

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS HIDRÁULICAS - SOHIDRA

ESTUDOS DE APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DA  
BACIA DOS RIACHOS MALCOZINHADOS E CAPONGA,  
NOS MUNICÍPIOS DE CASCAVEL, PINDORETAMA E  
PACAJUS - CE

TOMO II RELATÓRIO DE CONCEPÇÃO GERAL DO  
PROJETO

**KL** Serviços e Engenharia Ltda

FORTALEZA  
NOVEMBRO DE 1996

GOVERNO DO ESTADO



**CEARÁ**

AVANÇANDO NAS MUDANÇAS

**GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ**  
**SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
**SUPERINTENDÊNCIA DE OBRAS HIDRÁULICAS - SOHIDRA**

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA  
DA BACIA DOS RIACHOS MALCOZINHADO  
E CAPONGA, NOS MUNICÍPIOS DE CASCAVEL,  
PINDORETAMA E PACAJUS - CE**

**TOMO II - RELATÓRIO DE CONCEPÇÃO GERAL  
DO PROJETO**

Lote 01393 - Proj (X) Scan (X) Index ( )

Projeto Nº 1-6102

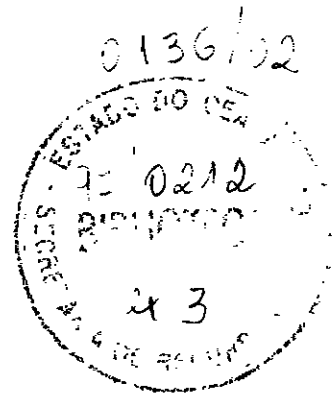
Volume \_\_\_\_\_

Qtd A4 37 Qtd A3 \_\_\_\_\_

Qtd A2 \_\_\_\_\_ Qtd A1 \_\_\_\_\_

Qtd A0 3 Outros \_\_\_\_\_





ÍNDICE

000003

## ÍNDICE

<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>8</b>
2 1 - ASPECTOS FÍSICOS	8
2 2 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS	9
2 3 - ASPECTOS HIDROLÓGICOS	11
<b>2 3 1 - Curvas de Regulação do Reservatório</b>	<b>11</b>
2 3 1 1 - Introdução	11
2 3 1 2 - Metodologia	12
2 3 1 2 1 - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico	12
2 3 1 2 2 - O Diagrama Triangular de Regularização	14
2 3 1 3 - Resultados	15
<b>3 - POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO HÍDRICO</b>	<b>19</b>
3 1 - ABASTECIMENTO HUMANO	19
3 2 - IRRIGAÇÃO	23
3 3 - OUTRAS ALTERNATIVAS DE EXPLORAÇÃO	23
<b>4 - PROJETO PROPOSTO</b>	<b>25</b>
4 1 - BARRAGEM	25
<b>4 1 1 - Detalhes Geométricos do Maciço</b>	<b>25</b>
4 2 - ORÇAMENTO PRELIMINAR	27
<b>4 2 1 - Barragem de terra homogênea com sangradouro em concreto armado</b>	<b>27</b>
<b>4 2 2 - Sistemas de Adução para Abastecimento D'água de Cascavel e Pindoretama</b>	<b>30</b>
4 2 2 1 - Diâmetros Prováveis	30
<b>4.2 3 - Implantação do Perímetro Irrigado</b>	<b>32</b>
4 3 - RESUMO TOTAL DOS INVESTIMENTOS	32
4 4 - AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA	32
<b>5 - ANEXOS</b>	<b>33</b>
A1 - CÁLCULO DO FATOR DE FORMA PARA O RESERVATÓRIO MAL COZINHADO	34
A2 - BACIA HIDRAULICA	36
A3 - PERFIL DO BOQUEIRÃO	38

**1 - INTRODUÇÃO**

000005

---

## 1 - INTRODUÇÃO

O presente relatório está inserido nos estudos que vêm sendo realizados pela KL - Serviços e Engenharia Ltda para o aproveitamento hidroagrícola das bacias dos riachos Mal Cozinhado e Caponga nos municípios de Cascavel, Pindoretama e Pacajus, na região nordeste do estado do Ceará. Esta parte trata do estudo de aproveitamento de um reservatório a ser construído barrando o riacho Mal Cozinhado, aproximadamente 7 km a noroeste da sede do município de Cascavel, conforme indica a figura 1.1

Tendo em vista que as informações disponíveis sobre a área foram obtidas em pequenas escalas, vale ressaltar que este relatório tem por objetivo apenas indicar alternativas, as quais necessitarão de maiores estudos, em escalas maiores, para suas implementações.

## 2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

000008

---

## 2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do riacho Mal Cozinhado, na qual sera implementado o reservatorio drena uma area de 240 Km<sup>2</sup>. estando contida entre as coordenadas 4°00' e 4°15' de latitude sul e 38°05' e 38°30' de longitude oeste. A principal via de acesso à região e a rodovia CE-040 que faz a ligação entre Fortaleza e o litoral leste do estado

### 2.1 - ASPECTOS FISICOS

A área em estudo está sobre sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras cuja cronologia é considerada do final do Terciario e início do Quaternário. O relevo predominante é plano, com alguns trechos de suave ondulado. O solo é formado basicamente pela associação dos solos Latossolo Vermelho Amarelo + Areias Quartzosas, aparecendo estreitas faixas de aluviões ao longo dos rios e riachos. Os Latossolos Vermelho Amarelo apresentam baixa fertilidade natural, porém boas propriedades físicas (são profundos e porosos, de textura média em grande parte), propiciando condições para mecanização das culturas. As Areias Quartzosas apresentam baixa fertilidade e textura arenosa, tendo seu aproveitamento limitado a culturas resistentes como a do cajueiro.

Um processo indiscriminado de ocupação provocou profundas alterações na paisagem vegetal original, sendo a caatinga hipoxerófila a única formação vegetal natural atualmente encontrada na area. Caracteriza-se como uma formação essencialmente arbustiva e arborea baixa, com grau de xerofitismo pouco acentuado e com pouca ocorrência de cactaceas.

O clima da região e caracterizado por elevadas temperaturas e regime pluviometrico irregular. Segundo Koeppen, a região em estudo encontra-se classificada como Bwh, ou seja, zona de clima seco (tipo B), com estação seca de inverno (tipo w) e temperatura média anual superior a 18°C (tipo h).

Não ha na região nenhuma estação hidroclimatológica, sendo utilizada a estação de Fortaleza como indicadora dos parâmetros da área. A região apresenta temperaturas variando entre 21° e 31°C, sendo 27,3°C a média compensada das maximas e 25,7°C a das mínimas. A evaporação média anual observada em tanque tipo classe "A" é de 1468 mm, valor que obriga a estudos como este que visem um melhor gerenciamento das águas. Para utilização de valores obtidos em tanques como representativos da evaporação



em açudes. deve-se multiplica-los por um coeficiente  $K_a$  que segundo Molle (1989) varia em função da area da superficie do espelho conforme a tabela 2.1

Tabela 2.1 -  $K_a$  em função da superficie do espelho d'agua

Superficie (ha)	0 a 5	5 a 10	10 a 20	20 a 30	média
$K_a$	0,95	0,87	0,82	0,75	0,84

A umidade relativa do ar possui média anual de 79%, variando entre o maximo de 85% no mês de abril e o minimo de 73% em outubro. A insolação media anual e de 2.792 horas, variando entre 148 horas no mês de março e 296 horas em outubro. Os ventos apresentam direção reinante no quadrante Sudeste/Leste, com velocidades entre 2,3 m/s em abril e 4,9 m/s em setembro.

Para caracterização do regime pluviométrico da região, os estudos hidroclimatológicos realizados na área utilizaram os postos Cascavel (2883256), proximo a foz do riacho Mal Cozinhado e Angicos (2883435), nas proximidades da cabeceira da bacia. A pluviometria anual media normal é de 1304,1 mm no posto Cascavel e de 835,5 mm no posto Angicos, sendo o regime caracterizado, como em todo o estado do Ceará, por uma má distribuição temporal destes totais. Mais de 90% ocorre no primeiro semestre e mais de 60% no trimestre de fevereiro a abril. No trimestre mais seco (agosto a outubro) são raros dias com chuva.

Por não existir nenhum posto fluviométrico na bacia, o estudo dos deflúvios foi feito por meio do modelo chuva-vazão MODHAC - Modelo Hidrológico Auto Calibrável - desenvolvido por Lanna e Schwarzbach (1989), utilizando postos de bacias vizinhas para ajuste dos seus parâmetros. O regime de escoamento obtido pode ser caracterizado pelos seguintes valores:

- lâmina anual média escoada 309 mm
- volume anual medio escoado 74,2 hm<sup>3</sup>
- coeficiente de variação dos deflúvios anuais 0,73

## 2.2 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

A região em estudo esta situada nos municípios de Cascavel, Pacajus e Pindoretama, no nordeste do estado do Ceará. A tabela 2.2 resume a demografia destes municípios.

Tabela 2 2 - Demografia dos municípios na area de estudo (ESTIMATIVA PARA 1995)

Descrição	Municípios		
	Cascavel	Pacajus	Pindoretama
População Total (hab )	49.073	34.855	14.526
População Urbana (hab )	40.189	26.388	2.866
População Rural (hab )	8.884	8.467	11.660
Dens Demog (hab /km <sup>2</sup> )	59,70	153,55	126,31

Fonte Anuário Estatístico do Ceará - IPLANCE

Estes três municípios apresentam características físicas e sócio-econômicas similares. As características físicas foram apresentadas em 2.1. Apresenta-se a seguir uma visão geral da sócio-economia da região.

A estrutura fundiária, com exceção de Cascavel, onde predomina o latifúndio por exploração, apresenta-se em minifúndios, estando 77% dos imóveis rurais incluídos nesta categoria. A economia regional está baseada na agricultura. As principais explorações são cana-de-açúcar, mandioca, batata, milho e feijão consorciados, castanha de caju e frutíferas como a manga e a banana. Na pecuária destaca-se o setor de avicultura de corte com o funcionamento de granjas de porte e com níveis tecnológicos avançados. A agroindústria de transformação e beneficiamento da cana-de-açúcar, mandioca e castanha de caju e a exploração turística da zona litorânea fortalecem a economia local.

A infra-estrutura de apoio não requer investimentos muito elevados. As estradas vicinais, a rede elétrica e o setor de comunicações atendem as necessidades básicas. O mesmo ocorre com a educação e a saúde. As principais conclusões dos estudos sócio-econômicos foram que são urgentes as necessidades de melhoria no abastecimento d'água e saneamento básico dos três municípios, bem como da organização do setor agrícola, utilizando métodos de irrigação adequados e explorando culturas de maior competitividade, principalmente nas áreas próximas ao riacho Mal Cozinhado. Na tentativa de atender tais necessidades é que se encaixa o presente estudo.

Apresenta-se a seguir a situação do abastecimento d'água dos três municípios presentes na área de estudo.

No município de Cascavel, o órgão responsável pela distribuição oficial controle e tratamento é a CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceara Apenas a sede do município e os principais distritos, como Caponga e Guanaces, possuem serviços de abastecimento público As propriedades rurais, mais especificamente aquelas situadas ao longo do riacho Mal Cozinhado, utilizam poços, riachos e açudes para seus abastecimentos Segundo depoimentos da população local colhidos na pesquisa de campo para realização dos estudos sócio-econômicos, a oferta d'água atende as necessidades, inclusive em épocas de estiagens prolongadas O mesmo não ocorre nos centros urbanos, principalmente em épocas de secas e na alta temporada do turismo, devido ao grande aumento da população Os estudos socio-econômicos indicaram que na sede municipal menos de 30% da população é atendida com abastecimento público Nos distritos de Caponga e Guanacés o índice de atendimento é de 47% e 50%, respectivamente

No município de Pacajus, o órgão responsável pelo abastecimento d'água também é a CAGECE Aproximadamente 20% da população da sede municipal é beneficiada com abastecimento oficial No meio rural o abastecimento é feito através de poços e açudes, não havendo tratamento

No município de Pindoretama o abastecimento é feito através de chafariz público e poços particulares, não havendo serviços de água e esgotos servidos No meio rural e nos distritos, a população busca o abastecimento em cacimbas e poços Durante períodos de estiagem prolongadas, há escassez na oferta As comunidades ao longo do riacho Mal Cozinhado também se abastecem nesse sistema

## 2.3 - ASPECTOS HIDROLÓGICOS

### 2.3.1 - Curvas de Regulação do Reservatório

#### 2.3.1.1 - Introdução

A importância do estudo da capacidade de regularização de um reservatório está ligada ao conhecimento das mudanças temporais e espaciais dos deflúvios naturais, visando o atendimento das demandas da sociedade Busca-se aqui avaliar o tamanho que deve ser a obra de maneira que ganhos em regularização de águas justifique os investimentos a serem realizados

Hidrologicamente, os objetivos centrais deste capítulo são

- 1 análise incremental do ganho em volume regularizado em relação ao aumento da capacidade para a Barragem do Mal Cozinhado
- 2 estimativa das perdas por evaporação e sangria da Barragem do Mal Cozinhado

O traçado das curvas de regulação, inclui volumes evaporado (E), liberado (M) e sangrado (S) versus capacidade (K) e  $dM/dK$  versus K

### 2.3.1.2 - Metodologia

Na determinação das curvas de regulação do reservatório foi utilizado dois métodos, a saber

- solução direta da equação de balanço hídrico<sup>4</sup>,
- Diagrama Triangular de Regularização<sup>1</sup>

#### 2.3.1.2.1 - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico

A equação do balanço hídrico de um reservatório pode ser dada por

$$Z_{t+1} = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M - S_t$$

com

$$S_t = \max(B - K, 0)$$

$$B = Z_t + I_t - \frac{A_{t+1} + A_t}{2} E - M$$

onde

$Z_t$  = volume armazenado no início do ano t,

$I_t$  = volume afluente ao reservatório durante o ano t,

$A_t$  = área do espelho d'água no início do ano t,

E = lâmina evaporada durante o ano t, suposta constante ao longo dos anos,

K = capacidade do reservatório,

$S_t$  = volume perdido por sangria durante o ano t

---

<sup>4</sup> CAMPOS, J. N. B. 1990. REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMITENTES. TESE PARA CONCURSO DE PROF. TITULAR. UFC

Representando-se a bacia hidrográfica por

$$Z(h) = \alpha h^3 \quad \text{e} \quad A(h) = 3 \alpha h^2.$$

$h$  - altura d'água     $\alpha$  - fator de forma (obtido por regressão entre  $z$  e  $h^3$ )

supondo um modelo mutuamente exclusivo com volume contínuo e uma série de vazões afluentes com uma extensão de 2000 anos seguindo uma distribuição Gamma de 2 parâmetros, pode-se resolver a equação de balanço hídrico segundo o processo descrito por CAMPOS (1990), a saber

- 1 estabelece-se um valor inicial para a retirada  $M$ .
- 2 considera-se um volume inicial igual  $\text{MIN}(0,5 K, 0,5 m)$ .
- 3 Calcula-se

$$\begin{aligned} Z_U &= Z_t + I_t && p/ Z_t + I_t \leq K \\ Z_U &= K && \text{caso contrário} \end{aligned}$$

$$D_S = \text{MAX}(Z_t + I_t - K, 0)$$

onde  $Z_U$  e o volume armazenado no final da estação e  $D_S$  o volume sangrado no ano  $t$

- 4 Calcula-se o volume no fim da estação seca (início do próximo ano) por
  - a) divide-se  $M$  e  $E$  em  $L$  partes (no caso  $L=6$ ),

- b) retirada da reserva. se disponível, de  $M/L$

**ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO**

$$\begin{aligned} Z_2 &= Z_1 - M / L && \text{se } Z_1 - M / L > Z_{MIN} \\ Z_2 &= Z_{MIN} && \text{caso contrário (ANO FALHO)} \\ Z_{MIN} &= \text{MAX}(0,05 K, 0,20 \mu) \end{aligned}$$

**VOLUME UTILIZADO**

$$D_U = Z_1 - Z_2$$

**ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO**

$$h_2 = \left( \frac{Z_2}{\alpha} \right)^{1/3}$$

- c) retirada da reserva. se disponível, de  $E/L$

**ATUALIZAÇÃO DO NÍVEL DO RESERVATÓRIO**

$$h_3 = h_2 - E / L \quad \text{se } h_2 - E / L \geq 0$$

$$h_3 = 0 \quad \text{caso contrario}$$

### ATUALIZAÇÃO DO VOLUME ARMAZENADO

$$Z_3 = \alpha h_3^3$$

### VOLUME UTILIZADO

$$D_t = Z_3 - Z_2$$

d) retorna-se a b) até completar as L fases da integração

- 5 Prossegue-se com os passos 3 e 4 até que se complete os 2000 anos da série gerada, totalizando os volumes evaporado, sangrado e liberado.
- 6 Concluído os 2000 anos, verifica-se se a frequência de falha esta entre 9,95 e 10,05 %, ou se o erro em retirada é menor do que 0,5 unidades. Caso afirmativo aceita-se o valor de M, caso contrário atribui-se novo valor de M e retorna-se a 1

## 2.3.1.2.2 - O Diagrama Triangular de Regularização

O método do Diagrama Triangular baseia-se no balanço de massas de um reservatório para um período longo

$$\sum I = \sum M + \sum S + \sum E + Z$$

onde  $\sum I$ ,  $\sum M$ ,  $\sum S$ ,  $\sum E$  representam as somas dos volumes afluente, retirado, sangrado e evaporado, enquanto Z representa a diferença entre os volumes final e inicial do reservatório. Dividindo-se a equação de balanço de massas acima por N, N suficientemente grande, obtém-se

$$m = E \{M\} + E \{S\} + E \{E\}$$

onde  $E \{ \}$  representa o operador valor esperado e m o defluvio afluente médio. Pela última equação verifica-se que o volume afluente divide-se em três componentes, o que sugere o uso do Diagrama Triangular para estabelecer como esta divisão se processa em função dos parâmetros estatísticos dos deflúvios e das características do reservatório (CAMPOS, 1990)



Quadro II 1 - Estudo incremental de capacidades do Reservatorio Mal Cozinhado

$f_k =$	K	%REG	REG	%EVAP	EVAP	%SANG	SANG	dM/dK
K/m	hm3		hm3/an		hm3/an		hm3/an	
			o		o		o	
0.02	1.8	1.7	1,283	0.6	0.466	97.7	72.733	-
0.04	3.0	2.9	2,188	0.9	0.647	96.2	71.644	0.787
0.07	4.9	5.0	3,713	1.2	0.899	93.8	69.866	0.807
0.10	7.7	8.1	5,999	1.6	1.210	90.3	67.264	0.823
0.15	11.3	12.1	8,991	2.1	1.558	86.9	64.719	0.823
0.21	15.7	16.9	12,548	2.6	1.919	80.6	59,958	0.804
0.28	21.0	21.3	15.831	3.2	2.410	75.5	56.156	0.623

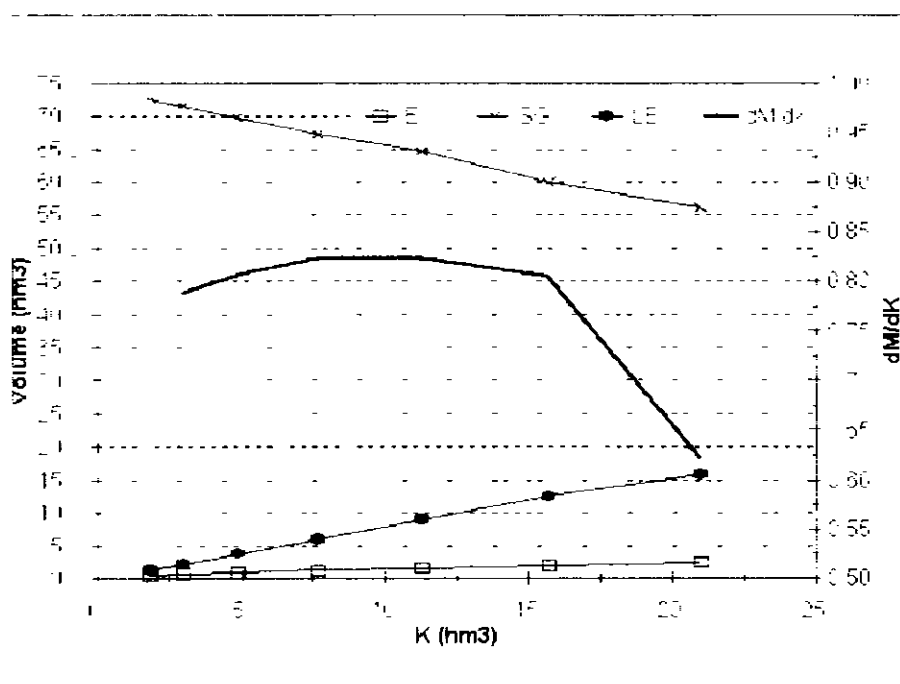


Figura II 1 - Curvas de Regulação do Reservatorio Mal Cozinhado

A análise da figura II 1 e dos dados apresentados no quadro II 1 sugere que a faixa de volumes estudada esta bem aquém da ideal, fato este refletido pelo baixo fator de capacidade. Entretanto, a topografia do eixo barravel impede a análise para maiores fatores de capacidade, o que nos leva a escolha do volume em torno de 15,7 hm<sup>3</sup> pelas condições físicas do local, correspondente a cota de 44 m. Para esta capacidade o reservatorio regulariza 21,3% do volume afluente medio anual, ou em termos de volume, 12,5 hm<sup>3</sup>/ano, conforme a resolução direta da equação do balanço hídrico. Este volume regularizado anualmente corresponde a uma vazão regularizada com 90% de garantia de 0,398 m<sup>3</sup>/s.



Utilizando-se o método do Diagrama Triangular de Regularização com  $f_E = 0.13$ ,  $f_K = 0.21$  e  $CV = 0.70$ , obtém-se um volume de 12 236 hm<sup>3</sup> regularizado anualmente, ou em termos de vazão,  $Q_{90} = 0.388$  m<sup>3</sup>/s. Este valor está bem próximo ao valor obtido pela solução direta da equação do balanço hídrico (quadro II 2). A figura II 2 apresenta o Diagrama Triangular ( $CV = 0.70$ ) e nele o caso da Barragem Mal Cozinhado.

Quadro II 2 - Distribuição do volume afluyente e  $Q_r$  (90%) para a Barragem Mal Cozinhado

Equação do Balanço Hídrico			
RG - %	SG - %	EV - %	$Q_r$ 90% (m <sup>3</sup> /s)
12.548 - 16.9%	59.958 - 80,6%	1.919 - 2,6%	0,398
Diagrama Triangular de Regularização			
12.236 - 16,5%	60.292 - 81,3%	1.632 - 2,2%	0,388

EV - Volume Evaporado (hm<sup>3</sup>/ano)

SG - Volume Sangrado (hm<sup>3</sup>/ano)

RG - Volume Regularizado (hm<sup>3</sup>/ano)

$Q_r$  90% - Vazão regularizada com 90% de garantia (m<sup>3</sup>/s)

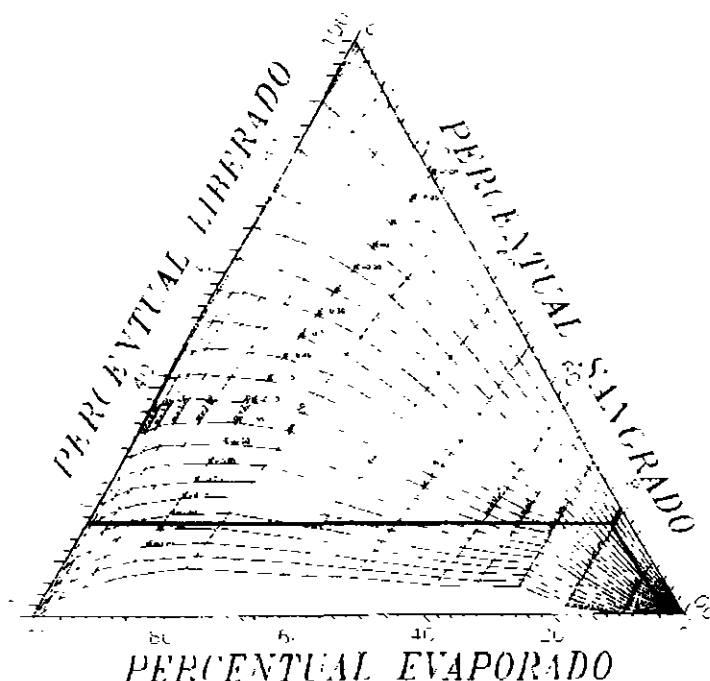


Figura II 2 - Diagrama Triangular de Regularização para  $CV = 0,70$   
Barragem do Mal Cozinhado

### 3 - POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO HÍDRICO

### 3 - POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO HÍDRICO

De acordo com os estudos hidrológicos a cota do sangradouro devera ficar na 44 m. o que corresponde a um volume de acumulação em torno de 15,7 milhões de metros cúbicos. Para esta capacidade o reservatorio regulariza 21,3% do volume afluente medio anual, ou em termos de volume 12,5 hm<sup>3</sup>/ano, conforme a resolução direta da equação do balanço hidrico. Este volume regularizado anualmente corresponde a uma vazão regularizada com 90% de garantia de 0,398 m<sup>3</sup>/s

Este estudo baseou-se no levantamento plani-altimétrico da bacia hidraulica (ANEXO A2), onde, a partir daí, pode-se fazer a curva cota x area x volume (Quadro 3.1 e Figura 3.1)

#### 3.1 - ABASTECIMENTO HUMANO

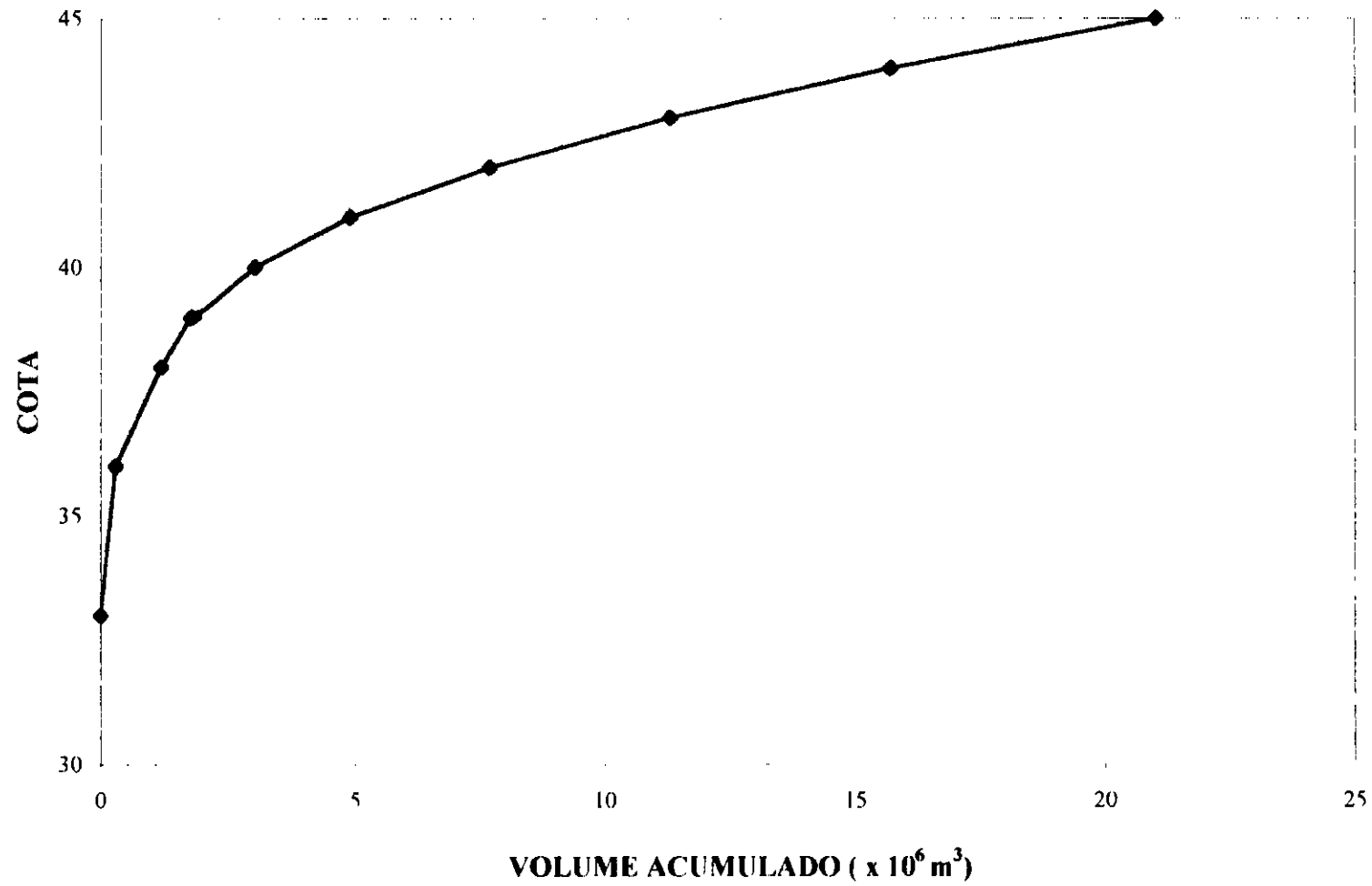
Considerou-se como alvos de abastecimento apenas os municípios de Cascavel e Pindoretama, ja que o municipio de Pacajus possui outras fontes hidricas que poderão ser utilizadas para seu abastecimento

A população (urbana e rural) a ser atendida e as quantidades de água necessárias para este fim são apresentadas na tabela 3.1, considerando-se diferentes cenarios de população (1995, 2005 e 2015), levando-se em conta um alcance do plano de no máximo 20 anos. A taxa geométrica de crescimento anual da população desses municipios é de 1,31% para Cascavel e 4,85% para Pindoretama. Como trata-se de região turística tem-se que levar em conta a população flutuante desses municipios, para efeito desta avaliação desprezou-se tal população. A população urbana a ser atendida sera toda aquela não beneficiada na situação atual, enquanto a rural será aquela localizada entre as sedes dos municipios e o futuro reservatorio, correspondendo a 1,6% em Cascavel e 15,6% em Pindoretama

QUADRO 3 1 - COTA x AREA x VOLUME  
**BARRAGEM MAL COZINHADO**

COTA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA MÉDIA(m <sup>2</sup> )	ALTURA (m)	VOL PARCIAL (m <sup>3</sup> )	VOL ACUM (m <sup>3</sup> )
33	0			0	0
34	52 257	26 128,50	1,00	26 128,50	26 128,50
35	170 144	111 200,50	1,00	111 200,50	137 329,00
36	263 987	217 065,50	1,00	217 065,50	354 394,50
37	399 395	331 691,00	1,00	331 691,00	686 085,50
38	528 815	464 105,00	1,00	464 105,00	1 150 190,50
39	846 782	687 798,50	1,00	687 798,50	1 837 989,00
40	1 451 769	1 149 275,50	1,00	1 149 275,50	2 987 264,50
41	2 328 595	1 890 182,00	1,00	1 890 182,00	4 877 446,50
42	3 227 335	2 777 965,00	1,00	2 777 965,00	7 655 411,50
43	4 044 527	3 635 931,00	1,00	3 635 931,00	11 291 342,50
44	4 805 150	4 424 838,50	1,00	4 424 838,50	15 716 181,00
45	5 735 033	5 270 091,50	1,00	5 270 091,50	20 986 272,50

**FIGURA 3.1 - CURVA COTA x ÁREA x VOLUME  
BARRAGEM MAL COZINHADO**



000522

TABELA 3 1 - População atendida pelo reservatório e quantidade de água necessária para consumo humano

DESCRIÇÃO	MUNICÍPIOS					
	CASCAVEL			PINDORETAMA		
	1995	2005	2015	1995	2005	2015
População total (hab )	49073	55894	63663	14526	23325	37455
Pop urbana a ser atendida (hab )	28132	32042	36496	2866	4602	7390
Pop rural a ser atendida (hab )	142	162	184	1819	2921	4690
Pop total a ser atendida (hab )	28274	32204	36680	4685	7523	12080
Volume anual necessário (hm <sup>3</sup> )	1,55	1,76	2,01	0,26	0,41	0,66

O consumo considerado foi de 150 litros / pessoa x dia. O volume anual necessário para atender os dois municípios, no ano 2015 e de, aproximadamente, 2,7 milhões de metros cúbicos, o que equivale a uma vazão de 85,62 l/s.

Com a disponibilidade hídrica proporcionada pelo reservatório, a população urbana deverá ser atendida por um sistema de distribuição a ser construído e a população rural por eventuais obras de captação (diretamente no reservatório ou ao longo do riacho) e de transporte.

Para atender a população urbana de Cascavel é necessário a adução de 63,36 l/s, o que corresponderia a uma tubulação de, aproximadamente 300 mm de diâmetro. Já para Pindoretama, com vazão de 12,83 l/s, o diâmetro ficaria em torno de 150 mm.

Com a finalidade de diminuir os custos, o tratamento da água deve ser comum para os dois municípios, porém com recalques e aduções independentes, conforme é mostrado na figura 1.1.

### 3.2 - IRRIGAÇÃO

Para o estudo dos solos foi mapeada uma área de mais de 7 000 ha o que resultou numa associação de Latossolo vermelho amarelo com areias quartzosas

Quanto a classificação das terras para irrigação toda a área é apta para irrigação com moderadas limitações quanto a baixa capacidade de retenção de umidade, textura arenosa e baixa fertilidade

Como a vazão de regularização é de 398 l/s e somente 85.62 l/s serão utilizados para abastecimento, restam ainda 312.38 l/s. Considerando que 15% da vazão regularizável (59.70 l/s) sejam para outros fins, tem-se ainda um superavit de cerca de 250 l/s. A dotação de água para irrigação na região é, de acordo com Hargreaves, em torno de 0.50 l/s por hectare para os sistemas localizados. Como a superfície cultivável sofre limitações por conta das disponibilidades hídricas a área possível de ser aproveitada com irrigação é da ordem de 500 ha. É recomendável a exploração de fruticultura (citrus, coco, manga, cajú, goiaba, acerola e etc.)

### 3.3 - OUTRAS ALTERNATIVAS DE EXPLORAÇÃO

Com a construção do novo reservatório no riacho Mal Cozinhado surgem alternativas de exploração não-consuntivas, entre estas a exploração das áreas de vazantes e a pesca no novo lago

As áreas de vazante poderão ser utilizadas para plantio de culturas que sirvam de alimentação para animais criados sob regime de pecuária extensiva. Isto garantirá melhores condições para os criadores sem afetar a qualidade das águas do reservatório, tendo em vista que capineiras são atividades não poluentes. Vale ressaltar que para aumento dos benefícios advindos desta atividade, os criadores deverão criar associações comunitárias

A pesca é uma atividade comum em reservatórios deste porte, propiciando também benefícios para a comunidade sem prejudicar a qualidade da água. Em plena atividade e bem administrado, o futuro reservatório poderá produzir 50 kg de pescado por hectare por ano. Com uma superfície líquida estimada em 8 km<sup>2</sup>, a produção de pesca poderá atingir 40 t/ano

4 - PROJETO PROPOSTO

000025

---



## 4 - PROJETO PROPOSTO

### 4.1 - BARRAGEM

De acordo com a geologia e geotecnia local, com poucos afloramentos rochosos, a barragem de terra deverá ser a mais viável economicamente

#### 4.1.1 - Detalhes Geométricos do Maciço

##### a) Folga da Barragem

$$f = 0,75 \times H + \frac{V^2}{2g}$$

$$H = 0,75 + 0,34 F^{1/2} - 0,26 F^{1/4} \quad (\text{Stevenson})$$

$$V = 1,5 + 2H \quad (\text{Gaillard})$$

onde

f = folga (m)

F = fetch (km)

V = velocidade da onda (m/s)

H = altura da onda (m)

como  $F \cong 8 \text{ km}$

$$H = 0,75 + 0,34 \times 8^{1/2} - 0,26 \times 8^{1/4}$$

$$H = 1,274 \text{ m}$$

$$V = 1,5 + 2 \times 1,274 = 4,048 \text{ m/s}$$

$$f = 0,75 \times 1,274 + \frac{(4,048)^2}{2 \times 9,81}$$

$$f = 1,791 \text{ m} \cong 1,80 \text{ m}$$

##### b) lâmina vertente (hs)

Para uma descarga milenar ( $369,70 \text{ m}^3/\text{s}$ ) e largura de soleira de 60 m, teremos uma lâmina vertente de 2,33 m

## c) Revanche

$$Re = f + hs$$

$$Re = 1.80 + 2.33 = 4.13 \text{ m}$$

## d) Cota do coroamento

$$Cc = Cs + Re$$

onde

Cc = cota do coroamento

Cs = cota da soleira (44 m)

Re = revanche (4,13 m)

Então

$$Cc = 44 + 4,13 = 48,13 \text{ m}$$

## e) Altura máxima do maciço

$$\text{cota do coroamento} = 48,13 \text{ m}$$

$$\text{cota do talvegue} = 33,00 \text{ m}$$

$$\text{altura máxima do maciço} = 15,13 \text{ m}$$

## f) Largura do coroamento

Para determinação da largura do coroamento foram usadas as seguintes fórmulas

KNAPPEN

$$Lc = 1,65 \sqrt{H}$$

PREECE

$$Lc = 1,10 \sqrt{H} + 1$$

U S BUREAU RECLAMATION

$$Lc = 0,20 H + 3$$

onde

Lc = largura do coroamento

H = altura máxima da barragem

Para H = 15,13 m, teremos

KNAPPEN

$$Lc = 6,42 \text{ m}$$

PREECE

$$Lc = 5,28 \text{ m}$$

U S BUREAU RECLAMATION

$$Lc = 6,03 \text{ m}$$

#### g) Proteção dos taludes

A experiência tem mostrado que na maioria dos casos, o enrocamento de pedras jogadas constitui o melhor tipo de proteção de talude de montante a custo mínimo, motivo pelo qual aqui é adotado

O U S ARMY CORPS indica para uma altura de onda entre 1,20 e 1,80 m uma espessura de 0,55 m e que o diâmetro mínimo de 50% das pedras seja igual ou superior a 0,40 m. A média entre estes dois valores é 0,48 m. Adotou-se o valor de 0,50 m para espessura da camada de pedra. Esta camada de pedra deve assentar-se sobre uma camada filtrante cuja espessura deve ser de 0,30 m.

Para a proteção do talude de jusante previu-se a plantação de grama com sistema drenante constituído por calhas coletoras. Quanto a proteção do coroamento previu-se o lançamento de uma camada de 0,20 m de po de pedra com a construção de meio-fio nos dois lados e canaletas de drenagem a cada 30 m.

Pode-se visualizar na figura 4.1, a seção transversal da barragem e no anexo A3, o perfil do boqueirão mais indicado para a obra.

#### h) Sangradouro

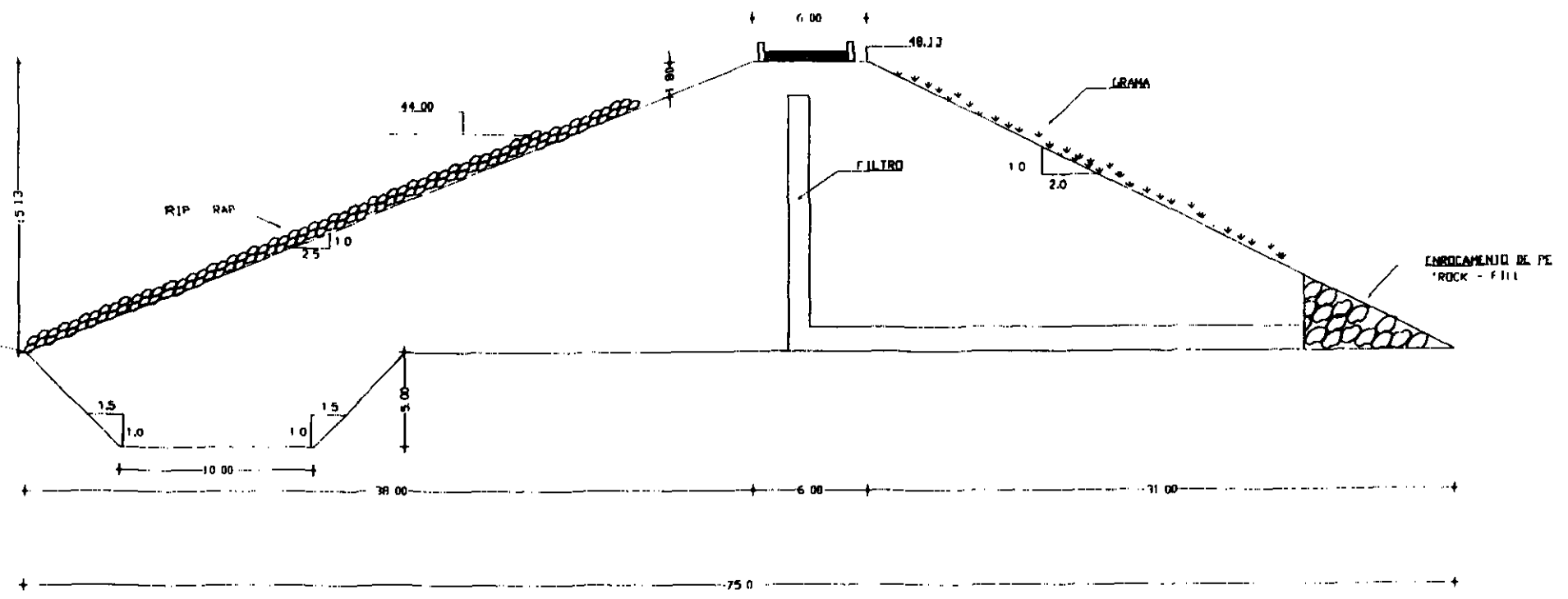
Este será de concreto armado com perfil do tipo "CREAGER", tendo 60 m de largura. Posteriormente, quando da elaboração do projeto básico será implementada uma campanha de sondagem visando determinar o solo de fundação tanto da barragem quanto do sangradouro. Então, em vista disso estes valores poderão sofrer algumas alterações.

## 4.2 - ORÇAMENTO PRELIMINAR

O orçamento aqui apresentado tem como base os preços da SRH e os quantitativos são aproximados, tendo efeito apenas comparativo. Quando for desenvolvido o projeto básico, será elaborado um orçamento detalhado da barragem.

### 4.2.1 - Barragem de terra homogênea com sangradouro em concreto armado

FIGURA 4 1  
SEÇÃO TRANSVERSAL



000.29

**ORÇAMENTO PRELIMINAR  
BARRAGEM**

ITEM	SERVIÇOS	UNID	QUANT	PREÇOS	
				UNITARIO	TOTAL
1.0	ADMINISTRAÇÃO E FISCALIZAÇÃO				<b>76.984,67</b>
1.1	Mobilização	vb	1,00	23.095,40	23.095,40
1.2	Inst e Manutenção de Canteiro	vb	1,00	23.095,40	23.095,40
1.3	Divulgação	vb	1,00	7.698,47	7.698,47
1.4	Desmobilização	vb	1,00	23.095,40	23.095,40
2.0	SERVICOS PRELIMINARES				<b>39.618,60</b>
2.1	Caminhos de Serviços	km	10,00	1.306,86	13.068,60
2.2	Desmat e dest de arvores do local da barragem sangradouro e jazidas	m2	265.500,00	0,07	18.585,00
2.3	Limpeza superficial de camada vegetal nas areas de implantação da barragem	m2	265.500,00	0,03	7.965,00
3.0	BARRAGEM				<b>1.304.204,18</b>
3.1	Escavação e carga (Fundação) - Mat de 1ª categoria	m3	0,72	64.480,00	46.425,60
3.2	Escavação e carga (Fundação) - Mat de 2ª categoria	m3	12.400,00	1,22	15.128,00
3.3	Escavação carga e transporte de mat de 1ª categoria com DMT ≤ 1,4 km	m3	216.000,00	2,69	581.040,00
3.4	Descarga espalhamento expurge umedecimento e homogeneização de solos	m3	216.000,00	1,77	382.320,00
3.5	Compactação de aterros	m3	180.000,00	0,72	129.600,00
3.6	Filtro vertical	m3	2.500,00	4,02	10.050,00
3.7	Brita	m3	531,00	13,09	6.950,79
3.8	Extração de pedra de mão	m3	2.475,00	8,66	21.433,50
3.9	Enrocamento de pedra jogada	m3	2.475,00	10,19	25.220,25
3.10	Regularização de taludes	m2	9.900,00	1,38	13.662,00
3.11	Plantio de grama	m2	4.480,00	3,90	17.472,00
3.12	Meio fio	m	1.280,00	7,80	9.984,00
3.13	Canaletas de drenagem	m	1.434,00	9,66	13.852,44
3.14	Proteção do coroamento e po de pedra	m2	3.840,00	8,09	31.065,60
4.0	TRATAMENTO DE FUNDAÇÃO	vb	1,00	50.000,00	50.000,00
5.0	SANGRADORO				<b>315.572,50</b>
5.1	Escavação carga descarga e transporte de mat de 1ª categoria	m3	18.000,00	0,94	16.920,00
5.2	Escavação carga descarga e transporte de mat de 2ª categoria	m3	4.500,00	1,22	5.490,00
5.3	Escavação carga descarga e transporte de mat de 3ª categoria	m3	180,00	9,52	1.713,60
5.4	Concreto ciclopico	m3	2.250,00	128,52	289.170,00
5.5	Junta de vedação	m	40,00	37,71	1.508,40
5.6	Reateiro	m3	230,00	3,35	770,50
6.0	TOMADA D'AGUA	vb	1,00	80.000,00	80.000,00
7.0	DIVERSOS	vb	1,00	135.998,00	135.998,00
	<b>TOTAL GERAL</b>				<b>2.002.377,95</b>

## 4.2.2 - Sistemas de Adução para Abastecimento D'água de Cascavel e Pindoretama

As vazões necessárias para o abastecimento d'água de Cascavel e Pindoretama serão captadas na tomada d'água da barragem, onde serão tratadas, em uma ETA (Estação de Tratamento de Água) do tipo completa e posteriormente recalçadas, por sistemas independentes, até as sedes dos municípios

### 4.2.2.1 - Diâmetros Prováveis

Para o cálculo do diâmetro econômico, uma expressão largamente utilizada é a fórmula de BRESSE, que é

$$D = K \sqrt[3]{Q}$$

onde

D = diâmetro (m)

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s)

K = coeficiente adimensional

No Brasil, têm sido adotados valores para K, entre 0,90 e 1,40. Entretanto o valor desse coeficiente é consequência dos preços da eletricidade, dos materiais e das máquinas empregadas nas instalações, variando, portanto, com o tempo e a região. De um modo geral, sempre que se partir de um valor médio de K (1,15), a fórmula de BRESSE determina um diâmetro aceitável para pequenas instalações

a) Cascavel

$$D = 1,15 \sqrt[3]{0,063} = 0,289m$$

Adotando-se D = 300 mm

b) Pindoretama

$$D = 1,15 \sqrt[3]{0,013} = 0,131m$$

Adotando-se D = 150 mm

**ORÇAMENTO PRELIMINAR**  
**SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CASCAVEL E PINDORETAMA**

ITEM	SERVIÇOS	UNID	QUANT	PREÇOS	
				UNITARIO	TOTAL
1 0	<b>ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE AGUA (ETA)</b>				<b>571 332,00</b>
1 1	OBRAS CIVIS	vb	1 00	158 507 00	158 507 00
1 2	EQUIPAMENTOS	vb	1 00	412 825 00	412 825 00
2 0	<b>ESTAÇÃO ELEVATORIA</b>				<b>154 043,00</b>
2 1	OBRAS CIVIS	vb	1 00	54 612 00	54 612 00
2 2					
	CONJUNTO MOTOR-BOMBA (CASCAVEL)	un	2 00	18 904 00	37 808 00
2 3	CONJUNTO MOTOR-BOMBA (PINDORETAMA)	un	2 00	12 873 00	25 746 00
2 4	EQUIPAMENTOS HIDRO-ELETRO-MECÂNICOS	vb	1 00	35 877 00	35 877 00
3 0	<b>ADUTORA DE CASCAVEL</b>				<b>839 600,00</b>
3 1	OBRAS CIVIS	vb	1 00	131 600 00	131 600 00
3 2					
	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO D = 300 mm INCLUINDO CONEXÕES	m	7 000 00	94 00	658 000 00
3 3	EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO CONTRA GOLPES DE ARIETE	vb	1 00	50 000,00	50 000 00
4 0	<b>ADUTORA DE PINDORETAMA</b>				<b>300 895,00</b>
4 1	OBRAS CIVIS	vb	1 00	35 625,00	35 625 00
4 2					
	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO D - 150 mm INCLUINDO CONEXÕES	m	9 500 00	22 66	215 270 00
4 3	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO CONTRA GOLPES DE ARIETE	vb	1 00	50 000 00	50 000 00
					<b>76 000,00</b>
5 0	RESERVATORIO ELEVADO	un	1,00	76 000,00	76 000,00
					<b>97 093,50</b>
6 0	DIVERSOS	vb	1 00	97 093 50	97 093 50
	<b>TOTAL</b>				<b>2 038 963,50</b>





5 - ANEXOS

000334

---

A1 - CÁLCULO DO FATOR DE FORMA PARA O  
RESERVATÓRIO MAL COZINHADO

000335

---

A 1 - CALCULO DO FATOR DE FORMA PARA O RESERVATORIO DO MAL COZINHADO

MAL COZINHADO - Regression Output : Z x h3

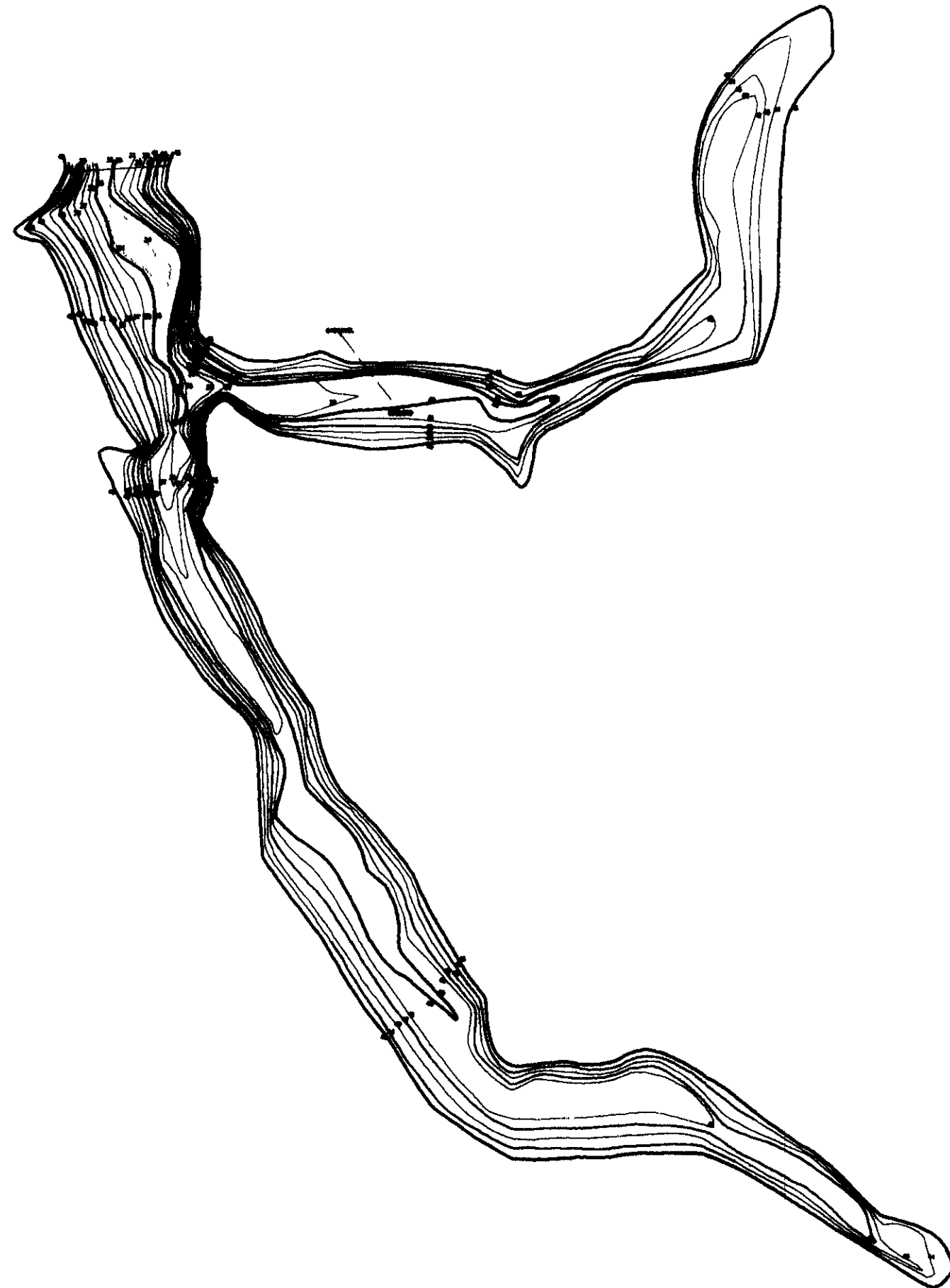
Constant		0.0
Std Err of Y Est	602263.3	
R Squared		1.0
No of Observations		13
Degrees of Freedom		12
X Coefficient(s)	11605.2	
Std Err of Coef.	232.1	

a = 11605.2                      FATOR DE FORMA

A2 - BACIA HIDRÁULICA

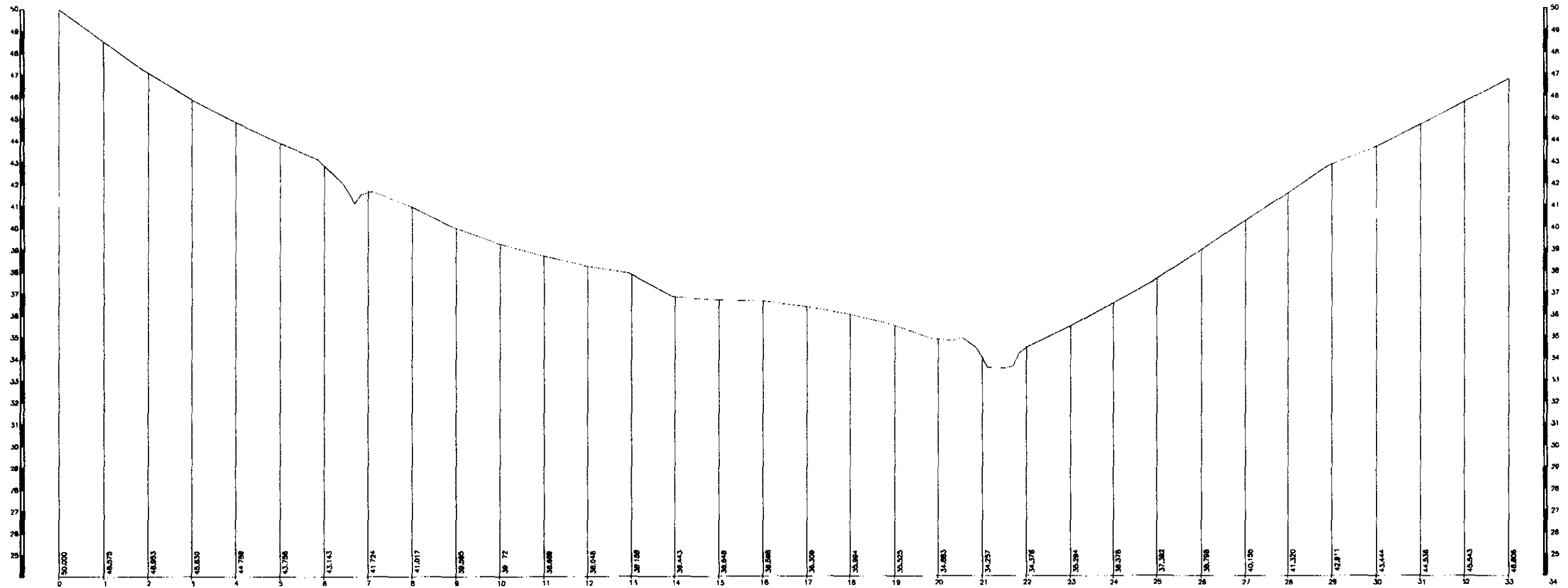
000007

---



000038

4					
3					
2					
1					
0					
REV	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	APP.	APR.
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DE RECURSOS HUMANOS INSTITUTO DE GESTÃO DE PESSOAS PRATICA DE GESTÃO DE PESSOAS					
TÍTULO / OBJETO IDENTIFICADOR					
Nº de Processo Nº de Registro Nº de Matrícula	DATA ELAB.	DATA APP.	DATA APR.	Nº de Processo Nº de Registro Nº de Matrícula	Nº de Processo Nº de Registro Nº de Matrícula
	A1	KL			



000140

Linha	Nome	Resumo de Referência	REMOSES			GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS-SRH COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS-COGERH PROJETO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ - PROURB/CE	
			DATA	APROVADO	PROJETO BÁSICO DA BARRAGEM DO RIACHO MAL COZINHADO		
			DATA	APROVADO	PERFIL LONGITUDINAL		
			DATA	APROVADO	KL-SERVICOS E ENGENHARIA LTDA		