoril da região. O valor de 40 000 Cz\$/ha (2 900 US\$/ha) foi fixado a partir do valor de terras de vocação agrícola em regiões mais desenvolvidas economicamente. Objetivamente, levou-se em conta os custos praticados em áreas desapropriadas por FURNAS nos Estados do Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro e do próprio Estado de Goiás, conforme informações do DPI.F - Departamento de Patrimônio Imobiliário, de FURNAS.

Considerando apenas as alternativas III e IV (respectivamente, N.A. máximo na El. 333,0 m e 334,m), a Figura 6.2 evidencia que para

FIGURA 6.2

UHE CANA BRAVA - ESTUDO DE VIABILIDADE
 DEFINIÇÃO DO N.A. MÁXIMO
 CUSTO DA TERRA X CUSTO INCREMENTAL



um custo da terra superior a 20 800 Cz\$/ha (cerca de 1 500 US\$/ha) passa a ser economicamente mais vantajosa a alternativa de represamento na cota 333,0 m. O valor de 20 800 Cz\$/ha corresponde aproximadamente à metade do valor potencial fixado (40 000 Cz\$/ha) o que pode ser tomado como uma indicação de que a solução apontada anteriormente não é assim tão robusta.

Além disso, deve-se levar em conta os aspectos já levantados no item 6.2. Conforme então posicionado, o fato de se ter extrapolado linearmente a área inundada tende a levar a uma subestimativa no custo das alternativas, tanto maior quanto mais alto for o N.A. Assim, a diferença entre os custos das alternativas III e IV tende a ser maior que a considerada. Uma diferença a mais de apenas US\$ 500 mil (US\$ 50,5 mil por ano) já tornaria ambas as alternativas economicamente equivalentes.

Por fim, há a questão da interferência sobre a cidade de Minaçu. A alternativa IV é aquela que oferece maiores riscos de atingimento a esta cidade, ainda que sob certas condições especiais. A adoção de alternativa III (N.A. máximo na El. 333,0 m) tornaria desprezível este risco, efeito que não pode ser negligenciado. Portanto, esta alternativa é a que mais convém para a UHE Cana-Brava.

7. ESTUDOS DE MOTORIZAÇÃO

7.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é apresentar os estudos energéticos e econômicos realizados visando a definição da motorização da UHE Cana-Brava.

Diferente dos estudos do gênero tradicionalmente efetuados dentro do escopo do dimensionamento de um projeto hidrelétrico, na motorização da UHE Cana-Brava levou-se em conta, por orientação da ELETROBRÁS, a possibilidade de instalação de até quadro das oito unidades geradoras de 160 MW encomendadas pela CESP para a UHE Três Irmãos. Não obstante, desenvolveu-se também todo o estudo convencional de motorização, isto é, definiu-se a motorização indicada dentro dos critérios de dimensionamento usualmente adotados no Setor Elétrico.

Como se verá adiante, as condições do local definem como potência unitária máxima instalável em Cana-Brava o valor de 120 MW. Do ponto de vista energético, maior potência unitária impõe restrições operativas no aproveitamento conjugado de Serra da Mesa e Cana-Brava (complexo de São Félix). Esta consideração foi básica na definição das condições para o aproveitamento das máquinas de Três Irmãos em Cana-Brava. Ao final, justificou-se a instalação de 3 (três) destas unidades geradoras (potência total de 480 MW) embora com redução de 5 a 7 km³ no volume útil operativo do reservatório de Serra da Mesa.

Por outro lado, a motorização indicada para Cana-Brava, conforme os estudos realizados, é de 450 MW em 4 unidades de 112,5 MW, cada. As negociações entre CESP e FURNAS visando a transferência das máquinas de Três Irmãos ainda estão em andamento. Se não lograrem êxito, isto é, se a transferência não ficar acertada, esta é a motorização a ser adotada para efeito do projeto básico do aproveitamento.

7.2. Transferência das Unidades Geradoras da UHE Três Irmãos Para FURNAS

7.2.1. Introdução

A decisão do DNAEE e da ELETROBRÁS não aprovando a instalação de quatro das oito unidades geradoras já contratadas pela CESP para a motorização da usina hidrelétrica de Três Irmãos, no rio Tietê, abriu a questão quanto ao destino a ser dado às quatro máquinas adicionais.

Uma solução visualizada pela ELETROBRÁS para contornar o problema foi a instalação destas unidades em alguma outra usina prevista no Plano de Expansão do Setor, compatível com suas características (queda nominal e vazão). Dentro deste enfoque foram identificados quatro projetos: Cana Brava e Peixe, no rio Tocantins, estudados por FURNAS; e Itã e Itapiranga, estudados pela ELETROSUL. A preferência inicial recaiu sobre Cana Brava pelo fato desta usina, entre as quatro, ser a primeira prevista para entrada em operação no programa de obras (1994). Assim mesmo, é importante salientar, há uma diferença de pelo menos 4 anos em relação à data programada para Três Irmãos (1989-90).

Uma das questões importantes discutidas neste processo é referente à altura da queda nominal das turbinas da UHE Três Irmãos. As informações iniciais davam conta de que a altura de queda desta turbina não seria compatível com a do local de Cana Brava, implicando em limitações significativas à operação do projeto de FURNAS caso nele fossem instaladas. Para opinar sobre esta questão, FURNAS contratou o consultor Gunter Wernick que produziu um relatório demonstrando que a queda nominal das turbinas de Três Irmãos é de 43,0 m, compatível com o local de Cana Brava. Este resultado foi posteriormente confirmado por meio de testes de modelo. Esta informação evidenciou a possibilidade do aproveitamento das unidades de Três Irmãos em Cana Brava sem perda expressiva de rendimento.

Esclarecida esta pendência técnica, isto é, verificada a compatibilidade das turbinas de Três Irmãos com o local de Cana Brava em termos de altura de queda, restou examinar, do ponto de vista energético, a influência da instalação de máquinas de grande porte no local sobre a operação da cascata. As máquinas de Três Irmãos são, de fato, cerca de 30 - 35% maiores, em termos de potência e engolimento, que as indicadas para o local de Cana Brava. Estudos mostraram que a potência unitária máxima instalável em Cana Brava seria de 120 MW em 4 unidades (ver item 7.3, adiante). Maior número de unidades e/ou maior potência total, energética e operacionalmente, só se justificam reduzindo-se a potência unitária de modo a preservar a compatibilidade entre as condições de despacho

mínimo de Serra da Mesa e Cana Brava, usinas que formam o complexo hidrelétrico de São Félix.

Diagnosticado o problema que se colocou em face do porte das máquinas de Três Irmãos, realizou-se um estudo através do qual procurou-se quantificar o efeito restritivo das referidas unidades sobre a operação do reservatório de Serra da Mesa e, por via de consequência, sobre o conjunto de usinas do rio Tocantins. O estudo compreendeu uma avaliação energética e uma análise econômica cujo resultado indicou ser justificável a instalação de três das quatro unidades disponíveis em Três Irmãos na usina de Cana Brava.

7.2.2. Estudo Energético

A instalação das máquinas de Três Irmãos na UHE Cana Brava, em função do porte das mesmas, afeta as condições de reenchimento do reservatório de Serra da Mesa.

Não existe no setor uma metodologia consensada para se quantificar esta influência uma vez que usualmente a motorização é definida somente após decididos os parâmetros físicos do reservatório.

Desta forma considerou-se, como critério, a redução do volume útil do reservatório de Serra da Mesa em função do acréscimo no valor de engolimento mínimo da UHE Cana Brava decorrente da instalação das máquinas de Três Irmãos de modo a se garantir o reenchimento daquele reservatório em três anos. Esta redução de volume foi avaliada de duas maneiras:

Na primeira, calculou-se de forma analítica, o volume acumulado em 36 meses através das diferenças entre a vazão mínima turbinada em Cana Brava motorizada com as máquinas de Três Irmãos (de 160 MW) e esta mesma vazão considerando-se quatro unidades de 120 MW. Deste volume deve ser reduzido o volume útil de Serra da Mesa, caso se queira preservar o reenchimento de seu reservatório em até 36 meses.

De um segundo modo, através da simulação de operação do reservatório de Serra da Mesa, e utilizando o histórico mensal de vazões no período 1931-1980, determinou-se o limite máximo de volume útil em Serra da Mesa que com frequência de 95% é capaz de atingir pelo menos 90% do volume útil em até 36 meses, considerando apenas os triênios com afluências iguais ou superiores a 90% da MLT.

O despacho mínimo de Cana Brava, respeitado o esquema de operação apresentado no item 7.3.4 e considerando-se a utilização das unidades de Três Irmãos define uma vazão de 452 m³/s para a instalação de três máquinas e de 496 m³/s para quatro máquinas. Sendo o valor da afluência incremental entre Serra da Mesa e Cana Brava, 42 m³/s (valor médio em período crítico), obtêm-se para vazão defluente mínima em Serra da Mesa os valores de 410 m³/s e 454 m³/s conforme a utilização de três ou quatro unidades em Cana Brava.

Considerando-se estas vazões mínimas defluentes de Serra da Mesa e os dois critérios descritos acima, obtivemos os seguintes valores de redução do volume útil de Serra da Mesa, de modo a assegurar seu reenchimento em até três períodos hidrológicos:

REDUÇÃO DE VOLUME ÚTIL
EM SERRA DA MESA - km³

	Motorização de Cana Brava	
	3 x 160 MW	4 x 160 MW
Critério Analítico	6,7	10,9
Simulação	4,8	8,8

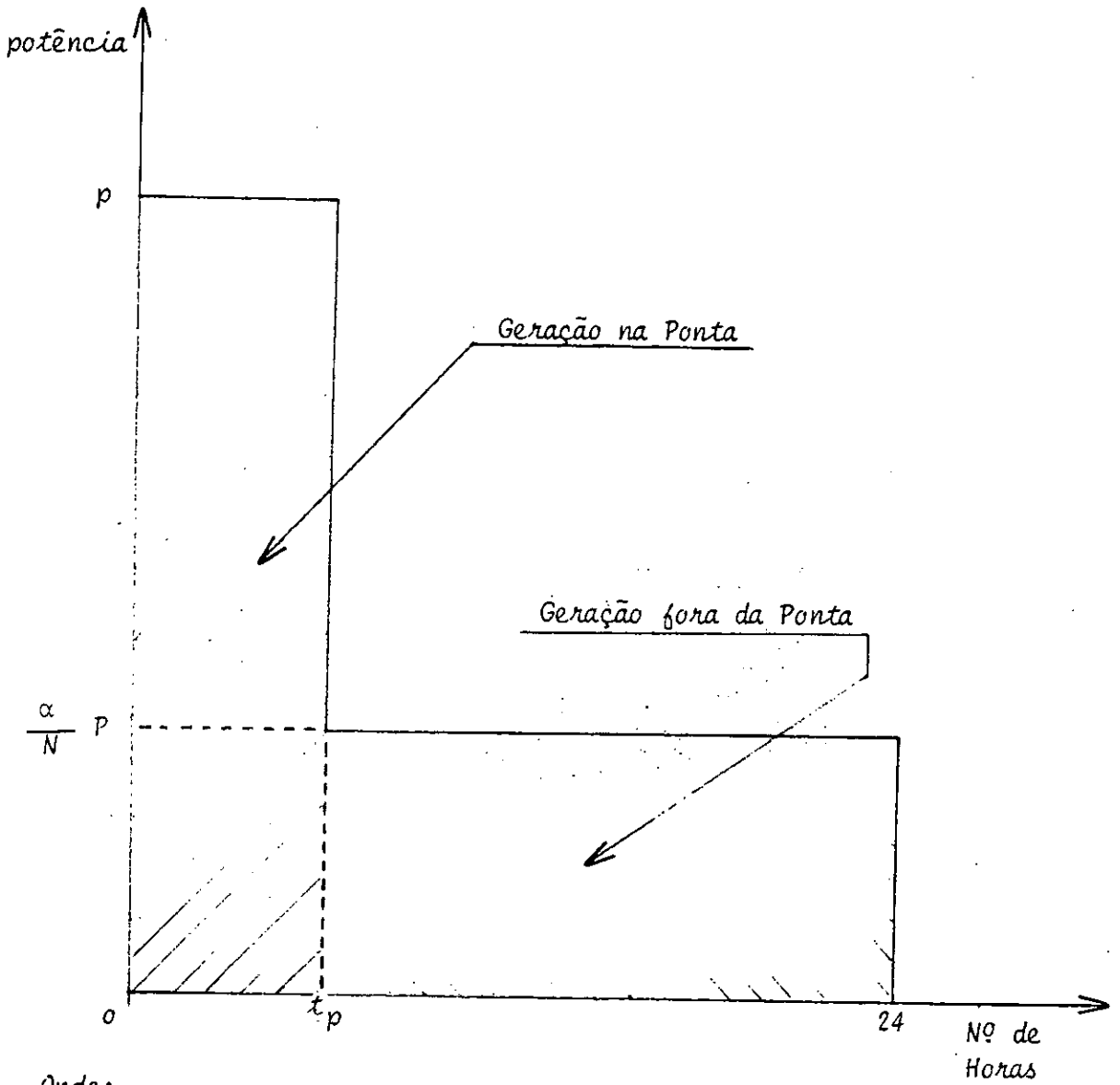
Estas hipóteses configuram duas situações básicas, as quais chamou-se de critério rigoroso àquele que conduz a uma maior redução de volume útil em Serra da Mesa (Analítico), e critério otimista ao que leva a uma menor redução (simulação).

A redução do volume útil do reservatório de Serra da Mesa conduz a perdas energéticas em todas as usinas da cascata do rio Tocantins, a jusante daquela usina. Os valores destas perdas foram determinados através de simulação do sistema gerador, procedida com o modelo SIMUS, desenvolvido no âmbito de FURNAS.

A seguir o Quadro 7.1 apresenta tais perdas, caso se imponha uma redução no volume útil de Serra da Mesa.

Figura 7.1

ESQUEMA GENÉRICO DE PERMANÊNCIA DE POTÊNCIA DE UMA USINA
(despacho mínimo)



Onde:

p : potência nominal instalada

α : nível de operação do grupo turbina-gerador, com máximo rendimento

N : número de unidades geradoras

t_p : duração da ponta

QUADRO 7.1

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
PERDA DE ENERGIA FIRME (MW médio)

Aproveitamento	Motorização da UHE Cana Brava			
	3 x 160 MW		4 x 160 MW	
	Redução de Vol.Útil (km ³)		Redução de Vol.Útil (km ³)	
	4,8	6,7	8,8	10,9
Serra da Mesa	8	17	25	29
Cana Brava	2	8	10	13
Peixe	3	6	9	11
Ipueiras (*)	2	6	6	8
Lajeado (*)	2	11	10	12
Carolina (*)	2	8	8	9
Santo Antonio (*)	2	5	10	11
Tucuruí (*)	3	11	19	22
T O T A L	24	72	97	115

(*) Usinas do Sistema ELETRONORTE

7.2.3. Avaliação Econômica

As perdas energéticas foram valoradas e distribuídas temporalmente considerando a programação de obras oriundas dos estudos do Plano 2010 e os custos de referência da expansão do Sistema. Tais custos estão apresentados na Informação Técnica nº 011.87, "Custos Marginais de Referência", do DEGE - Departamento de Geração da ELETROBRÁS, de 17.06.87, excetuando-se o valor relativo ao período 1991/95, resultado de estudos internos do DPS.T - Departamento de Planejamento do Sistema, de FURNAS.

Os Quadros 7.2 e 7.3 apresentam o valor atualizado das perdas energéticas devido a utilização das máquinas de Três Irmãos na UHE Cana Brava.

QUADRO 7.2

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
 VALORIZAÇÃO DAS PERDAS ENERGÉTICAS (10^6 US\$)
 MOTORIZAÇÃO DE CANA BRAVA - 3 x 160 MW

Ano	Perda (MW)		Custo Referência (US\$/MWh)	Valor da Perda (10^6 US\$)		Valor Atualizado para 1987 (10^6 US\$)		Observação	
	I	II		I	II	I	II		
1994	13	36	25	2,8	7,9	1,4	4,1	S.Mesa + C.Brava + Tucuruí + Peixe	
1995	13	36	25	2,8	7,9	1,3	3,7		
1996	13	36	31	3,5	9,8	1,5	4,2		
1997	16	42	31	4,3	11,4	1,7	4,4		
1998	16	42	31	4,3	11,4	1,5	4,0		
1999	16	42	31	4,3	11,4	1,4	3,6		
2000	16	42	31	4,3	11,4	1,2	3,3		
APÓS 2000	24	72	41	8,6	25,9	24,9	75,0	Toda a cascata	
TOTAL							34,9	102,3	

I - redução de volume útil em Serra da Mesa de $4,8 \text{ km}^3$ (11%)

II - redução de volume útil em Serra da Mesa de $6,7 \text{ km}^3$ (15%)

QUADRO 7.3

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
 VALORIZAÇÃO DAS PERDAS ENERGÉTICAS (10^6 US\$)
 MOTORIZAÇÃO DE CANA BRAVA - 4 x 160 MW

Ano	Perda (MW)		Custo Referência (US\$/MWh)	Valor da Perda (10^6 US\$)		Valor Atualizado para 1987 (10^6 US\$)		Observação
	I	II		I	II	I	II	
1994	54	64	25	11,8	14,0	6,1	4,4	S.Mesa+C.Brava+Tucuruí
1995	54	64	25	11,8	14,0	5,5	6,5	
1996	54	64	31	14,7	17,4	6,2	7,4	
1997	63	75	31	17,1	20,4	6,6	7,9	+ Peixe
1998	63	75	31	17,1	20,4	6,0	7,1	
1999	63	75	31	17,1	20,4	5,4	6,5	
2000	63	75	31	17,1	20,4	5,0	5,9	
APÓS 2000	97	115	41	34,9	41,3	101,1	119,6	Toda a cascata
TOTAL						141,9	168,1	

I - redução de volume útil em Serra da Mesa de $8,8 \text{ km}^3$ (20%)

II- redução de volume útil em Serra da Mesa de $10,9 \text{ km}^3$ (25%)

O QUADRO 7.4 apresenta, conforme orçamento preparado pela IESA - Internacional de Engenharia S.A., o custo das unidades geradoras de 160 MW tais como as especificadas pela CESP para Três Irmãos a preços de fevereiro de 1987.

QUADRO 7.4

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
CUSTO DAS UNIDADES GERADORAS DE TRÊS IRMÃOS
Preços de fevereiro de 1987

Itens	Custos em 10 ³ Cz\$	
	3 unidades de 160 MW	4 unidades de 160 MW
Turbinas valor FOB	862 830	1 150 440
Montagem + testes	65 060	86 750
Geradores valor FOB	842 740	1 123 650
Montagem + testes	92 930	123 900
T O T A L	1 863 560	2 484 740

Atualizando monetariamente para as condições de preços e custos de junho de 1986 (US\$ 1,00 = Cz\$ 13,84) estes valores equivalem a US\$ 100,9 milhões e US\$ 134,5 milhões relativos a 3 e 4 unidades de 160 MW respectivamente.

7.2.4. Análise dos Resultados

Sabendo-se que a instalação das unidades 5 a 8 de Três Irmãos nesta mesma usina traria somente benefícios de ponta para o Sistema, cujo valor econômico é estimado atualmente como zero, pode-se dizer que a alocação destas máquinas na UHE Três Irmãos, ou seja, o não aproveitamento delas em qualquer outra usina significará uma perda econômica para o País. O valor desta perda pode ser considerado como igual ao custo de investimento das unidades geradoras, ou seja, US\$ 101 milhões para três unidades de 160 MW e US\$ 135 milhões para quatro unidades de 160 MW.

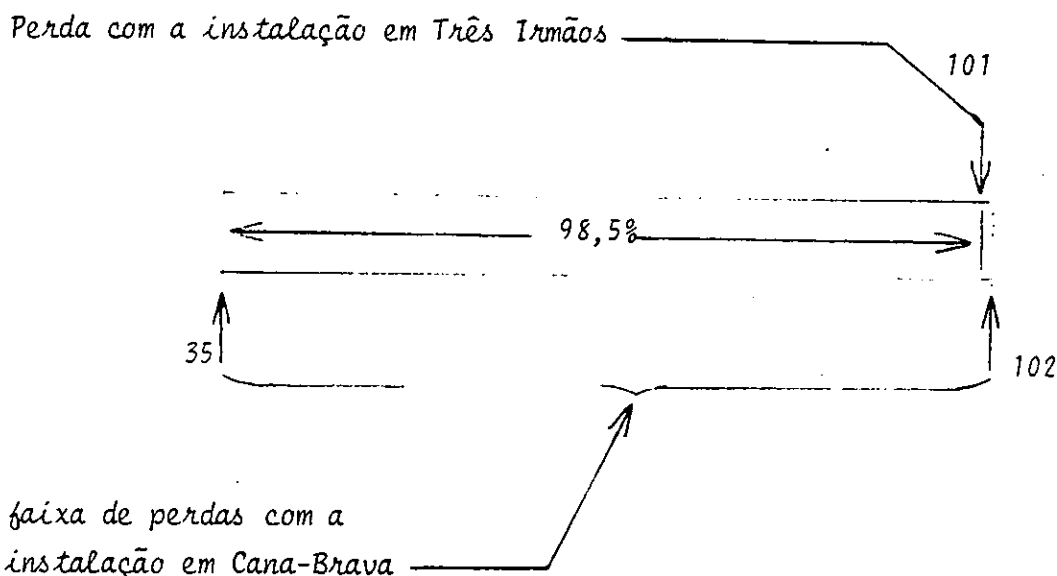
Admitindo ainda que as perdas energéticas devidas à instalação destas unidades de Três Irmãos em Cana Brava tal qual exposto acima são aceitáveis, e estabelecendo-se uma faixa de perdas limitadas pelos valores extremos encontrados devido a adoção dos diferentes critérios, tem-se uma faixa entre US\$ 35 milhões e US\$ 102 milhões considerando a motorização de três unidades de Três Irmãos em Cana Brava e uma faixa entre US\$ 142 milhões e US\$ 168 milhões se for

considerada a motorização com quatro unidades.

Do exposto, verifica-se que a instalação de três das quatro unidades geradoras em questão na própria UHE Três Irmãos ocasiona uma perda econômica para o País, que se situa praticamente no extremo superior da faixa de perdas (correspondente ao critério mais rigoroso) que ocorreria, caso estas máquinas fossem instaladas na UHE Cana Brava.

A figura abaixo ilustra o mencionado acima.

UTILIZAÇÃO DE TRÊS UNIDADES DE TRÊS IRMÃOS
VALORES EM 10^6 US\$



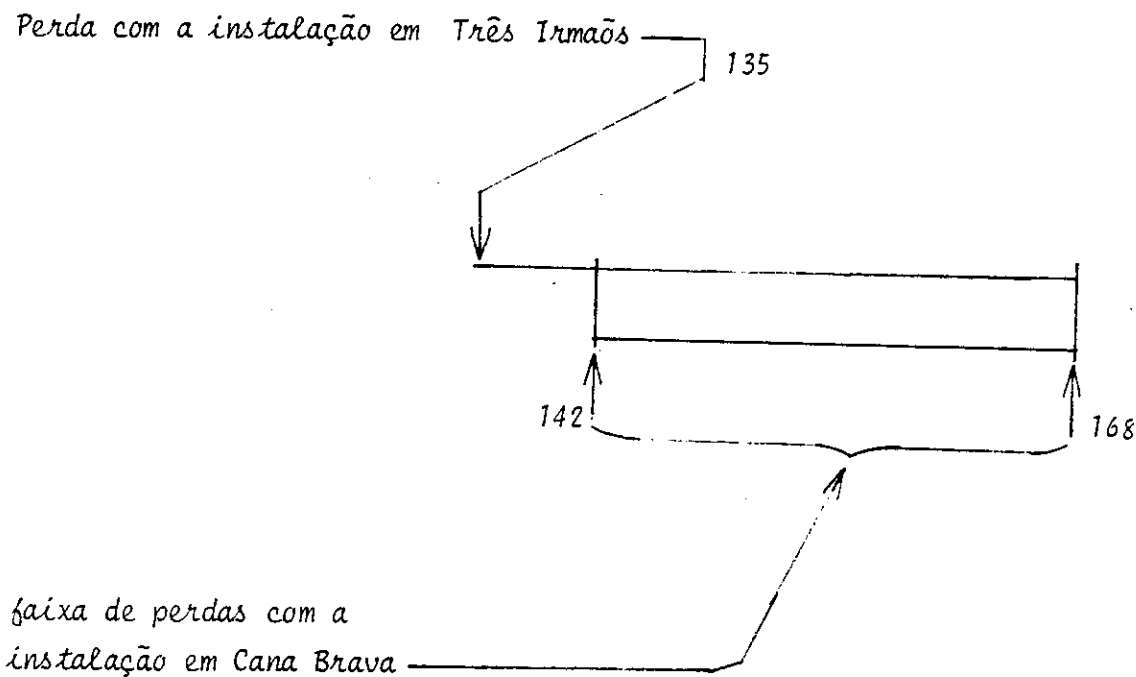
Do exame desta figura constata-se que, na situação mais otimista (redução de volume útil em Serra da Mesa de $4,8 \text{ Km}^3$), obtêm-se uma redução de US\$ 66 milhões nas perdas para a Nação. Por outro lado, na situação mais pessimista (redução de volume útil em Serra da Mesa de $6,7 \text{ Km}^3$), ocorreu apenas um acréscimo de US\$ 1 milhão nas mesmas.

Pode-se observar que quase todas as hipóteses contidas naquele intervalo proporcionam redução nas perdas correspondentes à implantação das unidades geradoras na UHE Três Irmãos.

Assim sendo, é aceitável a conclusão de que haverá uma redução no nível de perda econômica para o País ao se transferir três unidades de Três Irmãos para FURNAS, instalando-as em Cana Brava.

Analogamente, a perda econômica decorrente da instalação das quatro máquinas adicionais na própria UHE Três Irmãos, se situa fora da faixa de perdas correspondente à instalação destas unidades na UHE Cana Brava, e abaixo de seu extremo inferior (relativo ao critério menos rigoroso). A figura a seguir, ilustra o exposto.

UTILIZAÇÃO DE QUATRO UNIDADES DE TRÊS IRMÃOS
VALORES EM 10^6 US\$



Da figura, pode-se constatar que certamente haverá um acréscimo de perda econômica para o País com a transferência das quatro unidades para Cana Brava, cujo valor poderá alcançar a cifra de US\$ 33 milhões.

Em função das considerações acima apontadas pode-se indicar a transferência de três unidades geradoras de Três Irmãos para FURNAS a fim de serem instaladas na UHE Cana Brava.

Caso as negociações entre CESP e FURNAS sejam concluídas com sucesso, a motorização a ser adotada em Cana Brava será de 480 MW, utilizando as 3 unidades de 160 MW de Três Irmãos.

7.3. Motorização Ótima para Cana Brava

7.3.1. Introdução

Devido às incertezas no sucesso das negociações entre CESP e FURNAS foi analisado, paralelamente a opção apresentada no item anterior, a motorização ótima do ponto de vista energético-econômico para o aproveitamento de Cana Brava. Esta análise servirá, também, para se avaliar economicamente o quanto a utilização das máquinas de Três Irmãos na UHE Cana Brava se distancia desta solução otimizada.

7.3.2. Aspectos do Problema

Na análise das alternativas de motorização para a UHE Cana Brava considerou-se a influência da operação da UHE Serra da Mesa, que se situa imediatamente a montante e que, em função do tamanho de seu reservatório, requer condições especiais de operação. Nestas condições foram examinados os seguintes aspectos:

- vazão turbinada mínima na usina, que é condicionada pelo despacho mínimo da UHE Serra da Mesa;
- fator de capacidade mínimo da usina, que é função do mínimo de unidades a instalar;
- vazão turbinada máxima na usina, que é condicionada pelo engolimento máximo da UHE Serra da Mesa.

Os dois primeiros aspectos dizem respeito à determinação da potência máxima a instalar na usina enquanto que o último determina o limite mínimo da potência instalada.

7.3.3. Vazão Turbinada Mínima

Na determinação da vazão turbinada mínima na UHE Cana Brava deve-se considerar o despacho mínimo da UHE Serra da Mesa e a vazão incremental entre aquela e esta usina. O despacho mínimo da UHE Serra da Mesa, sobretudo em razão da grande dimensão de seu reservatório, deve ser analisado levando em conta os efeitos sobre as condições de reenchimento do seu volume útil. De fato, quanto maior for o despacho mínimo que se impuser à UHE Serra da Mesa, menor será a probabilidade de reenchimento de seu reservatório em até 3 ciclos hidrológicos, que é o critério recomendado pelo GCPS - Grupo Coordenador do Planejamento do Sistema.

O primeiro passo, portanto, é examinar o reenchimento do reservatório desta usina. Considerou-se que, durante o reenchimento, a usina será despachada no mínimo, o que é, sem dúvida, uma condição especial. Todavia, o tamanho do reservatório da usina justifica que se assumam condições especiais de operação. Adicionalmente, considerou-se as seguintes situações de despecho mínimo:

- vazão defluente de $225 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde a um fator de capacidade mínimo (FC_m) de 19%;
- vazão defluente de $275 \text{ m}^3/\text{s}$, $FC_m = 23\%$;
- vazão defluente de $325 \text{ m}^3/\text{s}$, $FC_m = 27,5\%$;
- vazão defluente de $375 \text{ m}^3/\text{s}$, $FC_m = 32\%$;
- vazão defluente de $425 \text{ m}^3/\text{s}$, $FC_m = 36\%$.

Quanto à vazão afluente, tomou-se por base o registro histórico disponível que cobre 52 anos, de 1931 a 1982. Tomou-se, ainda, cada conjunto de três ciclos hidrológicos (1931/33, 1932/34..., 1980/82) e dentre eles considerou-se aqueles cuja vazão média foi igual ou superior a 90% da MLT (média de longo termo). Este critério se apoia na suposição de que para vazões inferiores o sistema estaria deplecionado. A preocupação com o reenchimento existe na medida em que a tendência hidrológica reverte de pessimista (que levou os reservatórios do sistema a esvaziarem) para média ou otimista.

Nestas condições, foram consideradas 30 identificações hidrológicas as quais estão discriminadas no Quadro 7.5. Os resultados obtidos, expressos em termos de frequência de ocorrência de atingimento de um dado percentual do volume útil da usina, em até 3 ciclos hidrológicos, são resumidos no Quadro 7.6.

Quando se argumenta que a seleção de identificações hidrológicas propostas pode tornar tendencioso o resultado, pode-se contrapor com um critério mais rigoroso no processo de decisão, dentre o espectro de resultados obtidos, pela vazão defluente mínima que seja compatível com o tamanho do reservatório da usina. Assim sendo, convencionou-se considerar aceitável o valor de vazão defluente para o qual é atingido pelo menos 90% do volume útil em 95% dos casos. Com base no Quadro 7.6., verifica-se que o valor aceitável para a vazão defluente da UHE Serra da Mesa é de até $325 \text{ m}^3/\text{s}$, que corresponde a um fator de capacidade mínimo de 27,5%.

Uma vez fixada a vazão defluente mínima da UHE Serra da Mesa, para efeito da determinação da vazão turbinada mínima na UHE Cana Brava deve-se levar em conta a afluência incremental entre as duas usinas. Considerando a baixa significância desta vazão em relação a defluência de Serra da Mesa, mesmo em relação à defluência mínima acima estabelecida, e a possibilidade de regulação diária ou semanal que oferece o reservatório de Cana Brava, estima-se como aceitável adotar para a afluência incremental o valor médio em período crítico, qual seja $42 \text{ m}^3/\text{s}$.

QUADRO 7.5

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
 VAZÕES AFLUENTES À UHE SERRA DA MESA
 (médias móveis trienais)

N.Seq.	Identificação Hidrológica	Vazão Média Afluente m^3/s	% MLT (*)
01	1931/33	763	94
02	1933/35	856	105
03	1934/36	840	103
04	1935/37	848	104
05	1938/40	939	115
06	1939/41	1 009	124
07	1940/42	1 020	125
08	1941/43	973	119
09	1942/44	960	118
10	1943/45	1 305	160
11	1944/46	1 187	146
12	1945/47	1 256	154
13	1946/48	935	115
13	1947/49	928	114
15	1948/50	779	96
15	1956/58	777	95
17	1957/59	844	104
18	1958/60	849	104
19	1959/61	820	101
20	1960/62	774	95
21	1964/66	774	95
22	1966/68	734	90
23	1968/70	831	102
24	1969/71	730	90
25	1972/74	752	92
26	1976/78	805	99
27	1977/79	1 017	125
28	1978/80	1 231	151
29	1979/81	1 203	148
30	1980/82	1 157	142

(*) MLT = $815 \text{ m}^3/\text{s}$

QUADRO 7.6

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE
 PROBABILIDADE DE REENCHIMENTO DO VOLUME ÚTIL DA UHE SERRA DA MESA EM
 ATÉ 3 CICLOS HIDROLÓGICOS

% Volume Útil Atingido	Vazão defluente durante o reenchimento (m ³ /s)				
	225	275	325	375	425
100	100.0	96.7	76.7	66.7	46.7
> 98	100.0	100.0	86.7	70.0	46.7
> 95	100.0	100.0	90.0	73.3	50.0
> 90	100.0	100.0	93.3	80.0	66.7

Deste modo, estima-se que, para efeito dos cálculos apresentados neste item, a vazão turbinada mínima em Cana Brava não deve exceder 367 m³/s.

Deve-se notar que caso se dimensione a UHE Cana Brava de forma a exigir um despacho mínimo que requeira maior volume d'água do que o apontado, a repercussão sobre Serra da Mesa será definir um volume máximo operativo inferior ao volume útil total da usina, o que importará em perdas de energia na própria usina bem como em toda a cascata a jusante.

7.3.4. Fator de Capacidade Mínimo

Para efeito da análise, assumiu-se que a operação da UHE Cana Brava devia atender, no mínimo, à curva de carga representada esquematicamente na figura 7.1. Nela, o patamar mais alto corresponde à geração na hora da ponta do sistema e o mais baixo à geração nos demais horários (geração fora-de-ponta). Nos dias úteis, admitiu-se que a duração da ponta seria de cerca de três horas; nos sábados, duas horas e meia; nos domingos, considerou-se que a usina poderia não gerar sua potência máxima. Em termos médios semanais, este esquema operativo significa uma duração da ponta de cerca de 10% do tempo. Adicionalmente, admitiu-se que a geração mínima de cada unidade equivaleria a 80% de sua capacidade nominal, que corresponde, aproximadamente, à faixa de operação do grupo turbina-gerador com máximo rendimento. Embora tal hipótese descarte níveis mais baixos de geração (na prática, há situações em que se reduz a geração a 50% da capacidade nominal unitária), considera-se que, a nível de planejamento, não convém adotar valores inferiores aos assumidos. Esta postura se traduz em maior segurança no dimensionamento da usina e lhe confere uma margem desejável de flexibilidade de operação quando

estiver efetivamente incorporada no sistema.

Isto posto, tem-se, pela curva de carga descrita, a seguinte expressão analítica da geração mínima da usina:

$$E_m = P. (\alpha . t_p + \frac{\alpha}{N} . (1 - t_p))$$

onde:

P = potência da usina (MW)

t_p = duração da ponta (p.u.)

α = nível de operação do grupo turbina-gerador, com máximo rendimento (p.u.)

N = número de unidades geradoras

Vale observar que o termo que multiplica a potência P da usina na expressão acima corresponde ao seu fator de capacidade mínimo de geração. Portanto, para o atendimento da operação mínima descrita, tem-se:

N (Nº máquinas)	FC_m (fator de capac.mín.)
2	46
3	34
4	28
5	24
6	22

7.3.5. Potência Máxima a Instalar

Tem-se que a geração de uma usina hidrelétrica pode ser também expressa por:

$$E_m = 0,0084.Q.h$$

onde:

Q = vazão turbinada (m^3/s)

h = queda líquida média (m)

Igualando-se esta expressão pela apresentada no item anterior, obtêm-se:

$$p = \frac{Q \cdot h \cdot 0,0084}{FC_m}$$

que expressa analiticamente, tomando-se Q como a descarga mínima da usina, a potência máxima instalável em Cana Brava para atender a seu despacho mínimo, em função do número mínimo de unidades.

Na determinação de h , considerando-se que o aproveitamento de Cana Brava é a fic d'água, trabalhou-se, simplificadaamente, com um valor constante e igual à queda máxima. Deste modo:

$$\begin{aligned} \text{Queda bruta máxima} &= 46,0 \text{ m (333,0 - 287,0)} \\ \text{Perda hidráulica} &= 0,9 \text{ m (2\% da queda bruta)}^{(*)} \\ \text{Queda líquida (h)} &= 45,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Nestas condições, chega-se aos seguintes valores de potência máxima para Cana Brava, em função do número de unidades (Q e FC_m foram determinados em 3 e 4, respectivamente):

N (Nº de unidades)	P (MW) (Potência total)	p (MW) ^(**) (Potência unitária)
2	296	148
3	409	136
4	496	124
5	579	116
6	662	110

(*) Critério usual no setor, para casa de força no pé da barragem

(**) Valor arredondado

7.3.6. Potência Mínima a Instalar

De outro lado, deve-se preservar a compatibilidade operativa entre Serra da Mesa e Cana Brava também nas situações de despacho máximo. Serra da Mesa é uma usina em cuja operação, freqüentes vezes, se observa um fator de capacidade superior a 90%. Se cana Brava não tiver condições de engolir a vazão turbinada por Serra da Mesa nessas ocasiões, mais a vazão incremental, haverá vertimentos, podendo-se perder, inclusive, parcela de energia garantida. Desenvolvendo-se raciocínio análogo ao anteriormente explicitado pode-se determinar a potência mínima a instalar em Cana Brava.

Para efeito de cálculo, considera-se agora a vazão turbinada máxima e a queda líquida no despacho máximo. Assume-se $FC_{\max} = 1.0$.

A vazão turbinada máxima em Cana Brava corresponde à soma de vazão turbinada máxima em Serra da Mesa com a vazão incremental entre esta usina e Cana Brava.

A vazão turbinada máxima em Serra da Mesa está associada à potência e à queda líquida nominal da usina. A potência nominal desta usina é de 1 200 MW (3 x 400 MW). A queda bruta nominal, segundo o Departamento de Equipamentos Elétrico-Mecânicos (DEM.T) de FURNAS deverá ser fixada entre 123 e 124 m. Considerando-se a perda hidráulica de 2% da queda bruta, estima-se a queda nominal de Serra da Mesa em 121,0 m. A vazão turbinada máxima desta usina é calculada, então, em 1 180 m³/s.

Para a vazão incremental entre Serra da Mesa e Cana Brava, convencionou-se adotar o valor médio observado no período crítico, 42 m³/s. Assim, para efeito de cálculo, considerou-se uma vazão turbinada máxima em Cana Brava de 1 222 m³/s.

Na determinação da queda líquida em Cana Brava, nas condições de despacho máximo, levou-se em conta a curva-chave do canal de fuga da usina (ver anexo). Por esta curva, o nível do canal de fuga em Cana Brava, para a vazão de 1 222 m³/s, está na cota 288,8 m. Considerando-se o N.A. máximo do reservatório na El. 333,0 m e o fato de a usina ser a fio d'água, calcula-se a queda bruta em 44,5 m (queda líquida de 43,3 m).

Nestas condições, a potência mínima a instalar em Cana Brava é de 444 MW.

7.3.7. Alternativas de Motorização

Comparando-se os resultados dos itens 7.3.5 e 7.3.6 conclui-se que:

- o número mínimo de unidades a instalar em Cana Brava é 4 (quatro); a instalação de um número menor de unidades aumenta a vazão turbinada mínima na usina reduzindo a flexibilidade operativa em Serra da Mesa e impondo restrições a operação de seu reservatório;
- para número de unidades (N) maior que 3 (três) tem-se as seguintes possibilidades de motorização.

N (Nº de unidades)	P (MW) (potência total)	p (MW) (potência unitária)
4	450-500	112,5 - 125
5	450-580	90 - 116
6	450-660	75 - 110

Com base neste quadro escolheu-se o elenco de alternativas para o estudo de motorização resumido no Quadro 7.7.

QUADRO 7.7

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE ALTERNATIVAS DE MOTORIZAÇÃO

Nº de Unidades	Potência Unitária (MW)		
	90	110	120
4	450	-	480
5	450	550	-
6	540	660	-

7.3.8. Análise Energética das Alternativas

Os benefícios auferidos em cada uma das alternativas de motorização da UHE Cana Brava, foram obtidos através de simulações estáticas da operação do sistema efetuadas com o modelo computadorizado SIMUS desenvolvido no âmbito do Departamento de Planejamento do Sistema - DPS.T de FURNAS.

Os resultados obtidos mostraram que a potência mínima necessária para maximizar a contribuição de energia firme de Cana Brava ao Sistema é 450 MW. Um acréscimo na motorização desta usina não traria nenhum benefício adicional de energia.

7.3.9. Aspectos de Custo

O custo de investimento de uma usina é crescente na medida em que se aumenta a sua motorização. Além disso, para uma mesma potência instalada, este custo é mais elevado quanto maior for o número de unidades geradoras.

7.3.10. Conclusão e Recomendação

Pelo exposto nos itens 7.3.8 e 7.3.9 deste trabalho, conclui-se que a motorização ótima para a UHE Cana Brava é de 450 MW (potência mínima a instalar) distribuídos em 4 máquinas (número mínimo de unidades a instalar) de 112,5 MW.

Recomenda-se, portanto, caso não sejam concretizadas as negociações entre CESP e FURNAS, que seja adotada para a usina de Cana Brava, a motorização de 450 MW (4 x 112,5 MW).

8. DEFINIÇÃO DA ALTURA DE QUEDA NOMINAL

A definição da altura de queda nominal da UHE Cana Brava depende da solução encontrada para a sua motorização.

Caso sejam transferidas as unidades geradoras de Três Irmãos para a referida usina, a sua altura de queda torna-se mera consequência, uma vez que estes equipamentos já estão, inclusive, na fase de fabricação. Portanto, o valor da altura de queda nominal de Cana Brava será o mesmo especificado para estas máquinas, 43,0 metros, conforme testes de modelo realizados.

Caso não sejam concretizadas as negociações entre CESP e FURNAS, se adotando, em consequência, a motorização definida nos estudos energético-econômicos, 4 x 112,5 MW, a altura de queda nominal de Cana Brava deverá ser definida através de estudo específico, posteriormente, na etapa de projeto básico.

9. CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ELÉTRICO DE INTEGRAÇÃO

A transmissão que permitirá a integração de Cana Brava ao sistema elétrico da região foi planejada levando-se em conta os demais aproveitamentos do Alto Tocantins de cerca de 2778 MW distribuídos em 4 (quatro) usinas na região: Serra da Mesa, Foz do Bezerra, Peixe e Mirador.

A escolha do esquema de transmissão foi realizada pelo DSE.T - Departamento de Sistemas Elétricos de FURNAS e considerou os seguintes aspectos:

- geração de Cana Brava.
- geração global do aproveitamento do Alto Tocantins.
- padrões de transmissão usuais no sistema de FURNAS.

Considerando-se o aproveitamento das três máquinas de Três Irmãos na UHE Cana Brava, a sua interligação ao sistema de transmissão será definida, segundo estudos de FURNAS, em 230 kV, conforme a seguir:

- 1 circuito duplo em condutor ACSR 1 x 795 MCM em 230 kV (50 km)
- 1 circuito simples em condutor ACSR 1 x 795 MCM em 230 kV (50 km)
- 4 transformadores trifásicos 13.8/230 kV de 200 MVA, sendo um reserva
- 4 transformadores trifásicos 230/500 kV de kV de 300 MVA, sendo um reserva.

O Quadro 9.1, a seguir, apresenta o custo deste esquema de integração, a preços de junho de 1986 (US\$1,00 = Cz\$ 13,84).

QUADRO 9.1

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE

Custo de Integração da Transmissão

Com utilização das máquinas de Três Irmãos

Descrição	Valores em 10^6 US\$
Linhas de Transmissão	15,5
Subestações	28,8
Total sem Juros	44,3
Juros durante a construção	4,0
Total com Juros	48,3

Na hipótese de insucesso das negociações entre CESP e FURNAS, o esquema de integração para a motorização de referência de 4 x 120 MW em Cana Brava, consiste em 3 (três) Linhas de Transmissão de 230 KV (50 km) interligando esta usina a Serra da Mesa, conforme abaixo:

- 1 circuito duplo em condutor ACSR 1 x 795 - MCM em 230 kV (50 km);
- 1 circuito simples em condutor ACSR 1 x 795 - MCM em 230 kV (50 km);
- 5 transformadores trifásicos, 13.8/230 kV de 150 MVA, sendo um reserva;
- 4 transformadores trifásicos, 230/500 kV de 300 MVA, sendo um reserva.

O Quadro 9.2 contém o custo desta alternativa, a preços de junho de 1986 (US\$ 1,00 = Cz\$ 13,84).

QUADRO 9.2

UHE CANA BRAVA - VIABILIDADE

Custo de Integração da Transmissão

Sem utilização das máquinas de Três Irmãos

Descrição	Valores em 10 ⁶ US\$
Linhas de Transmissão	15,5
Subestações	30,4
Total sem Juros	45,9
Juros durante a construção	4,1
Total com Juros	50,0

10. JUSTIFICATIVA DO PROJETO

10.1. Do ponto de Vista Energético

10.1.1. Metodologia Utilizada na Análise

Os estudos de atendimento ao mercado de energia elétrica elaborados pelas empresas do setor têm adotado, tradicionalmente, o enfoque determinístico. Muito mais forte que nos estudos de dimensionamento, identifica-se naquelas análises uma necessidade de mudança metodológica, de tal forma que o risco ou o custo do não-atendimento ao mercado possa ser parâmetro explícito no processo de planejamento. Isto implica em preservar a natureza aleatória das afluências naturais ao sistema e, no caso do atendimento a demanda, da disponibilidade dos equipamentos.

Deve-se ter em mente que um dos objetivos básicos do planejamento de um sistema de energia elétrica é obter o mais baixo custo de produção, mantendo uma adequada confiabilidade ao suprimento. O custo de produção é composto pelos investimentos na expansão acrescidos dos gastos na operação (combustível mais manutenção e operação propriamente dita das instalações).

A partir deste objetivo básico, surgem duas linhas alternativas de desenvolvimento da abordagem probabilística. Uma delas preconiza a adoção de um nível de risco pré-fixado, que definiria a adequada confiabilidade ao suprimento. Esta linha, embora confira um tratamento estocástico às vazões, pode ser tida como uma extensão do enfoque determinístico.

De fato, pode-se entender que o risco implícito na abordagem determinística é o risco de ocorrer o período crítico, um risco portanto pré-fixado, uma vez que neste enfoque é básica a hipótese de ocorrência deste período.

A outra alternativa, que FURNAS vem defendendo, advoga o uso de uma função custo social do déficit, obtida a partir de estudos macroeconômicos. Neste caso, a adequada confiabilidade resulta do compromisso econômico entre o custo de produção e o custo do déficit.

Esta linha promove, de fato, uma alteração metodológica completa nos estudos de atendimento ao mercado. Será a linha de abordagem utilizada na análise que se fará neste item.

Nesta linha, o sistema deve ser expandido e operado de forma a minimizar o custo de produção acrescido do custo do deficit. Quando o sistema é ótimo, a soma destes custos é mínima, e pode-se demonstrar, os custos marginais de operação e de expansão são iguais. Estes custos marginais são assim definidos:

- custo marginal de operação do sistema, em um determinado período de tempo, é o acréscimo de custo para suprir um aumento unitário da carga ao longo deste período, sem alterar o programa de obras definido;
- custo marginal de expansão do sistema, em um determinado período de tempo, é o acréscimo de custo para suprir um aumento unitário da carga ao longo deste período, mediante reajuste no programa de obras.

Quando o custo marginal de operação for inferior ao de expansão, a confiabilidade supera o nível ótimo e o sistema, por via de consequência, encontra-se superdimensionado. Caso contrário, a confiabilidade situa-se aquém do desejável e o sistema está subdimensionado. Desta forma, conhecido previamente o custo marginal de expansão em cada período, o custo marginal de operação, subproduto da simulação dinâmica do sistema, opera como indicador da qualidade de atendimento.

10.1.2. Dados Utilizados

Para efeito da análise efetuada foi considerado o período de novembro de 1987 a dezembro de 1997. O programa de expansão do parque gerador utilizado corresponde ao Programa Decenal de Geração do Plano 2010, à exceção das unidades 2 e 3 da Central Nuclear de Angra, cujas datas foram as de janeiro de 1995 e janeiro de 1998, conforme usualmente consideradas para efeito de balanço.

Com relação ao mercado de energia elétrica, utilizou-se a projeção provável de mercado do Plano 2010, compatível com o programa de obras adotados.

Os Quadros 10.1 e 10.2 apresentam o programa de obras e as projeções de mercado consideradas, para o período 1990 a 1997.

QUADRO 10.1

PROGRAMA DE OBRAS DE GERAÇÃO 1990/97
SISTEMA INTERLIGADO SUL - SUDESTE

Ano	Usina	Tipo	Bacia	Potência (MW)	Empresa
1990	Santa Branca ⁽¹⁾	H	Paraíba	50	LIGHT
	J. Lacerda IV	C	-	315	ELETROSUL
	Jaguara ⁽²⁾	H	Grande	212	CEMIG
1991	Manso	H	Paraguai	210	ELETRONORTE
	Segredo	H	Iguaçu	1 260	COPEL
	Jacuí	C	-	315	ELETROSUL
1992	P. Primavera	H	Paraná	1 800	CESP
	Nova Ponte	H	Paranaíba	510	CEMIG
	Simplício	H	Paraíba	195	FURNAS
	Sapucaia	H	Paraíba	330	FURNAS
	Corumbã I	H	Paranaíba	375	FURNAS
	Candiota III	C	-	315	CEEE
	Ita	H	Uruguai	1 620	ELETROSUL
	D. Francisca	H	Jacuí	125	CEEE
1993	Itaocara	H	Paraíba	210	FURNAS
	Serra da Mesa	H	Tocantins	1 200	FURNAS
	Miranda	H	Paraíba	390	CEMIG
	Campos Novos	H	Uruguai	726	ELETROSUL
1994	Serra do Facão	H	Paranaíba	210	FURNAS
	Machadinho	H	Uruguai	1 200	ELETROSUL
	Cana Brava	H	Tocantins	480	FURNAS
	Capim Branco	H	Paranaíba	600	CEMIG
	Bocaina	H	Paranaíba	200	CEMIG
	Igarapava	H	Grande	200	CEMIG
	Salto Caxias	H	Iguaçu	1 500	COPEL
1995	Formoso	H	S. Francisco	300	CEMIG
	Candongá	H	Doce	70	CEMIG
	Foz do Bezerra	H	Tocantins	360	FURNAS

QUADRO 10.1 (continuação)

 PROGRAMA DE OBRAS DE GERAÇÃO 1990/97
 SISTEMA INTERLIGADO SUL - SUDESTE

Ano	Usina	Tipo	Bacia	Potência (MW)	Empresa
	Rosal	H	Paraíba	58	FURNAS
	Barra do Peixe	H	Araguaia	280	FURNAS
	Sobragi	H	Paraíba	110	FURNAS
	Angra II	N	-	1 245	FURNAS
	Monjolinho	H	Uruguai	72	ELETROSUL
	Mauã	H	Tibagi	472	COPEL
	Carvão 1	C	-	50	ELETROSUL
	Picada	H	Paraíba	100	FURNAS
1996	Buriti	H	Tocantins	69	FURNAS
	Corumbã II	H	Paranaíba	235	FURNAS
	Funil	H	Grande	164	CEMIG
	Franca Amaral	H	Paraíba	32	FURNAS
	Terra Branca	H	Jequitinhonha	120	FURNAS
	Piraju	H	Paranapanema	120	CESP
	Garabi	H	Uruguai	900	ELETROSUL
	Barra Grande	H	Uruguai	880	ELETROSUL
	Jataizinho	H	Tibagi	192	COPEL
	Candiota IV	C	-	315	CEEE
	Cebolão	H	Tibagi	194	COPEL
1997	Peixe	H	Tocantins	1 112	FURNAS
	Murta	H	Jequitinhonha	90	CEMIG
	Queimado	H	São Francisco	113	CEMIG
	Pilar	H	Doce	89	CEMIG
	Aimores	H	Doce	300	CEMIG
	São Fidelis	H	Paraíba	134	FURNAS
	São Jerônimo	H	Tibagi	44	COPEL
	Garibaldi	H	Uruguai	430	ELETROSUL
	Foz do Chopim	H	Iguaçu	60	COPEL
	Pai Querê	H	Uruguai	288	ELETROSUL
	Capanema	H	Iguaçu	600	ELETROSUL

(1) Motorização

(2) Ampliação

QUADRO 10.2

 MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA 1990/97
 SISTEMA INTERLIGADO SUL - SUDESTE

Ano	S U D E S T E (1)		S U L (2)	
	Ponta (MWh/h)	Energia (MW med)	Ponta (MWh/h)	Energia (MW med)
1990	24 613	18 371	6 348	4 317
1991	26 143	19 516	6 772	4 639
1992	27 764	20 687	7 268	4 986
1993	29 347	21 866	7 807	5 378
1994	30 932	23 047	8 361	5 785
1995	32 680	24 443	9 121	6 229
1996	34 290	25 550	9 752	6 685
1997	36 010	26 864	10 485	7 201

(1) Inclui Centro-Oeste exceto ENERSUL (MS)

(2) Inclui ENERSUL (MS)

10.1.3. Alternativas Consideradas

Foram utilizadas, na presente análise, duas alternativas com relação a Cana Brava. A primeira considera este aproveitamento presente no programa de obras descrito no item anterior, entrando em operação em 1994, conforme recomendado no Programa Decenal do Plano 2010. A outra alternativa exclui a UHE Cana Brava do horizonte de estudo (1987 a 1997), visando avaliar o impacto que seria causado ao sistema por um atraso nesta usina.

10.1.4. Conclusões

A figura 10.1 apresenta os resultados das simulações. São mostrados os valores referentes ao período 1993/1997, pois os anos anteriores não são afetados pelas hipóteses formuladas.

Pela análise desses resultados, pode-se concluir que, mesmo na alternativa que considera a UHE Cana Brava, as condições de atendimento ao mercado do sistema interligado Sudeste /Sul não são satisfatórios para os anos de 1993 a 1995. Nesse período, o custo marginal de operação ultrapassa o valor de referência do custo marginal de expansão (situado em torno de 25 US\$/MWh), indicando que o sistema gerador se encontra subdimensionado para os anos citados.

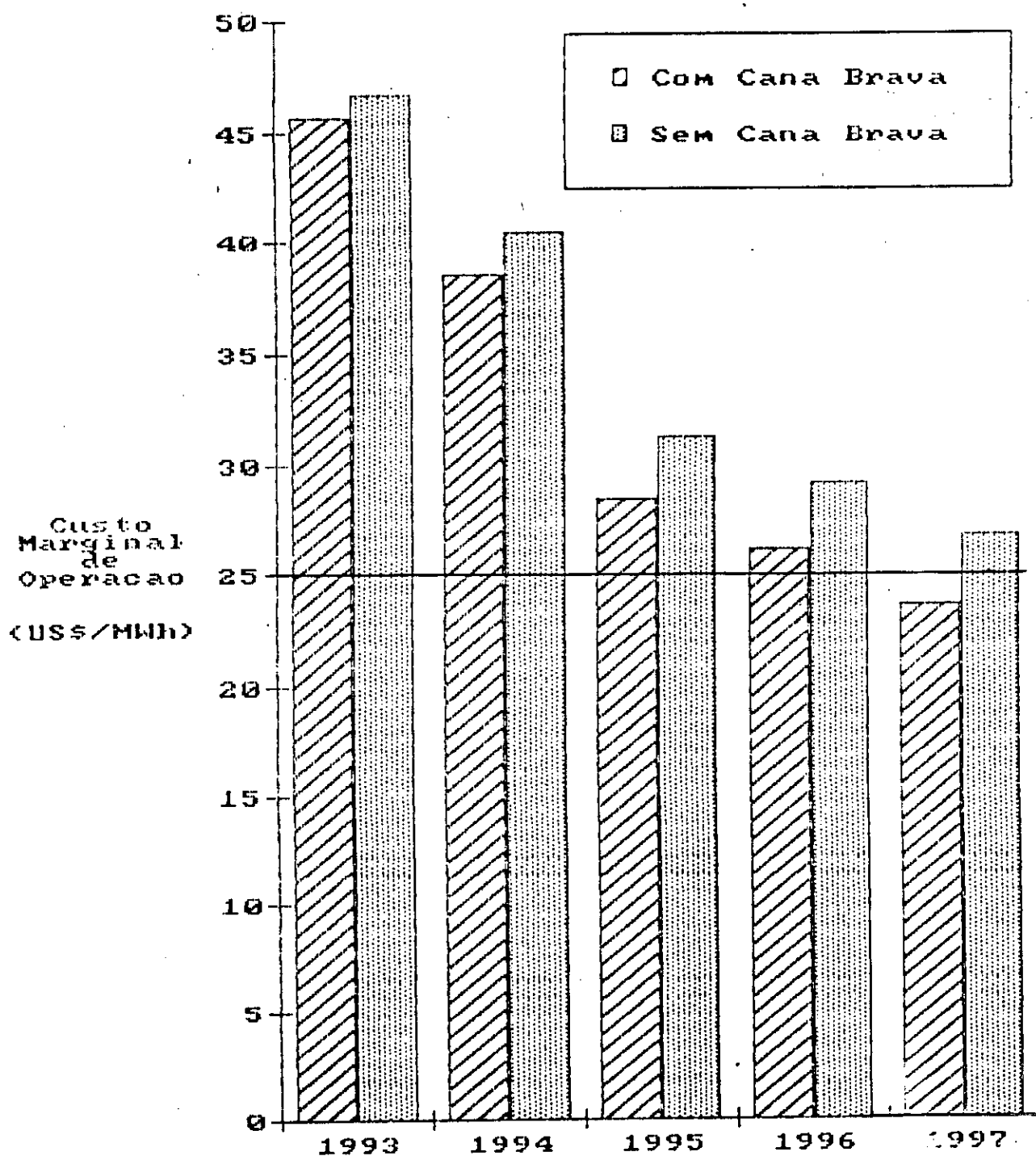
Este quadro é agravado quando não se integra ao sistema o aproveitamento de Cana Brava (segunda alternativa), pois tal fato acarreta uma elevação adicional nos custos marginais de operação do período 1993 - 1997. O atraso considerado nesta usina é responsável por um acréscimo de cerca de 81 milhões de dólares nos custos variáveis (custos de geração térmica e energia não suprida) acumulados de 1987 a 1997.

Com base nestes resultados, pode-se concluir que a UHE Cana Brava, programada para abril de 1994, é justificável do ponto de vista energético.

10.2. Do Ponto de Vista Econômico

O aproveitamento de Cana Brava apresenta um custo médio de geração da ordem de 28,5 US\$/MWh, inferior ao custo marginal de expansão de 31 US\$/MWh, relativo ao período 1996/2000. Sob este aspecto, portanto, esta usina deveria entrar no início deste período. Entretanto, em face da insuficiência da oferta de energia elétrica visualizada para o período 1990/1994, tornou-se necessária a antecipação de projetos programados no período 1996/2000 para o de 1990/1995. Na busca destes

FIGURA 10.1 - CANA BRAVA
Custos Marginais de Operacao



projetos, a UHE Cana Brava mostrou-se como opção atraente dentre outros aproveitamentos para fazer parte do conjunto de obras de antecipação. Realmente, conforme mostrado no item anterior, o custo marginal de operação no período 1993/1995 atinge valores elevados acima da faixa de referência. Assim, o custo médio de geração de Cana Brava, embora superior ao custo marginal de expansão neste período (25 US\$/MWh) é inferior ao custo marginal de operação no período e também inferior ao custo de expansão no período subsequente, justificando desta maneira a inclusão desta usina no primeiro quinquênio da década de 90. A data de abril de 1994 é justificada a partir dos estudos do Plano 2010, desenvolvido no âmbito da ELETROBRÁS,

A N E X O S

A N E X O 1

UHE CANA BRAVA

• TABELA DESCARGA X CANAL DE FUGA

Descarga (m ³ /s)	Nível (m)	Descarga (m ³ /s)	Nível (m)
343,7	286,0	1 511,0	289,5
459,9	286,5	1 745,0	290,0
593,0	287,0	1 995,8	290,5
743,0	287,5	2 263,4	291,0
909,7	288,0	2 849,0	292,0
1 093,3	288,5	3 501,7	293,0
1 293,3	289,0	4 216,8	294,0

• POLINÔMIO DESCARGA X CANAL DE FUGA

Grau 0	Grau 1	Grau 2	Grau 3
2,84564E+02	4,48771E-03	-9,37138E-07	9,62326E-11

A N E X O 2

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO PROJETO DE PEIXE

Queda Bruta de Referência (m)	47,7
Perda Hidráulica (m)	1,0
Potência Nominal (MW)	1 112
Coeficientes dos Polinômios	
Descarga x Canal de Fuga	
Grau 0	2,36111E+02
Grau 1	2,42645E-03
Grau 2	-2,90769E-07
Grau 3	1,28459E-11
Volume x Cota	
Grau 0	2,51685E+02
Grau 1	7,08389E+00
Grau 2	-5,30649E-01
Grau 3	1,47923E-02

A N E X O 3

UHE CANA BRAVA

• TABELA COTA X VOLUME

COTA (m)	VOLUME (km ³)	COTA (m)	VOLUME (km ³)
316,3	0,712	325,0	1,370
320,0	0,951	327,0	1,570
321,0	1,040	328,0	1,670
322,0	1,120	329,0	1,780
323,0	1,200	330,0	1,909
324,0	1,285	331,0	2,019

• POLINÔMIOS COTA X VOLUME

Com o objetivo de se obter resultados mais precisos, procedeu-se a diversos ajustamentos para a curva cota x volume do reservatório da UHE Cana Brava, um para cada alternativa de volume útil.

ALTERNATIVAS	P O L I N Ô M I O S			
	GRAU 0	GRAU 1	GRAU 2	GRAU 3
I	3,31000E+02	0,0	0,0	0,0
II	2,16360E+02	1,69084E+02	-8,79413E+01	1,60071E+01
III	2,93176E+02	4,07846E+01	-1,68351E+01	2,92903E+00
IV	3,06904E+02	1,47531E+01	-7,09292E-01	-3,40084E-01
V	2,99699E+02	3,08406E+01	-1,20718E+01	2,21632E+00

A N E X O 4

UHE SERRA DA MESA

• TABELA DESCARGA X CANAL DE FUGA

Vazão	Cotas (m)			
	N.A. Máximo da UHE Cana Brava (m)			
	331,0	332,0	333,0	334,0
200	331,23	332,12	333,07	334,04
500	332,07	332,65	333,40	334,26
750	332,82	333,19	333,78	334,51
1 000	333,47	333,72	334,18	334,82
1 200	333,93	334,16	334,53	335,08
1 500	334,60	334,75	335,00	335,43
2 000	335,56	335,68	335,75	336,02
2 500	336,42	336,42	336,48	336,60
3 000	337,17	337,17	337,17	337,25
3 500	337,85	337,85	337,85	337,85
4 000	338,50	338,50	338,50	338,50
4 500	339,18	339,18	339,18	339,18

• POLINÔMIO DESCARGA X CANAL DE FUGA

N.A. Máximo Cana Brava(m)	Polinômio			
	Grau 0	Grau 1	Grau 2	Grau 3
331	3,30582E+02	3,33971E-03	-5,09077E-07	4,24574E-11
332	3,31684E+02	2,20427E-03	-1,29002E-07	1,62524E-12
333	3,32798E+02	1,34297E-03	8,81956E-08	-1,62767E-11
334	3,33862E+02	8,65526E-04	1,21561E-07	-1,16576E-11

A N E X O 5

INDICADORES ECONÔMICOS UTILIZADOS NA ATUALIZAÇÃO MONETÁRIA DOS ORÇAMENTOS DE CANA BRAVA

Indicadores	Base de Preços		Índice Jun.86/Fev.87
	Fev.87	Jun.86	
Cz\$/US\$-Câmbio	18,16	13,84	0,762
IGP-inflação	147,63	100,26	0,679
IPA-EUA-preços atac. EUA	112,40	111,20	0,989
ITG-turb. e gerad. BuRec.	174,00	171,00	0,983
IEA-equip. elēt. BuRec	163,00	161,00	0,988
IEB-equip. barragem BuRec	169,00	168,00	0,994
IEC-escav.comum	143,51	100,37	0,699
IER-escav. rocha céu aberto	143,10	99,84	0,698
IES-escav. rocha subterr.	145,22	99,76	0,682
ICSC-conc. sem cimento	161,63	100,67	0,623
IA-armadura	150,60	102,24	0,679
IE-enrocamento	147,21	100,51	0,683
IAC-aterro compactado	145,38	100,79	0,693
IC-cimento	130,47	99,78	0,765

A N E X O 6

UHE CANA BRAVA

ESTIMATIVAS DE CUSTO (10³Cz\$)

PREÇOS DE JUNHO DE 1986 (US\$ 1,00 = Cz\$ 13,84)

Conta	Descrição	N.A. Máximo do Reservatório (m)	
		331	333
		334	
.10	Terrenos e servidões	289 187	315 759
.11	Estrutura e outras benfeitorias	461 116	461 116
.12	Reservatório, barragens e adutoras	1 658 905	1 715 687
.13	Turbinas e geradores	1 649 930	1 649 930
.14	Equipamentos elétricos acessórios	156 643	156 643
.15	Diversos equipamentos da Usina	18 967	18 967
.10 a .15	Custo Direto Total	4 234 748	4 318 102
.17	Custos Indiretos	1 266 553	1 284 595
.10 a .17	Custo Total sem Juros	5 501 302	5 602 697
.18	Juros	935 221	952 459
.10 a .18	Custo Total com Juros	6 436 523	6 555 156
	Custo Total em 10 ⁶ US\$	465,1	473,6
	US\$/kW	969	987
			478,7
			997

ANEXO 7

FICHA TÉCNICA

APROVEITAMENTO DE CANA BRAVA

Utilização das máquinas de Três Irmãos

Redução de 4,8 km³ no volume útil de Serra da Mesa

1. Localização

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| - Rio | Tocantins |
| - Sub-bacia | Tocantins |
| - Bacia | Tocantins |
| - Latitude | 13 ^o 24' 26" S |
| - Longitude | 48 ^o 08' 30" W |
| - Distância da foz | 1703 km |
| - Município da margem direita | Cavalcante |
| - Município da margem esquerda | Minaçu |
| - Unidade da Federação | Goiás |

2. Dados Hidrometeorológicos

- | | |
|--|------------------------|
| - Área de drenagem | 57.777 km ² |
| - Séries históricas de vazões médias mensais | 1931/1980 |
| - Período crítico | jun/49 a dez/55 |
| - Vazão média de longo período | 875 m ³ /S |
| - Vazão média no período crítico | 548 m ³ /S |
| - Máxima vazão média mensal (fevereiro/1980) | 5072 m ³ /S |
| - Mínima vazão média mensal (outubro/1954) | 102 m ³ /S |
| - Vazão média durante o período simulado: | |
| . Afluente | 875 m ³ /S |
| . Turbinada | 777 m ³ /S |
| . Vertida | 98 m ³ /S |
| . Defluente | 875 m ³ /S |

- Vazão média durante o período crítico:	
. Afluente	706 m ³ /S
. Turbinada	706 m ³ /S
. Vertida	0
. Defluente	706 m ³ /S

3. Reservatório e Energia

- N.A. de montante

. Mínimo normal	333,0 m
. Máximo normal	333,0 m
. Médio período crítico	333,0 m
. Médio período simulado	333,0 m

- N.A. de jusante

. Médio período crítico	287,5 m
. Médio período simulado	287,9 m

- Queda

. Bruta máxima	46,2 m
. Líquida máxima	45,3 m
. Bruta média durante o período simulado	45,0 m
. Bruta média durante o período crítico	45,5 m
. Líquida nominal	43,0 m

- Área

. Inundada (N.A. máximo maximorum)	149,8 km ²
. No N.A. máximo normal	138,7 km ²
. No N.A. mínimo normal	138,7 km ²

- Volumes

. No N.A. máximo normal	2,260 km ³
. Útil	0

- Energia Firme

264 MW med.

- Produtividade média

. Durante o período simulado	0,371 MW/m ³ /S
. Durante o período crítico	0,375 MW/m ³ /S

- Fator de Capacidade médio	
. Durante o período simulado	60 %
. Durante o período crítico	55 %
4. Casa de Força	
- Potência instalada	480 MW
- Número de unidades	3
- Potência unitária	160 MW
- Tipo de turbina	Francis
- Engolimento máximo por unidade	443 m ³ /S
- Fator de capacidade mínimo	34 %
5. Custos	
- Data de referência	junho de 1986
- Taxa de câmbio	US\$ 1,00 = Cz\$ 13,81
- Custo total	
. Sem juros durante a construção	US\$ 468,6 milhões
. Com juros durante a construção	US\$ 589,6 milhões
- Custo unitário de instalação	1228 US\$/Kw
- Custo médio de geração	28,5 US\$/MWh

A N E X O 8

* R E L A T O R I O D E V A Z O E S D O P D S T O 211 - C A N A B R A V A * P A G . N O . 2

ANO	JAN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MEDIA
1931	1191.	1609.	2803.	1768.	861.	632.	466.	352.	350.	522.	750.	801.	1009
1932	1343.	1701.	1207.	1711.	366.	246.	181.	134.	170.	393.	698.	972.	677
1933	1545.	1535.	1286.	1177.	480.	341.	244.	187.	225.	402.	698.	1635.	929
1934	1618.	1543.	1240.	1076.	389.	270.	198.	147.	263.	202.	547.	911.	701
1935	1792.	2833.	2663.	2149.	1254.	732.	545.	404.	357.	538.	955.	1410.	1329
1936	1220.	1717.	1788.	1333.	549.	367.	271.	220.	261.	407.	524.	779.	776
1937	1962.	1243.	1165.	1333.	475.	268.	185.	139.	106.	497.	977.	1709.	725
1938	1996.	1573.	1210.	975.	325.	243.	190.	136.	170.	253.	381.	1011.	638
1939	2049.	1987.	1362.	678.	490.	339.	287.	177.	268.	599.	936.	980.	873
1940	2010.	4093.	4247.	1949.	1186.	827.	602.	476.	565.	606.	961.	1346.	1564
1941	1568.	1743.	1912.	1419.	489.	369.	296.	201.	272.	467.	697.	948.	865
1942	1236.	1994.	1733.	1181.	480.	336.	246.	192.	510.	539.	890.	1892.	935
1943	3497.	2875.	2828.	1694.	727.	553.	407.	309.	320.	535.	1153.	1830.	1394
1944	1447.	2013.	1616.	1029.	463.	379.	261.	198.	151.	425.	566.	1430.	832
1945	3103.	3234.	1948.	3875.	1876.	1078.	795.	596.	500.	921.	1690.	3250.	2071
1946	2980.	2222.	1899.	1190.	692.	403.	294.	224.	243.	270.	553.	675.	970
1947	1252.	1807.	2493.	1572.	700.	524.	401.	446.	303.	564.	730.	1470.	1044
1948	1506.	1454.	1901.	1064.	511.	405.	294.	220.	246.	357.	811.	3365.	1011
1949	2140.	3077.	1818.	1301.	684.	409.	298.	216.	177.	300.	550.	900.	989
1950	794.	982.	1531.	972.	411.	251.	181.	149.	135.	222.	563.	733.	577
1951	995.	1067.	1371.	1201.	553.	433.	309.	246.	236.	214.	356.	716.	632
1952	530.	697.	1879.	658.	453.	252.	184.	142.	134.	144.	476.	1046.	549
1953	486.	523.	866.	845.	364.	265.	205.	173.	154.	322.	476.	1046.	479
1954	858.	597.	866.	845.	364.	265.	170.	137.	126.	102.	421.	1079.	534
1955	1185.	1253.	889.	1083.	339.	283.	198.	163.	151.	260.	486.	1872.	609
1956	1007.	462.	1170.	1496.	460.	317.	198.	164.	136.	222.	390.	934.	1092
1957	2557.	2281.	2673.	2106.	820.	447.	313.	229.	206.	235.	390.	730.	829
1958	1213.	2545.	1389.	1481.	860.	395.	219.	192.	141.	276.	552.	558.	879
1959	3513.	1545.	1583.	336.	393.	312.	219.	170.	171.	237.	560.	1191.	1070
1960	1746.	2783.	2790.	1578.	692.	471.	252.	255.	170.	245.	560.	619.	1727
1961	1640.	2004.	1381.	1822.	750.	341.	222.	216.	147.	204.	323.	619.	674
1962	1011.	1203.	1465.	707.	485.	299.	225.	170.	127.	117.	480.	1611.	504
1963	1312.	1401.	879.	578.	395.	267.	205.	157.	127.	117.	288.	1227.	877
1964	2079.	2241.	1116.	1371.	585.	348.	263.	194.	141.	290.	697.	1227.	781
1965	11143.	1233.	1417.	1387.	713.	473.	327.	241.	182.	548.	835.	901.	915
1966	11118.	3025.	1989.	1086.	558.	495.	351.	266.	225.	391.	486.	928.	619
1967	879.	1202.	1989.	1957.	558.	355.	263.	194.	153.	204.	486.	928.	619
1968	826.	1508.	2650.	1135.	636.	445.	291.	254.	239.	357.	689.	1578.	839
1969	985.	1942.	1605.	1801.	642.	455.	291.	236.	201.	251.	1066.	1612.	839
1970	2902.	1994.	1605.	1008.	676.	520.	365.	283.	273.	475.	1802.	1948.	1009
1971	552.	609.	742.	1793.	410.	226.	365.	172.	170.	345.	1142.	1328.	566
1972	807.	941.	1134.	988.	494.	323.	243.	195.	170.	405.	683.	1732.	670
1973	1227.	1225.	1764.	1599.	659.	461.	296.	304.	266.	707.	995.	1211.	900
1974	1999.	1021.	2345.	1862.	1004.	632.	451.	334.	266.	377.	545.	741.	981
1975	908.	1165.	762.	1050.	539.	296.	268.	211.	148.	316.	624.	620.	572
1976	604.	885.	1103.	1702.	491.	296.	229.	193.	198.	266.	914.	1366.	595
1977	1878.	2873.	1019.	1240.	657.	454.	342.	370.	235.	400.	527.	1077.	936
1978	2327.	2455.	2493.	1439.	866.	631.	503.	370.	287.	400.	479.	975.	1114
1979	3831.	4349.	2010.	1153.	956.	631.	501.	370.	389.	177.	427.	752.	1200
1980	2971.	5071.	3024.	1835.	1134.	764.	612.	511.	389.	402.	735.	1076.	1018
1981	2293.	1313.	1446.	1200.	905.	618.	612.	511.	419.	405.	1311.	1076.	1018
1982	3718.	2177.	2039.	1430.	528.	660.	640.	452.	402.	483.	574.	601.	1165
MAX	3718	5072	4247	1875	1876	1078	785	596	567	621	1690	3365	5072
MED	1626	1875	1763	1244	646	478	323	240	237	370	685	1137	987
MIN	466	452	1507	496	314	224	170	134	106	102	236	429	102

A N E X O 9

GRUPO 14.3

RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE

USINA DE CANA-BRAGA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS

BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - N. A. ELEVACAO 333

CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA

BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDEIRO

DATA BASE : JUN/87

US\$ 1 = Czs 39.90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (Czs)	QUANTIDADES
			TOTALS (Czs X 1000)	
.10	TERRENOS E SERVIÇOS			
.10.10	Aquisicao de Terras e Benefeitorias			
.10.11	Terenos e Propriedades Rurais	ha	26.610,00	13.800
.10.11.10	Terenos			367.218
.10.12	Despesas Legais e de Aquisicao	Z		15
.10.13	Outros Custos	Z		3
.10.11	RELOCACOES			
.11.14	Estradas de Rodagem	Km	8.655.349,00	65
.11.16	Pontes	m	281.868	110
.11.13	Outros Custos	Z		3
Sub-Total da Conta .10				1.006.209
.10.27	Eventuais da Conta .10	Z		15
TOTAL DA CONTA .10				1.157.141



QUADRO 14.3
 RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE
 ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 USINA DE CANA-BRAVA - ESTUO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 BARRAGEM DE TERRO ELEVACAO 336 - M. A. ELEVACAO 333
 CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA
 BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDEIRO

DATA BASE : JUN/87
 US\$ 1 = C\$ 39,90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES
			TOTALS (C\$ X 1000)	
.11	ESTRUTURAS E OUTRAS BENEFICORIAS			
.11.12	Beneficorias na Area da Usina	vb		82,610
.11.13	Casa de Forca			
.13.00.12	Escavacao	m3	94,00	33,070
.13.00.12.10	Escavacao Comum			
.13.00.12.11	Escavacao em Rocha a Ceu Aberto	m3	368,00	24,917
	.Rocha Alterada	m3	570,00	127,395
	.Rocha Sa			
.13.00.13	Limpeza e Tratamento de Fundacao	m2	297,00	1,111
	.Limpeza			
.13.00.14	Concreto	t	5,037,00	136,402
.13.00.14.13	Cimento	m3	3,296,00	297,563
.13.00.14.14	Concreto sem Cimento	t	51,170,00	462,065
.13.00.14.15	Armadura			
.13.00.15	Instalacoes e Acabamentos	91		105,256
.13.00.16	Instrumentacao de Controle	91		3,584
.11.14	Vila dos Operadores	91		48,960
.11.26	Sub-Total da Conta .11			1,292,972
.11.27	Eventuais da Conta .11	X		193,946
	TOTAL DA CONTA .11			1,486,918

QUADRO 14.3
 RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE
 USINA DE CANA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESUFO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA
 BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEGEDURO
 CAPACIDADE NOMINAL 3 X 140 MW
 US\$ 1 = C\$ 39,90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES TOTALS (C\$ X 1000)
.12	RESERVATORIO, BARRAGENS E ADUTORAS			
.12.15	Reservatorio			
.15.00.18	Limpeza de Reservatorio	ha	40.000,00	74,000
.15.00.21	Impacto Ecologico	vb	1,870	9,430
Sub-Total da Conta .12.15				84,230

QUADRO 14.3
 RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE
 USINA DE CANA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - R. A. ELEVACAO 333
 CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA
 BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDOURO

DATA BASE : JUN/87
 US\$ 1 = C\$ 39,90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA		TOTALS (C\$ X 1000)
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES	
.12.16	Desvio do Rio				
.16.23	Tonel de Desvio				
.16.23.12	Escavacao	m3	94,00	988,060	92,878
.16.23.12.10	Escavacao Comum	m3	388,00	367,250	113,113
.16.23.12.11	Escavacao em Rocha a Ceu Aberto - Rocha Alterada - Rocha Sa	m3	570,00	229,790	130,980
.16.23.12.12	Escavacao Subterranea em Rocha	m3	1,153,00	44,130	50,882
.16.23.13	Limpeza e Tratamento de Fundacao - Limpeza - Intervencoes Sistematicas-Chuabadores	m2 91	297,00	14,080	4,182
.16.23.14	Concreto	t	5,037,00	2,670	13,449
.16.23.14.13	Cimento	m3	3,296,00	8,900	29,334
.16.23.14.14	Concreto sem Cimento	t	51,170,00	540	27,632
.16.23.23	Equipamento de Fechamento				
.16.23.23.16	Comporta Vagao	vb			12,240
.16.23.23.16.10	Custo FOB	vb			1,140
.16.23.23.16.11	Transporte e Seguro	vb			2,350
.16.23.23.16.12	Montagem e Teste				
Sub-Total da Conta .12.16.23					479,080
-Obras Civis					463,350
-Equipamentos					15,730



QUADRO 14.3
 PEQUENO PLANO DE VIABILIDADE
 USINA DE DAMA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA
 CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDOURO

DATA BASE : JUN/87
 US\$ 1 = C\$ 39,90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES
			TOTALS (C\$ X 1000)	
.12.17	Barragens e Diques			
.17.25	De Terra e Enrocamento			
a) Barragem Principal, Ensecadeira e Pré-Ensecadeira Incorporadas				
.17.25.12	Escavacao	m3	94.00	1,439,470
.17.25.12.10	Escavacao Comum	m3	98.00	99,000
.17.25.13	Dragagem			
	Limpeza e Tratamento de Fundacao			
	.Limpieza	m2	148.00	289,390
	.Tratamento	g1		4,400
	.Esgotamento	g1		17,100
.17.25.24	Solo Compactado			
	.De Escavacao Obrigatoria	m3	25.00	587,000
	.De Emprestimo	m3	253.00	988,000
	.De Pilha de Estoque	m3	168.00	1,760,000
.17.25.25	Enrocamento de Rocha Sa			
	.De Escavacao Obrigatoria	m3	51.00	301,000
	.De Pilha de Estoque	m3	197.00	890,000
.17.25.26	Enrocamento de Rocha Alterada			
	.De Escavacao Obrigatoria	m3	41.00	142,000
	.De Pilha de Estoque	m3	180.00	430,000
.17.25.29	Transicoes			
	.De Escavacao Obrigatoria	m3	41.00	55,000
	.De Pilha de Estoque	m3	295.00	150,000
.17.25.30	Filtro Vertical			
.17.25.31	Tapete Horizontal			
		m3	594.00	32,670
		m3	585.00	145,000
.17.25.17	Outros Custos	g1		94,940
Sub-Total da Conta .12.17.25.a				1,300,380



QUADRO 14.3
 RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE
 USINA DE CANA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - N. A. ELEVACAO 333
 CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OBRHEIRA ESQUERDA
 BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDOURO

DATA BASE : JUN/87
 US\$ 1 = C\$ 39,90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES TOTAIS (C\$ X 1000)
b) Barragem Secundaria				
.17.25.12	Escavacao	m3	94,00	551,000
.17.25.12.10	Escavacao Comum			51,794
.17.25.13	Limpeza e Tratamento de Fundacao	m2	148,00	28,950
	.-Limpeza	g1		4,000
	.-Tratamento			
.17.25.24	Protecao de Talude	m2	106,00	97,000
	.-Plantio de Grama			9,700
	Solo Compactado			
	.-De Escavacao Obrigatoria	m3	25,00	700,000
	.-De Emprestio	m3	253,00	255,000
	.-De Pilha de Estoque	m3	168,00	38,976
.17.25.25	Enrocamento de Rocha Sa	m3	51,00	17,850
	.-De Escavacao Obrigatoria	m3	197,00	33,293
.17.25.29	Transicao de Rocha Alterada	m3	41,00	4,756
.17.25.30	Filtro Vertical	m3	594,00	26,136
.17.25.31	Tapete Horizontal	m3	585,00	70,785
	Outros Custos	g1		94,940
Sub-total da Conta .12.17.25.b				463,195





QUADRO 14.3
 RELATÓRIO FINAL DE VIABILIDADE
 USINA DE CANA-BrAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - N. A. ELEVACAO 333
 CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA
 BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTECUREO

DATA BASE : JUN/87
 US\$ 1 = C\$ 39,94

C O N T A B E I L	D E S C R I C A O	UNID.	A L T E R N A T I V A S E L E C I O N A D A	
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES
			TOTAIS (C\$ X 1000)	
.12.18	Vertedouros, Canais de Aproximacao e Restituicao			
.18.28.12	Escavacao	m3	94.00	1,454,610
.18.28.12.10	Escavacao Comum			136,733
.18.28.12.11	Escavacao em Rocha a Ceu Aberto	m3	388.00	924,690
	.Rochas	m3	578.00	488,300
.18.28.13	Limpeza e Tratamento de Fundacao	m2	297.00	29,170
	.Limpeza			8,663
.18.28.14	Concreto	t	5,037.00	31,713
.18.28.14.13	Concreto sem Cimento	m3	3,296.00	107,500
.18.28.14.14	Concreto com Cimento	t	51,170.00	7,525
.18.28.14.15	Armadura			385,054
.18.28.23	Equipamentos			
.18.28.23.16	Comportas	vb		166,980
.18.28.23.16.10	Custo FOB	vb		15,720
.18.28.23.16.11	Transporte e Seguro	vb		36,660
.18.28.23.16.12	Montagem e Teste	vb		47,070
.18.28.23.17	Stenops	vb		7,830
.18.28.23.17.10	Custo FOB	vb		15,210
.18.28.23.17.11	Transporte e Seguro	vb		7,670
.18.28.23.17.12	Montagem e Teste	vb		530
.18.28.23.20	Guindaste Portico	vb		1,330
.18.28.23.20.10	Custo FOB	vb		3,596
.18.28.23.20.11	Transporte e Seguro	vb		34,119
.18.28.23.20.12	Montagem e Teste	vb		
.18.28.16	Instrumentacao de Controle	sl		
.18.28.17	Outros Custos	sl		
Sub Total				1,640,800
.Obras Civis				299,000
.Equipamentos				

QUADRO 14.3

RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE

USU: A-BRVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIGATIVA L. 32705

BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - N. A. ELEVACAO 333

CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E RESERVOIRIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA

BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDEIRO

DATA BASE : JUN/87

US\$ 1 = Czs 39,94

C O M O	D E S C R I C A O	UNID.	A L T E R N A T I V A S E L E C I O N A D A		
			CUSTO UNITARIO (Czs)	QUANTIDADES	TOTAIS (Czs X 1000)
.12.19	Tomada d'Agua				
.19.30	Tomada d'Agua				
.19.30.12	Escavacao	m3	94,00	51,190	4,812
.19.30.12.10	Escavacao Comum				
.19.30.12.11	Escavacao em Rocha a Ceu Aberto	m3	308,00	129,730	40,818
	Rocha Alterada				
	,PC				
.19.30.13	Limpeza e Tratamento de Fundacao				
.19.30.14	Limpeza	m2	297,00	6,330	1,880
.19.30.14.13	Concreto	t	5,037,00	17,050	85,881
.19.30.14.14	Cimento	m3	3,296,00	77,480	255,374
.19.30.14.15	Concreto sem Cimento	t	51,170,00	5,420	277,341
.19.30.23	Equipamentos				
.19.30.23.16	Comporta	vb			44,370
.19.30.23.16.10	Custo FOB	vb			4,390
.19.30.23.16.11	Transporte e Seguro	vb			9,260
.19.30.23.16.12	Montagem e Teste	vb			
.19.30.23.17	Stoplogs	vb			9,170
.19.30.23.17.10	Custo Fob	vb			1,500
.19.30.23.17.11	Transporte e Seguro	vb			2,910
.19.30.23.17.12	Montagem e Teste	vb			
.19.30.23.20	Portico	vb			26,630
.19.30.23.20.10	Custo FOB	vb			1,820
.19.30.23.20.11	Transporte e Seguro	vb			4,580
.19.30.23.20.12	Montagem e Teste	vb			
.19.30.23.20	Grades e Limpa-Grades	vb			22,260
.19.30.23.20.10	Custo FOB	vb			4,680
.19.30.23.20.11	Transporte e Seguro	vb			8,560
.19.30.23.20.12	Montagem e Teste	vb			
.19.30.16	Instrumentacao de Controle	vb			3,815
.19.30.17	Outros Custos	g1			41,537
	Sub-Total da Conta				971,274
	Obras Civis				831,744
	Equipamentos				139,530



QUADRO 14.3

RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE

USINA DE CAMA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS

BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - M. A. ELEVACAO 333

CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA

BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDOURO

DATA BASE : JUN/07
US\$ 1 = C\$ 39,90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES
			TOTALS (C\$ X 1000)	
.12.19.31	Canal de Aducao			
.19.31.12	Escavacao	m3	94,00	363,410
.19.31.12.10	Escavacao Comum			
.19.31.12.11	Escavacao em Rocha a Ceu Aberto	m3	308,00	401,880
	.Rocha Alterada	m3	578,40	338,890
	.Rocha Sa			
Sub-Total da Conta .12.19.31				352,907

QUADRO 14.3

RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE

USINA DE CANA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS

800 - M. A. ELEVACAO 333

CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA

BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDEIRO

CONTA	DESCRICO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES
			TOTALS (C\$ X 1000)	
.12.19.34	Condoto Forcado			
.19.34.23.23	Tubulacao Forcada	vb		41.780
.19.34.23.23.10	Custo FOB	vb		10.970
.19.34.23.23.11	Transporte e Seguro	vb		25.070
.19.34.23.23.12	Montagem e Teste	vb		
Sub-Total da Conta .12.19.34				77.820
.Obras Civas				0
.Equipamentos				77.820

QUADRO 14.3

RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE
 USINA DE CANA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - N. A. ELEVACAO 333
 CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA
 BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDOURO

DATA BASE : JUN/87
 US\$ 1 = C\$ 39,98

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA		TOTALS (C\$ X 1000)
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES	
.19.35	Canal de Fuga				
.19.35.12	Escavacao	m3	94,00	398,610	37,469
.19.35.12.10	Escavacao Comu				
.19.35.12.11	Escavacao em Rocha a Ceu Aberto	m3	308,00	334,398	102,992
	.Rocha Alterada	m3	570,00	788,630	403,919
	.Rocha Sa				
	Sub-Total da Conta .12.19.35				544,381
.12.20	Energia Eletrica para Concreto	91			9,200
	Sub-Total da Conta .12				6,222,346
	.Obras Civis				5,699,266
	.Equipamentos				532,880
.12.27	Eventuais da Conta .12				
	.Eventuais sobre Obras Civis	15			853,540
	.Eventuais sobre Equipamentos	10			53,208
	TOTAL DA CONTA .12				7,129,894

QUADRO 14.3

RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE

USINA DE CANA-BRANCA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS

BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - N. A. ELEVACAO 333

CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA

BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDOURO

DATA BASE : JUN/87
US\$ 1 = C\$ 39,90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (C\$)	TOTALS (C\$ X 1000)
.13	TURBINAS E GERADORES			
.13.13.00.23.28	Turbinas	vb		1.846,560
.13.00.23.28.10	Custo FOB	vb		40,790
.13.00.23.28.11	Transporte e Seguro	vb		139,870
.13.00.23.28.12	Montagem e Teste	z	3	60,817
.13.00.23.28.13	Outros Custos			
.13.00.23.16	Stoplogs do Tubo de Succao			
.13.00.23.16.10	Custo FOB	vb		95,940
.13.00.23.16.11	Transporte e Seguro	vb		7,200
.13.00.23.16.12	Montagem e Teste	vb		13,980
.13.00.23.16.13	Outros Custos	z	3	3,514
.13.00.23.20	Guindaste para Operacao dos Stoplogs do Tubo de Succao			
.13.00.23.20.10	Custo FOB	vb		5,420
.13.00.23.20.11	Transporte e Seguro	vb		380
.13.00.23.20.12	Montagem e Teste	vb		950
.13.00.23.20.13	Outros Custos	z	3	203
.13.00.23.29	Geradores			
.13.00.23.29.10	Custo FOB	vb		1,907,030
.13.00.23.29.11	Transporte e Seguro	vb		45,640
.13.00.23.29.12	Montagem e Teste	vb		208,660
.13.00.23.29.13	Outros Custos	z	3	64,840
Sub-Total da Conta .13				4,441,793
.13.27	Eventuais da Conta .13	z	10	444,179
TOTAL DA CONTA .13				4,885,972

QUADRO 14.3

RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE

USINA DE CIMA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS

BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA

CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDEIRO

DATA BASE : JUN/87
US\$ 1 = Cz\$ 39,90

C O N T A	D E S C R I C A O	U N I D.	A L T E R N A T I V A S E L E C I O N A D A	
			C U S T O U N I T A R I O (Cz\$)	Q U A N T I D A D E S
			T O T A L S (Cz\$ X 1000)	
.14	EQUIPAMENTOS ELETRICOS ACESSORIOS			
	Costo FOB	vb		275,920
	Transporte e Seguro	vb		27,590
	Montagem e Teste	vb		42,720
	Outros Custos	X	3	10,387
	Sub-Total da Conta .14			356,617
.14.27	Eventuais da Conta .14	X	10	35,662
	TOTAL DA CONTA .14			392,279

PAGINA : 14 / 16

ESTADO : 20-1-1987

I/IE/SA/ - INTERNACIONAL DE ENGENHARIA S. A.

QUADRO 14.3
 RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE
 USINA DE CAMA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS
 B:
 CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA
 BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDOURO

 DATA BASE : JUN/87
 US\$ 1 = CZ\$ 39,98

C O N T A	D E S C R I C A O	UNID.	A L T E R N A T I V A S E L E C I O N A D A	
			C U S T O U N I T A R I O (CZ\$)	Q U A N T I D A D E S
			T O T A I S (CZ\$ X 1000)	
.15	DIVERSOS EQUIPAMENTOS DA USINA			
.15.13.00.23.20	Ponte Rolante	vb		43,240
.13.00.23.20.10	Custo FOB	vb		2,870
.13.00.23.20.11	Transporte e Seguro	vb		9,850
.13.00.23.20.12	Montagem e Teste	z	3	1,679
.13.00.23.20.13	Outros Custos			
Sub-Total da Conta .15				57,639
.15.27	Eventuais da Conta .15	z	10	5,764
TOTAL DA CONTA .15				63,403
CUSTO DIRETO TOTAL				15,114,886

BUANÇO 14.3

REC:

USINA DE CANA-BRAVA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS

A. ELEVAÇÃO 333

B. CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA ONDEFERA ESQUERDA

BARRAGEM SECUNDARIA COM VEREDOURO

DATA BASE : JUN/87

US\$ 1 = C\$ 37,90

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA		TOTALS (C\$ X 1000)
			CUSTO UNITARIO (C\$)	QUANTIDADES	
.17	CUSTOS INDIRETOS				
.17.21	Canteiro e Acaampamento				
.21.38	Construcoes do Canteiro e Acaampamento	vb			815,317
.21.38.37	Outros Custos	z		5	49,766
.21.39	Manutencao e Operacao do Canteiro e Acaampamento	vb			247,115
.17.22	Engenharia e Administracao do Proprietario				
.22.40	Engenharia	vb			981,933
.22.41	Administracao do Proprietario	vb			1,923,452
	Sub-Total da Conta .17				4,009,583
.17.27	Eventuais da Conta .17	z		15	601,287
	TOTAL DA CONTA .17				4,609,870

QUADRO 14.3

RELATORIO FINAL DE VIABILIDADE

USINA DE CIMA-BRAGA - ESTUDO DA ALTERNATIVA SELECIONADA - ESTIMATIVA DE CUSTOS

BARRAGEM DE TERRA ELEVACAO 336 - M. A. ELEVACAO 333

CAPACIDADE NOMINAL 3 X 160 MW - BARRAGEM PRINCIPAL COM CASA DE FORÇA E DESVIO DO RIO NA OMBREIRA ESQUERDA

BARRAGEM SECUNDARIA COM VERTEDOURO

DATA BASE : JUN/67

US\$ 1 = Cz\$ 39,98

CONTA	DESCRICAO	UNID.	ALTERNATIVA SELECIONADA	
			CUSTO UNITARIO (Cz\$)	QUANTIDADES
			TOTAIS (Cz\$ X 1000)	
	CUSTO TOTAL SEM JUROS		59.724,676	
.18	JUROS DURANTE A CONSTRUCAO	Z	4.733,922	24
	CUSTO TOTAL COM JUROS			24.458,598

A N E X O 10



APROVEITAMENTO	DE 1991 A 2000				DE 1991 A 2000				TOTAL	
	ENERGIA GERA		ENERGIA PERDIDA		ENERGIA GERA		ENERGIA PERDIDA			
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh		
200	300	260	1107	51	610	50	1107	1000	300	SANTA CRUZ
210	300	220	1430	48	320	60	1430	1000	290	PANA DE AZÚCAR
215	300	25	101	40	157	100	101	1000	300	PARAIPUNA
220	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
225	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
230	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
235	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	CALITELIA
240	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	RESOLDO
245	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
250	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
255	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
260	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
265	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
270	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
275	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
280	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
285	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
290	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
295	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
300	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
305	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
310	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
315	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
320	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
325	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
330	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
335	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
340	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
345	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
350	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
355	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
360	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
365	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
370	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
375	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
380	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
385	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
390	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
395	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
400	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
405	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
410	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
415	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
420	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
425	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
430	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
435	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
440	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
445	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
450	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
455	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
460	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
465	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
470	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
475	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
480	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
485	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE
490	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	SANTA ANA
495	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	TRAPICHA
500	300	25	120	40	137	80	120	1600	300	ALTO GRANDE

APROVEITAMENTO		ENERGIA MEDIA		CAPAC. COMTA		FAT. CAP		ENERGIA MEDIA		FAT. CAP		ENERGIA MEDIA		FAT. CAP		APROVEITAMENTO	
PROJ. 100% SIMULADO		PROJ. 100% SIMULADO		PROJ. 100% SIMULADO		PROJ. 100% SIMULADO		PROJ. 100% SIMULADO		PROJ. 100% SIMULADO		PROJ. 100% SIMULADO		PROJ. 100% SIMULADO		PROJ. 100% SIMULADO	
JAN. DE 1991 A DEZ. DE 1990		JAN. DE 1991 A DEZ. DE 1990		JAN. DE 1991 A DEZ. DE 1990		JAN. DE 1991 A DEZ. DE 1990		JAN. DE 1991 A DEZ. DE 1990		JAN. DE 1991 A DEZ. DE 1990		JAN. DE 1991 A DEZ. DE 1990		JAN. DE 1991 A DEZ. DE 1990		JUN. DE 1990 A DEZ. DE 1995	
NO. PAC	ENERGIA MEDIA	FAT. CAP	ENERGIA MEDIA	FAT. CAP	ENERGIA MEDIA	FAT. CAP	ENERGIA MEDIA	FAT. CAP	ENERGIA MEDIA	FAT. CAP	ENERGIA MEDIA	FAT. CAP	ENERGIA MEDIA	FAT. CAP	ENERGIA MEDIA	FAT. CAP	NO. PAC
487	102	49	5	200	05	112	110	52	110	52	110	52	110	52	110	52	607
024	514	43	14	1265	07	167	561	47	561	47	561	47	561	47	561	47	024
025	262	43	14	1265	07	167	561	47	561	47	561	47	561	47	561	47	025
026	190	45	32	200	100	201	206	53	206	53	206	53	206	53	206	53	026
029	125	45	32	175	06	131	132	53	132	53	132	53	132	53	132	53	029
030	224	44	30	220	06	130	132	52	132	52	132	52	132	52	132	52	030
031	1007	44	30	220	06	130	132	44	132	44	132	44	132	44	132	44	031
032	1206	43	16	165	05	120	129	43	129	43	129	43	129	43	129	43	032
001	29	54	24	54	100	33	33	49	33	49	33	49	33	49	33	49	001
002	29	54	24	54	100	33	33	49	33	49	33	49	33	49	33	49	002
006	325	58	37	1272	00	470	410	47	410	47	410	47	410	47	410	47	006
007	217	58	37	1272	00	470	410	47	410	47	410	47	410	47	410	47	007
008	361	40	33	1103	00	45	409	45	409	45	409	45	409	45	409	45	008
009	340	40	33	1103	00	45	409	45	409	45	409	45	409	45	409	45	009
010	740	70	63	1407	05	44	427	61	427	61	427	61	427	61	427	61	010
011	232	61	31	971	00	174	175	60	175	60	175	60	175	60	175	60	011
012	200	61	31	971	00	174	175	60	175	60	175	60	175	60	175	60	012
014	200	61	31	971	00	174	175	60	175	60	175	60	175	60	175	60	014
015	41	55	24	109	100	104	106	43	106	43	106	43	106	43	106	43	015
016	60	55	24	109	100	104	106	43	106	43	106	43	106	43	106	43	016
017	13	55	24	109	100	104	106	43	106	43	106	43	106	43	106	43	017
018	813	60	50	1461	00	73	759	45	759	45	759	45	759	45	759	45	018
019	813	60	50	1461	00	73	759	45	759	45	759	45	759	45	759	45	019
020	6	48	1	142	00	42	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	020
021	6	48	1	142	00	42	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	021
022	70	46	4	250	00	43	44	40	44	40	44	40	44	40	44	40	022
023	140	46	4	250	00	43	44	40	44	40	44	40	44	40	44	40	023
044	2091	44	16	167	100	130	134	44	134	44	134	44	134	44	134	44	044
045	2063	47	16	167	100	130	134	44	134	44	134	44	134	44	134	44	045
046	1050	47	16	167	100	130	134	44	134	44	134	44	134	44	134	44	046
047	1050	47	16	167	100	130	134	44	134	44	134	44	134	44	134	44	047
048	101	44	4	39	100	47	46	44	46	44	46	44	46	44	46	44	048
049	101	44	4	39	100	47	46	44	46	44	46	44	46	44	46	44	049
050	110	44	4	39	100	47	46	44	46	44	46	44	46	44	46	44	050
051	127	44	4	39	100	47	46	44	46	44	46	44	46	44	46	44	051
052	207	45	4	500	100	102	107	40	107	40	107	40	107	40	107	40	052

VALORES MEDIOS DURANTE A SIMULACAO

APROVEITAMENTO	DETERMINADO SIMULACAO JAN DE 1931 A DEZ DE 1990				DETERMINADO CONTINUA JUN DE 1948 A DEZ DE 1955				APROVEITAMENTO
	ENERGIA MEDIA	FAT CAP	ENERGIA MEDIATA	FAT CAP	ENERGIA MEDIA	FAT CAP	ENERGIA MEDIATA	FAT CAP	
	MW MED	%	MW MED	%	MW MED	%	MW MED	%	
062 ROSAMA	174	54	170	100	152	47	152	100	062 ROSAMA
065 ILHA SPANDE	1292	66	1298	100	1115	56	1115	100	065 ILHA SPANDE
074 FOZ DO AREIA	876	40	1263	100	1190	37	1263	100	074 FOZ DO AREIA
077 SALTIC SANTIA	21	4	1247	83	619	34	1247	86	077 SALTIC SANTIA
078 SALTIC OSORIO	21	4	1247	100	750	42	1247	100	078 SALTIC OSORIO
081 SALTIC CAXIAS	531	25	1207	100	500	40	1207	100	081 SALTIC CAXIAS
089 MANSO	85	4	108	100	808	50	108	100	089 MANSO
264 CAMPOS NOVO	201	41	475	100	200	42	475	100	264 CAMPOS NOVO
272 MACHADO INHC	543	45	1167	100	561	47	1167	100	272 MACHADO INHC
275 ITA	103	49	1617	100	767	47	1617	100	275 ITA
288 PASSO FUNDO	103	49	1617	100	103	49	1617	100	288 PASSO FUNDO
116 FORTI CHAPECOZ	289	48	1900	100	171	40	1900	100	116 FORTI CHAPECOZ
118 CUBANGA	289	48	1900	100	103	40	1900	100	118 CUBANGA
115 PASSEIO DE S	121	49	252	100	164	40	252	100	115 PASSEIO DE S
111 PASSEIO REAL	117	65	176	100	126	70	176	100	111 PASSEIO REAL
1112 JACUT	117	65	176	100	126	70	176	100	1112 JACUT
1114 ITAIPA	173	59	290	100	176	61	290	100	1114 ITAIPA
D. FRANCISCA	173	59	290	100	176	61	290	100	D. FRANCISCA
TOTAL HIDRO	4298	56	74120	97	40137	53	40000	53	TOTAL HIDRO
PEQUENAS	398	57			398	57			PEQUENAS
1 CARVAC B	652	42			641	60			1 CARVAC B
3 CARVAC S	0	0			0	0			3 CARVAC S
4 OFESL	2030	62			2030	77			4 OFESL
5 NUCLECAP	595	50			595	84			5 NUCLECAP
PASE									PASE
TOTAL TERMIC	4009	61			4074	74			TOTAL TERMIC
TOTAL GERAL	47405	57			45761	54			TOTAL GERAL
DEFICIT	1				11				DEFICIT



VALORES MEDIOS QUANTO A CATEGORIA SPULCADA (JUNHO DE 1991 A SET DE 1992)

APROVEITAMENTO	VAZÃO		DESCARGA		DESCARGA		DESCARGA		VOLUME		CAPAC		DEBITO IV		APROVEITAMENTO
	ME/S	M3/S	TURB	ME/S	ME/S	ME/S	ME/S	ME/S	M	M	M	M	M	M3/S	
209 SERVA DA MES	807	0	709	65	902	82	2	455	324	0	324	0	0	209	SERVA DA MES
211 CANA BRAVA	875	0	747	68	350	82	0	457	367	0	367	0	0	211	CANA BRAVA
212 FCO7 REFEICAO	343	0	309	71	350	82	0	411	307	0	307	0	0	212	FCO7 REFEICAO
215 SAN DE BENTIMONS	413	0	443	73	1720	91	6	285	270	0	270	0	0	215	SAN DE BENTIMONS
218 PAXEIRAS	1720	0	1520	170	1377	91	6	285	270	0	270	0	0	218	PAXEIRAS
219 POUJOLOS	3377	0	3082	420	3507	95	5	310	275	0	275	0	0	219	POUJOLOS
2232 LA JARDINA	2955	0	3082	420	3507	95	5	310	275	0	275	0	0	2232	LA JARDINA
2236 SANTO ANTONI	4813	0	4087	727	4813	0	0	176	140	0	140	0	0	2236	SANTO ANTONI
2244 CRUZA MAGALH	222	0	181	7	221	0	0	145	100	0	100	0	0	2244	CRUZA MAGALH
2245 SANTA ISABEL	5151	0	3862	40	5151	0	0	466	274	0	274	0	0	2245	SANTA ISABEL
2355 TRUCURU JOTAS	11016	0	9002	3012	11016	0	0	161	90	0	90	0	0	2355	TRUCURU JOTAS
1196 CAMONCA	643	0	116	24	147	0	0	71	70	0	70	0	0	1196	CAMONCA
1134 GALILEIA	116	0	500	124	723	0	0	330	270	0	270	0	0	1134	GALILEIA
1141 PESQUEIRO	786	0	500	124	723	0	0	330	270	0	270	0	0	1141	PESQUEIRO
1143 ATACOBES	886	0	500	124	723	0	0	330	270	0	270	0	0	1143	ATACOBES
1144 MASCABUMAS	886	0	500	124	723	0	0	330	270	0	270	0	0	1144	MASCABUMAS
120 JAGUAPI	26	0	28	1	26	0	0	0	0	0	0	0	0	120	JAGUAPI
121 PARATOPUA	60	0	51	7	20	0	0	10	60	0	60	0	0	121	PARATOPUA
122 SANTA BRANCA	80	0	51	7	20	0	0	10	60	0	60	0	0	122	SANTA BRANCA
123 EDUARD BRANCA	233	0	200	13	233	0	0	67	40	0	40	0	0	123	EDUARD BRANCA
125 SANTA CECILIA	296	0	241	15	296	0	0	57	34	0	34	0	0	125	SANTA CECILIA
127 ENFACA	12	0	41	4	12	0	0	5	0	0	0	0	0	127	ENFACA
129 BUCADAI	96	0	75	1	96	0	0	27	10	0	10	0	0	129	BUCADAI
1299 SUBCATA	276	0	176	0	276	0	0	76	40	0	40	0	0	1299	SUBCATA
200 SANTA	142	0	84	4	142	0	0	41	16	0	16	0	0	200	SANTA
300 SAO JACATA	142	0	84	4	142	0	0	41	16	0	16	0	0	300	SAO JACATA
301 SIAPLICIO	423	0	160	2	423	0	0	117	30	0	30	0	0	301	SIAPLICIO

VALORES MENSIS QUANTO O DEBITO SIMILAR (JUN DE 1971 A DEZ DE 1980)

APROVEITAMENTO	VAZÃO		DESAFUAÇÃO		VOLUME		CANAL		MUNICÍPIO		APROVEITAMENTO	
	M ³ /S	EVÃO	M ³ /S	VERTICA	M ³ /S	UTIL	M ³ /S	RUÇA	RUÇA	DEBITO IV		
	M ³ /S	M ³ /S	M ³ /S	M ³ /S	M ³ /S	M ³ /S	M	M	M	M ³ /M ³ /S		
340	424	0	619	65	494	0	102	63	39	0	317	340
306	667	0	503	74	652	0	35	0	12	0	330	306
302	119	0	151	0	152	0	309	0	70	0	353	302
304	173	0	173	0	173	0	96	4	38	0	302	304
432	168	0	168	10	168	0	744	0	47	0	204	432
025	282	0	259	12	291	8	459	4	112	0	640	025
029	332	0	332	17	332	0	909	6	606	7	1073	029
027	342	0	302	36	367	0	421	6	116	0	511	027
020	448	0	369	70	448	0	514	4	51	0	337	020
031	449	0	449	40	449	0	514	4	51	0	337	031
033	1541	0	1400	107	1541	0	433	1	401	4	205	033
001	122	0	122	11	122	0	112	6	06	0	370	001
002	131	0	123	8	131	0	112	6	06	0	370	002
005	07	0	85	46	07	0	365	4	47	0	281	005
008	1001	0	882	101	1001	0	665	4	47	0	543	008
010	1021	0	882	141	1021	0	665	4	47	0	543	010
011	1065	0	852	147	1065	0	517	6	51	0	340	011
012	1115	0	1000	115	1115	0	466	5	44	0	330	012
015	1242	0	1113	125	1242	0	466	5	44	0	330	015
016	86	0	78	7	86	0	866	0	57	0	759	016
019	1742	0	1631	110	1742	0	445	0	44	0	272	019
037	1345	0	1345	15	1345	0	445	0	44	0	272	037
039	341	0	341	10	341	0	445	0	44	0	272	039

VALORES MÓDIO DURANTE O PERÍODO SIMULADO (JUN DE 1991 A DEZ DE 1991)

APROVEITAMENTO	VAZÃO AÉL. M3/S		DESAFUAÇÃO VERTICA M3/S		DESAFUAÇÃO HORIZONTAL M3/S		VOLUME UTILIZADO M3		NÍVEL RESERVA M3		CANAL DE ESCURRIMENTO M3		MÉDIA DE OCUPIÇÃO M3		APROVEITAMENTO
	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	
039 IBITINGA	455	407	47	455	0	407	0	0	404	284	19	0	0	039 IBITINGA	
040 PEOMIRSAO	568	571	77	568	0	571	0	0	193	284	15	0	0	040 PEOMIRSAO	
042 NOVA AVANHAN	612	571	47	612	0	571	0	0	357	277	46	0	0	042 NOVA AVANHAN	
044 ILHA SELVEIA	587	516	47	587	0	516	0	0	357	277	46	0	0	044 ILHA SELVEIA	
045 JUPIA PRIMAV	590	6406	586	590	0	6406	0	0	289	150	70	0	0	045 JUPIA PRIMAV	
047 PORTO PITIM	6688	101	12	6688	0	101	0	0	567	237	134	0	0	047 PORTO PITIM	
048 JAVANTES	301	148	19	301	0	148	0	0	284	266	16	0	0	048 JAVANTES	
050 LUCAS GARCEZ	425	323	52	425	0	323	0	0	325	266	16	0	0	050 LUCAS GARCEZ	
051 CANAS	986	1000	86	986	0	1000	0	0	317	266	46	0	0	051 CANAS	
061 CAPIVAPUCU	1040	1071	50	1040	0	1071	0	0	357	277	46	0	0	061 CAPIVAPUCU	
062 ROSAMA	826	826	79	826	0	826	0	0	357	277	46	0	0	062 ROSAMA	
065 ILHA GRANDE	826	930	47	826	0	930	0	0	230	304	18	0	0	065 ILHA GRANDE	
067 FOZ DO AREIA	612	623	36	612	0	623	0	0	37	504	102	0	0	067 FOZ DO AREIA	
076 SEPTEN SANTA	895	895	61	895	0	895	0	0	604	266	46	0	0	076 SEPTEN SANTA	
077 SALTILÓDIO	931	866	165	931	0	866	0	0	706	266	46	0	0	077 SALTILÓDIO	
078 SALTILÓDIO	931	866	165	931	0	866	0	0	706	266	46	0	0	078 SALTILÓDIO	
079 SALTO CAXIAS	1175	1175	15	1175	0	1175	0	0	306	357	51	0	0	079 SALTO CAXIAS	
081 MANSO	1268	1268	30	1268	0	1268	0	0	306	266	46	0	0	081 MANSO	
089 CACHARINHÓ	668	668	87	668	0	668	0	0	477	266	46	0	0	089 CACHARINHÓ	
272 ITA	51	48	7	51	0	48	0	0	356	315	35	0	0	272 ITA	
275 PASSO FUNDO	149	149	18	149	0	149	0	0	477	266	46	0	0	275 PASSO FUNDO	
289 FOZ CHAPECOZ	149	149	0	149	0	149	0	0	477	266	46	0	0	289 FOZ CHAPECOZ	
116 CURYATO DE S	188	164	26	188	0	164	0	0	241	266	46	0	0	116 CURYATO DE S	
111 PASSO REAL	190	144	26	190	0	144	0	0	375	266	46	0	0	111 PASSO REAL	
112 JACUÍ	217	223	14	217	0	223	0	0	192	266	46	0	0	112 JACUÍ	
114 D. FRANCISCA	205	223	14	205	0	223	0	0	192	266	46	0	0	114 D. FRANCISCA	

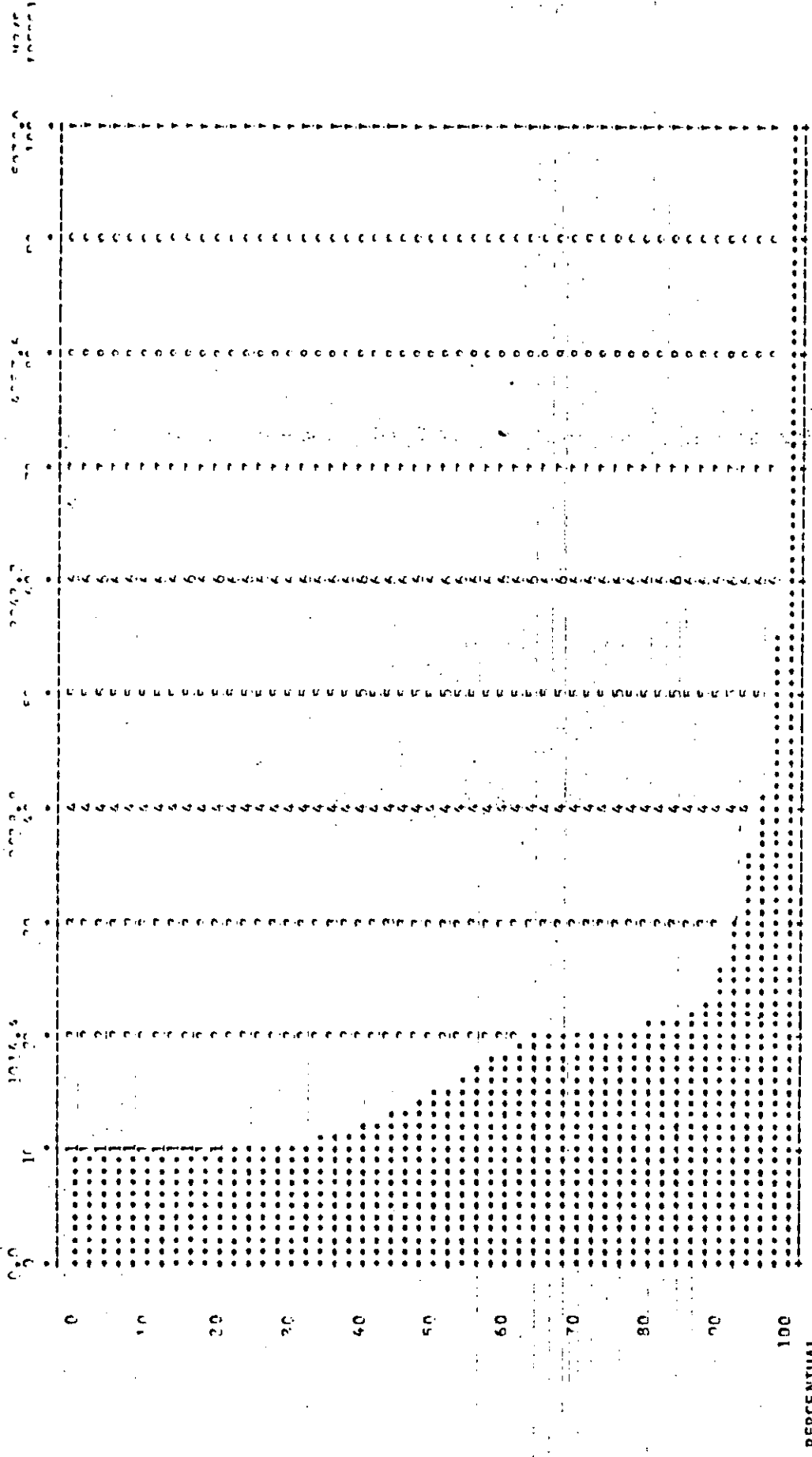
VALORES MENORES DURANTE O PERÍODO DE 1969 A 05/07 DE 1969

APROVEITAMENTO	VAZÃO DE CARGA DE CARGA UTIL		VOLUME DE CARGA DE CARGA UTIL		CÁMARA DE CARGA DE CARGA UTIL		APROVEITAMENTO DE CARGA DE CARGA UTIL		APROVEITAMENTO DE CARGA DE CARGA UTIL
	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	M3/S	
209 SERRA DA MES	512	0	668	0	528	447	222	0	209
210 CANA DE AVA	706	0	904	0	507	404	287	0	210
211 FDS PEZEPPA	202	0	256	0	54	202	202	0	211
212 SATE AMANGOS	208	0	264	0	72	208	208	0	212
213 PETE	1240	0	1550	0	78	293	200	0	213
214 PUETAS	1666	0	1900	0	82	311	200	0	214
215 LAJEADO	1789	0	2043	0	82	311	200	0	215
216 CAROLINA	1786	0	2043	0	82	311	200	0	216
217 SANTO ANTONI	3467	0	3467	0	145	145	100	0	217
218 COUTO DO DEL	208	0	260	0	54	208	208	0	218
219 BANJA TSAREL	208	0	260	0	54	208	208	0	219
220 TUCURUJOTAS	2277	0	2890	0	60	2277	2277	0	220
221 CAMONGA	1150	0	1424	0	60	1150	1150	0	221
222 SALTILHEIA	1721	0	2166	0	60	1721	1721	0	222
223 DESPILHADO	738	0	910	0	60	738	738	0	223
224 ATSCABENHAS	763	0	950	0	60	763	763	0	224
225 JAGUARI	25	0	30	0	60	25	25	0	225
226 PARAPIRUA	84	0	102	0	60	84	84	0	226
227 SANTA BRANCA	98	0	120	0	60	98	98	0	227
228 FUNIL	226	0	281	0	60	226	226	0	228
229 SANTA CECILIA	114	0	141	0	60	114	114	0	229
230 SAMACA	114	0	141	0	60	114	114	0	230
231 PIARRAGI	171	0	211	0	60	171	171	0	231
232 SERRA	241	0	299	0	60	241	241	0	232
233 SANTA	116	0	144	0	60	116	116	0	233
234 SIMPLICIO	160	0	198	0	60	160	160	0	234
235 ILLHA	380	0	470	0	60	380	380	0	235

VALORES MEDIOS DURANTE O PERÍODO CRÍTICO JUNHO DE 1969 A OUT DE 1969

APROVEITAMENTO	VAZÃO		DESCARGA VERTICAL	DESCARGA DESECAVA	VOLUME UTIL	NÍVEL		CANAL	FUZGA	FUZGA	POCQUIT IV	APROVEITAMENTO
	ME/S	M3/S				ME/S	M3/S					
039	398	0	28	398	0.0	404.0	194.0	1	194.0	0	0	039
040	400	0	19	400	0.0	387.0	207.0	0	207.0	0	0	040
042	535	0	23	535	0.0	357.0	207.0	0	207.0	0	0	042
044	532	0	21	532	0.0	320.0	258.0	0	258.0	0	0	044
045	502	0	10	502	0.0	259.0	232.0	0	232.0	0	0	045
046	502	0	10	502	0.0	256.0	232.0	0	232.0	0	0	046
049	166	0	1	166	0.0	472.0	366.0	1	366.0	0	0	049
050	177	0	1	177	0.0	394.0	293.0	0	293.0	0	0	050
051	365	0	16	365	0.0	337.0	259.0	0	259.0	0	0	051
061	871	0	4	871	0.0	337.0	238.0	0	238.0	0	0	061
062	883	0	13	883	0.0	357.0	238.0	0	238.0	0	0	062
063	878	0	10	878	0.0	370.0	238.0	0	238.0	0	0	063
064	737	0	14	737	0.0	370.0	238.0	0	238.0	0	0	064
067	752	0	14	752	0.0	370.0	238.0	0	238.0	0	0	067
076	551	0	20	551	0.0	606.0	507.0	0	507.0	0	0	076
077	647	0	20	647	0.0	507.0	384.0	0	384.0	0	0	077
078	644	0	27	644	0.0	384.0	384.0	0	384.0	0	0	078
081	806	0	27	806	0.0	384.0	384.0	0	384.0	0	0	081
082	806	0	27	806	0.0	384.0	384.0	0	384.0	0	0	082
083	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	083
084	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	084
085	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	085
086	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	086
087	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	087
088	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	088
089	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	089
090	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	090
091	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	091
092	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	092
093	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	093
094	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	094
095	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	095
096	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	096
097	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	097
098	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	098
099	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	099
100	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	100
101	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	101
102	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	102
103	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	103
104	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	104
105	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	105
106	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	106
107	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	107
108	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	108
109	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	109
110	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	110
111	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	111
112	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	112
113	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	113
114	1175	0	3	1175	0.0	285.0	254.0	0	254.0	0	0	114

GRÁFICO DE DEMANDA DE VOTAR OBLIGATORIO DE CASA DE VOTAR



PERCENTUAL DE OCUPACIONES

GRAFICO DE PERMANENCIA DE ENERGIA CERRADA EM CAUSA BRAVA

NOTIC. NO. 211

471.5
102

M. JEN
(PSCC)

80

245.3

70

256.0

50

172.6

30

86.7

10

0.0

0

10

20

30

40

50

60

70

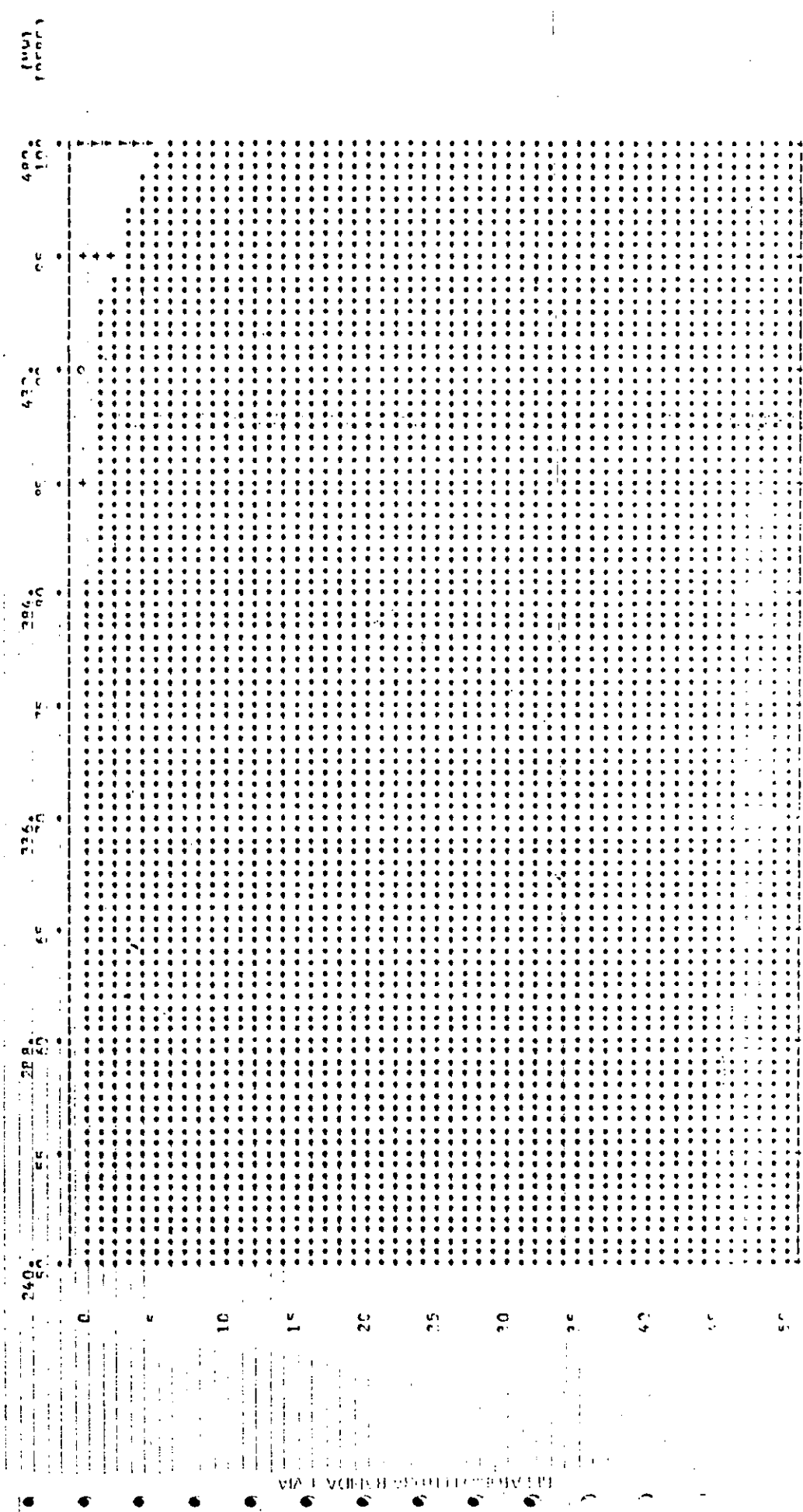
80

90

100

RELATORIO LETURA RAPIDA 1 VIA

GRAFICO DE PERMANENCIA DE CAPACIDAD DE BOMBA HIDRAULICA DE CAMA MOVIL DOCTO NO. 211



INSTRUMENTOS

GRAFICO DE PERMANENCIA DE QUEDA LIQUIDA DE CANA COAVA BOTO NO. 211

METROS (P.P.P.P.)

45.0
100

DE

40.0

DE

36.0

DE

31.7

DE

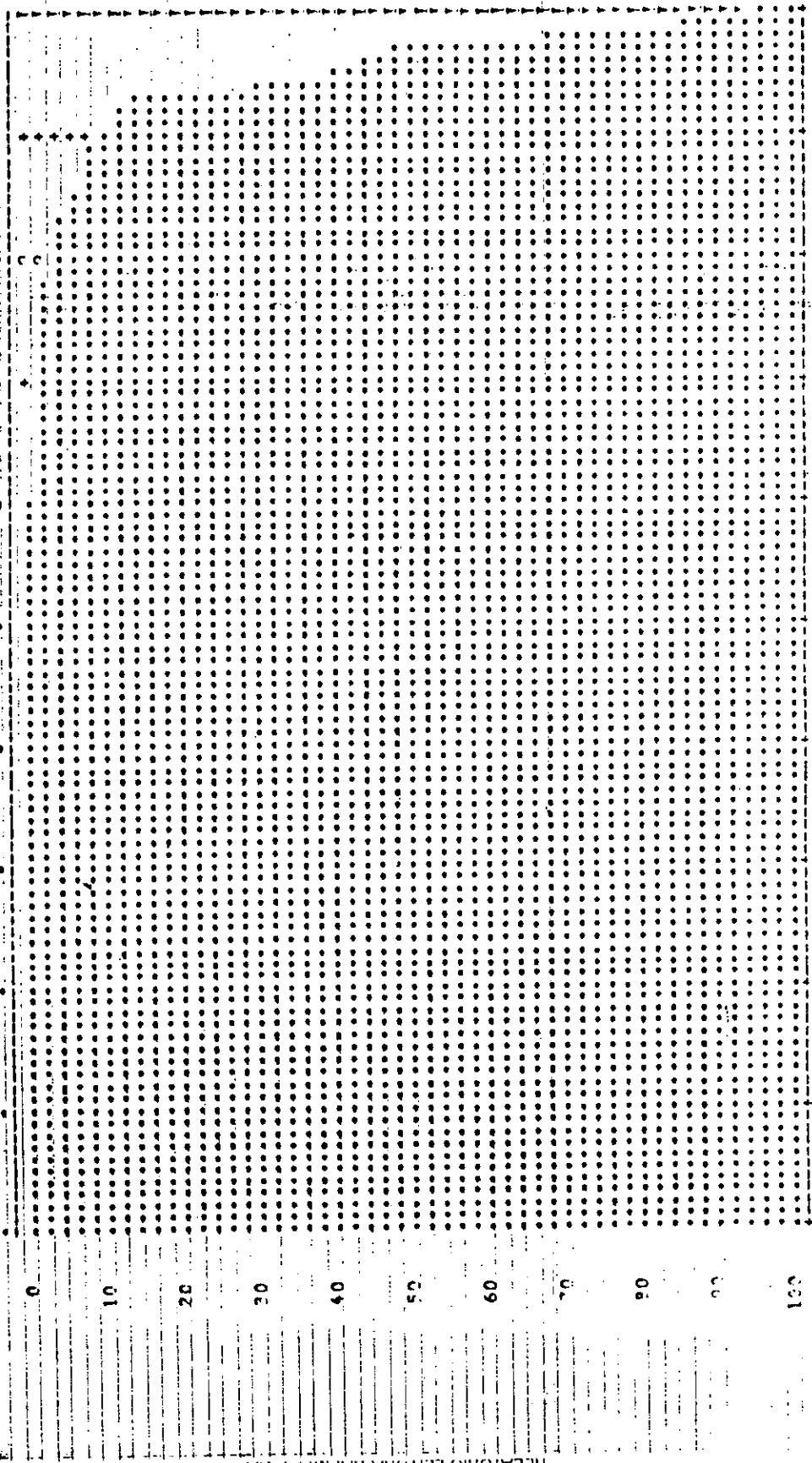
27.2

DE

22.6

DE

15.0



RELATORIO LETITIA RAPIDA 1 VIA

PERCENTUAL DE QUEDANCIAS DE BOPICATO POR TIEMPO A QUEDA LIQUIDA COAVA BOTO NO. 211 METROS