

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 IV RELATÓRIO GERAL

KL Serviços e Engenharia Ltda

FORTALEZA
NOVEMBRO DE 1996

FOLHA DE DADOS - GED/SRH

TIPO DE DOCUMENTO: Relatório

Identidade GED: 0136104

Lote: 1387

Nº de Registro: 9710226

Autores: KL/SRH/SONIDRA

Programa: PROURB - E

Título: Estudo de aproveitamento hidroagrícola da
bacia dos riachos Galcozinhado e Caponga, nos muni-
cípios de Caracul, Pindoretama e Pacajus - E.

Sub-Título 1: Relatório geral

Sub-Título 2: _____

Nº de Páginas: 93 p.

Volume: _____

Tomo: 4

Editor: KL

Data de Publicação (mês/ano): Novembro/1996

Local de Publicação: Fortaleza

Localização da Obra

Tipo de Empreendimento:

<input type="checkbox"/> Barragem	<input type="checkbox"/> Açude	<input type="checkbox"/> Adutora	<input type="checkbox"/> Canal / Eixo de Transp.	<input type="checkbox"/> Outro
Rio / Riacho Barrado: _____		Fonte Hídrica: _____		

Bacia: Riachos Galcozinhado e Caponga

Sub-bacia: _____

Municípios: Caracul, Pacajus e Pindoretama

Distrito: _____

Microregião: _____

Estado: Ceará

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 IV - RELATÓRIO GERAL

Lois. 01387 - Prep Scan Index

Projeto Nº _____

Volume _____

Qtd. A1 _____ Qtd. A3 _____

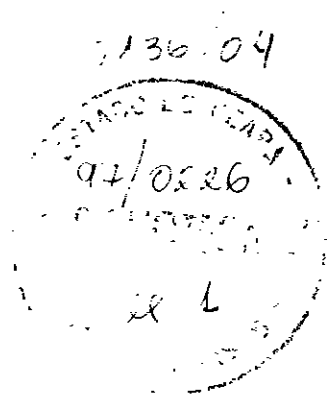
Qtd. A2 _____ Qtd. A1 _____

Qtd. A0 _____ Outros _____

RE - SERVIÇOS E ENGENHARIA LTDA.

Av. ...

FORTALEZA
NOVEMBRO / 96



ÍNDICE

3.2 - RELEVO	28
3.3 - INDICADORES CLIMÁTICOS	28
3.4 - VEGETAÇÃO	29
3.5 - MÉTODOS DE TRABALHO	29
3.6 - SOLOS	31
4 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS	39
4.1 - PRINCIPAIS PARÂMETROS..	39
4.1.1 - Temperaturas	39
4.1.2 - Umidade Relativa	40
4.1.3 - Insolação Média	41
4.1.4 - Ventos	42
4.1.5 - Evaporação Média	43
4.1.6 - Evapotranspiração	44
4.1.7 - Balanço Hídrico	45
4.1.8 - Classificação segundo Thornthwaite	46
4.1.9 - Classificação segundo Koeppen	47
4.2 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS	47
4.2.1 - Dados Utilizados	47
4.3 - CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO	49
4.3.1 - Nível Anual	49
4.3.2 - Nível Mensal	52
4.3.3 - Nível Diário	53
4.3.4 - Chuvas Intensas	54
4.4 - ESTUDO DE DEFLÚVIOS	56
4.4.1 - Metodologia	56
4.4.2 - Dados Necessários	58

4 5 - A CHEIA DE PROJETO DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO	60
4.5.1. - Metodologia	60
4.5.2 - Precipitação	61
4.5.3 - Precipitação Efetiva	64
4.5.4 - Hidrograma Unitário - SCS	67
4.5.5 - Hidrograma Triangular	68
4.6. - CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO... .. .	70
4.6.1. - Metodologia	70
4.6.2. - Solução Direta da Equação do Balanço Hídrico	70
4.6.3. - O Diagrama Triangular de Regularização	71
4.6.4. - Resultados	72
4 7 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO	75
4.7.1. - Propagação da Cheia no Reservatório	75
4.7.2. - Resultados	76
5 - O PROJETO PROPOSTO	80
5 1 - CONSIDERAÇÕES	80
5 2 - POSSIBILIDADE DE APROVEITAMENTO HÍDRICO	80
5.2.1 - Abastecimento Humano	80
5.2.2 - Irrigação	81
5.2.3 - Outras Alternativas de Exploração	82
5 3 - CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DA OBRA..... .	82
5.3.1. - Resumo das características técnicas principais	83
5.3.1.1. - Sangradouro.	84
5.3.1.2 - Dimensionamento Hidráulico	84
5.3.1.3. - Tomada D'água	84

5.4. - SISTEMAS DE ADUÇÃO PARA ABASTECIMENTO D'ÁGUA DE CASCAVEL E PINDORETAMA	88
5.4.1. - Diâmetros Prováveis	88
5.4.2 - Implantação do Perímetro Irrigado	89
5.5 - RESUMO TOTAL DOS INVESTIMENTOS.	89
6 - ANEXO	91
A1 - ARRANJO GERAL	92

1- INTRODUÇÃO

1- INTRODUÇÃO

Este relatório constitui-se como um referencial para que se possa traçar um perfil sócio-econômico dos municípios de Cascavel, Pacajus e Pindoretama e, principalmente, das áreas inseridas na bacia dos riachos Mal Cozinhado e Caponga

O relatório integra o Estudo de Aproveitamento Hidroagrícola das Bacias dos Riachos Mal Cozinhado e Caponga nos municípios de Cascavel, Pacajus e Pindoretama - CE. Fruto do contrato firmado entre a SOHIDRA - Secretaria de Obras Hidráulicas e a Empresa KL - Serviços e Engenharia Ltda

Vale salientar que a quantidade e o nível de detalhamento das informações aqui expressas, foram apuradas da pesquisa de campo realizada em Agosto/95 pela KL - Serviços e Engenharia Ltda, junto a população residente na área de estudos, com técnicos e órgãos a nível municipal, estadual e federal, além de lideranças formais e informais

Faz-se mister salientar que a metodologia utilizada na pesquisa foi a de entrevistas qualificada e o emprego de questionários principalmente na zona rural visando obter e aferir dados que propiciassem a elaboração desse documento

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

E:\MAL-COZNR_GER2_MC.DOC

000010

2 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO

2.1- LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área de estudo está situada nas microrregiões de Cascavel e Pacajus e engloba, além destes, o município de Pindoretama no estado do Ceará, e esta área de estudo está inserida na bacia dos riachos Mal Cozinhado e Caponga nos municípios supra citados

A área de abrangência do Projeto inclui os municípios de Cascavel e Pindoretama, pertencentes as áreas de Desenvolvimento Regional (ADR) Litoral, de acordo com a Divisão Político Administrativa do Estado do Ceará. A Área acha-se contida entre as coordenadas 4° 00' e 4° 15' de Latitude Sul e 38° 15' e 38° 05' de Longitude oeste de Greenwich

A principal via de acesso à região é a rodovia estadual CE-040 que faz a ligação entre Fortaleza e o Litoral Leste do Estado. As sedes municipais de Cascavel e Pindoretama distam 53,00 e 42,00 km de Fortaleza, respectivamente

Apresenta uma superfície total de 7 502,50 ha (figura 2.1).

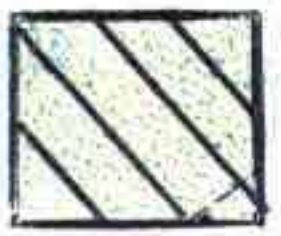
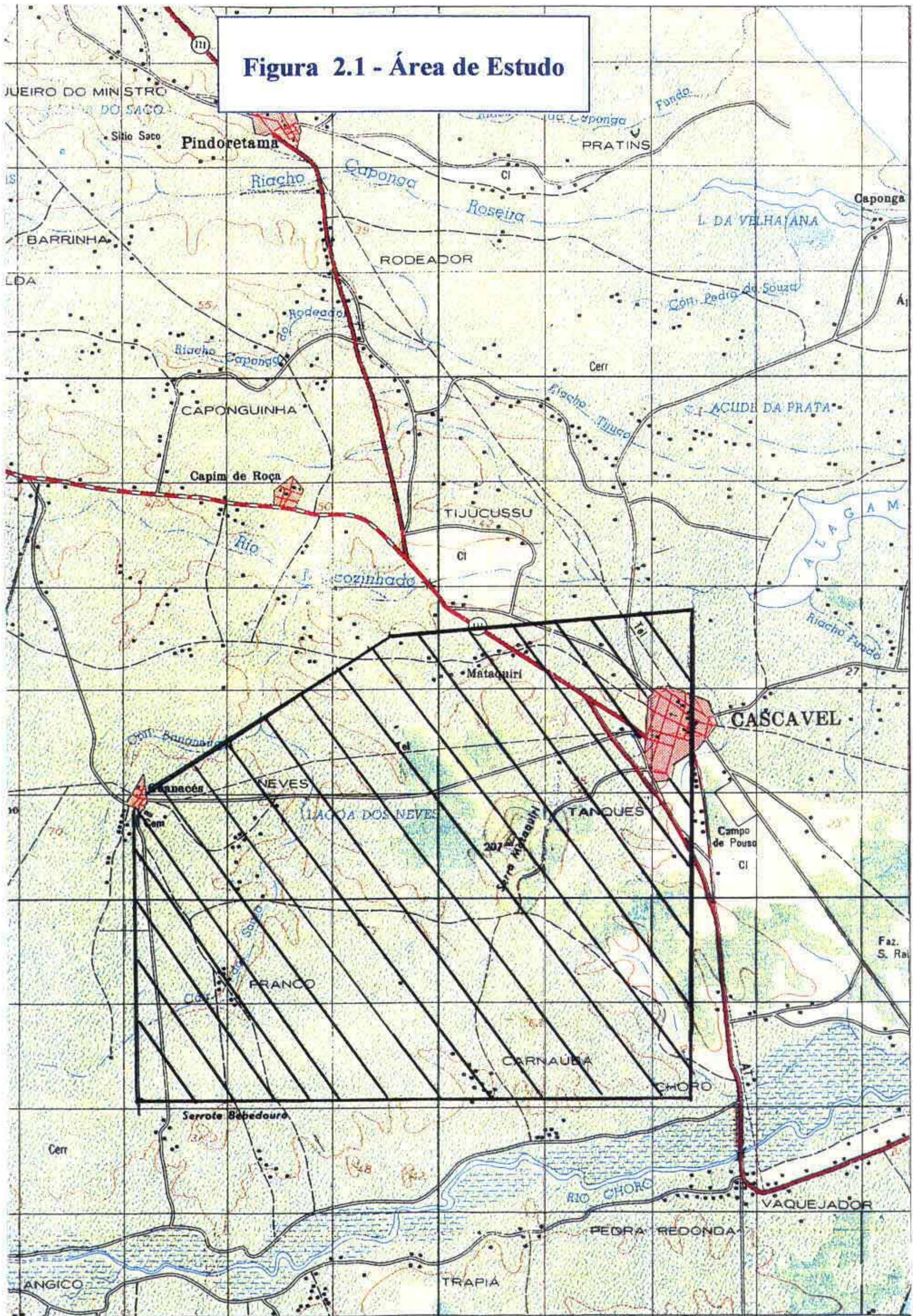
O estudo das áreas pertencentes as bacias dos riachos Mal Cozinhado e Caponga foram divididas em três zonas distintas procurando-se caracterizá-las individualmente.

A primeira zona encontra-se localizada na faixa litorânea propriamente dita, incluindo as localidades de Tijucussu, Caponga, Águas Belas e Camorim onde desemboca o Mal Cozinhado no chamado alagamar. Em seguida procurou-se conhecer uma região intermediária englobando Mataquiri, Capim de Roça, Preaoca, Curralinho e outros, nas divisas de Cascavel e Pindoretama. A terceira zona a ser estudada se encontrava próxima a Pacajús e Guanacés.

As bacias dos riachos Mal Cozinhado e Caponga engloba os municípios Cascavel, Pacajus e Pindoretama no estado do Ceará

A figura 2.2 mostra as localidades pesquisadas

Figura 2.1 - Área de Estudo



ÁREA DO ESTUDO

000012

2.2 - ASPECTOS SÓCIO ECONÔMICOS

I - MUNICÍPIO DE CASCAVEL

2.2.1 - Considerações Gerais

O Município de Cascavel está localizado na região Nordeste do Estado do Ceará na latitude 04°07'51" e longitude 38°14'11" Sua altitude média é de 33,71m e sua extensão de 882Km²

Limita-se ao Norte com o oceano Atlântico, ao Sul com Ocara, ao leste com Beberibe e ao Oeste com os municípios de Horizonte, Pacajus e Chorozinho

Foi criado em 1833 pela lei 2039 e seus principais distritos são Caponga, Guanacés, Jacarecoacoara e Pitombeiras , conforme o IPLANCE

O acesso a sua sede é realizado através da BR-116 cuja distância a partir de Fortaleza é de 53 Km

2.2.2 - Demografia

A população do município de Cascavel segundo dados do senso demográfico de 1991, é de 46497 habitantes dos quais 49,8% são do sexo masculino e 50,2% do sexo feminino

Segundo dados do IBGE - Sinopse Preliminar do Senso Demográfico a demografia do município de Cascavel apresenta as seguintes características mostradas no Quadro 2 1

QUADRO 2 1 Caracterização demográfica do município de Cascavel (1970 a 1991)

DISCRIMINAÇÃO	ANOS		
	1970	1980	1991 (1)
POPULAÇÃO TOTAL (hab)	39028	47668	46497
POPULAÇÃO URBANA (hab)	10307	36967	37088
POPULAÇÃO RURAL (hab)	28721	10701	9409
HOMENS (hab)	19496	23822	23199
MULHERES (hab)	19532	23846	23298
DENS DEMOGRÁFICA (hab/Km ²)	41,65	50,87	56,57
PEA TOTAL (hab)	12364	15732	20333
PEA PRIMÁRIA (hab)	7614	7274	6810
PEA SECUNDÁRIA (hab)	2089	4524	7850
PEA TERCIÁRIA (hab)	2601	3934	5673

Fonte IBGE

(1) Sinopse Preliminar do Censo Demográfico

Observa-se na leitura do quadro que a população rural do município no ano de 1991 era de apenas 20,2% em contrapartida a população urbana que girava em torno de 79%. Tal fato deve-se a crescente urbanização de seus núcleos e distritos inclusive na orla marítima

Ainda conforme o Anuário a população estimada para o ano de 1995 é de 49.073 hab, sendo que 81,89% residente na zona urbana. Já a projeção para o biênio 1988-2000, Cascavel terá 51.111 habitantes, com apenas 16,5% da população morando no meio rural

2.2.3 - Estrutura Fundiária

A matriz econômica do município de Cascavel está baseada na agropecuária com ênfase para a exploração das culturas de cana-de-açúcar, mandioca e cajueiro, além de milho e feijão como atividade de subsistência, todos em regime de sequeiro com dependência de precipitações. A pecuária também participa na renda global com destaque para o rebanho bovino explorado de forma extensiva

Outras atividades econômicas do município são a pesca, o artesanato, o turismo, com destaque para a área litorânea, indústria de beneficiamento da castanha-de-caju, pequenas agroindústrias de transformação (farinha e rapadura)

A avicultura vem crescendo e participando ativamente da economia municipal através de exploração de aves para postura e corte

A estrutura fundiária do município é caracterizada por possuir 89,86% de sua área com latifúndios por exploração enquanto que apenas 14% são minifúndios e representam 71,5% dos imóveis rurais enquanto aqueles totalizam 23%

O quadro 2.2. a seguir, permite um melhor conhecimento da estrutura fundiária municipal

QUADRO 2.2 Número e Área de Imóveis Rurais - 1991

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO	ÁREA (ha)
Categoria		
Minifúndio	1110	11325
Empresa Rural	38	12709
Latifúndio por exploração	343	72230
Latifúndio por dimensão	-	-
Não classificados	7	617
Condição Jurídica		
Proprietário	845	74887
Proprietário/Posseiro	30	6994
Posseiro	623	15002
Aproveitamento das Áreas		
Aproveitamento Total	1491	80376
Explorada	1335	37906
Aproveitamento não Explorada	1202	42471

Fonte: INCRA

Nos extratos de área abaixo de 10ha, a média das propriedades gira em torno de 6ha, que são explorados diretamente pelo proprietário (65%), que cultivam principalmente cana-de-açúcar e mandioca. Na faixa de terra entre 10-50ha a área média é de 30ha e que tem um índice de utilização por volta de 35%. Nas áreas pesquisadas a situação é semelhante e, as propriedades situadas próximas aos riachos Mal Cozinhado e Caponga, são exploradas pelos proprietários e cultivam cana-de-açúcar e mandioca principalmente.

2.2.4 - Agricultura - uso atual do solo

A exploração agrícola propriamente dita está calcada no cultivo de frutíferas principalmente cajueiro indistintamente nas áreas do sertão e litoral. Além desta, são exploradas também a manga e o côco que constituem o pomar já existente nas propriedades e sítios. A cana-de-açúcar também é cultivada de forma significativa assim como a mandioca, sendo ambos matéria-prima para as indústrias de transformação existentes no meio rural.

Durante a estação das chuvas, são cultivados ainda o milho e o feijão que atuam como culturas de subsistência.

No entanto deve-se ressaltar que atualmente as terras que margeiam os riachos Mal Cozinhado e Caponga, são explorados quase que totalmente com cana-de-açúcar e mandioca com aproveitamento das áreas úmidas.

Quanto aos aspectos tecnológicos, pode-se afirmar que apenas os grandes produtores utilizam tração mecânica e usam sementes e mudas selecionadas, enquanto que a maioria pratica um sistema de produção deficiente

Outro dado significativo diz respeito a cultura do cajueiro onde praticamente 100% da área predomina o cajú comum com baixas produtividades

Nestes sistemas, a colheita é praticada manualmente, com ênfase para o cajú, cana e mandioca, utilizando mão de obra familiar e assalariada.

A comercialização é feita através de intermediários, e o beneficiamento da matéria-prima (cana e mandioca) ocorre em engenhos e casas de farinha, via de regra, de terceiros, o que eleva o custo de produção e reduz o lucro do produtor

a) Principais Culturas

As principais culturas exploradas são a cana-de-açúcar, a mandioca, o milho e feijão em menor escala. Também foi citado que nas áreas úmidas ao longo dos riachos Mal Cozinhado e Caponga, prevalecem os cultivos de cana com finalidades de transformação em rapaduras

Via de regra, o uso de insumos básicos não atinge um nível desejado e conseqüentemente os índices de produção e produtividade são aquém do preconizado

Os serviços prestados na agricultura são através da mão-de-obra local e familiar e em geral não possui capacitação para melhor desempenhar as tarefas

O quadro 2.3 a seguir mostra a área explorada, a produção e a produtividade das principais culturas

QUADRO 2.3 ÁREA EXPLORADA, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

CULTURA / PRODUTO	ÁREA (ha)	PRODUÇÃO (t)	PRODUTIVIDADE (Kg/ha)
CANA-DE-AÇUCAR	3500	175000	50000
FEIJÃO	3000	435	145
MANDIOCA	3000	18000	6000
MILHO	600	177	295
CASTANHA CAJU	9934	1987	200

Fonte EMATERCE

Os valores brutos das principais culturas exploradas são mostrados no quadro 2.4 a seguir

QUADRO 2.4 VALOR BRUTO DAS PRINCIPAIS CULTURAS

PRODUTO / CULTURAS	ÁREA (t)	QUANTIDADE (t)	PREÇO / t	VALOR BRUTO (R\$ 1,00)
CANA-DE-AÇUCAR	3500	77100	15,00	1 155 000,00
FEIJÃO	3000	435	300,00	130 500,00
MANDIOCA	3000	18000	16,00	288 000,00
MILHO	600	177	166,00	29 382,00
CASTANHA	9934	1987	580,00	993 500,00

Preços praticados em julho/95

Os demais indicadores sócio econômicos podem ser vistos no Tomo I - Vol 2 - Estudos Sócio Econômicos da Bacia dos Riachos Mal Cozinhado e Caponga

II - MUNICÍPIO DE PACAJUS

2.2.1 - Considerações Gerais

O Município de Pacajus se situa na região Nordeste do Estado do Ceará, na Latitude 04°10'22" e Longitude 38°37'39"

Sua altitude média é de 73,90m e a sua extensão é de 227 Km²

O relevo do município é plano numa percentagem de aproximadamente 70%, com 20% sendo levemente ondulado e 10% com relevo ondulado. Existem ainda os serrotes dos porcos e os serrotes do Salgado

O Município de Pacajus foi criado pela lei nº 1591, no ano de 1935 e tem como limites ao norte o município de Horizonte, ao sul Chorozinho, ao leste Cascavel e ao oeste Guaiúba e Acarape Sua distância rodoviária à Fortaleza é de 48 Km através da BR-116

2.2.2 - Demografia

O quadro 2.1. mostra conforme o IBGE, na Sinopse do Censo Demográfico a demografia do município de Pacajús

QUADRO 2 1 DEMOGRAFIA

DISCRIMINAÇÃO	ANOS		
	1970	1980	1991 (1)
POPULAÇÃO TOTAL (hab)	33 335	46 976	31 769
POPULAÇÃO URBANA (hab)	8 730	23 937	22 625
POPULAÇÃO RURAL (hab)	24 605	23 039	9 144
HOMENS (hab)	16 628	23 589	15 648
MULHERES (hab)	16 707	23 387	16 121
DENS DEMOGRÁFICA (hab/Km ²)	53,94	76,01	139,95
PEA TOTAL (hab) (2)	8 537	16 447	27 253
PEA PRIMÁRIA (hab) (2)	5 851	7 005	8 253(3)
PEA SECUNDÁRIA (hab)	927	4 827	10 155(3)
PEA TERCIÁRIA (hab) (2)	1 759	4 615	8 517(3)

Fonte: IBGE

(1) Sinopse Preliminar do Censo Demográfico

(2) Inclui pessoas procurando trabalho

(3) Estimativa - 1990

Verifica-se no quadro que a população da zona rural no último Censo Demográfico é de 28,78% enquanto que 71,2% das pessoas residem no meio urbano, o que demonstra o deslocamento da população em busca de oportunidades e melhores condições de trabalho

Conforme estimativas a população atual - 1995 é de 34 855 pessoas dos quais 26.358 que 75,7% residem na zona urbana. A projeção para o ano 2000 é que o município atinja 38.976 habitantes dos quais 80% viverão na cidade

2.2.3 - Estrutura Fundiária

O Município de Pacajús é um dos maiores produtores de castanha de caju e mandioca do estado. Sua economia está calcada na produção e industrialização dessas matérias-primas e na exploração da bovinocultura, ovinos e principalmente a avicultura empresarial que tem participação significativa na renda local.

Atualmente estão sendo implantadas várias indústrias que certamente modificarão o cenário econômico da região.

A característica da estrutura fundiária está baseada no minifúndio, haja vista que, 68,8% dos estabelecimentos rurais ocupam uma área correspondente a apenas 17% da área global. O latifúndio por exploração ocupa 69,8% do território e representam 25% do total dos imóveis rurais cadastrados.

Os imóveis rurais com área menor que 10 ha respondem por 68,9% do total de imóveis e são administrados pelos proprietários em sua grande maioria (76%)

A seguir é apresentado o quadro 2.2 que retratam e caracterizam a estrutura fundiária municipal

QUADRO 2.2 Número e Área de Imóveis Rurais - 1991

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO	ÁREA (ha)
Categoria		
Minifúndio	518	3 237
Empresa Rural	31	6.350
Latifúndio por exploração	195	13.302
Latifúndio por dimensão	-	-
Não classificados	8	13
Condição Jurídica		
Proprietário	440	19 037
Proprietário/Posseiro	10	618
Posseiro	302	3 248
Aproveitamento das Áreas		
Aproveitamento Total	744	19 370
Explorada	640	11 839
Aproveitamento não Explorada	463	7 531

Fonte INCRA8

Atualmente 60% da área é ocupada por culturas perenes como cajueiro, mangueira, coqueiro e outras fruteiras tropicais em regime de consórcio com áreas de mandioca, feijão e milho

Do restante, 30% são matas ralas, caatingas hiperxerófilas, com predominância de sabiá, jurema e outros, enquanto 10% são áreas degradadas inaproveitáveis com afloração de rochas

a) - Principais Culturas

A principal atividade agrícola do município é a exploração da Castanha de Cajú que ocupa aproximadamente 90% deste segmento. Em seguida vem a mandioca com 8% e milho e feijão atuando como cultura de subsistência

Outras culturas, principalmente frutíferas estão sendo implantadas, substituindo paulatinamente os cultivos anuais na tentativa de modificar o quadro da agricultura municipal.

O sistema de produção do cajueiro é o tradicional. No entanto já estão sendo implantadas unidades demonstrativas com o cajueiro anão precoce enxertado, variedade CP-076 e CP-09, bem como substituição da copa com enxertia nas brotações através de borbúlia.

O quadro 2.3 a seguir discrimina as principais culturas exploradas a nível do município de Pacajús. Conforme informações do Escritório Local da EMATERCE, a exploração do cajueiro comum predomina ocupando praticamente toda área explorada com agricultura.

Não há tradição de uso de insumos modernos e os serviços são realizados por mão-de-obra doméstica sem qualificação adequada.

Os índices de produção e produtividade são baixos e a qualidade dos produtos são via de regra, inferiores.

2.2.4 - Área, Produção e Produtividade das Principais Culturas

O quadro 2.3 a seguir mostra a área, a produção e a produtividade dos principais culturas.

QUADRO 2.3 Área, Produção e Produtividade

CULTURA / PRODUTO	ÁREA (ha)	PRODUÇÃO (t)	PRODUTIVIDADE (Kg/ha)
CASTANHA DE CAJU	15 800	3 476	220
MANDIOCA	1 400	18 200	13 000
MILHO	60	11	183
FEIJÃO	200	75	375

Fonte: Escritório Local - EMATERCE

2.2.5 - Valor Bruto das Principais Culturas

Os valores brutos das principais culturas são demonstrados no quadro 2.4. a seguir.

QUADRO 2.4 Valor Bruto das Principais Culturas

CULTURA / PRODUTO	ÁREA (ha)	QUANTIDADE (t)	VALOR BRUTO (R\$ 1,00)
CASTANHA DE CAJÚ	15 800	3 476	1 738 000,00
MANDIOCA	1 400	18 200	910 000,00
MILHO	60	11	1 320,00
FEIJÃO	200	75	18 000,00

Fonte: Escritório Local da EMATERCE

Os demais indicadores sócio econômicos podem ser vistos no Tomo I - Vol 2 - Estudos Sócio Econômicos da Bacia dos Riachos Mal Cozinhado e Caponga.

III - MUNICÍPIO DE PINDORETAMA

2.2.1 - Considerações Gerais

O Município de Pindoretama, localizado no nordeste do Estado do Ceará possui coordenadas geográficas com Latitude 04°01'40" e Longitude 38°18'22"

Sua altitude na sede é de 40,0m e a sua extensão territorial é de 115 Km², sendo criado em 1987 pela lei 11.317

Limita-se ao norte com Aquiraz, ao sul Cascavel, ao leste também com Cascavel e ao oeste com Aquiraz

Dista 42 Km de Fortaleza por via asfáltica através da BR-116 e CE-040

As principais unidades geomorfológicas são planície litorânea (Dunas) e tabuleiros pré litorâneos do grupo barreiros

2.2.2 - Demografia

O quadro 2.1 a seguir apresenta a demografia do município de Pindoretama em 1970, 1980 e 1991, conforme dados do IBGE na Sinopse Preliminar do Censo Demográfico

QUADRO 2 1 Demografia

DISCRIMINAÇÃO	ANOS		
	1970(2)	1980(2)	1991(1)
População Total (hab)	6 285	7 386	12 440
População Urbana (hab)	1 216	7 386	4 183
População Rural (hab)	5 069	-	8 257
Homens(hab)	-	3 682	6 323
Mulheres(hab)	-	3 704	6 117
Dens Demográfica (hab/Km ²)	-	-	108,17

Fonte IBGE

(1) Sinopse Preliminar do Censo Demográfico

(2) População referente ao distrito

Observado-se o quadro verifica-se que a população rural é de 66,3% enquanto que a urbana atinge 33,7%

No quadro 2 2 a seguir, apresenta-se a população estratificado por grupo de idade e sexo

QUADRO 2.2 População por Grupo de Idade e Sexo

LOCALIDADE	SEXO		GRUPO DE IDADE (ANOS)						
	H	M	0-9	10-14	15-24	25-34	35-54	55-64	> 64
PINDORETAMA	6 322	6 117	3 090	1 585	2 773	1 558	2 108	743	81

Fonte: Anuário Estatístico do Ceará - 1994

A estimativa para o ano de 1995 revela uma população total de 14.526 habitantes onde apenas 19,7% residem no meio urbano em contra partida a 80,3% da população rural.

Para o ano 2000 as projeções indicam que o município terá 17.337 habitantes dos quais somente 1086 habitantes (6,2%) residirão no meio urbano. O restante da população 16.251 habitantes (93,8%) estarão morando na zona rural. A densidade demográfica atual é de 126 hab / Km² e a taxa de natalidade em torno de 2,5%

2.2.3 - Estrutura Fundiária

A economia do município está baseada no setor primário com destaque para a exploração da cana-de-açúcar, côco, frango de corte, mandioca, batata e castanha de caju. Além dessas, a bovinocultura de leite e corte, assim como a criação de ovinos, também participam da matriz econômica.

As áreas úmidas ao longo do riacho Mal Cozinhado principalmente, são cultivadas com cana-de-açúcar e mandioca, que alimentam as indústrias de transformação existentes na região.

O Município possui uma estrutura fundiária caracterizado pelo minifúndio, haja vista que, 86,8% dos imóveis rurais ocupam 36,7% da área, enquanto que 11,2% apenas das propriedades perfazem 49,3% da área total.

Outra característica da estrutura fundiária é a condição jurídica das propriedades. Os proprietários são responsáveis por 58,9% em contrapartida a 40% de posseiros.

Os quadros 2 3, 2.4, 2 5, 2.6, 2 7 a seguir discriminam o número e a área dos imóveis rurais segundo o INCRA, assim como a classe de área, uso da terra e utilização de mão-de-obra, assim como os preços da terra praticados atualmente

QUADRO 2 3 Número e Área de Imóveis Rurais - 1991

DISCRIMINAÇÃO	NÚMERO	ÁREA (ha)
Categoria		
Minifúndio	362	2 596
Empresa Rural	7	979
Latifúndio por exploração	47	3 488
Latifúndio por dimensão	-	-
Não classificados	1	1
Condição Jurídica		
Proprietário	245	4.969
Proprietário/Posseiro	5	73
Posseiro	167	2 023
Aproveitamento das Áreas		
Aproveitamento Total	416	6.141
Explorada	374	3.300
Aproveitamento não Explorada	289	2 841

Fonte INCRA8

QUADRO 2 4 Classe de Terra

CLASSE DA ÁREA	PROPRIETÁRIO				TOTAL	
	COM TÍTULO		SEM TÍTULO		ÁREA	Nº
	ÁREA	Nº	ÁREA	Nº		
Ate 10ha	1 296	216	1 584	264	2 880	480
10 - 50 ha	2 880	160	1 548	6	4 428	246
50 - 100 ha	1 224	18	204	03	1 428	21
Acima 100 ha	770	03	-	-	770	03

Fonte Sindicatos dos Trabalhadores Rurais, EMATERCE e Lideranças

QUADRO 2 5 Uso da Terra

CLASSE	PERCENTUAL DE UTILIZAÇÃO (%)			TOTAL DE UTILIZAÇÃO (%)
	PROPRIETÁRIO	ARRENDATÁRIO	PARCEIRO	
Até 10 ha	90	-	10	95
10 - 50 ha	60	10	30	70
50 - 100 ha	95	-	5	55
Acima de 100 ha	100	-	-	40

Fonte Sindicato - EMATERCE- Lideranças

QUADRO 2 6 Mão de Obra Utilizada

CLASSE	PERCENTUAL UTILIZAÇÃO DE MÃO DE OBRA(%)			
	FAMÍLIAS	DIARISTAS	EMPREITEIRO	OUTROS
Ate 10 ha	60	30	10	-
10 - 50 ha	35	50	25	-
50 - 100 ha	10	70	20	-
Acima de 100 ha	-	100	-	-

Fonte: Sindicato do Trabalhadores Rurais, Trabalhadores e Lideranças e EMATERCE

QUADRO 2 7 Preços das Tabelas / ha

Terra nua	R\$ 700,00
Com matas	R\$ 400,00
Com capoeira	R\$ 500,00
Com pastagem	R\$ 1 000,00
Com fruteiras	R\$ 1 500,00

2.2.4 - Agricultura - uso atual do solo

As atividades agrícolas do município estão baseadas nas explorações da cana-de-açúcar, cocos, mandioca, batata e castanha de cajú entre as mais importantes. As demais, como milho e feijão participam como alternativas de subsistência.

Também estão sendo cultivadas, outras frutíferas como mangueira, limoeiro, goiabeira, mamoeiro e graviola, cujo potencial é alentador.

Nos solos aluvionais, planta-se atualmente cana-de-açúcar, batata e capineiras.

As áreas próximas aos riachos Mal Cozinhado e Caponga, têm-se explorado com essas culturas.

A cana-de-açúcar e a mandioca, são transformadas em engenhos e casas de farinha existentes no meio rural, enquanto a castanha de cajú, estão sendo processada em indústrias com técnicas avançadas de tratamento e acondicionamento.

a) Principais Culturas - uso atual do solo

De acordo com o item 2.2.1, as principais culturas exploradas no município são a cana-de-açúcar, o cajueiro, a mandioca, o coqueiro e a batata. São cultivadas também milho e feijão, assim como manga e outras frutíferas

Enfatiza-se ainda que ao longo dos riachos Mal Cozinhado e Caponga se cultiva com mais intensidade cana-de-açúcar e mandioca tendo também plantio de batata

Quanto ao uso de insumos, pode-se considerar como razoável principalmente no uso de adubação orgânica e adoção de sementes e mudas selecionadas

A mão-de-obra é praticamente familiar nas áreas menores que 10ha, sendo que nas propriedades acima de 50ha, prevalece a mão-de-obra assalariada enquanto a mão-de-obra familiar não ultrapassa a 10%, neste extrato

2.2.5 - Área, Produção e Produtividade das Principais Culturas

No quadro 2.8 são apresentados a área explorada, produção e produtividade

QUADRO 2.8 Área Explorada, Produção e Produtividade

CULTURA / PRODUTO	ÁREA (ha)	PRODUÇÃO (t)	PRODUTIVIDADE (Kg/ha)
CANA-DE-AÇUCAR	1 000	50 000	50 000
CASTANHA DE CAJÚ	450	112	248
CÓCO	3 000	1 800(M)	0,6(M)
MANDIOCA	480	4 320	9 000
MANGA	100	1 000(M)	10(M)
BATATA	100	2 000	20 000
FEIJÃO	20	4	200
MILHO	10	2	200

Fonte Escritório Local da EMATERCE
(M) = milheiro

2.2.6 - Valor Bruto das Principais Culturas

O quadro 2.9 a seguir demonstra o valor bruto das principais culturas.

QUADRO 2.9 Valor Bruto das Principais Culturas

CULTURAS	ÁREA (ha)	PRODUÇÃO		VALOR
		UNIDADE	QUANT.	(Em R\$ 1,00)
CANA-DE-AÇÚCAR	1 000	ton	60 000	900 000,00
CASTANHA DE CAJÚ	450	ton	112	56 000,00
CÓCO	300	milheiro	1 800	720 000,00
MANDIOCA	480	ton	4 320	108 000,00
MANGA	100	milheiro	1 000	50 000,00
BATATA	100	ton	2 000	240 000,00
FEIJÃO	20	ton	4	3 200,00
MILHO	10	ton	2	320,00

Fonte: Escritório Local da EMATERCE

Os demais indicadores sócio econômicos podem ser vistos no Tomo I - Vol 2 -Estudos Sócio Econômicos da Bacia dos Riachos Mal Cozinhado e Caponga

3 - ESTUDOS DOS SOLOS

E:\MAL-COZNR_GER2_MC.DOC

000028

3 - ESTUDOS DOS SOLOS

3 1 - ASPECTOS GEOLÓGICOS

Correlacionando-se as observações de campo com os dados bibliográficos consultados, chegou-se a conclusão que a totalidade da área estudada se desenvolve sobre sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras, cuja cronologia é considerada do final do Terciário e início do Quaternário

Litologicamente caracteriza-se por um banco relativamente espesso de sedimentos areníticos, esbranquiçados e amarelados, pouco litificados, com estratificação indistinta e níveis conglomeráticos, de matiz areno-argilosa caulínica, com uma cobertura arenosa inconsolidada, de granulação fina

3 2 - RELEVO

Predomina na área a unidade geomorfológica Tabuleiros, com relevo predominantemente plano e trechos suave ondulado, formando a seguinte associação de solos: Latossolo Vermelho Amarelo + Areias Quartzosas.

3 3 - INDICADORES CLIMÁTICOS

O clima da área é caracterizado pelos seguintes indicadores

- Pluviometria 1380 mm
- Semestre chuvoso e índice de concentração: 1º semestre - $\geq 90\%$
- Trimestre úmido. Fev./mar /abr.
- Trimestre seco. Ago./set./out
- Temperatura média anual das máximas: . 30,9 °C
- Temperatura média anual das mínimas: . 29,4°C
- Umidade relativa média anual. 79,0%
- Evaporação média anual. 1.653,0 mm

Segundo Koppen, a região apresenta o tipo climático Aw' - Clima Tropical Chuvoso. A estação se atrasa para o outono

De acordo com a classificação de Gaussen, encontra-se o tipo bioclimático 4bTh - Tropical quente de seca média. Seca de inverno. Índice xerotérmico entre 100 e 150 Números de meses secos entre 5 e 6.

3 4 - VEGETAÇÃO

As alterações patrocinadas pelo ambiente e, sobretudo, pelo homem, em resposta a devastação proveniente do processo indiscriminado de ocupação, provocaram profundas alterações na paisagem vegetal concernente as modificações florestais

As observações de campo e a revisão bibliográfica existente sobre o assunto possibilitaram a descrição fisionômica da caatinga de várzea que foi a única formação vegetal encontrado na área

- CAATINGA HIPOXERÓFILA

Formação essencialmente arbustiva e arbórea baixa, com grau de xerofitismo pouco acentuado e com pouca ocorrência de cactáceas

As espécies mais comumente encontradas na área são

. Catanduva. <u>Lityrocarpa</u> Benth
Mofumbo :	<u>Cobretum leprosum</u>
. Marmeleiro	<u>Croton</u> sp
Ameixa	<u>Ximenia</u> sp

3 5 - MÉTODOS DE TRABALHO

Os trabalhos de levantamento de solos foram executados, parte a nível de Reconhecimento de baixa intensidade e parte a nível exploratório, com vista a seu aproveitamento com irrigação, e envolvem os processos clássicos de mapeamento de solos e sua classificação pedogenética e posterior enquadramento em classe de terras para irrigação.

a) MÉTODOS DE TRABALHO DE CAMPO

As atividades de campo foram desenvolvidas por meio de identificação das unidades de mapeamento, levando-se em conta as características conjuntas de relevo, vegetação e litologia do terreno em espaços regulares.

Para isso foram realizados caminhamentos na área, aproveitando as estradas existentes

As descrições e coletas de perfis de solos foram feitas em trincheiras, conforme normas do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (EMBRAPA/SNLCS), em locais previamente escolhidos de acordo com as unidades de solos que se pretendia definir

Foram descritos e coletados 02 perfis num total de 05 amostras para análise completa

Para as descrições morfológicas foram usadas normas e definições contidas no Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

b) - MÉTODOS DE TRABALHO DE ESCRITÓRIO

Os trabalhos de escritório resumiram-se nas seguintes etapas.

- fotoanálise das aerofotos na escala 1:25.000;
- aposição sobre o mapa das informações relativas à morfologia do solo;
- elaboração do mapeamento preliminar para separar as unidades distintas,
- elaboração da legenda classificatória dos solos,
- correção das descrições dos perfis após ajustagem com os resultados analíticos;
- estudos dos dados analíticos,
- descrição das unidades de solo,
- confecção das plantas de solos,
- planimetria definitiva das manchas de solos.

c) - MÉTODOS DE TRABALHO DE LABORATÓRIO

As amostras de solos foram analisadas no laboratório do DNOCS, segundo os métodos preconizados pelo SNLCS/EMBRAPA, determinando-se

ANÁLISE FÍSICAS

- granulometria
- densidade real e aparente
- umidade a 1/3 e 15 atm.
- água útil

ANÁLISE QUÍMICAS

- pH
- condutividade elétrica
- carbono, matéria orgânica e fósforo assimilável
- complexo sortivo

3.6 - SOLOS

Neste item são descritas as classes de solos encontradas na área estudada, classificadas segundo os critérios do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA.

Para a unidade taxonômica mapeada foram descritos e analisados 02 perfis, considerados representativos, dos quais são apresentadas as correspondentes características físico-hídricas e químicas.

a) CRITÉRIOS ADOTADOS

Horizonte B Latossólico

Corresponde ao conceito de "Oxic Horizont" de Soil Taxonomy, satisfazendo alguns critérios como: espessura maior que 50cm; relação silte/argila inferior a 0,7, textura franco arenosa ou mais fina, menos que 4% de minerais primários pouco resistente ao intemperismo

Caráter Distrófico e Eutrófico - O termo distrófico especifica distinção de baixa saturação de bases (valor V inferior a 50%) e eutrófico especifica distinção de alta saturação de bases (valor V superior a 50%).

Para as distinções são consideradas a saturação de bases no horizonte B, ou C quando não existe B

Tipos de horizontes A

A fraco (corresponde ao segmento menos desenvolvido de "ocric epipedon", Soil Taxonomy, USA, 1975)

É um horizonte superficial que apresenta teores de carbono inferiores a 0,58%, cores muito claras, com valores, quando úmido, superiores a 5 e sem desenvolvimento de estrutura ou fracamente desenvolvida.

Classes texturais

De acordo com os percentuais de argila e silte, foram consideradas as seguintes agregações:

Textura arenosa -compreendem as classes texturais areia e areia franca com menos de 15% de argila

Textura Média - compreendem as classes texturais franco arenoso, franco siltoso, franco argilo arenoso, franco argiloso com percentual de argila entre 15 e 35%

Fases empregadas

Segundo o esquema de classificação do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solo, as unidades de mapeamento constatadas acrescentou-se o critério da fase, cujo objetivo é o de fornecer maiores subsídios à interpretação para o uso agrícola dos solos.

Os fatores levados em consideração para o estabelecimento das fases foram vegetação e relevo

Quanto a vegetação - as fases quanto a vegetação natural visam fornecer dados principalmente relacionados com o maior ou menor grau de umidade de determinada área. Isto porque se sabe que a vegetação natural reflete as condições climáticas de uma área

Quanto ao relevo - foram empregadas fases com o objetivo principal de fornecer subsídios ao estabelecimento dos graus de limitações com relação ao emprego de implementos agrícolas e a susceptibilidade a erosão

b) CLASSES E UNIDADES DE MAPEAMENTO

- Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico

Compreendem solos com baixa saturação de bases (V%), a qual varia comumente de 43 a 55%. O horizonte se apresenta comumente fraco com textura arenosa. O horizonte B apresenta textura média. São normalmente profundos, bem drenados de coloração amarelo brunado no matiz 10YR valor 6 e croma 6 e 8.

Estes solos ocupam grande extensão na área. O material originária destes solos é derivado, em grande parte, de sedimentos do Grupo Barreiras (Terciário). O relevo em em sua quase totalidade é plano, podendo ocorrer relevo suave ondulado.

A maior limitação ao uso agrícola destes solos decorre de sua baixa fertilidade natural, porém são fisicamente bons, ou seja profundos e porosos, de textura em grande parte média e relevo predominantemente plano e suave ondulado, o qual propicia condições para a mecanização das culturas.

Culturas de subsistência como a mandioca, o milho e o feijão e fruticultura regional, são frequentes no uso atual destes solos.

De acordo com o tipo de horizonte A, classe de textura no horizonte B, fase de vegetação e relevo, os solos destas unidades foram subdivididos conforme se segue:

LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO A fraco textura média fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado

1º componente da unidade LVd Perfil 01

PERFIL Nº 01

CLASSIFICAÇÃO. LATOSSOLO VERMELHO AMARELO A fraco textura média fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado

LOCALIZAÇÃO. No mapa

SITUAÇÃO E DECLIVE. Trincheira aberta em área de relevo plano com 3-5 % de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLOGIA Grupo Barreiras Terciário.

MATERIAL ORIGINÁRIO Sedimentos areno-argilosos

RELEVO LOCAL Plano e suave ondulado

RELEVO REGIONAL. Plano

EROSÃO Não aparente

DRENAGEM Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA. Caatinga hipoxerófila

USO ATUAL: Mandioca, Caju

Descrição do Perfil

Ap - 0 - 20m, bruno amarelado (10 YR 5/4, úmido), areia franca; grãos simples; muitos poros pequenos; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana

AB - 20 - 51 cm; bruno amarelado claro (10YR 6/4, úmido), maciça porosa, muitos poros pequenos, macio, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana

(BA) - 51 - 100 cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido); franco arenoso, maciça que se desfaz em fraca pequena granular e grãos simples, macio, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana

(B) - 100 - 170cm, amarelo brunado (10 YR 6/8, úmido); franco argilo arenoso; maciça que se desfaz em fraca pequena blocos subangulares, muitos poros pequenos, ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso

Raízes: Comuns finas no Ap

Raras grossas no B

c) AREIAS QUARTZOSAS

Compreende solos arenosos AC, essencialmente quartzosos, muito profundos, excessivamente drenados e de baixa fertilidade natural

Ao nível do mapeamento executado, ocorrem somente solos distróficos, cuja saturação de bases (V%) varia de 39 a 41%, com reação fortemente ácida a moderadamente ácida (pH entre 5,1 e 5,4) e com alumínio trocável variando de 0,24 a 0,36 mE

Possuem seqüência de horizontes A, C1 e C2, onde o A se apresenta com espessura em torno de 45cm e coloração bruno (10YR 5/3) A estrutura grãos simples, de consistência solto, quando seco, solto quando úmido e não plástico e não pegajoso quando molhado

Quanto ao uso agrícola, estes solos são aproveitados em pequena escala, tendo em vista a sua baixa fertilidade natural e a textura arenosa Destaca-se a cultura do cajueiro, tendo em vista que esta cultura se adapta bem a solos profundos e pobres e tolera bastante a um longo período de seca

Segundo o tipo de horizonte A, relevo e vegetação, estes solos foram subdivididos e faseados conforme se segue:

AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco fase caatinga hipoxerófila relevo plano

2º componente da associação LVd Perfil 02

PERFIL Nº 02

CLASSIFICAÇÃO: AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco fase caatinga hipoxerófila relevo plano

LOCALIZAÇÃO: No mapa

SITUAÇÃO E DECLIVE Trincheira aberta em área de relevo plano com 2-3 % de declividade

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLOGIA: Grupo Barreiras - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO Sedimentos areno-argilosos

RELEVO LOCAL: Plano

RELEVO REGIONAL Plano

EROSÃO: Não aparente

DRENAGEM: Acentuadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hipoxerófila

USO ATUAL Sem uso

Descrição do Perfil

- A - 0 - 45 cm; bruno (10YR 5/3, úmido), areia, grãos simples; muitos poros pequenos; solto, solto, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.
- C1 - 45 - 110 cm, bruno amarelado claro (10YR 6/4, úmido); areia franca, maciça, muitos poros pequenos; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso, transição clara e plana
- C2 - 110 - 180 cm; bruno muito claro acinzentado (10YR 7/3, úmido); muitos poros pequenos; maciça; macio, muito friável, não plástico e não pegajoso;

Raízes: Muito finas no A, comuns finas no C1

d) SITUAÇÃO, EXTENSÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO

SÍMBOLOS DAS UNIDADES DE MAPEAMENTO	ÁREA (ha)	PERCENTAGEM EM RELAÇÃO A ÁREA TOTAL
LVd	7 502,50	100,0
TOTAL	7.502,50	100,0

e) LEGENDA DE IDENTIFICAÇÃO DO MAPA DE SOLOS

LVd - ASSOCIAÇÃO DE LATOSSOLO VERMELHO AMARELO + AREIAS QUARTZOSAS, distróficos, com a fraco, textura arenosa e média, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado

Principais inclusões

PLANOSSOLO SOLÓDICO textura arenosa/média e argilosa relevo plano,

PODZÓLICO ACINZENTADO DISTRÓFICO textura arenosa/argilosa relevo plano,

PODZÓLICO VERMELHO AMARELO abruptico plíntico textura arenosa/média e argilosa relevo plano e suave ondulado,

SOLONETZ SOLODIZADO textura arenosa/média e argilosa relevo plano,

SOLOS ALUVIAIS INDISCRIMINADOS relevo plano.

4 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

4 - ESTUDOS HIDROCLIMATOLÓGICOS

4.1 - PRINCIPAIS PARÂMETROS

4.1.1 - Temperaturas

A distribuição temporal das temperaturas diárias mostra pequenas variações para os três pontos discretos de monitoramento (12:00, 18:00 e 24:00 TMG - Tempo Médio de Greenwich), sendo tais flutuações processadas, sob uma visão contínua no tempo, com pequenos gradientes

A temperatura média compensada é obtida por ponderação entre as temperaturas observadas nas estações meteorológicas T12 e T24 TMG, TMAX e TMIN do dia, pela seguinte fórmula estabelecida pela OMM (Organização Meteorológica Mundial)

$$T_{\text{comp}} = \frac{T_{12} + 2 T_{24} + T_{\text{MAX}} + T_{\text{MIN}}}{5}$$

onde,

Tcomp - Temperatura média compensada

T12 - Temperatura observada às 12:00 TMG

T24 - Temperatura observada às 24:00 TMG

TMAX - Temperatura máxima do dia

TMIN - Temperatura mínima do dia

A temperatura compensada apresenta uma pequena variação de 1,6 °C, isso para os meses de julho (25,7 °C), dezembro e janeiro (27,3 °C). As médias máximas e mínimas extremas ocorrem respectivamente nos meses de novembro e dezembro (30,7 °C) e Junho (22,1 °C), conforme se observa no quadro 4.1 e figura 4.1

Quadro 4 1 - Temperaturas Máximas, Mínimas e Compensadas (°C) na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AG O	SET	OUT	NOV	DEZ
Máx	30,5	30,1	29,7	29,7	29,1	29,6	29,5	29,1	29,2	30,5	30,7	30,7
Comp	27,3	26,7	26,3	26,5	26,3	25,9	25,7	26,1	26,6	27,0	27,2	27,3
Mín	24,7	23,2	23,8	23,4	23,4	22,1	21,8	22,8	23,4	24,5	24,4	24,6

FONTE INEMET (1991)

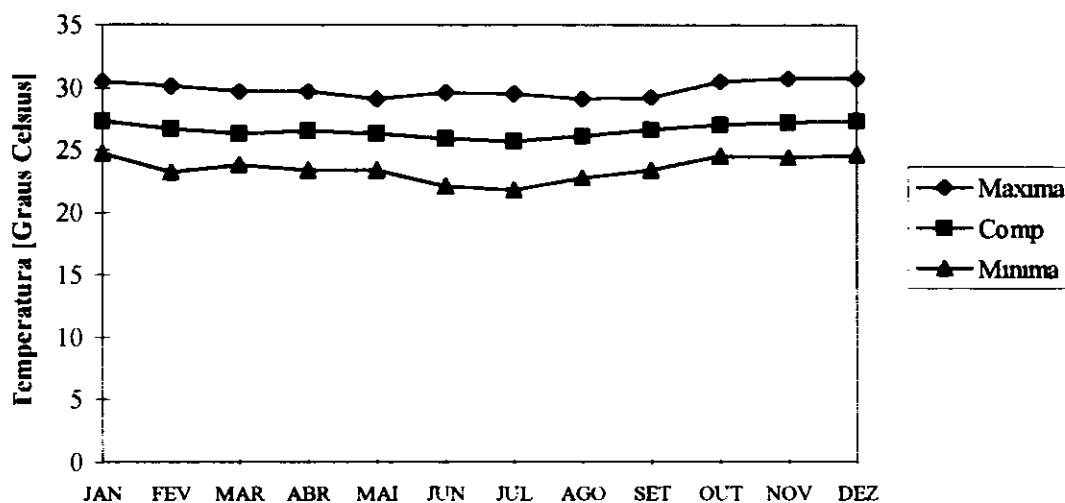


Figura 4.1-Temperaturas Máximas, Mínimas e Médias Compensadas na estação de Fortaleza

4.1.2 - Umidade Relativa

A umidade relativa média apresenta uma variação máxima de 12% referente aos meses de Abril (85%) e Outubro (73%), como pode-se verificar no quadro 4.2 e figura 4 2

Quadro 4.2 - Umidade Relativa na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
%	78	79	84	85	82	80	80	75	74	73	74	76

FONTE INEMET (1991)

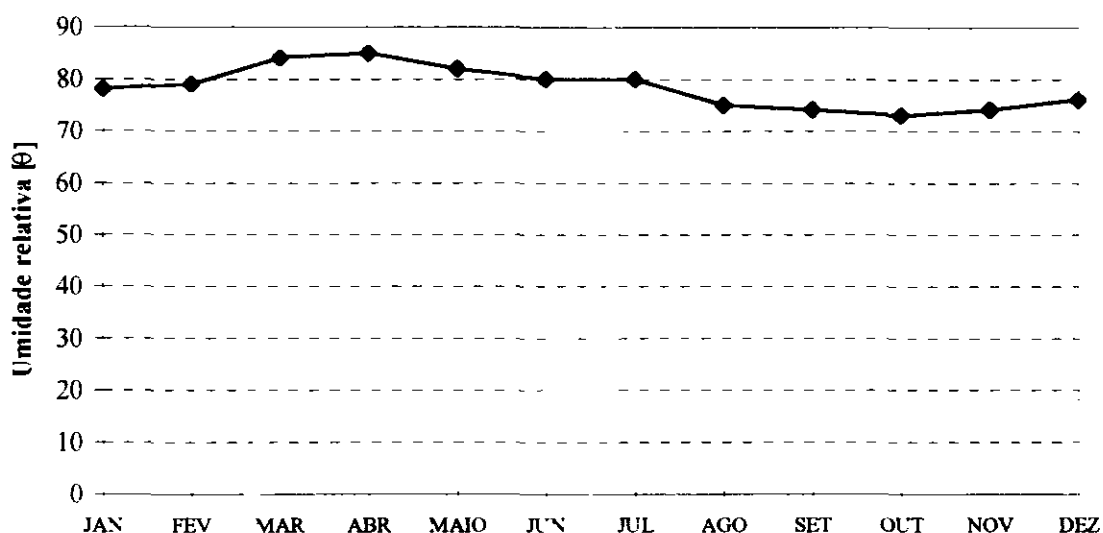


Figura 4 2-Umidade Relativa na estação de Fortaleza

Os índices de umidade medidos resultam de uma composição de efeitos climatológicos, levando-se em conta, entre estes, a pluviometria que se constitui como o principal componente do fenômeno. Assim, considerando-se a inexistência de outras estações hidroclimatológicas nas proximidades da área de estudo, a umidade é resultante da homogeneidade pluviométrica, além das pequenas oscilações dos demais parâmetros influentes.

4.1.3 - Insolação Média

O quadro 4.3 e a figura 4 3 mostram, respectivamente, o número de horas de exposição no local da estação de Fortaleza e sua distribuição mensal. Em termos atuais, no mesmo período, tem-se 2694 horas de exposição, podendo-se concluir de maneira aproximada que cerca de 62%

dos dias do ano possuem incidência solar direta. O trimestre fevereiro/março/abril, apresenta os menores valores devido ser o trimestre mais chuvoso, caracterizando um maior albedo.

Quadro 4.3 - Insolação Média na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
horas	216	175	148	153	209	240	263	169	283	296	283	257

FONTE: INEMET (1991)

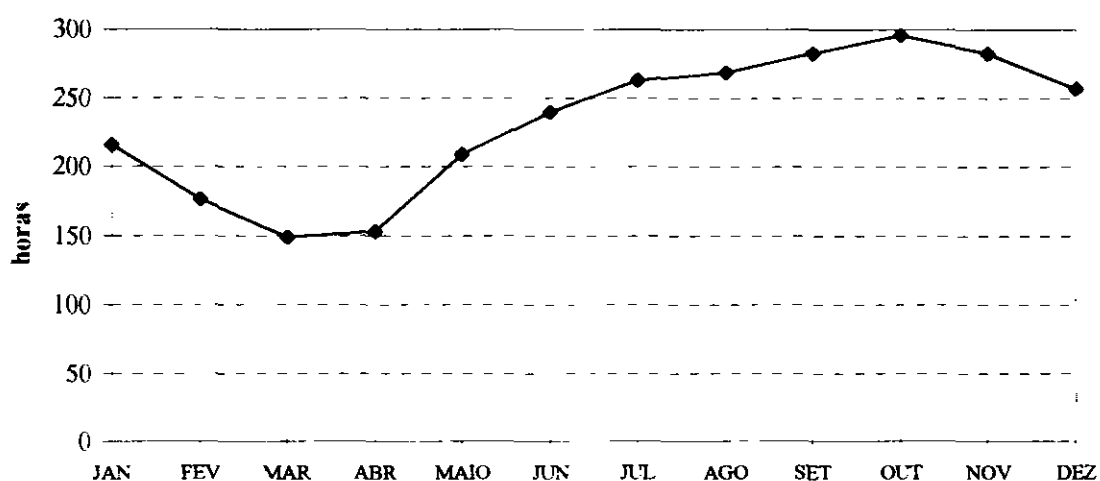


Figura 4.3-Insolação Média na estação de Fortaleza

4.1.4 - Ventos

A intensidade do vento é medida nos horários sinóticos de observação, a uma altitude de 10 m em relação a estação. Da mesma forma, a direção do vento também é medida nos três horários sinóticos, indicando a direção de onde o vento se origina.

A estação de Fortaleza apresenta suas velocidades médias dos ventos descrita no Quadro 4.4. Esta região a direção reinante dos ventos está dentro do quadrante Sudeste/Leste.

Quadro 4.4 - Velocidade Média dos Ventos na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
m/s	3,6	3,1	2,4	2,3	2,8	3,1	3,5	4,4	4,9	4,6	4,5	4,5

FONTE PERH(1992)

4.1.5 - Evaporação Média

A evaporação anual observada em tanque-tipo classe "A" é de 1468 mm, distribuída ao longo dos meses segundo o quadro 4.5 e figura 4.4

Quadro 4.5 - Evaporação Média na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	120	96	72	68	85	95	118	152	167	173	168	154

FONTE INEMET (1991)

O trimestre que apresenta os maiores valores de evaporação corresponde a setembro/outubro/novembro, ocorrendo o máximo em outubro (173,5 mm). Deve-se ressaltar, entretanto, que para adotar estes valores como representativos da evaporação em açudes, principalmente pequenos e médios, deve-se multiplicar estes valores por um coeficiente entre a evaporação do açude e a evaporação no Tanque Classe A (K_a). Molle (1989) aconselha os valores mostrados no quadro 4.6 para K_a , em função da superfície do espelho

Quadro 4.6 - K_a em função da superfície do espelho d'água

Superfície (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

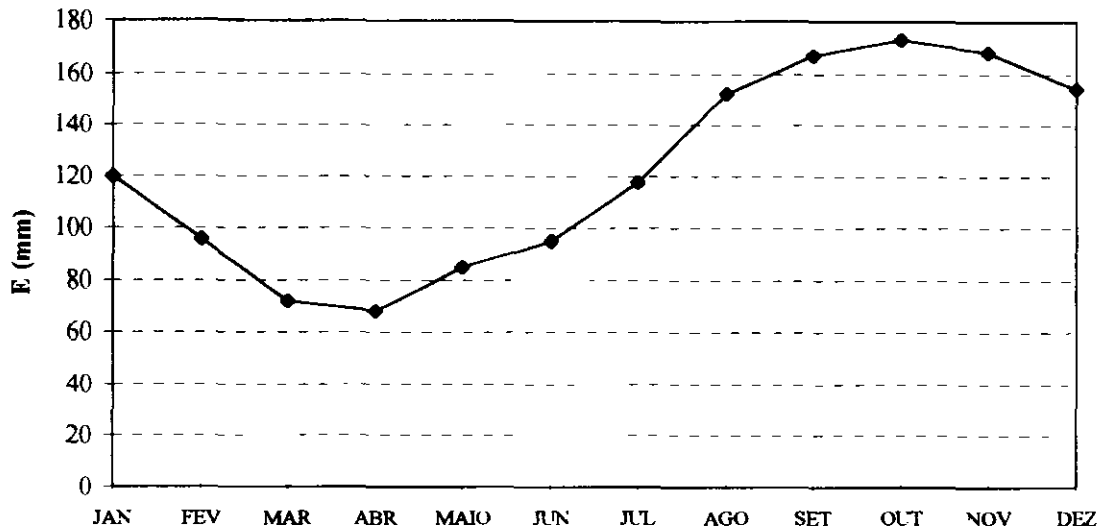


Figura 4.4 - Evaporação Média na estação de Fortaleza

4.1.6 - Evapotranspiração

O quadro 4.7 apresenta a evapotranspiração potencial mensal obtida segundo Thornthwaite e Mather, totalizando 1647,4 mm. A figura 4.5 confronta os valores do quadro 4.7 com os valores da precipitação média. Percebe-se, como característica, o déficit hídrico em mais da metade do ano, com exceção dos meses de fevereiro a junho. Este fato demonstra, como é conhecido qualitativamente para as regiões semi-áridas, a necessidade da aplicação artificial de água.

Quadro 4.7 - Evapotranspiração Potencial (Thornthwaite & Mather) na estação de Fortaleza

Média	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
mm	154,5	129,9	134,4	132,9	131,8	120,8	120,9	129,3	134,8	149,7	150,9	157,5

FONTE: PERH (1990)

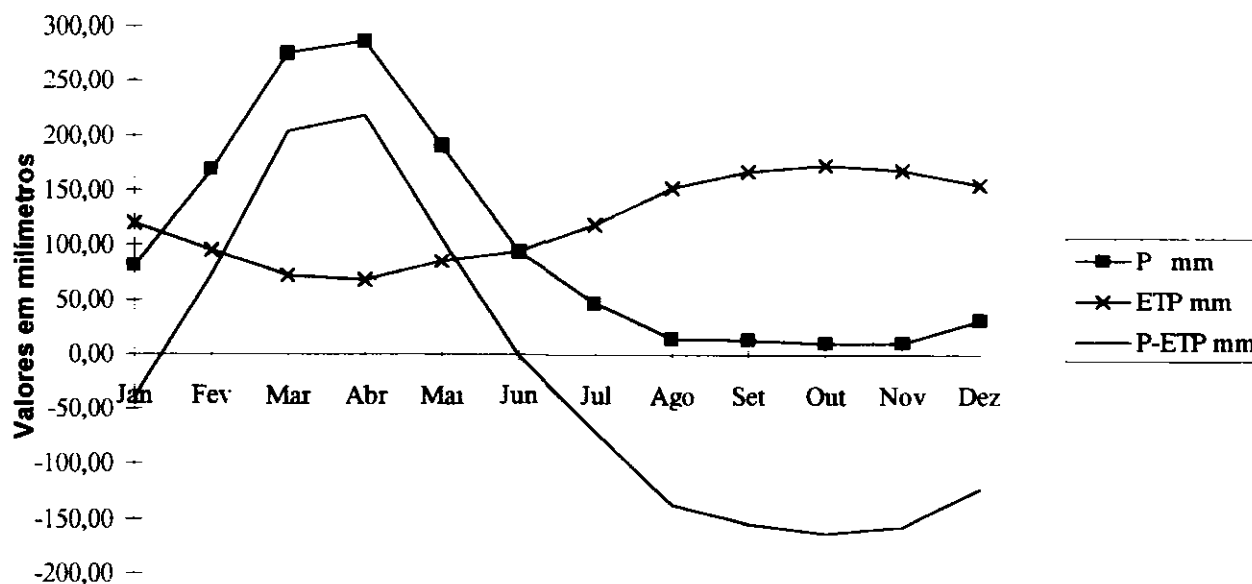


Figura 4.5-Balanço Hídrico

4.1.7 - Balanço Hídrico

O princípio da conservação da massa à água aplicado a um determinado local ou área (em um dado volume de controle), nos fornece a diferença entre o ganho (precipitação) e o consumo (escoamento superficial e profundo, evaporação ou evapotranspiração). Este princípio é a base do balanço hídrico, concebido por Thornthwaite & Mather em 1955, e tem sido utilizado amplamente quando não se dispõe de muitos dados para um estudo mais apurado.

Aplicando-se a metodologia do balanço hídrico para a bacia em questão, supondo-se uma capacidade de armazenamento de 100 mm (PERH, 1990)¹, obtém-se o quadro 4.8.

¹PERH, 1990. PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ.

Quadro 4.8 - Balanço Hídrico segundo Thornthwaite e Mather

Mês	P mm	ETP mm	P-ETP mm	Neg mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	80,85	120,10	-39,25	0,00	0,00	0,00	80,85	39,25	0,00
Fev	168,05	95,50	72,55	32,00	72,55	72,55	95,50	0,00	0,00
Mar	276,00	72,40	203,60	0,00	100,00	27,45	72,40	0,00	176,15
Abr	286,10	68,10	218,00	0,00	100,00	0,00	68,10	0,00	218,00
Mai	191,05	84,60	106,45	0,00	100,00	0,00	84,60	0,00	106,45
Jun	93,80	94,70	-0,90	0,90	100,00	0,00	93,80	0,90	0,00
Jul	47,55	118,30	-70,75	71,65	48,00	-52,00	99,55	18,75	0,00
Ago	14,15	151,80	-137,65	209,30	12,00	-36,00	50,15	101,65	0,00
Set	13,65	167,80	-154,15	363,45	2,00	-10,00	23,65	144,15	0,00
Out	10,30	173,50	-163,20	526,65	0,00	-2,00	12,30	161,20	0,00
Nov	11,00	168,10	-157,10	683,75	0,00	0,00	11,00	157,10	0,00
Dez	30,85	154,30	-123,45	807,20	0,00	0,00	30,85	123,45	0,00
ANO	1223,35	1469,20	-245,85		534,55	0,00	722,75	746,45	500,60

4.1.8 - Classificação segundo Thornthwaite

Segundo esta classificação, além da característica pluviométrica e térmica, a evapotranspiração potencial é também considerada elemento determinante do clima. Como forma de auxiliar na classificação de tipos e subtipos climáticos, três parâmetros foram introduzidos por Thornthwaite, a saber

- Índice de aridez

O índice de aridez vem a ser a deficiência hídrica expressa em porcentagem da evapotranspiração potencial, este índice apresentou o valor 43 (quadro 4.8)

- Índice de umidade

O índice de umidade é o excesso de água (Exc) expresso em porcentagem da necessidade que é representado pela evapotranspiração potencial (ETP), este índice apresentou um valor de 18 (quadro 4.8).

– Índice efetivo de umidade

Este índice reflete o excesso ou deficit de água ao longo do ano, apresentando um valor igual a -8 (quadro 4.8)

Com base nestes índices, os dados para a área de estudo, mostram um clima seco e sub-úmido, tipo C1, com índice efetivo de umidade variando entre 0% e -20%, sub-tipo S, com índice de aridez superior a 33%; tipo A', megatérmico e sub-tipo a', baixa variação estacional (C1SA'a')

4.1.9 - Classificação segundo Koeppen

Segundo Koeppen existem cinco zonas diferentes de clima na terra, associadas a valores de temperatura e precipitação de acordo com a vegetação

De acordo com esta classificação, a região do estudo encontra-se classificada como Zona de Climas secos, tipo B. As chuvas são classificadas devido a sua sazonalidade como do tipo W, estação seca de inverno. O clima, segundo o aspecto térmico, é do tipo h, quente, já que sua temperatura média anual é superior a 18 °C. Sendo pois o clima da região em estudo classificado como Bwh.

4.2 - ESTUDOS PLUVIOMÉTRICOS

A pluviometria do Estado foi detalhadamente analisada por ocasião do PERH (Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, 1990), sendo esta análise iniciada com a coleta dos registros inventariados e atualizados até 1988 pela SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste). Esta etapa foi seguida por várias outras, entre as quais destaca-se, para os fins deste trabalho a caracterização do regime pluviométrico em vários intervalos de tempo e o estabelecimento de série pluviométrica média para as bacias hidrográficas dos açudes de médio e grande porte.

4.2.1 - Dados Utilizados

A série pluviométrica bruta utilizada neste estudo foi inicialmente tratada pelo método do Vetor Regional (HIEZ, 1978), destinado à identificação de inconsistências nas séries históricas. Estas inconsistências podem ser originadas por erros de observação, podendo tais erros ocorrerem sistematicamente ou isoladamente em um certo período.

Apenas dois postos foram utilizados neste estudo, ambos próximos à área de interesse, bacia do riacho Mal Cozinhado com uma área de 240 km², sendo o primeiro posto o posto Cascavel (2883256), homônimo de sua localidade, próximo a foz do Riacho Mal Cozinhado, e o segundo, o posto Angicos (2883435) nas proximidades da cabeceira da bacia. Na estimativa dos dois vetores regionais, um a nível anual e o outro a nível mensal, foram utilizados 9 postos reunidos no grupo regional de Fortaleza, (PERH, 1990), por apresentarem médias dos totais anuais mais próximas, além de estarem localizados em regiões de pouca variação de altitude

Inicialmente foi considerado o intervalo anual, para o qual analisou-se as duplas massas entre a pluviometria anual e a série sintética obtida a partir do vetor regional associado. Esta análise permite a identificação de anomalias, ou seja, valores que divergem do padrão, este definido com base na informação de todos os postos pelo princípio da máxima verossimilhança.

A seguir prossegue-se com a análise, à nível mensal, utilizando o vetor regional mensal, buscando os meses que apresentam desvios consideráveis para aqueles anos de desvios consideráveis em relação ao valor sintético, sendo corrigidos os de maior contribuição para o desvio a nível anual. Os valores diários são compatibilizados pelo princípio da desagregação nos meses que sofreram a correção. Para maiores detalhes, consultar o PERH - SRH, 1990 - Relatório Geral - Diagnóstico.

O quadro 4.9 mostra os postos pluviométricos que compõem o grupo regional de Fortaleza, ou seja, aqueles utilizados na formação do Vetor Regional, do qual fazem parte os postos Angicos e Cascavel (sombreados), utilizados para este estudo. Como pode-se observar para a bacia do riacho Mal Cozinhado (postos sombreados), existe um gradiente positivo dos totais anuais à medida que se aproxima do litoral, partindo-se de cerca de 835 mm nas proximidades da cabeceira da bacia até próximo dos 1304 mm ao se chegar ao litoral

Quadro 4 9 - Postos utilizados na formação do vetor GRUPO FORTALEZA

POSTO	CÓDIGO	COORDENADAS		ALTITUD E m	MÉDIA ANUAL mm
		LATITUDE	LONGITUDE		
Fortaleza Central	2872496	3°44'	38°32'	0026	1391,4
Fortaleza (Escola Regional)	2872594	3°45'	38°32'	0026	1414,5
Mondubim	2872684	3°48'	38°35'	0030	1236,3
Angicos	2883435	4°13'	38°20'	0035	835,5
Cascavel	2883256	4°08'	38°14'	0030	1304,1
Bau	2882268	4°07'	38°40'	0059	1233,8
Guaruba	2882076	4°02'	38°38'	0059	1157,8
Açude Riachão	2882188	4°04'	38°34'	0060	1069,9
Aquiraz	2873824	3°54'	38°23'	0030	1352,5

Fonte: DNAEE (1983)

4 3 - CARACTERIZAÇÃO DO REGIME PLUVIOMÉTRICO

4.3.1 - Nível Anual

As isoietas, linhas de mesma precipitação média, e iso-cv's (coeficientes de variação) estão apresentadas nas figuras 4.6 e 4.7, que mostram a região do norte do estado, onde se acha assinalada a área do estudo. A área de estudo apresenta, segundo análise destas figuras, média pluviométrica entre 1000 e 1200 mm com um coeficiente de variação em torno de 0,40

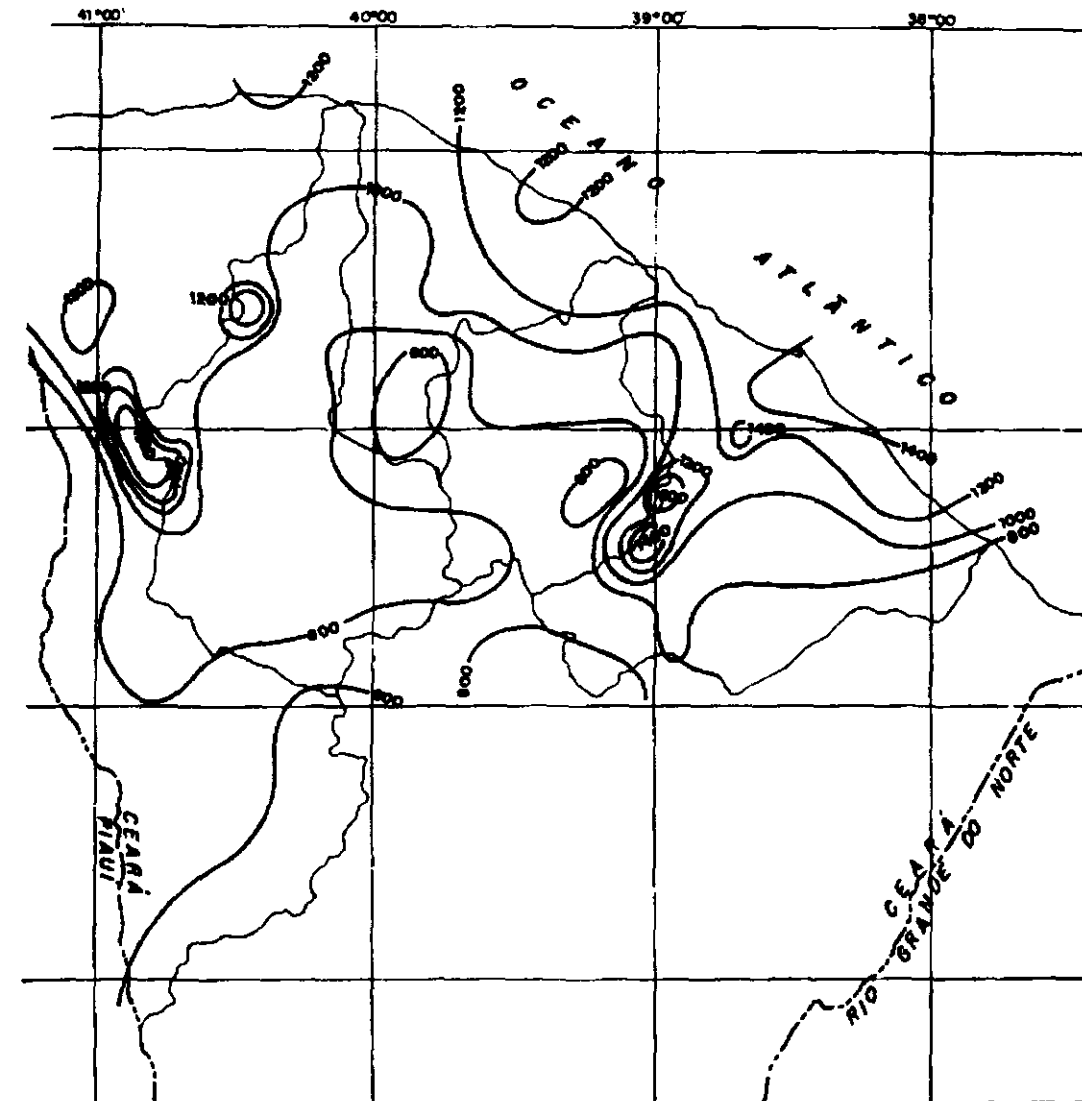


Figura 4 6 - Isoietas da parte norte do Estado do Ceará

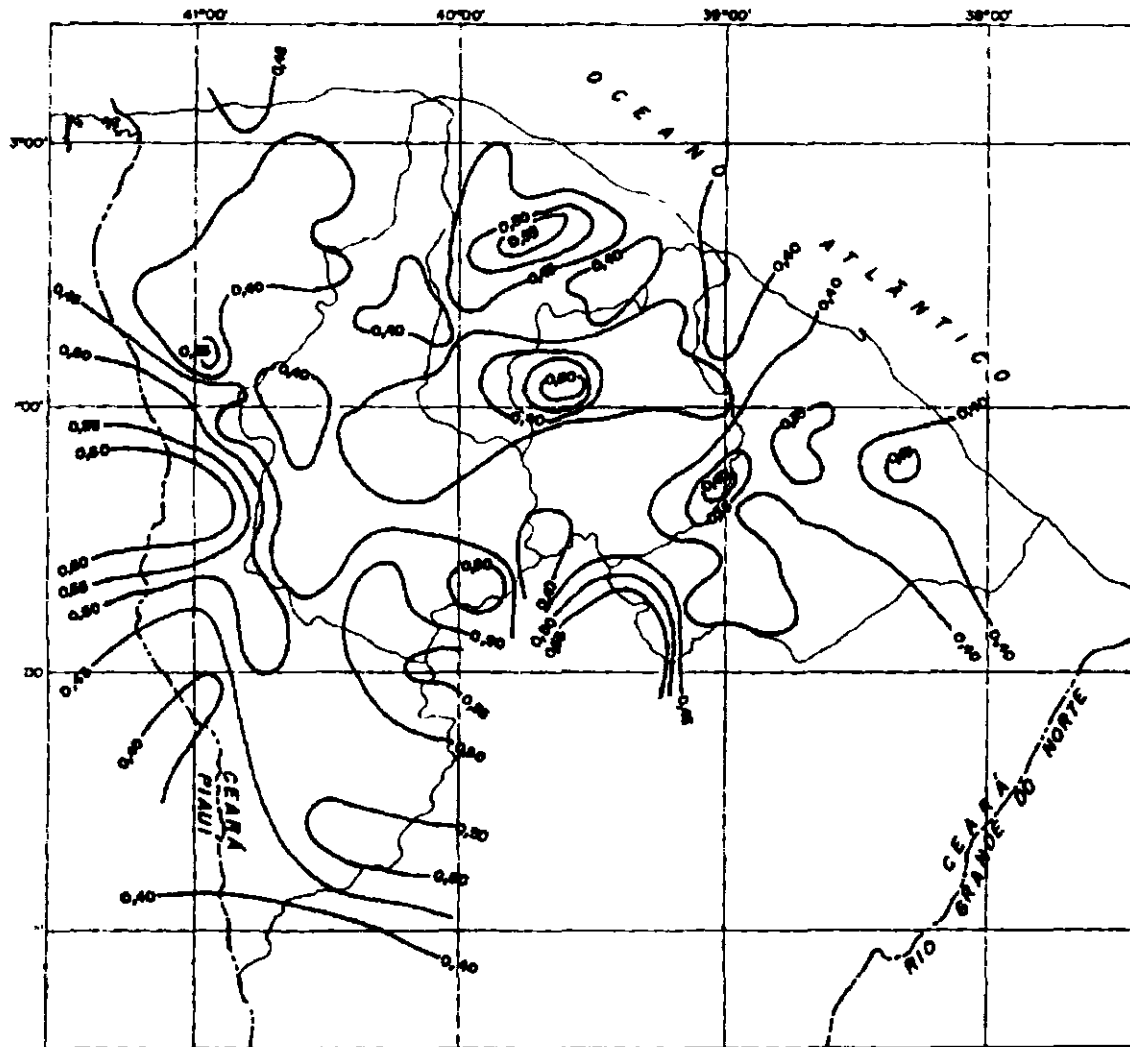


Figura 4 7 - Isolinhas de CV para o Estado do Ceará

Uma análise frequencial foi realizada para os postos escolhidos de Cascavel e Angicos, sendo testadas várias distribuições, e escolhida a Log-Pearson III como a de melhor ajuste, sendo seus parâmetros estimados pelo método dos momentos. O quadro 4.10 resume esta análise de frequência. As diferenças para os tempos de retorno alto são devidas fundamentalmente à extensão das séries com dados disponíveis em cada posto.

Quadro 4.10 - Análise de Frequência dos Totais Anuais Distribuição Log-Pearson III

N anos	PERÍODOS DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	50	100	500	1000
2883435 - Angicos						
27	1276,6	1630,9	2509,3	2920,5	33357,0	4474,9
2883256 - Cascavel						
71	1853,8	2170,9	2766,8	2984,0	3183,9	2975,9

4.3.2 - Nível Mensal

A análise da distribuição temporal mostra a concentração do total precipitado no primeiro semestre do ano, correspondendo a cerca de 91% do total anual.

A nível trimestral nota-se mais ainda a gravidade da concentração temporal, onde constata-se que cerca de 62 % do total anual precipita-se em apenas três meses do ano, no trimestre Fevereiro/Março/Abril ou Março/Abril/Maio. Nestes trimestres o mês de março corresponde ao mais chuvoso, com cerca de 24 % do total anual.

No quadro 4.11 mostra-se um resumo dos índices nos três níveis (mensal, trimestral e semestral), enquanto que no quadro 4.12 apresenta-se um resumo da análise de frequência utilizando a série de totais mensais para o mês mais chuvoso nos postos considerados. Os períodos de retorno utilizados variam de 5 a 1000 anos, com totais pluviométricos obtidos por ajustamento da distribuição Log-Pearson III.

Quadro 4.11 - Índices de Concentração Fluviométrica Série de Valores Médios

Mensais

MENSAL			TRIMESTRAL			SEMESTRAL		
MÊS	VALOR	%ANO	TRI	VALOR	%ANO	SEM	VALOR	%ANO
2883435 - Angicos								
MARÇO	230,3	24,9	MAM	573,2	62,0	1	847,0	91,6
2883256 - Cascavel								
MARÇO	330,5	24,1	FMA	844,9	61,7	1	1246,7	91,0

Quadro 4.12 - Análise de Frequência a Nível Mensal. Distribuição Log-Pearson III

N anos	PERÍODOS DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	50	100	500	1000
2883435 - Angicos						
27	330,9	424,2	637,1	729,1	821,7	1039,5
2883256 - Cascavel						
71	462,0	558,8	743,7	811,3	873,4	999,7

4.3.3 - Nível Diário

Os principais tipos de precipitações da região são em decorrência da elevação brusca das massas de ar por efeito térmico ou lenta, neste caso quando a massa de ar encontra obstáculos topográficos

A probabilidade de ocorrência de dias chuvosos no período úmido é considerável. Em regiões de influência orográfica a ocorrência de até vinte dias chuvosos no mês não são incomuns.

Na análise hidrológica de prováveis obras hidráulicas, os eventos de alta frequência assumem uma importância maior com relação aos de baixa. Aqui foram utilizadas séries de máximos diários no semestre mais chuvoso.

Diversas distribuições podem ser utilizadas como teóricas para as frequências observadas. Depois de comparar diversas distribuições para valores extremos, foi escolhida a Log-Pearson III, cujas estimativas para vários períodos de retorno encontram-se no quadro 4.13

Sendo próximas as dispersões em torno ao valor médio, a assimetria do posto Angicos é a maior da bacia considerada. O valor baixo de assimetria para Cascavel é função da existência de um registro maior de dados, aprimorando uma distribuição de frequências suave com coeficientes de variação e curtose menores com relação ao posto de Angicos.

Quadro 4 13 - Análise de Frequência a Nível Diário - Distribuição Log-Pearson III

N anos	PERÍODOS DE RETORNO (ANOS)					
	5	10	50	100	500	1000
2883435 - Angicos						
27	95,5	118,3	177,3	206,3	238,0	323,6
2883256 - Cascavel						
75	117,3	130,3	149,1	154,3	158,5	165,1

4.3.4 - Chuvas Intensas

Para projetos de obras hidráulicas em geral é importante a caracterização do regime pluviométrico em intervalos de tempo inferiores a 24 horas. A definição da vazão de projeto, por exemplo de canais integrantes da rede de drenagem, obras d'arte, está vinculada a determinação da relação intensidade-duração-frequência pluviométrica.

Para caracterização do regime de chuvas intensas da região pode-se sem dúvida utilizar-se da tradicional equação de chuvas intensas de Fortaleza, mostradas a seguir:

$$i = \frac{528,076 T^{0.148}}{(t+6)^{0.62}}, \text{ para } t \leq 120 \text{ min} \quad \text{e} \quad i = \frac{54,50 T^{0.194}}{(t+1)^{0.86}}, \text{ para } t > 120 \text{ min}$$

onde i é a intensidade de chuva (mm/h), T o tempo de retorno (anos) e t a duração em minutos para a primeira fórmula e em horas para a segunda.

A figura 4.8 mostra as curvas altura-duração-frequência para diferentes tempos de retorno. A chuva pontual (figura 4.8) foi convertida em chuva para toda a bacia (figura 4.9) pela equação

$$P_A = P_0 \left(1 - W \log\left(\frac{A}{A_0}\right)\right)$$

onde $W = 0,15$ (coeficiente regional para zonas áridas e semi-áridas),

P_A = Precipitação sobre toda a área,

P_0 = Chuva pontual;

$A = 240 \text{ km}^2$ (área da bacia),

$A_0 = 25 \text{ km}^2$ (área base para chuva pontual),

obtendo-se um fator de redução igual a $0,87$ ($1 - W \cdot \log(A/A_0)$) O quadro 4.14 apresenta a chuva de projeto sem redução e com a aplicação do fator redutor de área.

Quadro 4 14- Chuva de Projeto (mm)

DURAÇÃO (h)	PERÍODOS DE RETORNO				
	100	200	500	1000	10000
CHUVA PONTUAL					
0 1	22,37	24,78	28,38	31,45	44,22
1	77,73	86,13	98,63	109,29	153,67
24	200,62	229,5	274,14	313,6	490,21
CHUVA REDUZIDA					
0 1	19,60	21,72	24,87	27,56	38,75
1	68,12	75,47	86,44	95,77	134,68
24	175,81	201,11	240,24	274,82	429,58

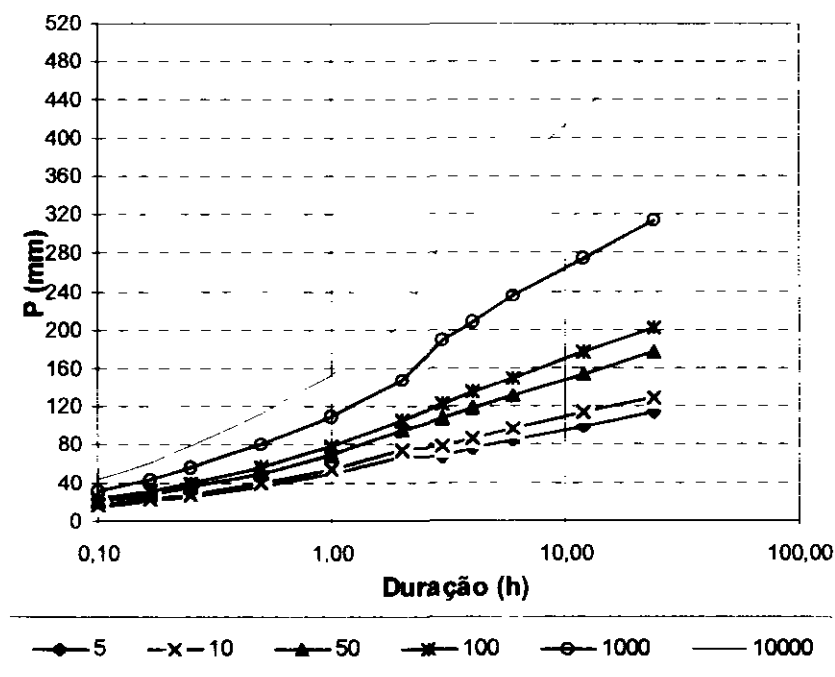


Figura 4 8 - Curvas Altura-Duração-Frequência

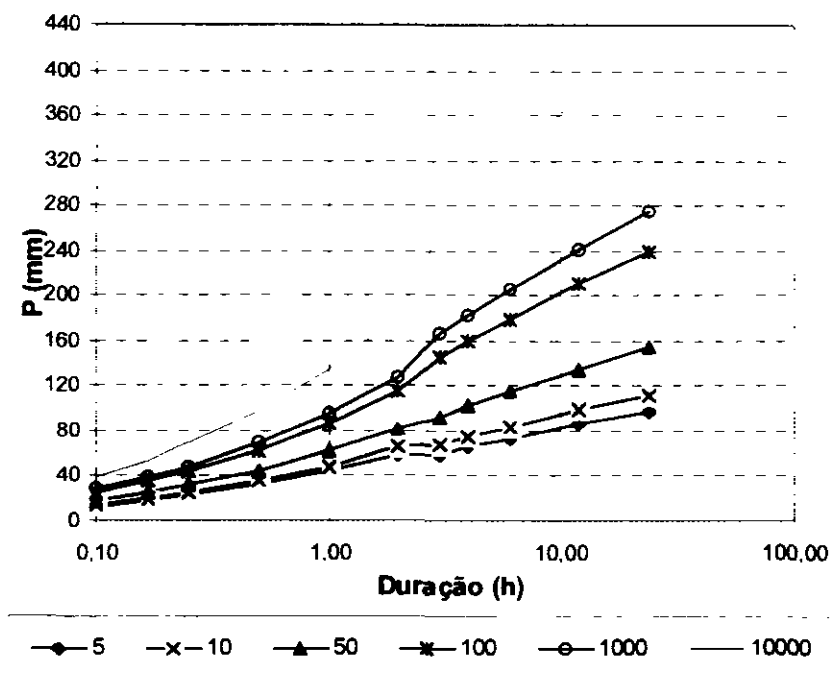


Figura 4.9 - Curvas Altura-Duração-Frequência com redução de área

4.4 - ESTUDO DE DEFLÚVIOS

O objetivo básico deste capítulo consiste na definição das séries de vazões afluentes ao Riacho Mal Cozinhado, produto das chuvas que ocorrem em sua bacia até às proximidades da localidade Capim da Roça. Estas séries fluviométricas podem ser utilizadas como base para estudos direcionados a estudos de construção de pequenos e médios açudes e para avaliação de alternativas para projetos de irrigação na área.

4.4.1 - Metodologia

A execução de projetos, tais como, o dimensionamento de reservatórios, requer a utilização de dados de séries fluviométricas. Devido ao elevado custo de implantação e manutenção das estações fluviométricas, o número destas é inferior ao de pluviométricas. No caso particular da bacia do Riacho Mal Cozinhado com área de 240 km², não existe nenhum posto fluviométrico, tendo sido utilizado para a pluviometria, os postos Angicos (2883435) e Cascavel (2883256). Resta então fazer uso de modelos de transformação chuva-vazão, os quais permitem, a partir de séries pluviométricas e de valores dos parâmetros destes modelos, determinados em uma região de características semelhantes, gerar séries de dados fluviométricos para a região de interesse.

Como foi descrito anteriormente, na bacia ou na suas proximidades existem dados pluviométricos de estações próximas à área de estudo que foram consistidos e utilizados por ocasião da elaboração do PERH-CE. Estas informações serão utilizadas pelo modelo MODHAC², o qual utiliza dados de precipitação média diária.

O modelo MODHAC é composto de três reservatórios fictícios dispostos em séries, cada um com seus parâmetros de ajuste próprios. Estes reservatórios fictícios serão descritos, resumidamente, a seguir:

a) RESERVATÓRIO SUPERFICIAL permite simular os processos de interceptação da água pela vegetação, o armazenamento nas depressões impermeáveis e semi-permeáveis do solo. Seus parâmetros são

RSPX: capacidade máxima do reservatório superficial, e

ASP: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à permeabilidade do reservatório.

b) RESERVATÓRIO SUB-SUPERFICIAL: permite representar a água armazenada dentro do solo, desde a superfície do terreno até a profundidade radicular das plantas. A recarga deste reservatório é a infiltração e as descargas são o escoamento hipodérmico, evaporação do solo e a evapotranspiração das plantas. São seus parâmetros

RSSX: capacidade máxima do reservatório sub-superficial, e

ASS: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional a permeabilidade das camadas mais superficiais do solo.

c) RESERVATÓRIO SUBTERRÂNEO: representa o armazenamento da água nas camadas mais profundas do solo onde não existe nem evapotranspiração das plantas, nem evaporação do solo. A recarga deste reservatório é a percolação profunda do reservatório sub-superficial e a descarga é o escoamento de base. Seus parâmetros são

RSSB: capacidade máxima do reservatório subterrâneo, e

² MODHAC - Modelo Hidrológico Auto Calibrável - A.E.L. Lanna & M. Schwarzbach - 1989. Publicação de Recursos Hídricos 21 - Instituto de Pesquisas Hidráulicas I.P.H. - U.F.R.G.S.

ASB: expoente utilizado para determinar a lei de esvaziamento deste reservatório, proporcional à transmissividade das camadas mais profundas do solo

Alem destes coeficientes próprios de cada reservatório fictício, existem outros que permitem representar as características do solo e da evaporação. São eles:

IMIN: infiltração mínima observada,

IMAX: representa a capacidade de percolação de todo o horizonte do solo,

IDEC: parâmetro que permite representar uma gama de valores compreendida entre o ponto onde não existe infiltração e o ponto que representa toda a água infiltrada, e

CEVA: parâmetro da lei de evapotranspiração do solo

4.4.2 - Dados Necessários

Os dados necessários para a calibração do MODHAC são pluviometria diária, séries fluviométricas mensais/diárias e evapotranspiração potencial. Devido a inexistência de estações fluviométricas na bacia do Riacho Mal Cozinhado, optou-se por utilizar valores dos parâmetros do MODHAC obtidos na calibração deste em uma região próxima. Esta hipótese simplificadora assume que os parâmetros utilizados são representativos para simular os processos de transformação chuva-vazão que ocorrem na bacia do Riacho Mal Cozinhado. Assim, a partir dos valores destes parâmetros obtidos pela calibração do MODHAC para o posto situado no Riacho Bau, afluente do Rio Pacoti, é possível gerar séries de vazões a partir de séries de precipitações da área de interesse, e com extensão igual destas últimas. O quadro 4.15 apresenta os parâmetros utilizados pelo modelo MODHAC para geração de série de vazões mensais. A série gerada compreendendo o período de 1912 a 1988 (com falhas) encontra-se apresentada na figura 4.10, sendo obtida a partir dos parâmetros escolhidos (posto Bau) e da precipitação média da bacia calculada com base nos postos de Angicos (2883435) e Cascavel (2883256)

Quadro 4 15 - Parâmetros Utilizados pelo Modelo MODHAC

RSP X mm	RSSX mm	RSB X	RSB F	IMAX mm/ dia	IMIN mm/ dia	IDE C	ASP	ASS	AS B	PRE D	CEVA
178,8	286,5	0,0	0,0	40,66	3,81	0,55	0,0010	0,0010	0,0	999,0	0,0801

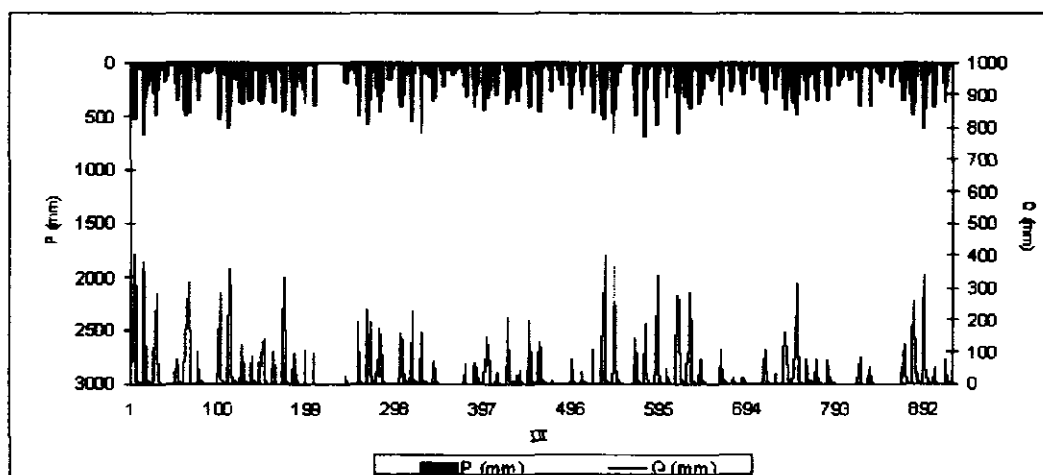


Figura 4 10 - Resultados da Simulação do Modelo MODHACX para a Bacia do Riacho Mal Cozinhado: Período de 1912 a 1988
DT - Intervalo de cálculo P - Precipitação (mm) Q - lâmina escoada (mm)

O coeficiente de deflúvio, calculado pela razão entre a lâmina escoada e a precipitada, situa-se em torno de 24%. O regime de escoamento no local do barramento pode ser melhor caracterizado pelos seguintes valores.

Na figura 4 11 encontra-se o Hidrograma Médio para o período de simulação.

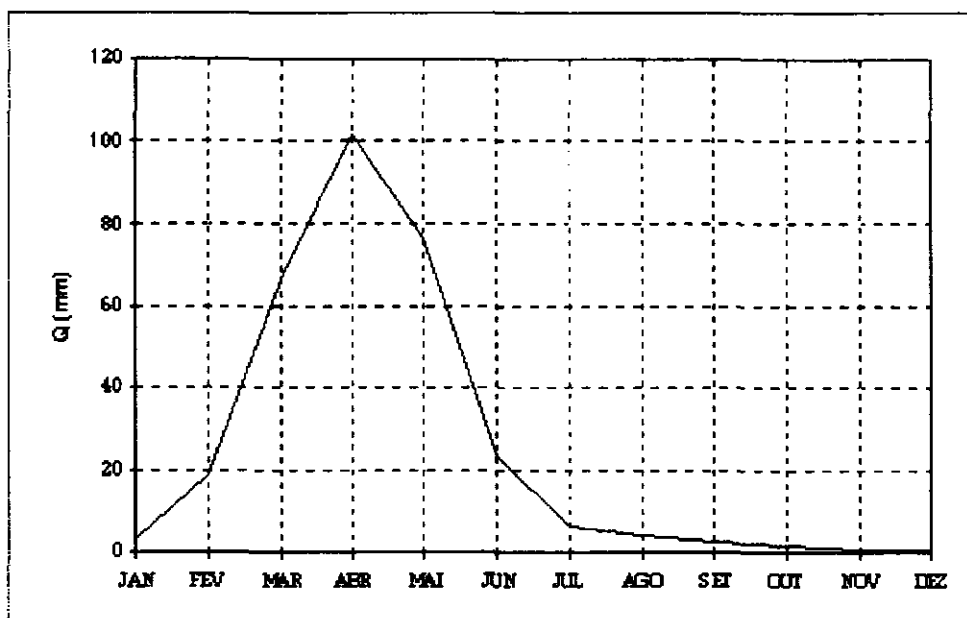


Figura 4.11 - Hidrograma Médio das Vazões Geradas pelo MODHACX

4.5 - A CHEIA DE PROJETO· DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

A determinação da cheia de projeto para dimensionamento do sangradouro pode ser realizada com base em dados históricos de vazão (métodos diretos) e com base na precipitação (métodos indiretos), estando em ambos os casos associados a um risco previamente escolhido. Diante da escassez de registros históricos de vazões, é mais usual a determinação do hidrograma de projeto com base na precipitação.

4.5.1. - Metodologia

Os métodos estatísticos de obtenção de vazões máximas que se utilizam séries históricas de vazões observadas, procedimento comum para bacias naturais, não podem ser aplicados pela escassez de dados ou, ainda, sua inexistência. Esta falta de dados dos eventos na bacia a ser estudada indicaram a escolha de métodos de transformação chuva-deflúvio como metodologia a ser adotada.

As relações chuva-deflúvio para a bacia do Riacho Mal Cozinhado foram estabelecidas utilizando-se o modelo HEC-1, um modelo projetado para simular o escoamento superficial em uma bacia, sendo esta representada como um sistema de componentes hidrológicos e hidráulicos. Para esta bacia foi estudada a sua resposta aos hietogramas de projeto correspondentes a 1000 anos (T_r = tempo de retorno)

O modelo HEC-1 permite o uso de várias metodologias para determinação da chuva efetiva, simulação do escoamento superficial em bacia (*overland flow*) e propagação do escoamento em canais e reservatórios. No caso da bacia do Riacho Mal Cozinhado, diante dos dados disponíveis, foi adotado o seguinte

- 1 Método Curva-Número (*Soil Conservation Service*) na determinação da chuva efetiva,
- 2 Método do *Soil Conservation Service* na determinação do hidrograma unitário sintético - Escoamento Superficial na bacia (*Overland flow*);
- 3 Método do Hidrograma Triangular como alternativa do cálculo do escoamento superficial na bacia

4.5.2 - Precipitação

Para cálculo do escoamento superficial para a bacia do Riacho Mal Cozinhado foi assumido uma precipitação uniformemente distribuída sobre a referida bacia. O HEC-1 permite a entrada de tormentas históricas ou sintéticas, sendo as últimas freqüentemente utilizadas para planejamento e estudos de projetos

O hietograma adotado baseia-se nas curvas altura-duração-freqüência do item 4.3.4, sendo ajustado à área da bacia usando a seguinte equação:

$$P_A = P_0 \left(1 - W \log\left(\frac{A}{A_0}\right) \right)$$

obtendo-se um fator de redução igual a 0,87 ($1-W.\log(A/A_0)$) O quadro 4 14 mostrado anteriormente, apresenta a chuva de projeto sem redução e com a aplicação do fator redutor de área

A partir das curvas de chuva reduzida, foi obtida a precipitação associada aos tempos de retorno de 100 e 1000 anos para as durações de 5 min, 15 min, 60 min, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h e 24 h

O hietograma de projeto tem uma duração igual ao tempo de concentração da bacia, estimado aqui pela fórmula do Califórnia Highways, também conhecida como fórmula de Kirpich

$$T_C = 57 \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0.385}$$

Seção Barragem do Mal Cozinhado $L = 8 \text{ km}$ $\Delta H = 12 \text{ m}$

o que resulta $T_C = 4,03 \text{ h}$, $T_{LAG} = 2,42 \text{ h}$ para a Barragem do Mal Cozinhado

O HEC-1 utiliza estes dados para construir uma distribuição triangular da precipitação, onde é assumido que cada total precipitado para qualquer duração ocorre durante a parte central da tomenta (tormenta balanceada) Alturas correspondentes a 10 e 30 minutos são interpoladas das alturas precipitadas de 5, 15 e 60 minutos através das equações do HYDRO-35 (National Weather Service, 1977)

$$P_{10min} = 0,41 P_{5min} + 0,59 P_{15min}$$

$$P_{30min} = 0,51.P_{15min} + 0,49 P_{60min}$$

onde P_n é a precipitação para a duração de n minutos.

A chuva de projeto associada ao tempo de retorno de 1000 anos para a aplicação da metodologia do hidrograma triangular foi aquela correspondente a uma duração igual ao tempo de concentração. Obteve-se a partir das curvas altura-duração-freqüência de Fortaleza os totais precipitados aos intervalos $1/6 \cdot t_c$. A partir desta série de precipitação acumulada calcula-se a precipitação efetiva utilizando-se o método curva número. Depois de obtida a precipitação efetiva, procede-se uma reordenação dos valores precipitados de modo a manter o pico no terceiro quartil (Quadro 4.16 e 4.17)

Quadro 4.16 - Cálculo do Hidrograma de Projeto para a bacia contribuinte do reservatório Mal Cozinhado usando o Hidrograma Triangular (Tr = 1000 anos) CN = 80

DT (h)	PAcum (mm)	S (mm)	Pef Ac (mm)	Pef (mm)	Pef Ord (mm)	DPef (mm)	Qp	Tp	Tb	Q pico (m3/s)
0,67	96,25	63,50	47,47	47,47	8,07	11,43	207,18	2,75	7,35	1778,13
1,34	125,00		71,74	24,27	11,43	17,66	320,08	3,43	7,35	
2,02	145,00		89,39	17,66	13,53	47,47	860,52	4,10	7,35	
2,69	160,00		102,93	13,53	17,66	24,27	439,87	4,77	7,35	
3,36	172,50		114,36	11,43	24,27	13,53	245,35	5,44	7,35	
4,03	181,25		122,43	8,07	47,47	8,07	146,27	6,11	7,35	

DT - tempo

S - Armazenamento

Pacum - Precipitação Acumulada

Pef Ac - Precipitação Efetiva Acumulada

Pef - Precipitação Efetiva

Pef Ord - Precipitação Efetiva Ordenada

DPef - PefOrd Desagregada

Qp - Vazão de pico de cada hidrograma

Tp - Tempo de pico de cada hidrograma

Tb - Tempo de base de cada hidrograma

Qpico - Vazão de pico do hidrograma total (apos convolução)

Quadro 4 17 - Cálculo do Hietograma de Projeto para a bacia contribuinte do reservatório Mal Cozinhado usando o Hidrograma Triangular (Tr = 10000 anos) CN = 80

DT (h)	PAcum (mm)	S (mm)	Pef Ac (mm)	Pef (mm)	Pef Ord (mm)	DPef (mm)	Qp	Tp	Tb	Q pico (m3/s)
0,67	113,34	63,50	61,71	61,71	9,02	9,08	164,54	2,75	7,35	2097,66
1,34	158,64		101,69	39,99	9,08	9,14	165,77	3,43	7,35	
2,02	168,59		110,77	9,08	9,08	61,71	1118,56	4,10	7,35	
2,69	178,40		119,79	9,02	9,14	39,99	724,85	4,77	7,35	
3,36	188,20		128,87	9,08	39,99	9,08	164,57	5,44	7,35	
4,03	198,01		138,02	9,14	61,71	9,02	163,57	6,11	7,35	

DT - tempo

S - Armazenamento

Pacum - Precipitação Acumulada

Pef Ac - Precipitação Efetiva Acumulada

Pef - Precipitação Efetiva

Pef Ord - Precipitação Efetiva Ordenada

DPef - PefOrd Desagregada

Qp - Vazão de pico de cada hidrograma

Tp - Tempo de pico de cada hidrograma

Tb - Tempo de base de cada hidrograma

Qpico - Vazão de pico do hidrograma total (após convolução)

4.5.3 - Precipitação Efetiva

O modelo HEC-1 refere-se a interceptação superficial, armazenamento em depressões e infiltração como perdas de precipitação, ou seja, a parcela da precipitação que não contribui para gerar escoamento é considerada perda, sendo o restante, considerado precipitação efetiva.

Foi considerado mais adequado, diante dos dados disponíveis, o método curva número do *Soil Conservation Service*

O método Curva Número é um procedimento desenvolvido pelo Serviço de Conservação do Solo USDA, no qual a lâmina escoada (isto é, a altura de chuva efetiva) é uma função da altura total de chuva e um parâmetro de abstração denominado Curva-Número, CN Este coeficiente varia de 1 a 100, sendo uma função das seguintes propriedades geradoras de escoamento na bacia: (1) tipo de solo hidrológico; (2) uso do solo e tratamento, (3) condição da superfície subterrânea, e (4) condição de umidade antecedente

A equação de escoamento do SCS é dada por

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (1)$$

As perdas antes do início do escoamento (I_a) incluem água retida em depressões superficiais, água interceptada pela vegetação, evaporação, e infiltração. I_a é altamente variado, mas a partir de dados de pequenas bacias I_a é aproximado pela seguinte relação empírica:

$$I_a = 0,20 S \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1) elimina-se I_a , resultando em

$$Q = \frac{(P - 0,20 S)^2}{P + 0,80 S}$$

onde S está relacionado às condições de solo e cobertura através do parâmetro CN por

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{unidades métricas})$$

onde CN varia de 0 a 100. CN foi tabelado para diferentes tipos de solos e cobertura, sendo estes valores tabelados apresentados para condições de umidade antecedente normal (AMC II) Para condições secas (AMC I) e úmidas (AMC III), CNs equivalentes podem ser calculados pelas seguintes fórmulas.

CONDIÇÕES SECAS

CONDIÇÕES ÚMIDAS

$$CN (I) = \frac{4,2 CN(II)}{10 - 0,058 CN(II)}$$

$$CN (III) = \frac{2,3 CN(II)}{10 + 0,13 CN(II)}$$

Alternativamente, os CNs para estas condições podem ser obtidos, a partir da condição normal (AMC II), utilizando-se tabelas³.

Como já mencionado, o CN foi tabelado para diferentes tipos de solos, os quais foram classificados pelo SCS em quatro grupos de solos hidrológicos (A, B, C e D) de acordo com sua taxa de infiltração. Estes quatro grupos são descritos a seguir

- A - solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração. solos arenosos profundos com pouco silte e argilla
- B - solos menos permeáveis que o anterior, solos arenosos menos profundo que o do tipo a e com permeabilidade superior à média.
- C - solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média, contendo percentagem considerável de argila e pouco profundo
- D - solos contendo argilas expansivas e pouco profundos com muito baixa capacidade de infiltração, gerando a maior proporção de escoamento superficial

Para a bacia do Riacho Mal Cozinhado foi adotado um CN = 80 com base nos mapas de solo (grupos hidrológicos) e relevo contidos no PERH (1990)⁴

³ PONCE, V M., 1989 ENGINEERING HYDROLOGY. PRINCIPLES AND PRACTICES. PRENTICE HALL, NEW JERSEY, 640 p

⁴ PERH, 1990 PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ, SRH - SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

4.5.4 - Hidrograma Unitário - SCS

A técnica do hidrograma unitário é usada para transformar a precipitação efetiva em escoamento superficial de uma sub-bacia. Este método foi escolhido por ter sido idealizado para bacias de áreas entre 2,5 e 1000 km², e por ser construído exclusivamente a partir de informações hidrológicas. Além disto, este modelo necessita apenas de um parâmetro, o T_{LAG} . Este parâmetro, T_{LAG} , é igual à distância (*lag*) entre o centro de massa do excesso de chuva e o pico do hidrograma unitário. A vazão de pico e o tempo de pico são calculados por

$$Q_p = 208 \frac{A}{t_p} \quad t_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{LAG}$$

A figura 4.12 abaixo apresenta o hidrograma de projeto e o hidrograma afluente a barragem Mal Cozinhado obtido através do uso do modelo HEC, conforme metodologia acima. A vazão de pico do hidrograma foi 1640,36 m³/s

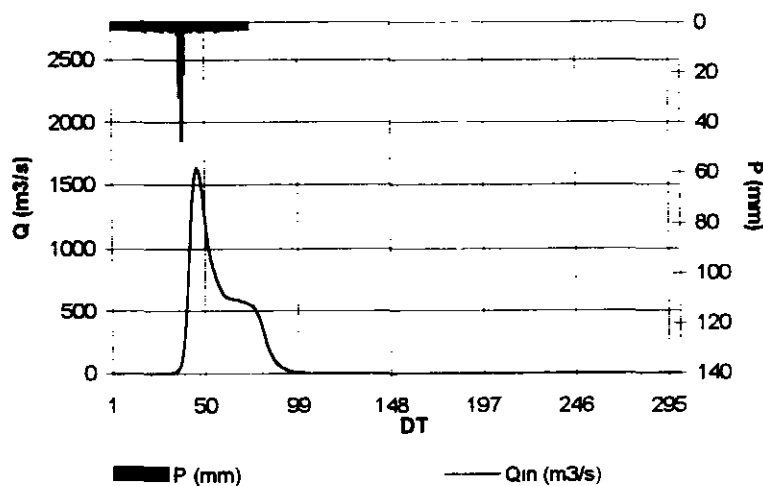


Figura 4 12 - Hidrograma total afluente - Bacia 240 km² (Tr = 1000 anos)

4.5.5 - Hidrograma Triangular

Com o hietograma de projeto determinado conforme descrito anteriormente para o período de retorno de 1000, calculou-se a cheia de projeto utilizando o critério do Hidrograma Unitário Triangular do *Soil Conservation Service* (S.C S.), sendo o excesso se precipitação determinado a partir de um parâmetro (CN) que define o complexo solo, vegetação.

O cálculo é feito como se segue.

A vazão de pico do hidrograma unitário, em m³/s/cm, é assim definida para uma chuva efetiva igual a 1 cm de altura e para um tempo unitário.

$$q_p = \frac{2,08A}{t_p},$$

onde t_p é o tempo de pico, em horas, dado por

$$t_p = \frac{\delta_t}{2} + 0,6t_c,$$

$\delta_t = t_d/6$ é o tempo unitário, em horas,

e t_c é o tempo de concentração, em horas calculado conforme Kirpich

$$t_c = 57 * (L^3/\Delta H)^{0,385},$$

onde L é o comprimento do talvegue principal em km (8 km) e ΔH o desnível geométrico entre o local do barramento e o ponto mais remoto do talvegue principal em m (12 m) O tempo de base do hidrograma, em horas, é dado por

$$t_b = 2,67t_p$$

Para a bacia contribuinte ao reservatório tem-se, $t_c = 4,03$ horas, então $t_b = 7,35$ horas, $\delta t = 0,67$ horas, $t_p = 2,75$ horas e, $q_p = 181,27$ m³/s/cm.

Então, traçando-se o Hidrograma Unitário Triangular (Figura 4.13 abaixo) correspondente a cada intervalo de chuva efetiva e a partir deste faz-se a convolução obtendo-se assim, o hidrograma total. Após a convolução dos seis hidrogramas, obteve-se uma vazão de pico igual a 1778,18 m³/s associada ao hietograma de projeto de 1000 anos, conforme Quadro 4.16 anteriormente apresentado. Analogamente, obteve-se uma vazão de pico associada a 10.000 anos de 2097,66 m³/s conforme Quadro 4.17 anteriormente apresentado (figura 4.14).

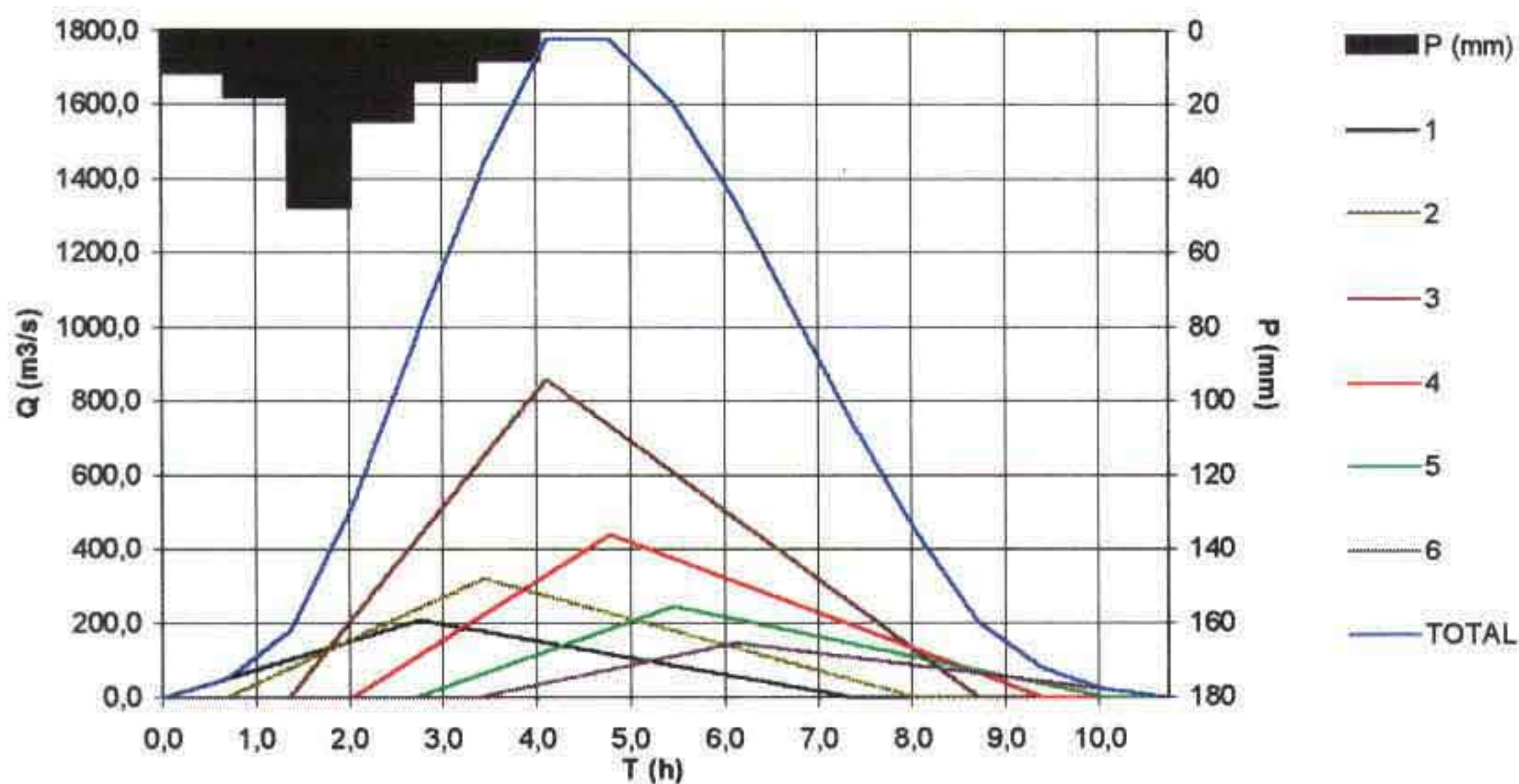


Figura 4.13 - Hidrograma total afluyente - Bacia 240 km² (Tr = 1000 anos).

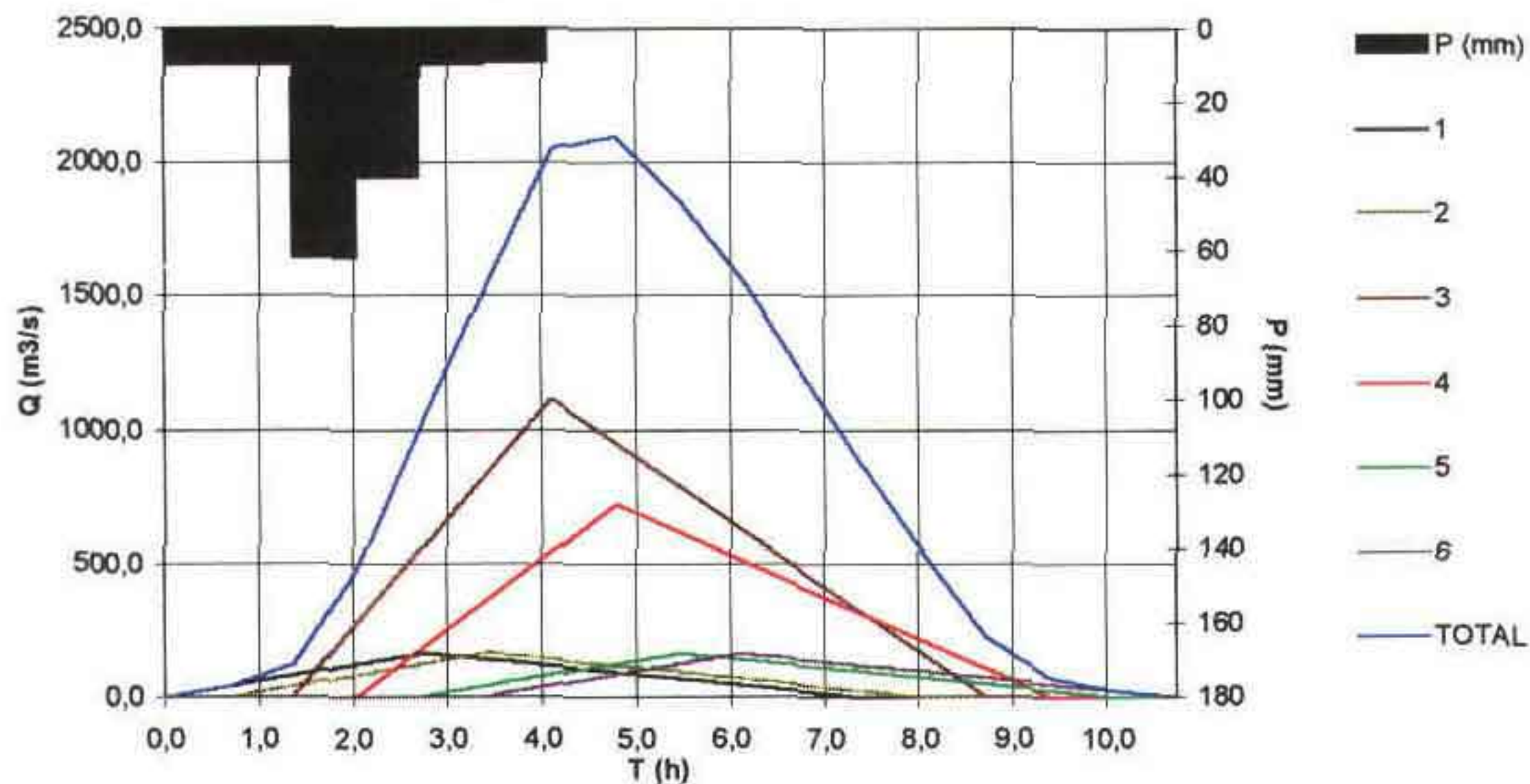


Figura 4.14 - Hidrograma total afluente - Bacia 240 km² (Tr = 10000 anos).

4.6. - CURVAS DE REGULAÇÃO DO RESERVATÓRIO

4.6.1. - Metodologia

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

- solução direta da equação de balanço hídrico⁴;
- Diagrama Triangular de Regularização⁵.

4.6.2. - 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

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

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

⁵ CAMPOS, J.N.B. 1990, REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES EM RIOS INTERMI-TENTES. 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 α - fator de forma (obtido por regressão entre z e h³)

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 $\text{MIN}(0,5 K, 0,5 \cdot \mu)$,
3. Calcula-se

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

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

onde Z_U é o volume armazenado no final da estação e D_s o volume sangrado no ano t

4.6.3. - 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, obtem-se:

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

onde $E \{ \}$ representa é o operador valor esperado e μ o deflúvio 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)

4.6.4. - Resultados

As características do escoamento estabelecidas no estudo de deflúvios, foram utilizadas aqui para a geração de séries sintéticas de vazão, a saber

- lâmina média escoada. 309 mm
- volume afluente médio escoado (μ) 74.160.000,0 m³

O coeficiente de variação de $CV = 0,7$ foi adotado com base no valor indicado por CAMPOS et al (1995)⁶, ou seja $CV = 0,73$

Para aplicação dos dois métodos faz-se necessário a determinação do fator de forma α , lâmina evaporada e fator adimensional de evaporação e capacidade. No caso do fator adimensional de capacidade, este é variável uma vez que pretende-se analisar o ganho na regularização em função do aumento da capacidade. Assim,

$$\alpha = 11605,2 \text{ para Barragem do Mal Cozinhado (Anexo A-2)}$$

$$E = 0,80 \cdot (118+152+167+173+168+154)$$

$$E = 822 \text{ mm}$$

$$f_E = \frac{3 \alpha^{1/3} E}{\mu^{1/3}}$$

$$f_E = 0,13$$

⁶ CAMPOS, J.N B., VIEIRA, J F e MARTINS, E S P R 1995 POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS EM ÁREAS VULNERÁVEIS In. PROJETO ÁRIDAS - CEARÁ COORDENAÇÃO GERAL: SECRETARIA DE PLANEJAMENTO

No quadro 4.18 apresenta-se o percentual e seu valor correspondente dos volumes regularizados, evaporados e sangrados em função de f_k (fator de capacidade = K/μ). A figura 4 15 apresenta as curvas de regulação para o reservatório Mal Cozinhado, que nada mais é que a graficação dos valores apresentados no quadro 4 18

Quadro 4 18 - Estudo incremental de capacidades do Reservatório
MalCozinhado

$f_k = K/\mu$	K hm3	%REG	REG hm3/ano	%EVAP	EVAP hm3/ano	%SANG	SANG hm3/ano	dM/dK
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

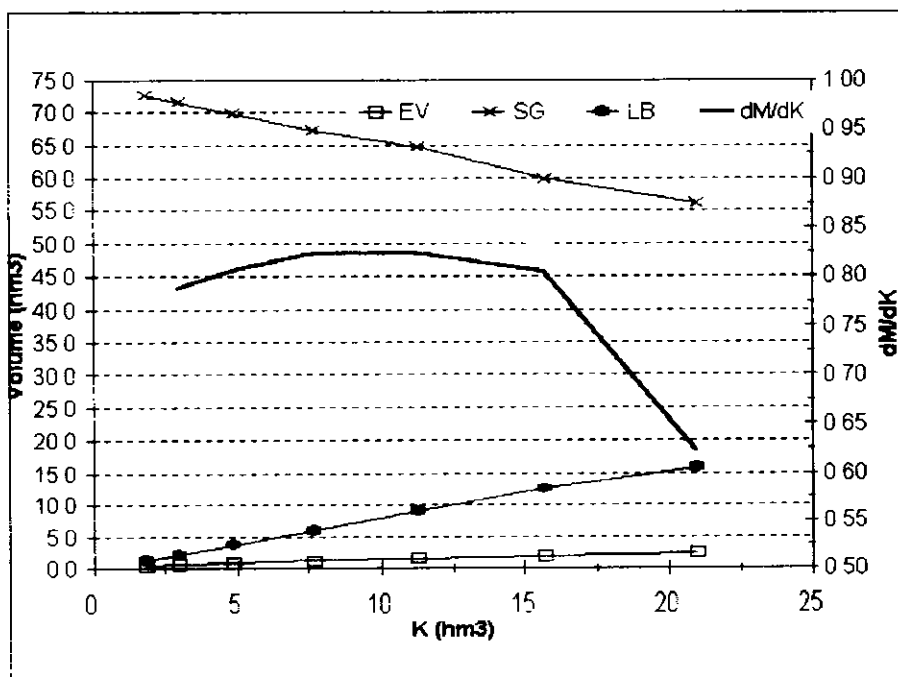


Figura 4 15 - Curvas de Regulação do Reservatório Mal Cozinhado

A análise da figura 4 15 e dos dados apresentados no quadro 4 18 sugere que a faixa de volumes estudada está bem aquém da ideal, fato este refletido pelo baixo fator de capacidade. Entretanto, a topografia do eixo barrável impede a análise para maiores fatores de capacidade, o que nos leva a escolha do volume em torno de 15,7 hm³ pelas condições físicas do local, correspondente a cota de 44 m. Para esta capacidade o reservatório regulariza 21,3% do volume afluente médio anual, ou em termos de volume, 12,5 hm³/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 m³/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 hm³ regularizado anualmente, ou em termos de vazão, $Q_{90} = 0,388$ m³/s. Este valor está bem próximo ao valor obtido pela solução direta da equação do balanço hídrico (quadro 4 19). A figura 4 16 apresenta o Diagrama Triangular (CV = 0,70) e nele o caso da Barragem Mal Cozinhado.

Quadro 4.19 - Distribuição do volume afluente e Q_r (90%) para a Barragem Mal Cozinhado

Equação do Balanço Hídrico			
RG - %	SG - %	EV - %	Qr 90% (m³/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 (hm³/ano)

SG - Volume Sangrado (hm³/ano)

RG - Volume Regularizado (hm³/ano)

Qr 90% - Vazão regularizada com 90% de garantia (m³/s)

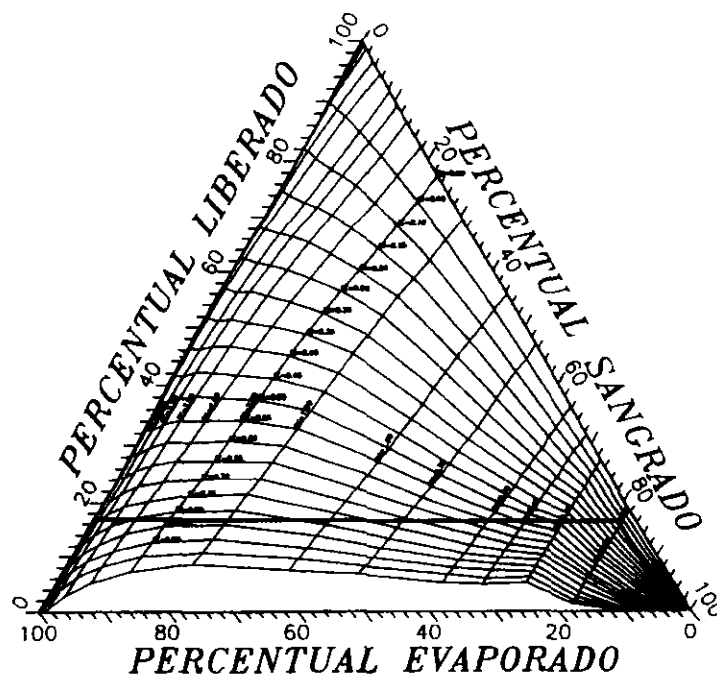


Figura 4 16 - Diagrama Triangular de Regularização para $CV = 0,70$
Barragem do Mal Cozinhado.

4.7 - DIMENSIONAMENTO DO SANGRADOURO

Uma vez realizado o dimensionamento do reservatório com base nos estudos hidrológicos e econômicos, faz-se necessário agora o dimensionamento do sangradouro visando definição de sua largura, seu tipo e a cota de coroamento da barragem associada à alternativa adotada

No dimensionamento do sangradouro foi adotada a cheia associada ao tempo de retorno de 1 000 anos, realizando-se para esta os estudos de laminação, e determinada a cota de coroamento da barragem com base na cheia associada a 10.000 anos, para garantir o não galgamento nesta cheia.

4.7.1. - Propagação da Cheia no Reservatório

Técnicas de propagação em reservatórios são baseadas no conceito de armazenamento, sendo o método de Puls um dos mais conhecidos para propagação em reservatórios. Este método consiste em uma expressão

discretizada da equação de continuidade concentrada e na relação entre vazão e armazenamento

A equação discretizada da continuidade é dada por

$$\frac{S_{t+1} - S_t}{\Delta t} = \frac{I_t + I_{t+1}}{2} - \frac{Q_t + Q_{t+1}}{2} \quad (1)$$

onde I_t e I_{t+1} = vazões afluentes ao reservatório em t e $t+1$, Q_t e Q_{t+1} = vazões de saída ao reservatório em t e $t+1$, S_t e S_{t+1} = armazenamento em t e $t+1$, Δt = intervalo de tempo. As incógnitas Q_{t+1} e S_{t+1} podem ser colocadas em um mesmo lado, resultando em

$$Q_{t+1} + 2 \frac{S_{t+1}}{\Delta t} = I_t + I_{t+1} - Q_t + 2 \frac{S_t}{\Delta t} \quad (2)$$

1. Conhecendo-se a função $Q=f(S)$, constrói-se uma função $Q=h(Q+2S/\Delta t)$.

O vertedouro é do tipo soleira delgada, sendo o seu coeficiente de descarga adotado 2,18, ficando sua equação característica

$$Q = 2,18.L (Z - Z_w)^{1,5}.$$

4.7.2. - Resultados

Uma vez escolhida a dimensão do açude, elaborou-se os estudos de laminação para a cheia de 1.000 anos, para dimensionamento do sangradouro, e para a cheia de 10.000 anos, visando garantir que a barragem não seja galgada nesta cheia, servindo assim para a definição da cota de coroamento da barragem.

Os picos dos hidrogramas de entrada e saída, a cota e altura da lâmina vertida encontram-se no Quadro 4.20 para várias alternativas da barragem, usando-se como hidrograma de projeto aquele associado ao

tempo de retorno de 1.000 e 10.000 anos. A figura 4.17 abaixo mostra para o tempo de retorno $T_r=1000$ anos, o hietograma de projeto, o hidrograma de entrada e o de saída ao reservatório Mal Cozinhado.

Quadro 4.20 - Resultado da simulação acima descrita

L (m)	Q_{out} (m ³ /s)	Cota (m)	Lâmina (m)
$T_r = 1.000$ anos - $Q_{in} = 1778,13$ m³/s			
Perfil Creager: $Z_w = 43,0$ m			
350	1772,02	44,75	1,75
$T_r = 10.000$ anos - $Q_{in} = 2097,66$ m³/s			
Perfil Creager : $Z_w = 43,0$ m			
350	2078,96	2078,96	1,95

L = Largura do Sangradouro Z_w = cota da soleira do sangradouro
 Q_{in} = Vazão afluyente ao reservatório Q_{out} = Vazão de saída (sangradouro)

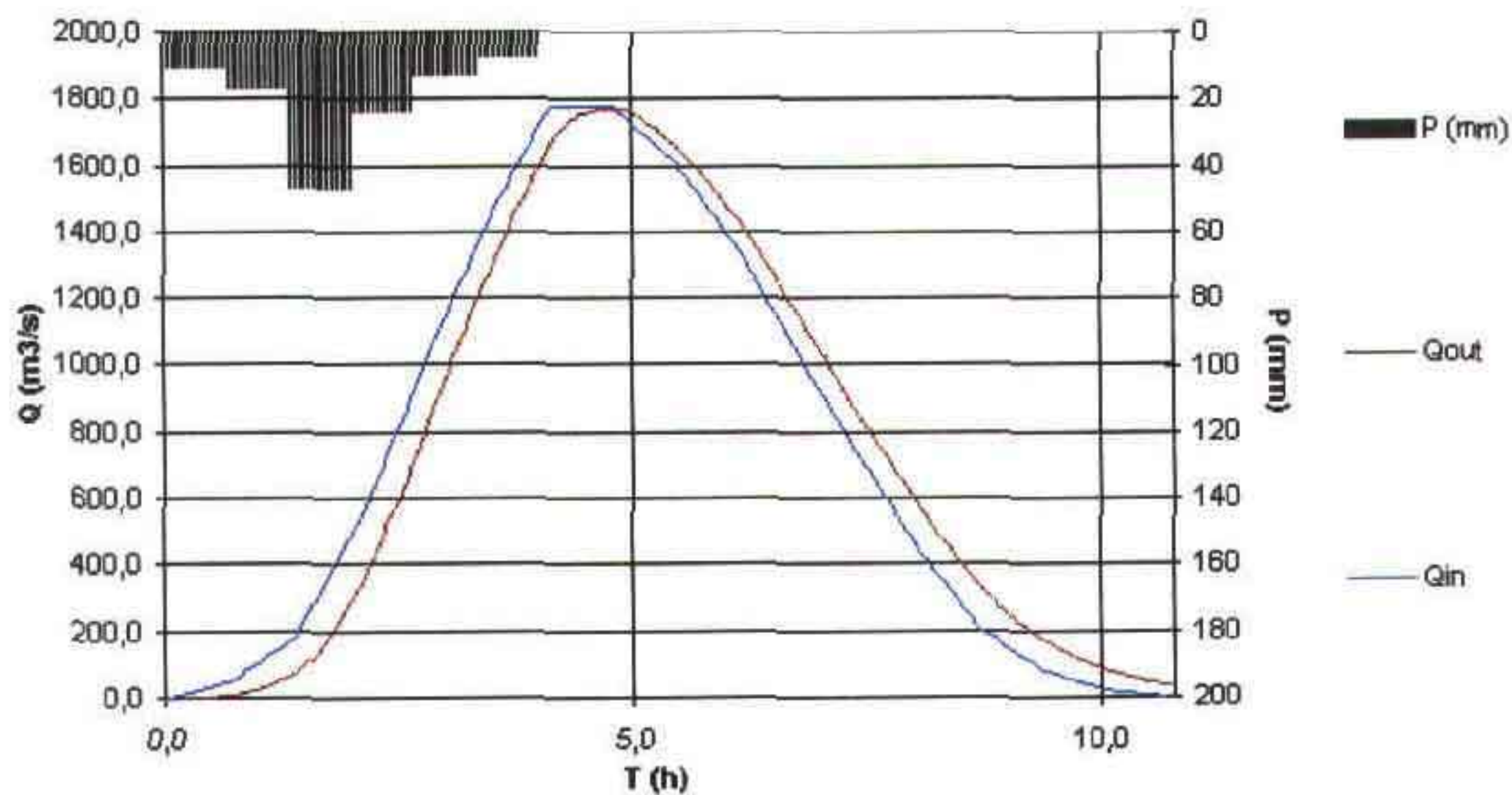


Figura 4.17 - Hidrogramas de Entrada e de Saída do Reservatório Mal Cozinhado ($T_r=1.000$ anos) - Perfil Creager. Cota 43,0 m.

Verificou-se, utilizando novamente o modelo HEC-1, o galgamento da barragem para o hietograma de 10.000 anos, obtendo-se para os hidrogramas de entrada e saída associados respectivamente os valores apresentados no Quadro 4.20. A figura 4.18 a seguir, mostra para o tempo de retorno $T_r=10.000$ anos, o hietograma de projeto, o hidrograma de entrada e o de saída ao reservatório Mal Cozinhado.

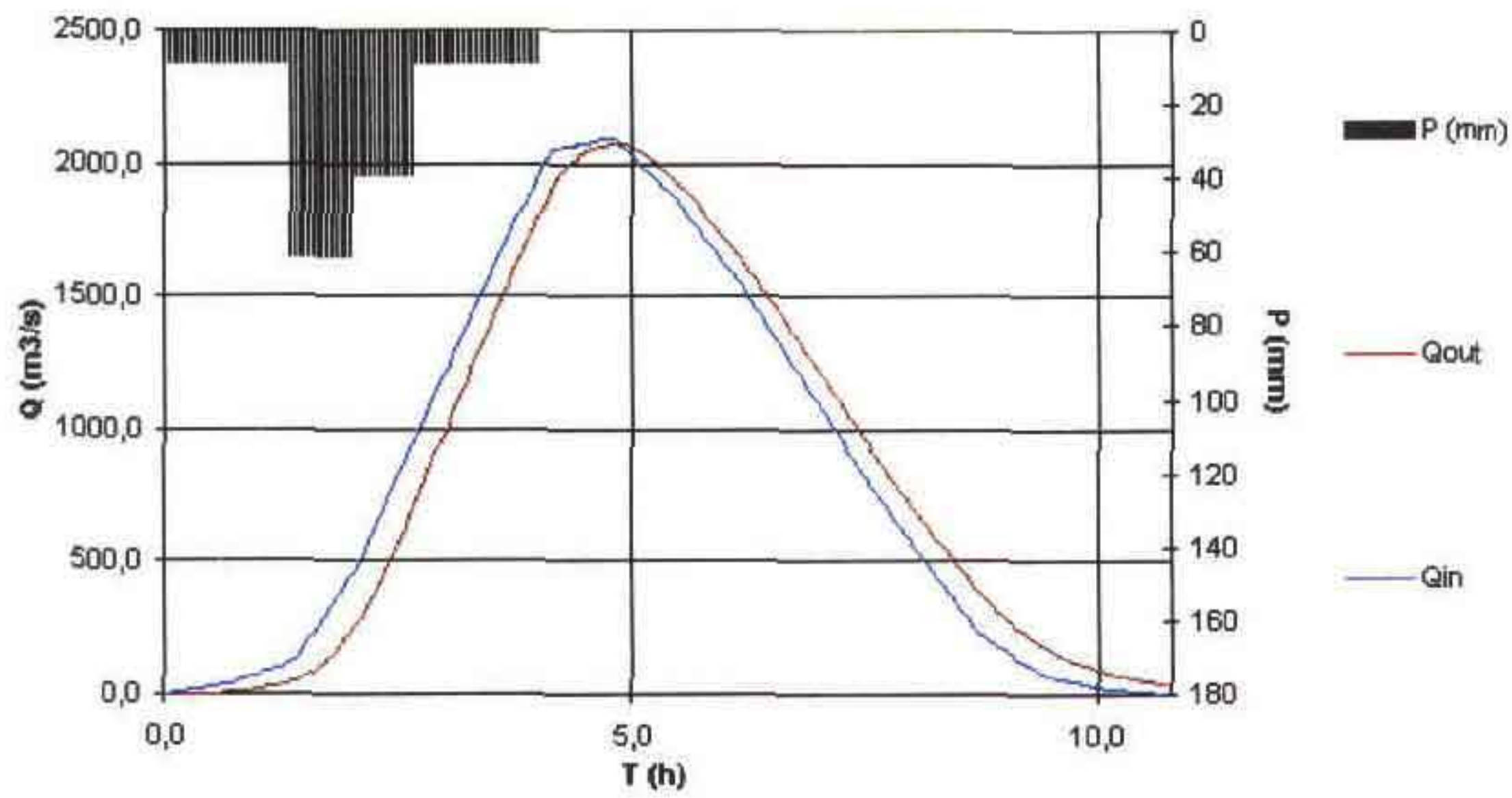


Figura 4.18 - Hidrogramas de Entrada e de Saída do Reservatório Mal Cozinhado ($Tr=10.000$ anos) - Perfil Creager. Cota 43,0 m.

5 - O PROJETO PROPOSTO

5 - O PROJETO PROPOSTO

5.1 - CONSIDERAÇÕES

A bacia do riacho Mal Cozinhado, na qual será implementado o reservatório, drena uma área de 240 Km², 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 é a rodovia CE-040 que faz ligação entre Fortaleza e o Litoral leste do estado

O Projeto proposto consiste na construção de um reservatório barrando o riacho Mal Cozinhado, aproximadamente 7Km a noroeste da sede do município de Cascavel

5.2 - POSSIBILIDADE DE APROVEITAMENTO HÍDRICO

A princípio, de acordo com os estudos hidrológicos a cota do sangradouro deverá 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 reservatório regulariza 21,3% do volume afluente médio anual, ou em termos de volume, 12,5 hm³/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 m³/s.

5.2.1 - Abastecimento Humano

Considerou-se como alvos de abastecimento apenas os municípios de Cascavel e Pindoretama, já que o município de Pacajús possui outras fontes hídricas 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 cenários de população (1995, 2005 e 2015), levando-se em conta um alcance do plano de no máximo 20 anos

TABELA 3.1 - População atendida pelo reservatono e quantidade de água necessána para consumo humano

DESCRIÇÃO	MUNICÍPIOS					
	CASCAVEL			PINDORETAMA		
	1995	2005	2015	1995	2005	2015
População total (hab)	49073	55894	63663	14526	23325	3745 5
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	1208 0
Volume anual necessário (hm ³)	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 é 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

5.2.2 - 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 superávit 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.)

5.2.3 - 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 km², a produção de pesca poderá atingir 40 t/ano.

5.3 - CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DA OBRA

Após avaliação cuidadosa dos condicionantes topográficos, geotécnicos e hidrológicos, observou-se que a barragem de concreto viria a ser a de menor custo de implantação, dada a magnitude da cheia de projeto.

A barragem Riacho Mal Cozinhado acumulará um volume d'água de 11 291 000m³, vem a ser uma barragem de concreto, com altura máxima de 9,8m

Acima das fundações, no trecho insubmersível, com extensão pelo coroamento de 253,0m na cota 42,60 e, altura de 7,28m no trecho submersível, com extensão de 350,00m na cota 43,00

5.3.1. - Resumo das características técnicas principais

Bacias Hidrográfica e Hidráulica

- área da bacia hidrográfica 240 km²
- curso d'água barrado Riacho Mal Cozinhado
- volume de acumulação 11 291 000 m³
- altura máxima d'água
 - trecho submersível 9,80 m
 - trecho insubmersível 7,28 m
- volume intangível. 1 150 000 m³

Barragem

- tipo. concreto-vertedoura
- cota do talvegue 33,20
- cota do coroamento 46,2
- extensão pelo coroamento
 - trecho submersível 350 m
 - trecho insubmersível 253 m
- largura do coroamento 4,0 m
- vertedouro - tipo soleira delgada
- altura da lâmina máxima 1,76m
- cota da soleira 43,00
- descarga de projeto. 1 778,18m³/s

Tomada D'água

- diâmetro 600 mm
- comprimento 7,00 m
- estaca de localização 9+10,00m
- cota do eixo 38,00
- vazão 388 l/s

5.3 1 1 - Sangradouro

O sangradouro estará inserido no próprio, no trecho central do boqueirão, com 350m de largura, assente em rocha, constituído de um muro de gravidade em concreto ciclópico, cuja soleira tem a geometria de um perfil *Creager*, projetado para evacuar um cheia milenar de 1778,18 m³/s e lâmina máxima de 1,76m

5 3 1 2. - Dimensionamento Hidráulico

Utilizando-se a descarga milenar $Q = 1778,18\text{m}^3/\text{s}$ e para a lâmina máxima vertente $H_o=1,67$, tem-se uma largura de sangradouro de 350,0m.

Com base nas observações da litologia do local, especificamente no leito do riacho, onde ocorrem afloramentos a jusante do eixo, não foi projetada nesta fase uma bacia de dissipação no pé de jusante do muro, o que será objeto de avaliações mais detalhadas no Projeto Executivo, com os dados de amortecimento de cheia

5.3 1 3 - Tomada D'água

A tomada d'água será na altura da estaca 9 + 10m, constituída por uma tubulação em ferro dúctil com diâmetro de 600 mm, cujo eixo ficará situado na cota 30,00.

Na extremidade de montante da tubulação, será colocada uma grade de proteção, enquanto que na de jusante, foram previstos dois registros de gaveta chato, sendo um deles para funcionar como "guarda"

Dimensionamento da Tubulação

Estabelecido o diâmetro da tubulação em 600 mm e estando localizada na cota 38, seu comprimento será de aproximadamente 7,00

Foram então calculadas as perdas por atrito e acidentais, tendo em vista a vazão regularizada, que é de 388 l/s

Sendo a área da seção transversal dos tubos de $A = 0,283\text{ m}^2$, a velocidade de escoamento será,

$$v = q/A = 1,37\text{m/s}$$

o número de *Reynolds* vem a ser

$$Re = (V \times D)/\mu = 1,03 \times 10^6$$

onde $\mu = 0,8 \times 10^{-5}\text{ m}^2/\text{s}$ é a viscosidade cinemática da água a uma temperatura de 25°C

Pelo diagrama de *Moody*, o coeficiente de atrito tem o valor de $f = 0,0147$

Com os elementos acima, foi determinada a perda por atrito pela expressão

$$h_f = f \times (l \times v^2) / (2 \times D \times g) = 0,016 \text{ m}$$

As perdas acidentais foram consideradas em função dos seguintes coeficientes:

$$\begin{aligned} K_r &= 0,25 - \text{registro de gaveta} \\ K_s &= 1,0 - \text{saída da tubulação} \\ K_e &= 0,1 - \text{entrada na tubulação} \end{aligned}$$

A perda acidental total será então

$$h_a = (K_e + K_r + K_s) \times (v^2 / 2g) = 0,13$$

Desta forma, a perda de carga total vem a ser

$$h_f + h_a = 0,146 \text{ m}$$

Assim, o nível mínimo de operação do reservatório está na cota 340,88

e a tubulação tem o seu eixo na cota 38,46, e não deverá ocorrer dificuldades hidráulicas para o suprimento d'água que se propõe

Alguns desses estudos deverão ser complementados na fase de elaboração do Projeto Executivo

**PLANILHA ORÇAMENTARIA
AÇUDE MAL COZINHADO**

Município de Cascavel - Ce

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITARIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
1 0	SERVIÇOS PRELIMINARES				
1 1	Mobilização (1,0% de 2,3,4, 5, 6)	ud	1 00	46 523 67	46 523 67
1 2	Confecção de Placas e Divulgação das Obras (0,5% de 2,3,4,5,6)	ud	1 00	23 261 84	23 261 84
1 3	Instalação do Canteiro de Obras (1,5% de 2,3,4,5,6)	ud	1 00	69 785 51	69 785 51
1 4	Desmobilização (1,0% de 2,3,4,5,6)	ud	1 00	46 523 67	46 523 67
	TOTAL DO ITEM 1.0				186.094 69
2 0	REDE VIARIA INTERNA				
2 1	Caminhos de serviço para acesso às jazidas, praças de trabalhos, estoques e barragem, inclusive acampamento, escritórios, oficinas e centrais de concretos, com uma faixa mínima de 6,00m, revestimento de 15cm, inclusive manutenção	Km	2 00	1 313 67	2 627 34
	TOTAL DO ITEM 2 0				2.627.34
3 0	ESCAVAÇÕES DO LEITO DO RIO				
3 1	Escavação, carga e descarga de material de 1a Categoria	m3	52 620 00	12 15	639 333 00
3 2	Esgotamento de fundação com bomba de 7HP	horas	30 00	4 79	143 70
	TOTAL DO ITEM 3 0				639.476.70
4 0	BARRAGEM E SANGRADOURO				
4 1	Preparo e tratamento superficial das áreas da fundação em rocha com limpeza da superfície rochosa, para regularização, com jateamento de ar e/ou agua	m2	6 821 00	3 07	20 926 83
4 2	Preparo, carga, descarga, transporte, lançamento, espalhamento e adensam do concreto, fck = 15MPa nas superfícies do vert e ombreiras e fund inclusive fornecimento de materiais e insumos	m3	6 644 00	121 88	809 737 50
4 3	Idem, idem, fck= 10MPa para concreto ciclópico com 12% de pedra de mão para para o corpo do maciço e vertedouro	m3	23 535 00	113 61	2 673 740 75
4 4	Formas especiais de madeira com reutilização de 3 vezes para o paramento de montante e vertedouro	m2	3 800 00	14 01	53 253 20
4 5	Fornecimento e aplicação de junta FUGENBAND tipo O-22, para o trecho insubmersível e vertedouro	m	11 180 00	37 71	421 631 34
	TOTAL DO ITEM 4.0				3.979.289.61

000037

**PLANILHA ORÇAMENTARIA
AÇUDE MAL COZINHADO**

Município de Cascavel - Ce

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITARIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
5 0	TRATAMENTO DAS FUNDAÇÕES				
5 1	Perfuração com rotopercussão, D=2", com lavagem a água sob pressão, da rocha de fundação, p/ injeção de consolidação	m	462 00	32 68	15 099 08
5 2	Ensaio de perda d'água em furos a rotopercussão, para injeção de consolidação, com 5 estágios, para análise da rocha perfurada e/ou tratada	un	20 00	56 60	1 132 00
5 3	Injeção de calda de cimento sob pressão, nos furos de consolidação, inclusive fornecimento de cimento e preparo da calda	kg	4 620 00	0 53	2 462 46
	TOTAL DO ITEM 5 0				18 693.54
6 0	TOMADA D'ÁGUA				
6 1	Tulção em ferro ductil d=600mm	m	10 00	560 00	5 600 00
6 2	Registro de gaveta d=600mm	un	1 00	6 200 00	6 200 00
6 3	Grade de ferro de 1,00 x 1,00m	un	1 00	480 00	480 00
	TOTAL DO ITEM 6.0				12.280.00
	TOTAL GERAL				4.838.461.88

000098

5.4 - 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

5.4.1. - Diâmetros Prováveis

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

$$D = K\sqrt{Q}$$

onde

D = diâmetro (m)

Q = vazão (m³/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

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

Adotando-se D = 300 mm

b) Pindoretama

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

Adotando-se D = 150 mm

O custo total do sistema de abastecimento d'água de Cascavel e Pindoretama é da ordem de R\$ 2 038.963,50 (Dois milhões, trinta e oito mil, novecentos e sessenta e três reais e cinquenta centavos) Vale lembrar que medidas deverão ser tomadas a fim de que os esgotos do distrito industrial de Pacajús e Horizonte não sejam jogadas nas nascentes do riacho Mal Cozinhado e de seus afluentes

5.4.2 - Implantação do Perímetro Irrigado

Com a possibilidade de aproveitar-se uma área de 500 ha, o custo total desse investimento é da ordem de R\$ 2 500.000,00 (Dois milhões e quinhentos mil reais)

5.5 - RESUMO TOTAL DOS INVESTIMENTOS

Para a implantação de todo o sistema, o volume de recursos necessários é de aproximadamente R\$ 9 378.963,50 (Nove milhões, trezentos e setenta e oito mil, novecentos e sessenta e três reais e cinquenta centavos), assim distribuídos

	R\$
• Implantação da Barragem	4.840 000,00
• Sistema de Abastecimento D'água	2 038.963,50
• Perímetro Irrigado.	<u>2 500 000,00</u>
TOTAL	9.378.963,50

ORÇAMENTO PRELIMINAR
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE CASCAVEL E PINDORETAMA

ITEM	SERVIÇOS	UNID	QUANT	PREÇOS	
				UNITARIO	TOTAL
1 0	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA)				571.332.00
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	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA				154.043.00
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	ADUTORA DE CASCAVEL				839.600.00
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	ADUTORA DE PINDORETAMA				300.895.00
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
5 0	RESERVATÓRIO ELEVADO	un	1 00	76 000 00	76 000 00
6 0	DIVERSOS	vb	1 00	97 093 50	97.093.50
	TOTAL				2.038.963.50

6 - ANEXO

A1 - ARRANJO GERAL

C:\MAL\COZIR_GER2_MC.DOC

000093