



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE**

**OPERAÇÃO ÓTIMA E INTEGRADA DO SISTEMA HÍDRICO
COMPOSTO PELOS RESERVATÓRIOS DO ALTO CAPIBARIBE.**

ALDO SIDNEY OLIVEIRA ALBUQUERQUE

CAMPINA GRANDE

FEVEREIRO - 2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**OPERAÇÃO ÓTIMA E INTEGRADA DO SISTEMA HÍDRICO COMPOSTO PELOS
RESERVATÓRIOS DO ALTO CAPIBARIBE.**

ALDO SIDNEY OLIVEIRA ALBUQUERQUE

CAMPINA GRANDE-PB
FEVEREIRO DE 2003

ALDO SIDNEY OLIVEIRA ALBUQUERQUE

**OPERAÇÃO ÓTIMA E INTEGRADA DO SISTEMA HÍDRICO COMPOSTO PELOS
RESERVATÓRIOS DO ALTO CAPIBARIBE.**

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação
em Engenharia Civil, na área de Engenharia de
Recursos Hídricos, em cumprimento às exigências
para obtenção do grau de Mestre.

2002.80-F& 2FJ

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS

**ORIENTADORES: ROSIRES CATÃO CURI
WILSON FADLO CURI**

**CAMPINA GRANDE-PB
FEVEREIRO DE 2003**



A345o

Albuquerque, Aldo Sidney Oliveira.

Operação ótima e integrada do sistema hídrico composto pelos reservatórios do alto Capibaribe / Aldo Sidney Oliveira Albuquerque. - Campina Grande, 2003.
210 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2003.

"Orientação : Prof. Rosires Catão Curi, Prof. Wilson Fadlo Curi".
Referências.

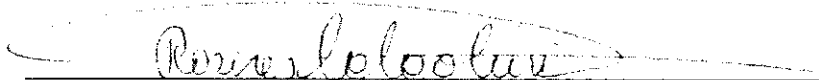
1. Recursos Hídricos. 2. Reservatórios de Água. 3. Abastecimento de Água. 4. Dissertação - Engenharia Civil. I. Curi, Rosires Catão. II. Curi, Wilson Fadlo. III. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). IV. Título

CDU 556.181(813.4)(043)

ALDO SIDNEY OLIVEIRA ALBUQUERQUE

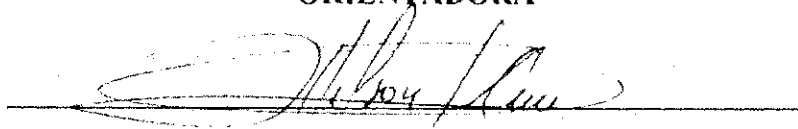
**OPERAÇÃO ÓTIMA E INTEGRADA DO SISTEMA HÍDRICO COMPOSTO PELOS
RESERVATÓRIOS DO ALTO CAPIBARIBE.**

APROVADA EM 27/02/2003



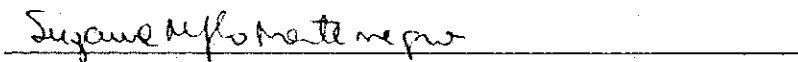
ROSIRES CATÃO CURI

ORIENTADORA



WILSON FADLO CURI

ORIENTADOR



SUZANA MARIA GICO LIMA MONTENEGRO

EXAMINADORA EXTERNA



CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO

EXAMINADOR INTERNO

CAMPINA GRANDE-PB

FEVEREIRO DE 2003

DEDICATÓRIA

A meu pai Antônio Arnobio, minha mãe Maria de Lourdes (in memoriam) e a minha avó Maria José (in memoriam), DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus criador de tudo e todos pelo que sou e por está presente em mim e em minhas decisões.

Aos meus pais, (minha mãe in memoriam), meus familiares, àqueles que direta ou indiretamente me apoiaram e incentivaram, a Walszon Lopes, Osvalcelio Furtunato, Elton Cruz, José Florentino Porto, Carlos André, Djalena Melo, Herbert Hálamo, Sérgio farias, Kennedy Flavio, Zedna Vieira, Leonardo Neves, Roberta Nobrega, aos amigos de uma forma geral que contribuíram para que pudesse vencer mais uma etapa da minha vida. Aos professores Rosires Catão Curi e Wilson Fadlo Curi, que desde os tempos de aluno de iniciação científica souberam de forma magnífica me conduzir para o caminho da disciplina e aprendizagem.

Ao meu grande amigo Paulo Serrano pesquisador do IPA, que foi, e é meu grande incentivador e a pessoa em que me espelho para conseguir meus objetivos.

A Dayse Luna e a Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco que gentilmente disponibilizaram vários dados e informações necessários ao desenvolvimento desta pesquisa.

A Cláudia Germana, que sempre me apoiou em tudo que fiz, sendo uma pessoa que sempre iluminou a minha vida.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIAS	i
AGRADECIMENTOS	ii
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO	2
2. ANÁLISE DOS SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS	4
2.1. GESTÃO E PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS	4
2.2. O PROBLEMA DECISÓRIO EM PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS	5
2.3. MODELOS DE ANÁLISE DE SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS	5
2.3.1. MODELOS DE ANÁLISE DE SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS	6
2.3.1.1. MODELOS DE OTIMIZAÇÃO	6
2.3.1.1.1. PROGRAMAÇÃO LINEAR	6
2.3.1.1.2. PROGRAMAÇÃO NÃO-LINEAR	7
2.3.1.1.3. PROGRAMAÇÃO DINÂMICA	8
2.3.1.1.4. SIMULAÇÃO	9
2.4. OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS	9
2.4.1. UMA PEQUENA REVISÃO DO ESTADO-DA-ARTE DE ANÁLISE DE SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS	10
3. A REGIÃO EM ESTUDO	12
3.1. ASPECTOS FISIOGRAFICOS	12
3.1.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA	12
3.1.2. HIDROGRAFIA SUPERFICIAL	13
3.1.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E O REGIME DAS CHUVAS	14
3.1.4. ÁREA E DIVISÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA	15
3.1.5. GEOLOGIA E SOLOS	15
3.1.5.1. DESCRIÇÃO E CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DOS SOLOS	16
3.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS	17
3.2.1. ÁGUAS SUPERFICIAIS	17
3.2.2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	18
3.3. MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO	18
3.3.1. REDE PLUVIOMÉTRICA	18
3.3.2. REDE FLUVIOMÉTRICA	19
3.3.3. REDE DE ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS	19
3.3.4. REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA	19
3.3.4.1. REDE OPERADA PELA CPRH	19
3.3.4.2. REDE OPERADA PELA COMPESA	20

4. O MODELO DE OTIMIZAÇÃO CISDERGO	21
4.1. INTRODUÇÃO	21
4.2. FUNÇÕES OBJETIVO DO MODELO CISDERGO	22
4.2.1. Maximização da Receita Líquida	22
4.2.2. Maximização da mão de obra	29
4.3. EQUAÇÕES DE RESTRIÇÕES DO MODELO	30
4.4. DADOS DE ENTRADA DO MODELO CISDERGO	35
4.5. RESULTADOS FORNECIDOS PELO MODELO	37
5. O MODELO DE OTIMIZAÇÃO ORNAP	40
5.1. GENERALIDADES	40
5.2. ASPECTOS MATEMÁTICOS DO MODELO	40
5.2.1. DA AGRICULTURA IRRIGADA	41
5.2.2. DOS RESERVATÓRIOS E SEUS COMPONENTES	46
5.2.3. OUTROS COMPONENTES DO SISTEMA	49
5.2.4. ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA DA OTIMIZAÇÃO	50
5.3. FLUXOGRAMA DO ORNAP	50
6. DESCRIÇÃO DO SISTEMA EM ESTUDO	54
6.1. CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA PARA O CISDERGO E O ORNAP	54
6.2. RELAÇÕES COM TRABALHOS ANTERIORES	54
6.3. DADOS RELATIVOS AO SISTEMA HÍDRICO EM ESTUDO	55
6.3.1. PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS	55
6.3.2. - CHUVA MÉDIA NAS SUB-BACIAS DOS RESERVATÓRIOS.	57
6.3.3. PRECIPITAÇÃO DIRETA SOB OS RESERVATÓRIOS	57
6.4. IRRIGAÇÃO	58
6.4.1. ÁREAS DA REGIÃO COM POTENCIAL AGRÍCOLA	58
6.4.2. APTIDÃO AGRÍCOLA DA REGIÃO EM ESTUDO	59
6.4.3. DEMANDA PARA IRRIGAÇÃO	59
6.5. PISCICULTURA	61
6.6. VAZÕES NATURAIS DO SISTEMA HÍDRICO EM ESTUDO	62
6.6.1. METODOLOGIA 1	64
6.6.2. METODOLOGIA 2	68
6.7. DADOS REFERENTES AOS RESERVATÓRIOS	69
6.7.1. RELAÇÕES COTA X ÁREA X VOLUME	69
6.7.1.1. - RESERVATÓRIO DE JATAÚBA	70
6.7.1.2. - RESERVATÓRIO DE POÇO FUNDO.	70
6.7.1.3. - RESERVATÓRIO DE OITIS.	71
6.7.1.4. - RESERVATÓRIO DE MACHADO.	71
6.7.1.5. - RESERVATÓRIO DE TABOCAS.	72
6.8. - VOLUMES MÁXIMOS E MÍNIMOS NOS RESERVATÓRIOS.	73
6.9. - VAZÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS NAS CALHAS DOS RIOS.	73
6.10. - VAZÕES MÁXIMAS DAS TOMADAS D'ÁGUA.	74

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 4.1- Fluxograma do Modelo CISDERGO</i>	39
<i>Figura 5.1 – Fluxograma para o ORNAP</i>	53
<i>Figura 6.1: Calibração dos parâmetros para obtenção das vazões, usando a primeira metodologia</i>	66
<i>Figura 6.2: Validação dos parâmetros para obtenção das vazões, usando a primeira metodologia</i>	66
<i>Figura 6.3: Calibração dos parâmetros para obtenção das vazões, usando a segunda metodologia</i>	68
<i>Figura 6.4: Validação dos parâmetros para obtenção das vazões, usando a segunda metodologia</i>	69

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 3.1-Cartas plani-altimétricas que abrangem a região em estudo</i>	13
<i>Tabela 3.1-Relação dos municípios com áreas inseridas na bacia</i>	15
<i>Tabela 3.2-Parâmetros estatísticos dos dados dos poços no Aquífero fissural na bacia</i>	18
<i>Tabela 3.3-Parâmetros Estatísticos dos Dados de Análises Físico-Químicas das Águas do Aquífero Fissural na região em estudo</i>	18
<i>Tabela 5.1-Elementos de entrada para o ORNAP</i>	52
<i>Tabela 6.1-Postos pluviométricos escolhidos para estudo da bacia</i>	56
<i>Tabela 6.2-Precipitação média anual para as cinco sub-bacias</i>	57
<i>Tabela 6.3-Postos escolhidos para representar a precipitação direta sobre os reservatórios</i>	58
<i>Tabela 6.4-Evapotranspiração de referência</i>	60
<i>Tabela 6.5-Coefficientes de cultivo das culturas adotadas nos perímetros</i>	60
<i>Tabela 6.6-Posto pluviométrico escolhido para representar a precipitação efetiva sobre as manchas de solo</i>	61
<i>Tabela 6.7-Limites utilizados para calibração dos parâmetros</i>	65
<i>Tabela 6.8-Parâmetros obtidos para as áreas de contribuição com a calibração otimizada pelo solver</i>	67
<i>Tabela 6.9-Valores dos parâmetros representativos de toda bacia, obtidos com a calibração</i>	68
<i>Tabela 7.1-Precipitação mensal média (mm) para as dez sub-bacias que compõe o sistema, período 1963 à 1991</i>	77
<i>Tabela 7.2-Vazão mensal média (m³ s) para as dez sub-bacias que compõe o sistema, período 1963 à 1991</i>	78
<i>Tabela 7.3-Valores das precipitações mensais médias (mm) escolhidas para representar a situação climática seca para as dez sub-bacias que compõe o sistema</i>	79
<i>Tabela 7.4-Valores das precipitações mensais médias (mm) escolhidas para representar a situação climática chuvosa para as dez sub-bacias que compõe o sistema</i>	79
<i>Tabela 7.5-Valores das vazões mensais médias (m³ s) escolhidas para representar a situação climática seca para as dez sub-bacias que compõe o sistema</i>	80
<i>Tabela 7.6-Valores das vazões mensais médias (m³ s) escolhidas para representar a situação climática chuvosa para as dez sub-bacias que compõe o sistema</i>	80
<i>Tabela 7.7-Descrição dos cenários</i>	83
<i>Tabela 7.8-Precipitação direta (mm) nos reservatórios na situação climática média</i>	91
<i>Tabela 7.9-Produtividade das culturas (kg/ha ano)</i>	93
<i>Tabela 7.10-Preço médio de venda das culturas (R\$ kg)</i>	94
<i>Tabela 7.11-Custo médio de produção das culturas (R\$ ha ano)</i>	94
<i>Tabela 7.12-Dados referentes ao sistema de irrigação</i>	95
<i>Tabela 7.13-Precipitação média mensal em cada mancha de solo (mm mês) definida para a situação climática média</i>	97
<i>Tabela 7.14-Precipitações médias mensais diretas nos reservatórios na situação climática seca</i>	100
<i>Tabela 7.15-Precipitação média mensal em cada mancha de solo, definida para a situação climática seca</i>	101
<i>Tabela 7.16-Precipitações médias mensais diretas nos reservatórios na situação climática chuvosa</i>	103
<i>Tabela 7.17-Precipitação média mensal em cada mancha de solo, definida para a situação climática chuvosa</i>	104
<i>Tabela 8.1 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário C m1.</i>	113
<i>Tabela 8.41-Evaporações nos reservatórios para a situação climática média</i>	151
<i>Tabela 8.42-Afluências aos reservatórios para a situação climática média</i>	151
<i>Tabela 8.43-Vertimentos nos reservatórios para a situação climática média</i>	152
<i>Tabela 8.44-Descargas de fundo nos reservatórios para a situação climática média</i>	152
<i>Tabela 8.45-Volumes para irrigação nos reservatórios para a situação climática média</i>	153
<i>Tabela 8.46-Volumes nos reservatórios para a situação climática média</i>	153
<i>Tabela 8.47-Área irrigada nas manchas de solo e receita líquida para a situação climática média</i>	154
<i>Tabela 8.48-Evaporações nos reservatórios para a situação climática seca</i>	156
<i>Tabela 8.49-Afluências aos reservatórios para a situação climática seca</i>	156
<i>Tabela 8.50-Vertimentos nos reservatórios para a situação climática seca</i>	157
<i>Tabela 8.51-Volume para irrigação retirada dos reservatórios para a situação climática seca</i>	157
<i>Tabela 8.52-Volumes nos reservatórios para a situação climática média</i>	158
<i>Tabela 8.53-Área irrigada nas manchas de solo e receita líquida para a situação climática seca</i>	158

<i>Tabela 8.54-Evaporações nos reservatórios para a situação climática chuvosa</i>	160
<i>Tabela 8.55 - Afluências aos reservatórios para a situação climática chuvosa</i>	160
<i>Tabela 8.56-Vertimentos nos reservatórios para a situação climática chuvosa</i>	161
<i>Tabela 8.57-Descargas de fundo nos reservatórios para a situação climática chuvosa</i>	161
<i>Tabela 8.58-Volume para irrigação retirada dos reservatórios para a situação climática chuvosa</i>	162
<i>Tabela 8.59-Volumes nos reservatórios para a situação climática chuvosa</i>	162
<i>Tabela 8.60-Área irrigada nas manchas de solo e receita líquida para a situação climática seca</i>	163

RESUMO

Neste trabalho foi realizado um estudo sobre o planejamento ótimo e integrado de 5 reservatórios : Poço Fundo, Jataúba Tabocas, Oitis e Machado, inseridos na parte alta da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, localizada no Estado de Pernambuco, vitais ao desenvolvimento econômico e social daquela região que a muito tempo já sofre com a escassez temporal e espacial dos recursos hídricos. Para a análise do comportamento do sistema e obtenção da solução ótima, foram aplicados dois modelos: o **ORNAP** (*Optimal Reservoir Network Analysis Program*) que faz uso da programação linear e o **UISDERGO** (*Cropping and Irrigation System Design with Optimal Reservoir and Groundwater Operation*) que faz uso da programação não linear, ambos desenvolvidos por Curi e Curi (1999). O sistema foi otimizado ensejando a maximização da receita líquida advinda da agricultura irrigada nos perímetros aptos para cultivos, avaliando-se também o retorno financeiro da piscicultura extensiva nos reservatórios, realizado para três diferentes cenários hidroclimáticos, para o período de 1 ano. Os resultados demonstraram haver água disponível para abastecimento e irrigação embora variáveis com o tipo situação climática.

This work is concerned with the design of an optimal operation for a system of five reservoirs, which are the Poço Fundo, Tabocas, Jataúba, Oitis and Machado, located at the upper part of the Capibaribe river basin in the semiarid region of Pernambuco state. Due to the water shortage, generally during nine months of the year, they are very important for the social and economic development of that region. The solution presented herein was obtained with the CISDERGO (Cropping and Irrigation System Design with Optimal Reservoir and Groundwater Operation), which is based on linear programming, and ORNAP (Optimal Reservoir Network Analysis Program), which is based on nonlinear programming, softwares regarding the maximization of the net profit attained from the selection of reservoirs water releases, choice of crops and their areas at five potential irrigated croplands and fishing activities at each reservoir. All the physical, agronomic and operational constraints, including the sustainability of the reservoir, were taken into account. The analysis was made based on climate scenarios of a twelve months period, which represents rainy, dry and average years, as well as reservoirs' initial conditions, cities water demand and regional cropping patterns.

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO

Há alguns anos atrás, a questão da água no Brasil já despertava reações diversas. Havia os despreocupados e confiantes na abundância, e outros, mais conscientes, previam que a água é um recurso finito e que a riqueza de recursos hídricos no país poderia não ser suficiente no futuro. Pois o futuro chegou e o planejamento hídrico é assunto-chave e premente no Brasil atual.

Problemas de escassez de água vêm a consolidar a importância de se fortalecer a nova forma administrativa dos recursos hídricos trazida pelas leis federal e estadual que introduzem a Política de Recursos Hídricos. A grande inovação no processo de gerenciamento dos recursos hídricos pode ser resumido em alguns pontos. Em primeiro lugar a introdução da bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento, diferente da administração tradicional realizada em distritos, municípios e Unidades da Federação. Outro importante processo inovador é a inclusão da sociedade civil junto ao poder público na formação de um colegiado chamado de Comitê de Bacias Hidrográficas, organizado democraticamente para gerenciar a água de forma descentralizada, integrada e com a participação de todos os membros da sociedade que estejam envolvidos com o uso da água. Por último, a cobrança pelo uso da água, agora um bem natural de valor econômico.

Como os recursos hídricos são escassos especialmente no nordeste e de importância vital às atividades humanas, precisam ser preservados e controlados, a fim de satisfazer as finalidades a eles associados, tais como, abastecimento, irrigação, geração de energia, piscicultura e regularização de vazões, entre outros. No Nordeste do Brasil, o clima semi-árido é caracterizado pela grande variabilidade espacial e temporal das chuvas que ocorrem a cada ano, gerando períodos secos nesta região, que ainda são agravado pelas altas taxas de evaporação.

A grande demanda de água no semi-árido nordestino, associada com sua pouca oferta, requer entre outras atividades o planejamento dos recursos hídricos para garantir

sua disponibilidade, proteção, conservação e seu aproveitamento de forma racional, em benefício das gerações atual e futuras, ensejando o desenvolvimento sustentado.

Visando um melhor planejamento dos recursos hídricos, pode-se utilizar modelos de análise e decisão sobre os recursos hídricos. Basicamente têm-se duas classes de modelos: otimização e simulação. No primeiro, o objetivo é representado analiticamente através de uma função objetivo (geralmente econômica) que será maximizada ou minimizada dependendo do caso. No segundo, não existe a preocupação de determinar o conjunto de elementos ou regra operativa ótima e sim analisar cenários alternativos e medir o comportamento do sistema.

Alguns sistemas de recursos hídricos, principalmente aqueles que envolvem vários reservatórios de acumulação, com água passível de ser usada para múltiplos usos como abastecimento urbano e rural, piscicultura, irrigação, regularização e controle de cheia, etc, necessitam de uma análise mais abrangente que envolva a caracterização de vários cenários que contemplem aspectos climáticos e operacionais do sistema e para cada um destes cenários seja estabelecida a regra operativa ótima.

1.1. OBJETIVO

O sistema a ser estudado consiste da parte alta da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, o qual localiza-se no Nordeste da Mesoregião Geográfica do Agreste do Estado de Pernambuco. A área de estudo perfaz 2692,12Km². Neste estudo será feito o estudo da operação integrada e ótima de cinco reservatórios, a saber: Poço Fundo, Jataúba, Tabocas, Oitis, Machado e nas áreas passíveis de serem irrigadas próximas aos reservatórios.

A importância desse sistema para a bacia traduz-se em ser esta parte da bacia localizada em região semi-árida e bastante carente em termos de reservas hídricas, com um pequeno potencial de acumulação de 45 milhões de metros cúbicos aproximadamente, e altas taxas de evaporação. Com a crescente ocupação da bacia, torna-se necessário um maior cuidado com o planejamento de uso destes escassos recursos para evitar conflitos em potencial e tirar o máximo proveito da água que precipita e escoar superficialmente na região.

Dentre os objetivos da pesquisa podemos citar:

GERAIS:

Analisar a possibilidade de aproveitamento ótimo e integrado dos recursos hídricos superficiais da região em estudo.

ESPECÍFICOS:

Reservatórios de forma individual:

1-Verificar dentro de uma operação individual dos reservatórios quais poderão ter disponibilidade de água para irrigação e quais seriam as culturas e respectivas áreas ótimas cultivadas.

2-Verificar a influência de diferentes volumes iniciais e diferentes critérios de sustentabilidade hídrica no desempenho do sistema.

3-Verificar o potencial econômico do uso da água excedente para irrigação.

4-Verificar o desempenho do sistema com respeito a todos os itens anteriores para várias condições climáticas, caracterizadas como ano chuvoso, médio, seco.

Reservatórios de forma integrada:

1-Verificar dentro de uma operação integrada dos reservatórios quais poderão ter disponibilidade de água para irrigação e quais seriam as culturas e respectivas áreas ótimas cultivadas.

2-Verificar o potencial econômico do uso de água para piscicultura.

3-Verificar a influência de diferentes volumes iniciais e diferentes critérios de sustentabilidade hídrica no desempenho do sistema.

4-Verificar o potencial econômico do uso da água excedente para irrigação.

5-Verificar o desempenho do sistema com respeito a todos os itens anteriores para várias condições climáticas, caracterizadas como ano chuvoso, médio, seco.

Os modelos utilizados neste trabalho serão o ORNAP (Optimal Reservoir Network Analysis Program) e o CISDERGO (Cropping and Irrigation System Design with Optimal Reservoir and Groundwater Operation) ambos de base mensal, desenvolvido por Curi e Curi (1999).

CAPITULO II

2. ANÁLISE DOS SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

2.1. GESTÃO E PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A água é imprescindível para a vida e, portanto, sempre foi e será objeto de demanda. A satisfação de necessidades domésticas, urbanas, de irrigação, de geração de energia, tem sido o objeto do planejamento hídrico.

De acordo com Barth (1987), planejamento, no conceito da ciência econômica, onde é bastante empregado, é a forma de conciliar recursos escassos e necessidades abundantes. Em recursos hídricos, o planejamento pode ser definido como um conjunto de procedimentos organizados que visam ao atendimento das demandas de água, considerada a disponibilidade restrita deste recurso. A gestão de recursos hídricos, ainda segundo Barth (1987), é a forma pela qual se pretende equacionar e resolver as questões de escassez relativa dos recursos hídricos. A condição fundamental para que a gestão de recursos hídricos se realize é a motivação política para sua efetiva implantação. Havendo motivação política, será possível planejar o aproveitamento e o controle dos recursos hídricos e ter meios de implantar as obras e medidas recomendadas, controlando-se as variáveis que possam afastar os efeitos nocivos ao planejamento.

Conforme Tucci (1998), o gerenciamento dos recursos hídricos é, por característica, um campo de ação multidisciplinar. O planejador necessita reunir todo o processo quantitativo das diferentes fases de forma sucinta e clara, para que sejam tomadas as decisões que melhor atendam à sociedade e à proteção dos recursos naturais. O planejamento dos recursos hídricos visa à avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais. Dentre os objetivos de um plano, podem ser selecionados, por exemplo, os seguintes: maximização dos benefícios, minimização dos impactos ambientais, melhoria da qualidade de vida, etc.

2.2. O PROBLEMA DECISÓRIO EM PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

De acordo com Porto et al. (1997), a tomada de decisões a respeito de sistemas de recursos hídricos deve considerar obrigatoriamente aspectos hidrológicos, ambientais, econômicos, políticos e sociais, mutáveis no tempo e associados a incertezas de difícil quantificação. À medida que as demandas de água crescem, acirram-se os conflitos e disputas pelo recurso e os sistemas de recursos hídricos tendem a se tornar maiores e mais complexos. A construção e gerenciamento destes sistemas estão associados geralmente a investimentos de grande porte, longos prazos e políticas cuidadosas de operação e manutenção. Tais características impõem a necessidade de planejamentos estratégicos que conciliem eficiência econômica, sustentabilidade, flexibilidade e equidade.

A consciência ecológica e a tendência crescente de participação pública são características marcantes de nossos tempos e exigem mudanças de atitudes por parte dos administradores públicos.

Ainda segundo Porto et al. (1997), no Brasil estamos presenciando notável evolução nas áreas gerenciais e institucionais relativas ao aproveitamento integrado dos nossos recursos hídricos, atestada pela promulgação de uma série de leis estaduais, seguidas de providências efetivas para implantação dos respectivos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos.

2.3. MODELOS DE ANÁLISE DE SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS

Segundo Braga et al. (1987), a análise de sistemas de recursos hídricos é um enfoque onde os componentes do sistema de recursos hídricos e suas interações são descritas em termos quantitativos por meio de equações matemáticas e funções lógicas. Em geral, procura-se uma combinação de elementos do sistema que produza o melhor resultado, ou o ótimo para uma função objetivo. Modelos típicos incluem os chamados modelos de processos, ou seja, modelos matemáticos que descrevem os processos físicos simbolizados pelos elementos do sistema; modelos de entrada e saída para quantidade e qualidade da água superficial e subterrânea e para sistemas de distribuição. Na análise de sistemas de recursos hídricos vários modelos de análise e decisão são frequentemente utilizados. Basicamente têm-se duas classes de modelos: otimização e simulação. No primeiro o

objetivo do processo é representado analiticamente através de uma função objetivo (geralmente econômica) que será maximizada ou minimizada dependendo do caso. No segundo, não existe a preocupação de determinar o conjunto de elementos ou regra operativa ótima e sim analisar cenários alternativos e medir o comportamento do sistema.

Conforme YEH (1985), simulação é uma técnica de modelagem que é usada para aproximar o comportamento de um sistema no computador, representando todas as principais características de um sistema por uma descrição matemática.

A otimização é um procedimento eficiente de utilizações sucessivas da simulação para determinar a melhor alternativa.

2.3.1. MODELOS DE ANÁLISE DE SISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS

Vários modelos têm sido desenvolvidos e aprimorados nos últimos anos para solucionar o problema do planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. Estes modelos são classificados em modelos de otimização utilizando técnicas diversas como programação linear, programação não-linear e programação dinâmica e modelos de simulação.

2.3.1.1. MODELOS DE OTIMIZAÇÃO

Geralmente os modelos de otimização são algoritmos matemáticos que procuram identificar os pontos máximos ou mínimos da chamada função objetivo, que representa, por meio de expressão matemática, os objetivos estabelecidos na operação.

Em outras palavras, podemos dizer que são modelos que procuram encontrar uma solução ótima para resolução de um problema, visando maximizar ou minimizar um determinado objetivo. A definição da função objetivo é fundamental, uma vez que os resultados obtidos dependem quase que exclusivamente das suas características. Existem diversos tipos de funções e, por exemplo: se forem considerados aspectos puramente econômicos, a função objetivo pode ser os benefícios propostos pela operação do reservatório ou minimizar custos.

2.3.1.1.1. PROGRAMAÇÃO LINEAR

capacidade de representar matematicamente a física do sistema de forma mais realista, com menos hipóteses simplificadoras como ocorre na programação linear.

2.3.1.1.3. PROGRAMAÇÃO DINÂMICA

A programação dinâmica (PD) segundo Braga et al. (1987), é altamente útil em análise que considera uma seqüência de acontecimentos (escala horizontal) e uma série ou faixa de alternativas (escala vertical) correspondendo a cada etapa da seqüência. No gerenciamento de recursos hídricos a seqüência pode ser um grupo de reservatórios e as alternativas os volumes úteis nos reservatórios, ou a seqüência pode ser um grupo de intervalos de tempo e as alternativas vazões efluentes de um reservatório.

O princípio básico da técnica de PD, foi proposto por Bellman (1957), daí ser conhecido por princípio de otimalidade de Bellman. Segundo este princípio, uma política ótima tem a propriedade de que, sejam quais forem o estado inicial as decisões restantes devem constituir uma política ótima com relação ao estado que resulta da primeira decisão. Em palavras mais simples, na PD cada etapa da seqüência deve considerar somente os resultados das alternativas da etapa anterior. Desta forma, a melhor solução é encontrada em cada alternativa da etapa considerada e ao chegar ao final da seqüência, é conhecida tanto a melhor alternativa para aquela etapa como para todo o caminho a ser seguido. O sucesso desta técnica pode ser atribuído ao fato de que as naturezas estocásticas e não lineares, que caracterizam um grande número de sistemas de recursos hídricos, podem ser traduzidas na formulação da programação dinâmica. Além disso, tem a vantagem de poder decompor problemas altamente complexos com grande número de variáveis, em série de sub-problemas que serão resolvidos recursivamente.

Uma desvantagem segundo Porto (1997), é a chamada praga da dimensionalidade, termo originalmente proposto por Bellman (1957). Esse problema surge em situações nas quais a discretização das variáveis de estado é muito elevada, é o chamado problema multi-estágio. Nesse caso, a busca ótima é bastante dificultada dado o grande número de possibilidades que devem ser analisadas a cada estágio. A solução exige memória e tempo de processamento. Em alguns casos, a questão da dimensionalidade pode inviabilizar o emprego da programação dinâmica.

2.3.1.1.4. SIMULAÇÃO

Os modelos de simulação, segundo Braga et al. (1987), são formados por expressões matemáticas estruturadas em seqüência lógica, que descrevem a operação do sistema no espaço e no tempo. Seu objetivo é representar e operar o sistema de forma mais detalhada possível e fornecer informações para avaliar o comportamento do sistema real. A simulação da operação de reservatórios consiste, simplesmente, em fazer a cada intervalo de tempo o balanço de massa dos reservatórios. Para tanto, são especificadas as afluências nos locais de interesse, as características físicas do sistema e as regras de operação. A vantagem da técnica de simulação está no fato de ser aplicável a sistemas complexos e aceitar quaisquer equações de restrições. Ao contrário dos modelos otimizantes, os modelos de simulação não determinam a política ótima de operação. A solução é encontrada iterativamente processando-se diversas simulações alternativas e comparando seus desempenhos. Sua obtenção depende, geralmente, da experiência e sensibilidade do usuário.

2.4. OPERAÇÃO DE RESERVATÓRIOS

Os reservatórios são os elementos mais importantes de um sistema de recursos hídricos. Eles são usados para uma regularização tanto temporal quanto espacial da água. Uma das principais características de um reservatório é o uso de sua água armazenada para diversos fins. Depois de construído um reservatório ele poderá servir para controle de inundação, provisão de água municipal, industrial e agrícola, geração de energia, navegação, recreação, etc.

Em sua forma mais simples, o problema de operação de reservatórios pode ser exposto como a seguinte questão: que volume de água deve-se armazenar em um determinado reservatório para prover determinada demanda a um nível aceitável de confiança e que vazão devo regularizar, obedecendo aos limites físicos e políticos existentes?

O mesmo problema pode ser formulado dentro de um longo intervalo de tempo (uma semana ou mais), sendo assim chamado de planejamento de operações a longo prazo, caso seja formulado dentro de um curto espaço de tempo (um dia ou menos) o problema é chamado de operação de reservatórios em tempo-real.

O uso eficiente da água acumulada em reservatórios requer uma operação baseada em princípios de gerenciamento e desenvolvimento sustentável. O gerenciamento e desenvolvimento sustentável de reservatórios é um subconjunto do gerenciamento sustentável de recursos hídricos, baseado em conceitos de gerenciamento integrado, múltiplos objetivos, considerações de riscos e incertezas, e aplicações práticas da ferramenta “análise de sistemas”. Considera-se como um reservatório sustentável aquele que é projetado e gerenciado de acordo com os princípios da sustentabilidade, fazendo parte integral do sistema holístico composto pela sociedade, terra, ar e água. Na operação e manutenção, o gerenciamento sustentável de reservatórios deve observar, entre outras, práticas de conservação da natureza nas áreas de entorno; de manutenção da vida biótica normal; controle de sedimentos; de gerenciamento da bacia; de uso de informações e tecnologias de suporte à decisão; de gerenciamento conjunto envolvendo todos os componentes relacionados ao sistema de recursos hídricos, com vistas às múltiplas finalidades como controle de enchentes, de abastecimento e de controle da qualidade ambiental (Takeuchi e Kundzewicz, 1998).

2.4.1. UMA PEQUENA REVISÃO DO ESTADO-DA-ARTE DE ANÁLISE DE SISTEMAS DE RESERVATÓRIOS

Yeh (1985) provê uma revisão de teorias e aplicações de técnicas de análise de sistemas aos problemas de reservatório, usando programação linear, programação dinâmica, programação não-linear e simulação. Wurbs et al. (1993) ampliaram o trabalho de Yeh (1985) produzindo uma revisão sobre as técnicas de análise à operação de reservatórios. Loucks et al. (1981) estudaram assuntos envolvendo análise e planejamento de sistema de recursos hídricos.

Segundo Barbosa (2001), a programação dinâmica foi utilizada na operação de reservatórios por diversos autores, podendo ser citados: Little (1955), Young (1967), Hall et al. (1969), Schweig e Cole (1968), Fitch et al. (1970), Russel (1972), Liu e Tedrow (1973), Araújo e Terry (1974).

Curi e Curi desenvolveram vários estudos usando otimização para operação de reservatórios para usos e objetivos múltiplos: Curi et al. (1997) fizeram a alocação ótima de água do reservatório Engenheiro Arcoverde para irrigação via programação linear, determinando os valores máximos das áreas para irrigar com cada cultura. Andrade e Curi

(2000), usaram a programação não linear para estudar, sob a ótica da otimização, o complexo sistema de reservatórios em série, Jucazinho e Carpina, sujeitos a usos complementares e conflitantes, e três perímetros irrigados na região. Porto e Curi (2002), usaram o CISDERGO-2.0, que utiliza a técnica da programação linear para estudar as condições de operação ótima e conjunta do sistema composto pelos reservatórios integrados de Coremas e Mãe D'água, e os perímetros irrigados de Sousa-PB e das margens do reservatório, sugerindo critérios para planejamento do mesmo. Barbosa e Curi (2001) estudaram o comportamento da operação de um sistema constituído de três reservatórios em paralelo, o objetivo foi maximizar os benefícios financeiros líquidos advindos da agricultura irrigada e da piscicultura, além de maximizar a geração de empregos atendendo o abastecimento urbano, etc.

Zahed (1987), fez uma discussão sobre a aplicação de modelos na operação de sistemas de reservatórios, classificando os modelos existentes em otimizantes e não otimizantes. Concluindo que os modelos de otimização e de simulação podem ser utilizados em conjunto e que não existe uma metodologia consagrada para esses estudos devido à diversidade de características dos problemas.

CAPITULO III

3. A REGIÃO EM ESTUDO

3.1. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.1.1. LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A região em estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, localizada na parte nordeste da Mesoregião Geográfica do Agreste do Estado de Pernambuco, localiza-se entre as latitudes 7°47' e 8°17' sul e longitude de 35° 56' e 36°42', a oeste de Greenwich. Limita-se ao norte pelo Estado da Paraíba, ao sul com a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, a leste com a parte média da bacia do rio Capibaribe e a oeste com o Estado da Paraíba e a bacia hidrográfica do rio Ipojuca, conforme figura no **Anexo 1**.

Tal área contém cinco importantes sub-bacias, sendo daqui em diante neste estudo, cada uma chamada de sub-bacia do seu respectivo reservatório, a saber : sub-bacia do reservatório Poço Fundo, sub-bacia do reservatório Jataúba, sub-bacia do reservatório Tabocas, Sub-bacia do reservatório Oitis e sub-bacia do reservatório Machado (**Anexo 1**). Vale salientar que os cinco rios que são barrados para formar os reservatórios mencionados anteriormente, são afluentes do rio Capibaribe.

A área considerada neste estudo, a qual abrange as cinco sub-bacias, está inserida nas cartas plani-altimétricas listadas na **Tabela 3.1**, publicadas pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste-SUDENE, na escala 1:100.000.

Tabela 3.1-Cartas plani-altimétricas que abrangem a região em estudo

Carta	Número	Ano da Publicação
Surubim	SB25-Y-C-IV	1984
Caruaru	SB25-Z-D-VI	1984
Sta. Cruz do Capibaribe	SB24-Z-D-VI	1986
Belo jardim	SC24-X-B-III	1986
Sumé	SB24-Z-D-V	1970
Pesqueira	SB24-X-II	1986

Fonte: Publicação do Ministério do exército / SUDENE

3.1.2. HIDROGRAFIA SUPERFICIAL

A área em estudo apresenta o Capibaribe como rio principal. Tal rio nasce nas encostas da serra do Jacarará, numa altitude de aproximadamente de 1130 metros no município de Jataúba, a cerca de 200 km da cidade do Recife, percolando por vários centros urbanos, onde serve de corpo receptor de resíduos industriais e domésticos. O Capibaribe em toda a sua extensão apresenta uma declividade média de 0,44%, tendo direção inicial sudoeste-nordeste até as proximidades de Santa Cruz do Capibaribe, quando seu curso toma direção geral oeste-leste, passando pelo município de Toritama, limite do sistema hídrico superficial deste estudo; o seu curso continua, percorrendo uma extensão total de 270 Km, até a foz na cidade do Recife.

Como já foi mencionado anteriormente, serão cinco os reservatórios estudados na região. A escolha de tais, se deu em função de suas importâncias em termos de potencial hídrico para a área em estudo, sendo fontes de abastecimento humano e agrícola, entre outros, indispensáveis para o desenvolvimento da região, que há muito tempo já sofre com a escassez hídrica.

O rio Capibaribe é barrado no município de Santa Cruz do Capibaribe para formar o reservatório de Poço Fundo, com capacidade máxima de 27.630.000m³. Seus principais afluentes nesta parte são: riacho Timóteo, riacho da Passagem, riacho do Mimoso, riacho do Mirador e o riacho Jataúba, o qual é barrado para formar o reservatório de Jataúba.

O reservatório Jataúba com capacidade máxima de 935320m³, é consequência do barramento do riacho Jataúba. A bacia de contribuição do reservatório de Jataúba é uma sub-bacia da bacia de contribuição do reservatório de Poço Fundo.

O rio Laranjeiras no seu curso é barrado em dois locais para formar dois reservatórios, no primeiro, o reservatório de Oitis, com volume máximo de 3020159 m³, e mais a jusante o reservatório Machado, com volume máximo de 1227700m³. Toda a hidrologia superficial pode ser vista no **Anexo 1**.

Por fim, tem-se o barramento do rio Tabocas, para a formação do açude Tabocas, com volume máximo de 11220000 m³. A área das bacias de contribuição de cada reservatório são as seguintes: Jataúba - 42,54km², Poço Fundo - 909,48km²; Oitis - 77,50 km², Machado - 177,94 km², Tabocas - 405,54 km².

3.1.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E O REGIME DAS CHUVAS

A região em estudo é caracterizada por baixos índices pluviométricos anuais, oscilando entre 400 e 1100mm. As atividades agrícolas são quase que somente dependentes da precipitação pluviométrica. Essas atividades, praticadas em climas semi-áridos, são sempre de alto risco e estão submetidas a níveis de incertezas muito altos. As incertezas são relativas ao clima semi-árido que caracteriza-se por grande variabilidade espacial e temporal das chuvas que ocorrem a cada ano.

O período chuvoso para esta região, começa no mês de março e vai até julho concentrando nestes meses 60 a 70 % da precipitação total anual, sendo a precipitação, média anual da ordem de 600 mm. Deve-se levar em consideração a existência de brejos nesta área, elevando a precipitação total anual em torno de 800 a 1000 mm, como é o caso do Brejo da Madre de Deus e Taquaritinga do Norte.

A principal perda no balanço hídrico é representada pela evaporação das superfícies livres. A intensidade de evaporação cresce com a radiação solar, a temperatura do ar e a velocidade dos ventos, diminuindo com o aumento da umidade relativa. Para a região em estudo, a lâmina anual média evaporada flutua em torno de 1850 mm, sendo de outubro a março, os meses com maior taxa de evaporação, em média 210 mm mensais.

A temperatura média mensal é de 25,2°C. As temperaturas mínimas ficam em torno de 20,4°C e ocorrem no período de junho a agosto. A umidade relativa do ar oscila entre 49% e 81%. A direção predominante dos ventos é sudeste. Durante os meses de outubro a dezembro a direção dos ventos muda para nordeste, conforme registros da estação meteorológica de Caruaru, localizada no município de Caruaru no Agreste Pernambucano.

3.1.4. ÁREA E DIVISÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA

A região em estudo possui uma área de 2692,12 km², (área de contribuição do posto fluviométrico de Toritama), que representa 35,6% da área total da bacia hidrográfica do rio Capibaribe. A área de drenagem da bacia aqui estudada integra nove municípios, dos quais seis estão com suas sedes inseridas na bacia, conforme a **Tabela 3.2**, abaixo:

Tabela 3.2-Relação dos municípios com áreas inseridas na bacia

MUNICÍPIOS	Sede Localizada na bacia	Área do Município			
		Total km ²	Pertencente à bacia		
			km ²	%	
1	BELO JARDIM		653,6	333,3	51,0
2	BREJO DA MADRE DE DEUS	*	782,6	667,8	85,3
3	CARUARU		932,0	39,92	4,3
4	JATAÚBA	*	715,7	715,7	100,0
5	POÇÃO		212,1	17,0	8,0
6	SANTA CRUZ DO CAPIBARIBE	*	369,6	369,6	100,0
7	TAQUARITINGA DO NORTE	*	450,7	450,7	100,0
8	TORITAMA	*	34,8	9,01	25,9
9	VERTENTES	*	172,7	89,09	51,6
	TOTAL	09		2692,12	

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco, 1998.

3.1.5. GEOLOGIA E SOLOS

A sub-bacia do rio Capibaribe, estudada neste trabalho, com 2692,12 Km², possui a maior área representada por rochas pré-cambrianas. A litologia dominante é composta de rochas do complexo gnáissico-migmatítico e granitóide, com destaque para os granitos, migmatitos e granodioritos.

De Toritama até o alto curso da bacia, em Brejo da Madre de Deus e Jataúba, predominam granitos, que também aparecem numa faixa de Salgadinho a Bom Jardim, além de granodioritos em Fazenda Nova. Esses granitos apresentam contato de falha de empurrão, tanto sobre os migmatitos em Frei Miguelino, como sobre os micaxistos em Riacho das Almas, Vertentes e Santa Cruz do Capibaribe.

3.1.5.1.DESCRICÃO E CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DOS SOLOS

Nessa área ocorrem varias classes de solos com ênfase, os Latossolos, Podzolicos, Planossolos Solodicos, Regossolos, Bruno não Calcico e Solos Litólicos (LVd12) . Destacam-se como solos apropriados para a agricultura os Latossolos, que ocorrem em Taquaritinga do Norte. Os demais, por serem pouco desenvolvidos, podem ser divididos em dois grupos: solos apropriados ao cultivo de pastagens (PL1, PL2, PL3, PL7, PL10, SS2, NC8, PE17, REe1, REe2, REe3, REe5), e solos não recomendados para uso econômico (PE1, PE9, PE11, PV3, Re5, Re9 e Re10). A seguir serão resumidas as características dos solos pertencentes à sub-bacia:

Solonetz Solodizado – são solos com horizonte B solonetzico, argila de aluvidade alta, pouquíssimos poros e mosqueado em profundidade.

Hidrologicamente, são solos geradores de escoamento face a baixa capacidade de retenção hídrica que apresentam, e a má drenagem do perfil, o que os fazem susceptíveis a erosão, embora apresentem relevo plano a suave ondulado.

Quimicamente, apresentam elevada saturação de sódio trocável, o que favorece a cessão de sais aos escoamentos hídricos gerados.

Os Solonetz na sub-bacia se apresentam com predomínio da vegetação natural de caatinga hiperxerofila e pouquíssimo aproveitamento com pastagens plantadas e palma forrageira, face a extrema deficiência hídrica a que se submetem todos os anos no período de estiagem. Oferecem uma baixa capacidade de suporte à pecuária extensiva e não são recomendados para agricultura face aos elevados riscos de perda de safras que se verificam nas condições edafoclimáticas da bacia.

Os Planossolos, Solonetz, Bruno não Cálculos, Vertissolos e Regossolos, todos pouco desenvolvidos, têm limitada capacidade de retenção hídrica e elevada capacidade de geração de escoamento superficial. Possuem relevos plano a ondulado o que minimiza os riscos de erosão e facilitam seu uso como áreas de pastagens. Face à elevada deficiência hídrica que assola esta área da bacia, a produção das pastagens se tornam restritas a alguns meses do ano onde ocorrem chuvas. No período de estiagem, a oferta de pastos tende para a exaustão reduzindo drasticamente a capacidade suporte.

Os demais solos representados pelos Podzolicos (PE1, PE9, PE10, PE11 e PV3) e os Solos Litólicos (Re5, Re9 e Re10) de relevo forte ondulado e montanhoso, têm baixa capacidade de retenção hídrica, favorecem elevados escoamento das chuvas caídas, e são

susceptíveis a erosão. Tais limitações os tornam não indicados para cultivos econômicos devendo os mesmos serem mantidos com vegetação nativa, servindo apenas para geração de deflúvios

3.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS

3.2.1. ÁGUAS SUPERFICIAIS

Conforme dados do Projeto de Qualidade das águas e Controle da Poluição Hídrico-PQA/PE- Relatório Nº 1 (1997), que traz o enquadramento dos cursos de água da bacia do rio Capibaribe, efetivada através do Decreto Estadual nº 11.515/86, de 12/06/1986, os corpos de água que integram a região em estudo deste trabalho, ou seja, a parte alta da bacia Hidrográfica do Capibaribe, são enquadrados resumidamente conforme descrição a seguir:

Na classe 1

Corpos de água intermitentes

- Rio Capibaribe e todos seus afluentes, desde sua nascente até a foz do riacho Jundiá;
- Riacho Jundiá e todos seus afluentes, desde a sua nascente até 500 metros a montante da localidade de Jataúba;
- Riacho do Pará e todos seus afluentes, desde a sua nascente até a sua foz no rio Capibaribe;
- Riacho Tapera e todos os seus afluentes, desde a sua nascente até a sua foz no rio Capibaribe;
- Rio Mimoso e todos os seus afluentes, desde a sua nascente até a sua foz no rio Capibaribe;
- Riacho Aldeia Velha e todos os seus afluentes, desde a sua nascente até a sua foz no rio Capibaribe;

Na classe 2

Corpos de água intermitentes

- Trecho do rio Capibaribe e todos seus afluentes não incluídos nas classes anteriores, desde a foz do riacho Jundiá até a localidade de Toritama;

- Riacho Arroz e todos seus afluentes, desde a nascente até a sua foz no rio Capibaribe;
- Riacho Topada e todos os seus afluentes, desde a sua nascente até a sua foz no rio Capibaribe;

3.2.2. ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A bacia hidrográfica aqui em estudo, possui mais de 90% da sua área representada por rochas do embasamento cristalino com reduzida capacidade de acumulação de águas subterrâneas, além de possuir elevados teores de sais na região agreste.

Na bacia como um todo, no domínio das rochas cristalinas, os parâmetros estatísticos dos dados dos poços é o que se apresenta na **Tabela 3.3**, segundo dados contidos no PERH-PE (1998).

Tabela 3.3-Parâmetros estatísticos dos dados dos poços no Aquífero fissural na bacia

Parâmetros	Profundidade	Nível Estático	Nível Dinâmico	Vazão	Vazão Especí
Estatísticos	(m)	(m)	(m)	(m ³ /h)	fica (m ³ /h.m)
Média	49,70	7,00	24,70	3,20	0,65
Desvio Padrão	16,80	6,70	14,90	3,90	1,90
Coef. Variação	33,80	95,71	60,32	121,87	292,30
Valor máximo	130,00	40,00	89,00	40,00	20,15
Valor mínimo	11,00	0,00	0,10	0,00	0,006
Nº de valores	461	333	315	394	294

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco, 1998.

3.3. MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO

3.3.1. REDE PLUVIOMÉTRICA

A rede pluviométrica da região em estudo, tem sua origem na rede básica da SUDENE e desde 1992 é mantida e operada pelo Estado de Pernambuco, atualmente sob a responsabilidade da Secretária de Recursos Hídricos-SRH/PE. De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, a região em estudo contém 18 postos pluviométricos, com uns poucos datando registros desde o ano de 1911. Estão disponíveis

dados diários e mensais no banco de dados da SUDENE e da Secretária de Recursos do Estado de Pernambuco. Para alguns postos, já se têm dados até o ano de 1993. Os dados mensais, registrados até o ano de 1985, preliminarmente consistido pela SUDENE, constam do trabalho Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste - Estado de PERNAMBUCO/SUDENE-1990.

3.3.2. REDE FLUVIOMÉTRICA

A rede fluviométrica do sistema hídrico em estudo engloba atualmente 1 estação fluviométrica, a de Toritama, operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, para o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, do Ministério de Minas e Energia. Recentemente, em setembro de 1997 a CPRM divulgou relatório técnico contendo resultado de análises e estudos de consistência de dados fluviométricos diários da bacia do rio Capibaribe, bacia esta que engloba nossa região em estudo, e por consequência o posto fluviométrico de Toritama (código - 39130000).

3.3.3. REDE DE ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS

Não existem estações climatológicas inseridas na região em estudo, apenas três mais próximas e representativas da região: Caruaru, Surubim e Belo Jardim, todas localizadas nos municípios de mesmo nome, operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, do Ministério da Agricultura, com dados históricos já publicados pela SUDENE (Normas Climatológicas da SUDENE).

3.3.4. REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

3.3.4.1. REDE OPERADA PELA CPRH

A rede de monitoramento de qualidade das águas superficiais, de responsabilidade da CPRH não contempla a maioria dos corpos d'água da região em estudo.

Para avaliação da qualidade das águas, a CPRH utiliza indicadores que, de certo modo, se relacionam aos aspectos estéticos, sanitários e econômicos, dando-se muita ênfase ao Índice de Qualidade de Água – IQA, que engloba em um só número uma série de

parâmetros. O monitoramento feito pela CPRH objetiva, principalmente, o contínuo acompanhamento das condições dos cursos d'água, sendo sistemático para os rios litorâneos, para observar se os mesmos permanecem nas classes nas quais foram enquadrados.

3.3.4.2. REDE OPERADA PELA COMPESA

Conforme o PQA-PE (1997), a COMPESA (Companhia de Pesquisa e Saneamento), como órgão mantenedor dos sistemas de abastecimento de água existentes na bacia em referência, não dispõe de rede adequada de monitoramento de qualidade dos cursos d'água da bacia.

As informações são obtidas de um “monitoramento menos intensivo”, basicamente concentrados nos mananciais abastecedores dos sistemas de tratamento de água, que tem servido para avaliações iniciais ou mesmo conclusivas sobre as características físico-químicas e bacteriológicas da água bruta. Mesmo as análises sendo de boa qualidade, o monitoramento é pouco satisfatório, mas garante que a água bruta, após tratamento seja fornecida à população em conformidade com padrões de potabilidade.

CAÍTULO IV

4. O MODELO DE OTIMIZAÇÃO CISDERGO

4.1. INTRODUÇÃO

Um dos modelos utilizados neste trabalho é o CISDERGO (Cropping and Irrigation System Design with Optimal Reservoir and Groundwater Operation), desenvolvido por Curi e Curi (1999). Ele é um programa de otimização linear recursiva, ie, leva em consideração a natureza não linear do problema de forma recursiva, desenvolvido em ambiente MATLAB, destinado a maximizar múltiplos objetivos relativos a implantação ou melhoramento da operação de um ou mais perímetros irrigados, otimizando o uso da água aduzida de um reservatório e poços. O modelo simula a operação do reservatório através da equação do balanço hídrico do mesmo usando demandas fixas e variáveis, obtidas com base na necessidade suplementar líquida de irrigação, estabelecidas através do balanço hídrico das culturas selecionadas e levando em consideração os demais usos do reservatório. A otimização aqui empregada também leva em consideração os diferentes tipos de sistemas de irrigação e suas necessidades de altura manométrica, as áreas a serem irrigadas para cada tipo de cultura, custos de água e de produção, aspectos econômicos e a combinação ou variação nas fontes de bombeamento e a quantidade de água aduzida.

O MATLAB é um software que foi criado pelas Universidades Norte Americanas de Novo México e de Stanford no início da década de 1970, tem a capacidade de fazer análise numérica, cálculo matricial, processamento de sinais e gráficos de forma simples onde os problemas e as soluções são expostos da mesma forma como são escritos matematicamente, sem a necessidade da tradicional programação.

Em geral, o modelo de otimização é constituído por uma função objetivo $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$, que se quer maximizar ou minimizar, onde, X_1, X_2, \dots, X_n são as n variáveis de decisão do problema. Além da função objetivo, podem comparecer também as m funções de restrição $g_i(X_1, X_2, \dots, X_n)$, $i=1, 2, \dots, m$ que determinam a região viável das variáveis de decisão. Assim pode-se representar o problema de otimização através de:

$$\text{Max(Min)} F(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (4.1)$$

sujeito a

$$\begin{aligned} g_1(X_1, X_2, \dots, X_n) &> b_1; < b_1; = b_1 \\ g_2(X_1, X_2, \dots, X_n) &> b_2; < b_2; = b_2 \\ g_m(X_1, X_2, \dots, X_n) &> b_m; < b_m; = b_m \end{aligned} \quad (4.2)$$

onde, além das variáveis definidas anteriormente, b_i , $i = 1, 2, \dots, m$ são parâmetros do modelo. O conjunto de valores das variáveis de decisão X_1, X_2, \dots, X_n que satisfaz ao sistema de equações (4.2) é chamado de solução viável. Dentre as soluções viáveis, aquela que também satisfaz a (4.1) é chamada de solução ótima.

A programação linear, caracteriza-se pelo estabelecimento de relações lineares, ou seja, todas as equações envolvidas são necessariamente representadas por variáveis do primeiro grau.

Um problema de otimização multiobjetivo, com m equações de restrição, n variáveis de decisão e p objetivos, pode ser formulado como:

$$\begin{aligned} &\text{Max(Min)} F(X_1, X_2, \dots, X_n) \\ &= [F_1(X_1, X_2, \dots, X_n), F_2(X_1, X_2, \dots, X_n), \dots, F_p(X_1, X_2, \dots, X_n)] \end{aligned} \quad (4.3)$$

onde $F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ é a função multiobjetivo e $F_1(X_1, X_2, \dots, X_n), \dots, F_p(X_1, X_2, \dots, X_n)$ as funções individuais.

Neste trabalho foi utilizado a função objetivo: maximização da receita líquida, o qual será descrita a seguir. A otimização é feita atribuindo pesos à função objetivo, gerando uma equação do tipo:

$$\text{Max } F(x) = w_1.F_1 + w_2.F_2 \quad (4.4)$$

Onde w_1 e w_2 são os pesos atribuídos a cada função individual.

4.2. FUNÇÕES OBJETIVO DO MODELO CISDERGO

4.2.1. Maximização da Receita Líquida

Uma das funções objetivo do modelo é a maximização da receita líquida sujeita às restrições de disponibilidade de água, área a ser irrigada, capacidade de bombeamento e estrutural. A receita líquida é a diferença entre a renda bruta total (Rb_{jt}) obtida com a venda das produções das culturas e os custos de produção total que envolvem custos de água,

bombeamento e de produção. Portanto, a receita líquida, Rl_{ijkl} em R\$/cultura/unidade de produção/fonte/sistema de bombeamento, é dada por:

$$Rl_{ijkl} = \sum_{i=1}^{na} \prod_{m=1}^t (1 + d_m) \left(\prod_{n=1}^t (1 + dc_{in}) * Rb_{ijkl} - Cp_{ijkl} - Ca_{ijkl} - Cb_{ijkl} - Cs_{ijkl} \right) \quad (4.5)$$

onde:

$\prod_{m=1}^t (1 + d_m)$ - fator de atualização monetária referente a taxa de (inflação) desvalorização,

d_m , da moeda no ano m

$\left(\prod_{n=1}^t (1 + dc_{in}) \right)$ - fator de atualização monetária referente a expectativa da taxa de crescimento ou decréscimo nos preços, dc_{in} , além do nível da inflação, da cultura i no ano n, que pode ser positiva ou negativa.

i - indica o tipo de cultura (i=1,...,nc)

j - indica a unidade de produção (j=1,...,nn)

k - indica a fonte de água (k=1,...,nf)

l - indica o sistema de bombeamento utilizado (l=1,...,nb)

t - indica o ano, t=1,...,na

nc - número de áreas irrigadas destinadas a diferentes culturas

nn - número de unidades de produção

nf - número de fontes

nb - número de sistemas de bombeamento

na - número de anos em estudo

Rb_{ijkl} - renda bruta anual em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte de água/sistema de bombeamento

Cp_{ijkl} - custo de produção anual em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte de água/sistema de bombeamento

Ca_{ijkl} - custo da água anual em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte de água/sistema de bombeamento

Cb_{ijkl} - custo anual de bombeamento da água em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte de água/sistema de bombeamento

C_{Sijklt} – custo de implantação e manutenção dos sistemas de irrigação, de bombeamento, de fontes e canais em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte de água/sistema de bombeamento

A **renda bruta anual**, Rb_{ijklt} , em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte de água/sistema de bombeamento, pode ser dada por:

$$Rb_{ijklt} = Prod_{jt} * Prc_j * Ac_{ijkl} \quad (4.6)$$

onde:

$Prod_{jt}$ - produtividade da cultura i no ano t de irrigação em Kg/ha,

Prc_j - Preço atual de comercialização da cultura i em R\$/Kg e

Ac_{ijkl} - Área plantada com a cultura i na unidade de produção j com água aduzida da fonte k pelo sistema de bombas l.

O **custo de produção anual**, Cp_{ijklt} , em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte de água/sistema de bombeamento, relativos aos gastos com insumos, mão de obra e máquinas, pode ser dado por:

$$Cp_{ijklt} = Cprod_{it} * Ac_{ijkl} \quad (4.7)$$

onde:

$Cprod_{it}$ = custo atual de produção da cultura i referentes à gastos relativos ao ano t em R\$/ha.

Para se determinar o custo da água utilizada para a irrigação e o seu bombeamento, é necessário se determinar a quantidade de água alocada para irrigação, i.e., a lâmina de rega. Num primeiro passo, calcula-se a necessidade hídrica máxima mensal desta planta para desempenhar as suas atividades vegetativas ao longo do seu ciclo fenológico, ou seja, calcula-se a taxa de **evapotranspiração potencial** mensal da cultura i na unidade de produção j (do perímetro p) durante o mês t, Etp_{ijt} , em mm/mês, que pode ser estimada, de forma aproximada, em função da taxa de **evapotranspiração de referência** no mês t na unidade de produção j, Eto_{jt} em mm/mês, que, por sua vez, pode ser representada por:

$$Eto_{jt} = K_{Tj} * Evc_{jt} \quad (4.8)$$

onde:

t - indica o mês, $i=1, \dots, nm$

nm - número de meses em estudo

p - conjunto de todas as unidades de produção que pertencem ao perímetro p

K_{Tj} - coeficiente do tanque evaporimétrico do perímetro p ($j \in P$)

Evc_{jt} - taxa de evaporação mensal média em mm/mês de um tanque evaporimétrico, normalmente do tipo classe A ($j \in P$) colocado no perímetro p.

Logo:

$$Etp_{ijt} = Kc_{it} * Eto_{jt} \quad (4.9)$$

onde:

Kc_{it} - coeficiente de cultivo mensal da cultura i que reflete a sua necessidade hídrica no mês t

Para se determinar a lâmina de rega, necessita-se calcular a **precipitação efetiva** (Pce_{jt}) que, sob o ponto de vista agrônômico, é a taxa da precipitação que infiltra no solo e fica disponível para a planta, no mês t na unidade de produção $j \in P$, em mm/mês, dado por (FAO, 1988):

$$\begin{aligned} Pce_{jt} &= 0,8 * Pc_{jt} - 25 \text{ se } Pc_{jt} \geq 75mm \\ &0,6 * Pc_{jt} - 10 \text{ se } Pc_{jt} < 75mm \end{aligned} \quad (4.10)$$

onde:

Pc_{jt} - taxa de precipitação mensal média em mm/mês que ocorre no perímetro p.

A **necessidade hídrica suplementar** da cultura i, na unidade de produção j durante o mês t, Nl_{ijklt} em mm/mês, pode ser dada por:

$$Nl_{ijklt} = Etp_{ijt} - Pce_{jt} - G_{ijt} - W_{jt} \quad \dots \quad (4.11)$$

onde:

G_{jt} - dotação de água à zona radicular da cultura i na unidade de produção j durante o mês t por capilaridade em mm que depende do tipo de solo e do nível do aquífero (Hillel, 1971), e

W_{jt} - reserva de água no solo no mês t em mm, que depende da capacidade de armazenamento de água no solo na unidade de produção j .

Por outro lado, a quantidade de água a ser aduzida para cada tipo de cultura i dependerá, também, da **eficiência do sistema de irrigação**, $E_{irr,i}$, que, por sua vez, é resultado do produto entre a *eficiência do sistema de distribuição*, $E_{d,i}$, e da *eficiência da aplicação*, $E_{a,i}$, ou seja:

$$E_{irr,i} = E_{a,i} * E_{d,i} \quad (4.12)$$

E da **necessidade de lixiviação dos sais** dissolvidos que se acumulam no solo que, dependendo da tolerância de cada cultura i , é dada em função da fração de água mínima destinada a lavar tais sais da fonte de água k no mês t , LR_{ikt} em %. Rhoades e Merrill (1976) citados por Gomes (1999), propuseram as seguintes equações para se determinar LR_{ikt} :

- Para irrigação por inundação ou aspersão de baixa frequência:

$$LR_{ikt} = \frac{CE_{\text{águakt}}}{5 * CE_i - CE_{\text{águakt}}} \quad (4.13)$$

- Para irrigações de alta frequência (gotejamento e microaspersão):

$$LR_{ikt} = \frac{CE_{\text{águakt}}}{5 * CE_i} \quad (4.14)$$

onde:

$CE_{\text{água kt}}$ - condutividade elétrica da água de irrigação advinda da fonte k durante o mês t em mmhos/cm, medida a 25°C,

CE_i - condutividade elétrica do extrato de solo saturado, em mmhos/cm, e que acarreta uma determinada redução no rendimento potencial da cultura i .

Conforme sugerido por Ayers e Westcot (1985), escolhe-se o valor de CE_i que acarreta uma redução 10% do rendimento potencial da cultura i para a aplicação da Equação 4.13 e de 100% para a aplicação da Equação 4.14. Logo, a **lâmina mensal de água para a irrigação** da cultura i da unidade de produção j com água aduzida da fonte k durante o mês t , $Q_{irr_{ijkt}}$, em mm/mês, a ser fornecida pelo sistema, será dada por:

$$Q_{irr_{ijkt}} = \frac{NI_{ijt}}{(1 - LR_{ikt}) * E_{irr_i}} \quad (4.15)$$

O **custo da água anual**, Ca_{ijkt} , em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte/sistema de bombeamento, pode ser obtido por:

$$Ca_{ijkt} = Pra_k * Q_{irr_{ijkt}} * Ac_{ijkl} \quad (4.16)$$

onde:

Pra_k - preço atual da água em R\$/m³ retirada da fonte k .

Ac_{ijkl} - Área plantada com a cultura i na unidade de produção j com água aduzida da fonte k pelo sistema de bombas l .

$Q_{irr_{ijkt}}$ - lâmina mensal de água para a irrigação da cultura i da unidade de produção j com água aduzida da fonte k durante o mês t .

O **custo anual de bombeamento de água**, Cb_{ijkt} em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte/sistema de bombeamento, pode ser dado por:

$$Cb_{ijkt} = \frac{0.02726 * Prb_l * \Delta H_{ijkl} * Q_{irr_{ijkt}} * Ac_{ijkl}}{\eta_l} \quad (4.17)$$

onde:

Prb_l - Preço do Kwh para o sistema de bombeamento l ,

ΔH_{ijkl} - requerimento de pressão do sistema de bombeamento l considerando as cotas da unidade de produção j , a cota da fonte k e o requerimento de pressão do sistema de irrigação, em metros de coluna de água (mca),

η_l - eficiência do sistema l de bombeamento

$Pisb_l$ - custo de implantação do sistema de bombeamento l em R\$

$Pmsb_l$ - custo de manutenção do sistema de bombeamento l em R\$

$tvusb_l$ - tempo de vida útil do sistema de bombeamento l em anos

$txsb_l$ - taxa anual de amortização do investimento para o sistema de bombeamento l

Ac^*_{ijkl} - ótima área alocada por cultura/unidade de produção/fonte/sistema de bombeamento

Csf_{ijkl} - custo de construção/implantação e manutenção de fontes, em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte/sistema de bombeamento, dado por:

$$Csf_{ijkl} = \left(\frac{txsf_k * (1 + txsf_k)^{tvusf_k}}{(1 + txsf_k)^{tvusf_k} - 1} Pisf_k + Pmsf_k \right) * \frac{Qirr_{ijkl} * Ac_{ijkl}}{\sum_i \sum_j \sum_l Qirr_{ijkl} * Ac^*_{ijkl}} \quad (4.22)$$

$Pisf_k$ - custo de implantação da fonte k em R\$

$Pimf_k$ - custo de manutenção da fonte k em R\$

$tvusf_k$ - tempo de vida útil da fonte k em anos

$txsf_k$ - taxa anual de amortização do investimento para o sistema de fontes k

Csc_{ijkl} - custo de construção/implantação e manutenção de canais, em R\$/ano/cultura/unidade de produção/fonte/sistema de bombeamento, dado por:

$$Csc_{ijkl} = \left(\frac{txsc_m * (1 + txsc_m)^{tvusc_m}}{(1 + txsc_m)^{tvusc_m} - 1} Pisc_m + Pmsc_m \right) * \frac{Qirr_{ijkl} * Ac_{ijkl}}{\sum_i \sum_j \sum_l Qirr_{ijkl} * Ac^*_{ijkl}} \quad (4.23)$$

$Pisc_m$ - custo de implantação de canais m ∈ a fonte k em R\$

$Pmsc_m$ - custo de manutenção do sistema de canais m ∈ a fonte k em R\$

$tvusc_m$ - tempo de vida útil do sistema de canais m ∈ a fonte k em R\$

$txsc_m$ - taxa anual de amortização do investimento para o sistema de canais ∈ a fonte k

4.2.2. Maximização da mão de obra

A segunda função objetivo é a maximização da mão de obra, expressa pela seguinte equação

$$MO = \sum_{i=1}^{nc} \sum_{t=1}^{na} Hdc_{it} * Ac_{ijkl} \quad (4.24)$$

onde:

t - ano, t = 1, ..., na

na - número de anos em estudo

i - tipo de cultura, i=1, 2, ..., nc

nc - número de culturas irrigadas

Hdc_{it} - número de diárias por hectare/(ano x cultura)

Ac_{ijkl} - área plantada com a cultura i na unidade de produção j com água retirada da fonte k pelo sistema de bombas l

4.3. EQUAÇÕES DE RESTRIÇÕES DO MODELO

As funções objetivo descritas anteriormente, estão sujeitas as equações de restrições do problema, que se referem aos seguintes aspectos:

a) *limites das áreas máximas e mínimas a serem plantadas de cada cultura por unidade de produção:*

$$Amin_{ij} \leq \sum_k^{nf} \sum_l^{nb} Ac_{ijkl} \leq Amax_{ij} \quad (4.25)$$

onde:

Amin_{ij} - área mínima plantada com a cultura i na unidade de produção j em ha

Amax_{ij} - área máxima plantada com a cultura i na unidade de produção j em ha

ou por perímetro:

$$Amin_{ip} \leq \sum_{j \in P}^{nn} \sum_k^{nf} \sum_l^{nb} Ac_{ijkl} \leq Amax_{ip} \quad (4.26)$$

onde:

P - é o conjunto de unidades de produção pertencentes ao perímetro p (j ∈ P)

Amin_{ip} - área mínima plantada com a cultura i no perímetro p (j ∈ P) em ha

Amax_{ip} - área máxima plantada com a cultura i no perímetro p (j ∈ P) em ha

b) limite máximo mensal da área total que pode ser plantada por unidade de produção em cada mês:

$$\sum_i^{nc} \sum_k^{nf} \sum_l^{nb} \alpha_{it} * Ac_{ijkl} \leq Atot_{jt} \quad (4.27)$$

onde:

$\alpha_{it} =$ 1 se a cultura i é plantada no mês t
0 se a cultura i não é plantada no mês t

$Atot_{jt}$ - máxima área que pode ser plantada na unidade de produção j no mês t em ha

ou por perímetro:

$$\sum_i^{nc} \sum_{j \in P}^{nm} \sum_k^{nf} \sum_l^{nb} \alpha_{it} * Ac_{ijkl} \leq Atot_{pt} \quad (4.28)$$

onde:

$Atot_{pt}$ - máxima área que pode ser plantada no perímetro p ($j \in P$) no mês t em ha

c) não negatividade das variáveis

$$Ac_{ijkl} \geq 0, \quad Vext_t \geq 0 \quad e \quad Vdef_t \geq 0 \quad (4.29)$$

onde:

$Vext_t$ - Vazão vertida pelo extravasor do reservatório no mês t em m³/mês

$Vdef_t$ - Vazão descarregada do reservatório no mês t em m³/mês

d) operação do reservatório e restrições físicas:

O balanço hídrico mensal do reservatório, que é baseado no princípio de conservação da massa, determina a variação mensal do volume armazenado do reservatório e pode ser expresso pela seguinte equação:

$$V_{r,t+1} = V_{r,t} + Qa_t - Qd_t + 10 * \left\{ (Pr_t - Evr_t) * \frac{(Ar_t + Ar_{t+1})}{2} - \sum_i^{nc} \sum_j^m \sum_{k \in R}^{nf} \sum_l^{nb} Qirr_{ijkl} * Ac_{ijkl} \right\} - Vext_t - Vdef_t \quad (4.30)$$

onde:

R - Conjunto de todos canais (fonte $k \in R$) que aduzem água diretamente do reservatório

V_{r_t} - Volume do reservatório no mês t em m^3 ,

$V_{r_{t+1}}$ - Volume do reservatório no mês $t+1$ em m^3 ,

Q_{a_t} - Vazão afluyente ao reservatório no mês t em $m^3/mês$,

Q_{d_t} - Vazão defluyente do reservatório no mês t em $m^3/mês$,

V_{ext_t} - Vazão vertida pelo extravasor do reservatório no mês t em $m^3/mês$,

V_{def_t} - Vazão descarregada do reservatório no mês t em $m^3/mês$,

Pr_t - Precipitação durante o mês t na área do reservatório em $mm/mês$,

E_{vr_t} - Taxa de evaporação mensal na região do reservatório em $mm/mês$,

Ar_t - Área média mensal do espelho de água do reservatório em ha .

A área do espelho de água do reservatório pode ser relacionada com o volume do reservatório naquele mês, pela seguinte equação:

$$Ar_t = Km * Vr_t^{mm} \quad (4.31)$$

onde:

mm - expoente da equação obtido através de ajuste de curva cota x volume x área

km - coeficiente da equação obtido através de ajuste de curva cota x volume x área

Com relação ao reservatório, o seu volume deverá estar limitado pela sua capacidade máxima e requerimentos quanto ao volume mínimo, ou seja:

$$Vr_{min_t} \leq Vr_t \leq Vr_{max_t} \quad (4.32)$$

onde:

Vr_{max_t} - volume máximo admitido para o reservatório no mês t (m^3) e

Vr_{min_t} - volume mínimo admitido para o reservatório no mês t (m^3).

Para garantir a sustentabilidade hídrica do sistema, se faz necessário que o reservatório apresente o seu volume final igual ou maior que o seu volume inicial, logo esta restrição é incorporada ao problema, estabelecendo que o volume mínimo do último mês de simulação será igual ou maior que o volume inicial:

$$Vr_{min_t} \geq Vini \quad (4.33)$$

onde:

$Vini$ - volume inicial admitido para o reservatório (m^3)

O limite máximo da capacidade de extravasamento do reservatório é dado por:

$$Vext_t \leq Vext_{max} \quad (4.34)$$

onde:

$Vext_{max}$ – é o limite máximo da capacidade do extravasor em $m^3/mês$, de acordo com o seu formato

No caso de existência de descarregador de fundo, as restrições quanto ao seu comportamento físico é dado por:

$$Vdef_t \leq Vdef_{max} \quad (4.35)$$

onde:

$Vdef_{max}$ – limite máximo da vazão descarregada do reservatório no mês t em $m^3/mês$

Os limites de vazão máximo ($Vreg_{max}$) e mínimo (regularizada mensal: $Vreg_{min_t}$) da calha do rio pode ser dada por:

$$Vdef_t + Vext_t \leq Vreg_{max} \quad (4.36)$$

A restrição quanto a capacidade de transporte de água pelo canal $k \in T$ pode ser dada por:

$$\sum_j^{nn} \sum_l^{nc} \sum_l^{nb} Qirr_{ijkt} * Ac_{ijkl} \leq Vcan_{max_{k \in T}} \quad (4.37)$$

onde:

$Vcan_{max_k}$ – capacidade de vazão do k -ésimo canal pertencente a T

e) disponibilidade de água subterrânea

Os limites impostos pela capacidade máxima de vazão mensal que pode ser retirada do aquífero através do sistema de bombeamento dos poços, é dado por:

$$I(t) * \sum_i^{nc} \sum_j^{mm} \sum_{k \in M}^{nf} \sum_l^{nb} Qirr_{ijkt} * Ac_{ijkl} \leq Vlf_{max_m} \quad (4.38)$$

onde:

M - conjunto de poços ligados ao m -ésimo aquífero

Vlf_{max_m} - vazão máxima mensal suportada pela soma do volume de água retirado dos poços $k \in M$ em $m^3/mês$

Cada poço está associado a uma restrição quanto a sua capacidade mensal de vazão, que pode ser dada por:

$$10 * \sum_j^{na} \sum_i^{nc} \sum_l^{nb} Q_{irr_{ijkl}} * A_{c_{ijkl}} \leq Vp_{max_{kt}}, \quad k \in N \quad (4.39)$$

onde..

N - conjunto de fontes k do tipo poços

Vp_{max_{kt}} - vazão máxima mensal de cada poço k ∈ N, em m³/mês.

f) limitações do sistema de bombeamento

A limitação imposta pela capacidade do sistema de bombeamento, poder dada por:

$$10 * \sum_j^{na} \sum_i^{nc} \sum_k^{nf} Q_{irr_{ijkl}} * A_{c_{ijkl}} \leq Vb_{max_l} \quad (4.40)$$

onde:

Vb_{max_l} - capacidade máxima mensal de vazão do l-ésimo sistema de bombeamento em m³/mês.

Para se estabelecer os limites superiores da capacidade de vazão para cada sistema l de bombeamento, calcula-se esta vazão máxima com os dados dos conjuntos locais de bombas, como é mostrado a seguir:

$$Vb_{max_l} = 3,6 * nb_l * Vb_{cap_l} \quad (4.41)$$

onde:

nb_l - número de bombas em cada conjunto l, com iguais capacidades de elevação de altura manométrica da água e vazão,

nh_l - número de horas mensais médio de trabalho do sistema l de bombas, e

Vb_{cap_l} - vazão mensal média aduzida de cada bomba no conjunto de bombas l, em l/s.

Ainda com relação ao sistema de bombeamento deve-se observar que as necessidades de altura sucção da fonte k e recalque que as diferenças de cotas de unidades de produção j e fonte k, aliados ao requerimento de pressão do sistema de irrigação associado a cultura i requer para o seu sistema de irrigação no nível k devem ser, necessariamente, satisfeitas pelos conjuntos de bombas. O requerimento de sucção pode ser dado por:

$$H_{prof_{kt}} \leq H_{bprof_l} \quad (4.42)$$

onde:

$H_{prof_{kt}}$ - profundidade para aduzir a água da fonte $k \in \mathbb{N}$ no mês t (em m),

H_{bprof_l} - altura máxima de sucção do sistema de bombeamento l (em m).

A altura de recalque que a bomba tem que satisfazer pode ser dada por (vide Eq. 4.18):

$$(H_j - H_k) * (1 - H_{SI\%t} / 100) + H_{SI_l} \leq H_{brec_l} \quad (4.43)$$

onde:

H_{brec_l} - altura máxima de recalque do sistema de bombeamento l (em m)

4.4. DADOS DE ENTRADA DO MODELO CISDERGO

a) Dados relacionados ao reservatório

nm = número de meses em estudo

- Dados Climatológicos

Pr = Precipitação média mensal na área do reservatório (mm/mês)

Evr = Evaporação média mensal do tanque na área do reservatório (mm/mês)

Kt = Coeficiente de evaporação do tanque

- Fluxo de água

Qa = Vazão mensal afluyente ao reservatório ($m^3/mês$)

Qd = Vazão média mensal defluente (demanda) do reservatório para abastecer as cidades de Condado e Malta ($m^3/mês$)

$Vini$ = Volume inicial do reservatório no processo iterativo

Dados Estruturais

$Vrmax$ = Volumes mensais máximos do reservatório (m^3)

$Vrmin$ = Volumes mensais mínimos do reservatório (m^3)

- Capacidade de armazenamento do reservatório

$Vextmax$ = Vazão extravasada máxima permitida pelo extravasador do reservatório

Km e mm = Dados dos coeficientes da relação Área x Volume do reservatório: $Ar(i) = Km * Vr(i)^{mm}$

$Vcanmax$ = Capacidade máxima do canal para aduzir água do reservatório para a área irrigada ($m^3/mês$)

P_{ra} = Preço médio do m^3 de água retirada do reservatório para o sistema de irrigação ($\$/m^3$)

b) Dados relacionados ao aquífero, no caso do uso dos mesmos como fonte hídrica.

n_p = Número de poços

H_k = Cota da parte térrea do poço (m)

H_{prof} = Profundidade para extrair água do poço (m)

V_{pmax} = Capacidade de extração de água dos poços no mês (m^3/s)

P_{ra} = Preço da água extraída ($\$/m^3$)

C_{sf} = Custo anual de implantação e manutenção do poço (R\$/ano)

t_{vuf} = Vida útil do poço (anos)

t_{xsf} = Taxa anual de amortização do investimento

V_{lmax} = Capacidade mensal máxima de exploração do aquífero ($m^3/mês$)

c) Custo e capacidade do sistema de bombeamento

n_b = Número de sistemas de bombeamento para uso geral (reservatórios e poços)

n_b = Número de bombas em cada tipo de sistema de bombas

V_{bcap} = Capacidade de bombeamento média (l/s)

H_{bprof} = Altura máxima de elevação da coluna de água pelas bombas

η = Rendimento do sistema moto-bomba

P_{rb} = Preço do Kwh para cada sistema de bombas (R\$/Kwh)

C_{sb} = Custo anual de implantação e manutenção do sistema (R\$/ano)

d) Dados das culturas e áreas cultiváveis

n_c = Número de culturas

n_a = Número de anos em estudo

$Prod$ = Produtividade de cada cultura em cada ano

P_{rc} = Preço médio unitário de venda de cada cultura

C_p = Custo médio de produção de cada cultura em R\$/ha (insumos: sem energia elétrica e mão de obra) pela Conta Cultural do Banco do Nordeste

e) Dados sobre o perímetro irrigado e restrição quanto as áreas

Atot = Área total mensal disponível para ser plantada (ha)

Amax = Área máxima total que pode ser plantada com cada cultura (ha)

Amin = Área mínima que pode ser plantada com cada cultura (ha)

- Dados das unidades de produção

nn = Número de unidades de produção aptos para irrigação

nf = Fontes de Abastecimento de água para cada unidade de produção

- Dados sobre o mercado financeiro

dm = Taxa anual de desvalorização da moeda

dc = Taxa anual que reflete a expectativa de aumento ou diminuição da receita para cada cultura acima da inflação que pode ser positiva ou negativa indicando tendência de aumento ou diminuição de lucros

- Dados Climatológicos da zona de irrigação

Pc = Precipitação média mensal na área irrigável (mm/mês)

Evc = Evaporação média mensal medida no tanque de evaporação na área irrigável em cada mês (mm/mês)

Ktc = Constante de evaporação na área irrigável

Dados do sistema de irrigação aplicados a culturas

Ed = Valor percentual da eficiência do sistema de distribuição para irrigação por cultura

Ea = Valor percentual da eficiência da aplicação da irrigação por cultura

ΔH = Pressão requerida pelo sistema de irrigação da cultura (mca)

Hsi = Perda de carga percentual para elevar água em 1 m (%/m)

Csi = Custo de implantação e custo anual de manutenção do sistema de irrigação por hectare (R\$/ano x ha)

tvusi = Vida útil do sistema de irrigação (anos)

txsi = Taxa anual de amortização do investimento

4.5. RESULTADOS FORNECIDOS PELO MODELO

O modelo CISDERGO realiza as seguintes operações:

Cálculo da Evaporação na área de cultura (mm/mês)

Cálculo da Precipitação Efetiva na área irrigada

Cálculo da Necessidade suplementar líquida da cultura

Cálculo da Receita líquida média mensal por cultura por ha

Cálculo do Balanço Hídrico no Reservatório

Cálculo do volume mensal do reservatório

Cálculo das áreas a serem irrigadas por cultura

Cálculo do número de diárias necessárias para o cultivo das culturas

Os resultados fornecidos pelo modelo são os seguintes:

Áreas irrigadas totais e por cultura (por nível de terreno e por fontes de abastecimento hídrico) em ha

Receitas e benefícios líquidos totais e por cada cultura obtidos com o cultivo das culturas irrigadas

Área cultivada total mensal por nível, em ha

Volumes mensais extraídos das fontes (reservatório e poços) para a irrigação (hm³)

Áreas da superfície líquida, volumes de armazenamento e vertidos mensais do reservatório

A **Figura 4.1** representa o fluxograma do modelo

CAPÍTULO V

5. O MODELO DE OTIMIZAÇÃO ORNAP

5.1. GENERALIDADES

Para otimização da operação do sistema hídrico composto pelos reservatórios do alto Capibaribe, utilizou-se, também, o modelo **ORNAP** (*Optimal Reservoir Network Analysis Program*), de base mensal, desenvolvido por Curi e Curi (1999). O processo de otimização é resolvido numericamente através da programação não-linear, contemplando função objetivo especificada para maximização da receita líquida anual (**RL**) advinda da agricultura irrigada nos perímetros, avaliando-se também o retorno financeiro (**RI**) da piscicultura extensiva nos reservatórios. Como receita líquida, entende-se o resultado da diferença entre a renda bruta total auferida com a venda da safra agrícola, e do pescado produzido, e os respectivos custos de produção envolvidos. O modelo, obrigado a atender demandas fixadas para o abastecimento urbano, busca suprir os demais requerimentos hídricos definidos para o sistema não violando restrições mensais impostas à sua funcionalidade. Para representar o comportamento hídrico do sistema são empregadas as mesmas técnicas usadas na simulação, que entram no programa como restrição, executando-se balanços mensais de massas entre afluências, efluências e variações de volumes armazenados para cada reservatório, sendo que a demanda para irrigação, traduzida pela necessidade hídrica suplementar para as culturas, é avaliada pelo balanço hídrico mensal do solo, conforme as áreas de cultivo definidas pelo processo iterativo de otimização.

5.2. ASPECTOS MATEMÁTICOS DO MODELO

As variáveis trabalhadas pelo **ORNAP** são relacionadas aos elementos naturais (hidroclimáticos e hidroagrícolas) e artificiais (demandas, características físicas, parâmetros

comerciais, entre outros) identificados como pertinentes ao estudo do sistema hídrico. Para estes elementos, definem-se quatro pontos básicos de entradas de dados envolvendo os reservatórios, demandas de água para o abastecimento doméstico, calhas dos rios e perímetros, como indicados na **Tabela 5.1**. O modelo opera a nível mensal permitindo inferir o comportamento do sistema para situações climáticas média, chuvosa e seca, admitindo criar cenários para variados volumes de acumulação, e de sustentabilidade hídrica para os reservatórios, e de áreas totais, máximas e mínimas, a serem plantadas em cada perímetro, por tipo de cultura. Na seqüência é apresentado, matematicamente, estes conjuntos de equações.

5.2.1. DA AGRICULTURA IRRIGADA

O objetivo é calcular a receita líquida **RL** gerada pela escolha apropriada da dimensão de áreas irrigadas para cada tipo de cultura. Para isso, procura-se levar em consideração a renda bruta obtida com a venda dos produtos agrícolas, os custos de produção anuais, o custo da água de irrigação e a atualização monetária. A renda bruta anual Rb_{jt} em R\$/ano/cultura, pode ser dada por:

$$Rb_{jt} = \sum_{k=1}^{ni} Prod_{jt} * Prc_j * Ac_{jk} \quad (5.1)$$

onde:

- j – indica o tipo de cultura, $j=1, \dots, nc$;
- t – indica o ano, $t=1, \dots, na$;
- k – indica o perímetro irrigado, $k=1, \dots, ni$;
- ni – número de perímetros irrigados;
- nc – número de culturas;
- na – número de anos em estudo;
- $Prod_{jt}$ – produtividade da cultura j por unidade de área no ano t de irrigação,
- Prc_j – valor atualizado do preço de comercialização da cultura j e
- Ac_{jk} – área plantada com a cultura j no perímetro k.

O custo de produção anual C_{pjt} em R\$/ano/cultura, relativos aos gastos com insumos, mão de obra e máquinas, pode ser obtido por:

$$C_{pjt} = \sum_{k=1}^{n_i} C_{prod_{jt}} * A_{c_{jk}} \quad (5.2)$$

onde:

$C_{prod_{jt}}$ – valor atualizado do custo de produção por unidade de área da cultura j referentes à gastos relativos ao ano t .

Para se determinar a quantidade de água alocada para a irrigação, isto é, a lâmina de rega, avalia-se num primeiro passo a necessidade hídrica máxima mensal desta planta para desempenhar as atividades vegetativas ao longo do seu ciclo fenológico, ou seja, calcula-se a taxa de evapotranspiração potencial mensal da cultura j no mês t e perímetro k , $E_{tp_{jkt}}$ em mm/mês, que pode ser estimada, de forma aproximada, em função da taxa de evapotranspiração de referência no mês t no perímetro k , $E_{to_{kt}}$ em mm/mês, que, por sua vez, pode ser representada por (Gomes, 1999):

$$E_{to_{kt}} = K_{TK} * E_{V_{kt}} \quad (5.3)$$

onde:

t – indica o mês, $t=1, \dots, nm$;

nm – número de meses em estudo;

K_{TK} – coeficiente do tanque evaporimétrico no perímetro k e

$E_{V_{kt}}$ – taxa de evaporação média mensal em mm/mês de um tanque evaporimétrico, normalmente do tipo classe A, colocado na região do perímetro k .

Logo:

$$E_{tp_{jkt}} = K_{C_{jt}} * E_{to_{kt}} \quad (5.4)$$

onde:

$K_{C_{jt}}$ – coeficiente de cultivo no mês t da cultura j que reflete a sua necessidade hídrica em função de sua fase de crescimento.

Para se determinar a lâmina de rega, é necessário calcular, sob o ponto de vista agrônômico, a taxa da precipitação que infiltra no solo e efetivamente permanece à disposição das raízes da planta, isto é, a precipitação efetiva no mês t no perímetro k , $P_{ce_{kt}}$ em mm/mês, na região a ser irrigada, que é estimada a partir de (especificação da FAO, 1998, para terrenos com declividade de 4 a 5%):

$$P_{ce_{kt}} = 0,8 * P_{C_{kt}} - 25 \text{ se } P_{C_{kt}} \geq 75 \text{ mm} \quad (5.5)$$

ou

$$P_{ce_{kt}} = 0,6 * P_{C_{kt}} - 10 \text{ se } P_{C_{kt}} < 75 \text{ mm} \quad (5.6)$$

onde:

$P_{C_{kt}}$ - taxa de precipitação no mês t em mm/mês que ocorre no perímetro k .

A necessidade de irrigação líquida da cultura j , no mês t , cultivada no perímetro k , $N_{l_{jkt}}$, ou a lâmina de rega suplementar que a planta necessita para cada intervalo de tempo do seu ciclo vegetativo, pode ser determinada por (Gomes, 1999):

$$N_{l_{jkt}} = E_{tp_{jkt}} - P_{ce_{kt}} - G_{jkt} - W_{kt} \quad (5.7)$$

onde:

G_{jkt} - dotação de água à zona radicular da cultura j no mês t por capilaridade em mm que depende do tipo de solo e do nível do aquífero do perímetro k , e

W_{kt} - reserva de água no solo no início do mês t em mm, que depende da capacidade de armazenamento de água no solo no perímetro k .

Por outro lado, a quantidade de água a ser aduzida para cada tipo de cultura j dependerá, também, da eficiência do sistema de irrigação, $E_{irr_{jk}}$ que, por sua vez, é resultado do produto entre a eficiência do sistema de distribuição de água para cada perímetro, $E_{sis_{jk}}$, e da eficiência da aplicação da irrigação por cultura, E_{apl_j} , ou seja:

$$E_{irr_{jk}} = E_{apl_j} * E_{sis_{jk}} \quad (5.8)$$

E da necessidade de lixiviação dos sais que se acumulam no solo cultivado, obtida em função da fração de água mínima, LR_{jkt} , que deve percolar para lavar esses sais, que depende da qualidade da água de irrigação e da salinidade tolerada pela cultura j no perímetro k no mês t . Equações para se determinar LR_{jkt} para os casos de irrigação por inundação e por aspersão de baixa frequência, e para irrigações de alta frequência (gotejamento e microaspersão), são propostas por Rhoades e Merrill, citados por Gomes (1999). Nesse trabalho, não se dispoñdo de dados sobre a condutividade elétrica do extrato do solo saturado de cada perímetro, não foram avaliadas dotações para água de lixiviação.

Logo, a lâmina mensal de água para a irrigação da cultura j no mês t para o perímetro k , $Q_{irr_{jkt}}$, que é naturalmente transformada em vazão por unidade de área, a ser fornecida pelo sistema será obtida por:

$$Q_{irr_{jkt}} = \frac{Nl_{jkt}}{(1 - LR_{jkt}) * E_{irr_{jk}}} \quad (5.9)$$

O custo da água anual, Ca_{jt} em R\$/ano/cultura, aduzida para os perímetros pode ser obtida por:

$$Ca_{jt} = \sum_{k=1}^{n_i} \sum_{i=12*(t-1)+1}^{12*(t-1)+12 \leq nm} Pra_k * Q_{irr_{ijk}} * Ac_{jk} \quad (5.10)$$

onde:

Pra_k – preço da água por unidade de volume, aduzida para o perímetro k .

Portanto, a receita líquida total, RL em R\$, é dada por:

$$RL = \sum_{t=1}^{na} \prod_{l=1}^t (1 + d_l) \sum_{j=1}^{nc} \left[\prod_{m=1}^t (1 + dc_{jl}) * Rb_{jt} - Cp_{jt} - Ca_{jt} \right] \quad (5.11)$$

em que:

t

$\sum_{l=1}^t \Pi (1 + d_l) =$ fator de atualização monetária referente a taxa de (inflação) desvalorização
 d_l da moeda l no ano l;

t

$\sum_{l=1}^t \Pi (1 + dc_{jl}) =$ fator de atualização monetária referente a expectativa de crescimento ou
 decréscimo nos preços dc_{jl} , além do nível de inflação, da cultura j no ano
 l, que pode ser positiva ou negativa.

Outros custos, como por exemplo, os gastos fixos e indiretos dos produtores (administração, taxas, etc.), não alteram o resultado do processo de otimização e não são levados em consideração na solução do problema, apesar de poderem ser diluídos na formação do preço de produção das culturas.

Outros aspectos da agricultura irrigada estão relacionados com as restrições físicas e operacionais do sistema. Entre as restrições físicas podem ser destacadas a quantidade de área a ser irrigada em cada perímetro, a capacidade de vazão para este perímetro e a não negatividade das variáveis. Entre as restrições operacionais é possível referenciar os critérios agronômicos e de mercado.

Com relação à limitação imposta pela capacidade do canal ou adutora pela qual a água é aduzida até o perímetro irrigado, esta pode ser representada por:

nc

$$\sum_{j=1}^n Q_{irr_{jkt}} * A_{c_{jk}} \leq Q_{tmax_k} \quad (5.12)$$

j=1

onde:

Q_{tmax_k} – capacidade máxima mensal de vazão da adutora ou canal para o
 perímetro k.

Conforme já citado anteriormente, devem existir restrições quanto ao limite máximo mensal da área que pode ser plantada por perímetro em cada mês, que podem ser expressas por:

nc

$$\sum \alpha_{jkt} * A_{c_{jk}} \leq A_{pmax_{kt}} \quad (5.13)$$

$j=1$

em que:

$\alpha_{jkt} = 1$ se a cultura j é plantada no mês t no perímetro k , ou

$\alpha_{jkt} = 0$ se a cultura j não é plantada no mês t no perímetro k ,

$A_{pmax_{kt}}$ – limite máximo de área total que pode ser plantada por perímetro no mês t .

Com relação aos critérios agronômicos e de mercado, o conjunto de restrições se refere aos limites mínimos e máximos de áreas plantadas com cada tipo de cultura por perímetro irrigado, e podem ser expressas por:

$$A_{cmin_{jk}} \leq A_{c_{jk}} \leq A_{cmax_{jk}} \quad (5.14)$$

onde;

$A_{cmin_{jk}}$ – área mínima plantada com a cultura j no perímetro k

$A_{cmax_{jk}}$ – área máxima plantada com a cultura j no perímetro k .

5.2.2. DOS RESERVATÓRIOS E SEUS COMPONENTES

No **ORNAP**, os reservatórios podem ser conectados, via pontos de conexão denominados nós do sistema, a outros elementos, a jusante deles, através dos descarregadores de fundo, vertedouros e tomadas d'água. A vazão em cada um destes elementos depende de seus parâmetros hidráulicos e do nível de água no reservatório. Por outro lado, o reservatório pode estar conectado a um nó a montante que venha a receber vazões afluentes. Portanto, o balanço hídrico mensal de cada reservatório, que é baseado no princípio de conservação da massa e determina a variação mensal do volume nele armazenado, pode ser expresso pela seguinte equação:

$$V_{r,t+1} = V_{r,t} + \sum_{\alpha(l)} Q_{a\alpha(l),t} - \sum_{f(l)} Q_{f(l),t} - \sum_{t(l)} Q_{t(l),t} + (P_{r,t} - E_{v_{r,t}}) * A_{r,t} - \sum_{v(l)} Q_{v(l),t} \quad (5.15)$$

onde;

$\alpha(l)$ – índice que representa a α -ézima vazão afluente ao reservatório l ;

- $f(l)$ - índice que representa o f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l;
 $t(l)$ - índice que representa a t-ézima tomada de água do reservatório l;
 $v(l)$ - índice que representa o v-ézimo vertedouro do reservatório l;
 V_{Rl} - volume do reservatório l no mês t;
 $V_{Rl,t+1}$ - volume do reservatório l no mês t+1;
 $Q_{a\alpha(l),t}$ - α -ézima vazão afluyente ao reservatório l no mês t;
 $Q_{f_{f(l)},t}$ - f-ézima vazão de descarga de fundo do reservatório l no mês t;
 $Q_{t_{t(l)},t}$ - t-ézima vazão de tomada d'água do reservatório l no mês t;
 Pr_{Rl} - precipitação direta no reservatório l no mês t;
 Ev_{Rl} - taxa de evaporação sobre o reservatório l no mês t,
 Ar_{Rl} - área média do espelho d'água do reservatório l no mês t e
 $Q_{v_{v(l)},t}$ - e-ézimo volume vertido do reservatório l no mês t.

Dependendo das vazões afluentes e alocação mensal de água do reservatório para os diversos usos, as áreas da superfície líquida, as cotas do nível de água e os volumes mensais do reservatório variam de mês a mês sendo, portanto, necessário atualizá-las mensalmente. As atualizações mensais das cotas, áreas e volumes também servem para que se estabeleçam limites para os cálculos dos volumes defluentes via tomadas d'água, descargas de fundo e extravasores. A vazão a ser aduzida através das tomadas d'água está limitada a sua capacidade máxima e à cota da tomada d'água, o que pode ser descrito, matematicamente, por:

$$0 \leq Q_{t_{t(l)},t} \leq Q_{tmax_{t(l)}}; \quad (5.16)$$

$$Q_{t_{t(l)},t} \geq 0 \text{ se } H_{Rt} \geq H_{t_{t(l)}} \quad (5.17)$$

onde:

$Q_{tmax_{t(l)}}$ - vazão máxima de adução pela t-ézima tomada d'água do reservatório l;

H_{Rt} - cota do nível d'água do reservatório l no mês t;

$H_{t_{t(l)}}$ - cota da t-ézima tomada d'água no reservatório l,

A vazão liberada por descarregadores de fundo está limitada pela sua capacidade máxima no mês t, sendo estimada pela equação abaixo, referida em Quintela (1981):

$$0 \leq Q_{f_{f(l)},t} \leq C_{f_{f(l)}} * A_{f_{f(l)}} * (2 * g * (H_{Rt} - H_{f_{f(l)}}))^{0.5} \quad (5.18)$$

onde;

$C_{f_{f(l)}}$ - coeficiente de vazão do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l;

$Q_{f(t),t}$ - vazão máxima que pode ser aduzida pelo f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l no mês t;

$A_{f(t)}$ - área da seção transversal do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l,

$H_{f(t)}$ - cota de jusante da geratriz inferior do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l.

As vazões extravasadas através de vertedouros são estimadas pela equação a seguir, referida em Quintela (1981):

$$Q_{V_{v(t)}} = C_{V_{v(t)}} * B_{V_{v(t)}} * (H_{r_{lt}} - H_{vert_{v(t)}})^{1,5} \quad (5.19)$$

onde:

$C_{V_{v(t)}}$ - coeficiente de descarga dependente da forma do v-ézimo vertedor do reservatório l,

$B_{V_{v(t)}}$ - largura de base do v-ézimo vertedouro do reservatório l e

$H_{vert_{v(t)}}$ - cota da soleira do v-ézimo vertedouro do reservatório l.

As vazões vertidas serão calculadas se, e somente se, a seguinte condição for satisfeita:

$$H_{vert_{v(t)}} \leq H_{r_{lt}} \leq H_{vmax_{v(t)}} \quad (5.20)$$

onde:

$H_{vmax_{v(t)}}$ - cota do nível d'água do reservatório l que gera a lâmina vertente máxima projetada para o v-ézimo vertedouro.

Restrições de ordem física podem ser impostas ao problema como, por exemplo:

$$V_{r_{morto(t)}} \leq V_{r_{lt}} \leq V_{rmax_{(t)}} \quad (5.21)$$

onde:

$V_{r_{morto(t)}}$ é o volume morto e $V_{rmax_{(t)}}$ é a capacidade máxima, referidos ao reservatório l.

Outras restrições por critérios operacionais podem ser impostas ao problema, que podem ser dados por:

$$V_{rmin_{lt}} \leq V_{r_{lt}} \leq V_{rmax_{lt}} \quad (5.22)$$

onde:

$V_{rmax_{lt}}$ - volume máximo admitido para o reservatório l no mês t, e

$V_{rmin_{lt}}$ - volume mínimo admitido para o reservatório l no mês t.

5.2.3. OUTROS COMPONENTES DO SISTEMA

Dentre os componentes do sistema hídrico, para o **ORNAP**, estão as calhas dos rios cujas vazões podem estar limitadas por valores inferiores, indicando requerimentos de regularizações e de vazões ecológicas para saneamento do rio, ou superiores, para o controle de cheias, que podem ser descritas matematicamente por:

$$Q_{c\min_{ct}} \leq Q_{c\alpha} \leq Q_{c\max_{ct}} \quad (5.23)$$

onde:

- c - índice que indica a calha (trecho) de rio;
- $Q_{c\min_{ct}}$ - vazão mínima na c -ézima calha de rio no mês t ,
- $Q_{c\alpha}$ - vazão na c -ézima calha do rio no mês t , e
- $Q_{c\max_{ct}}$ - vazão máxima na c -ézima calha de rio no mês t .

Além destas restrições, o **ORNAP** promove ainda o balanço em cada nó do sistema, como segue:

$$\sum_i Q_{entra_{in,t}} = \sum_j Q_{sai_{jn,t}} \quad (5.24)$$

onde:

- $Q_{entra_{in,t}}$ - é a i -ézima vazão de entrada no nó n , no mês t , e
- $Q_{sai_{jn,t}}$ - é a j -ézima vazão de saída do nó n , no mês t .

Finalmente, a receita líquida (RI) oriunda de atividades piscícolas no reservatório pode ser dada por:

$$RI = (Prmp_l * Pdp_l - Cal) * (\min_t Ar_{lt}) \quad (5.25)$$

onde:

- $Prmp_l$ - preço médio do pescado na região do reservatório l ;
- Pdp_l - produtividade média de pescado por unidade de área,
- Cal - custo de alevinagem por unidade de área e
- $\min_t Ar_{lt}$ - área da superfície líquida mínima, entre os meses t de despesca, no reservatório l .

5.2.4. ANÁLISE DE CONVERGÊNCIA DA OTIMIZAÇÃO

O **ORNAP** é executado com base em um programa principal, *Otimiz*, responsável pela otimização via **MATLAB**, apoiando-se em informações de seis arquivos, num trabalho iterativo, sendo eles: o arquivo *dados*, contendo valores para as variáveis operacionais do sistema; o *balhid*, com a função balanço hídrico mensal dos reservatórios; o *cotvol*, que opera entradas de volumes mensais e sai com as cotas dos níveis d'água mensais dos reservatórios; o *espcot*, que opera entradas de cotas de níveis d'água mensais e gera áreas de espelhos d'água mensais para os reservatórios; o *irrig*, responsável pelas avaliações agrônômicas e econômicas da irrigação, a nível mensal, e o *penal*, com as funções de penalidade aplicáveis à minimização da função objetivo, observadas as restrições impostas. O arquivos *printarq* e *printarqi* operam a impressão dos resultados da otimização, seja em forma de solução final ou como solução imediatamente anterior, respectivamente, completado, ou não, o número de iterações de minimização programadas para a execução do algoritmo.

A convergência do processo iterativo de otimização é analisada através dos valores calculados para a função objetivo e função de penalidade que, para uma boa aceitação, devem ser iguais ou da mesma ordem de grandeza, sendo avaliados ainda:

- o erro relativo na função objetivo (f_o), dado por: $\text{erro}_{f_o} = |(f_{o_t} - f_{o_{t-1}}) / f_{o_t}|$;
- o erro relativo na função de penalidade (f_p), dado por: $\text{erro}_{f_p} = |(f_{p_t} - f_{p_{t-1}}) / f_{p_t}|$ e
- o erro relativo na função mista (f_m), dado por: $\text{erro}_{f_m} = |(f_{p_t} - f_{o_t}) / f_{o_t}|$,

que devem respeitar um nível de tolerância (tol) especificado, sendo adotado neste trabalho uma tolerância de valor igual ou menor a 0,00001 (10^{-5}). O programa ainda fornece resultados para análise da convergência de restrições, dentro da tolerância requerida, descrevendo o tipo de restrição violada, ou não, suas quantidades mensais e valores totais, seja em vazões, volumes, níveis e áreas.

5.3. FLUXOGRAMA DO ORNAP

O fluxograma geral do modelo **ORNAP** está apresentado na Figura 4.1. É importante ressaltar que as saídas do modelo, possibilitando extensivas análises de desempenho do sistema hídrico em estudo, determinam valores mensais para volumes, cotas e áreas de espelho d'água, vazões mensais de aflusos, de descargas e de sangria, por reservatório;

vazões mensais nas tomadas d'água e nas calhas do rio; vazões mensais para irrigação por perímetro, áreas irrigadas e mão de obra alocadas por cultura e por perímetro; receita líquida anual auferida por cultura em cada perímetro; áreas mínimas de espelho d'água, produção de pescado, mão de obra e receita líquida anual advinda da piscicultura, para cada reservatório. O programa ainda gera resultados para análise da convergência do processo iterativo e de restrições, dentro da tolerância requerida, descrevendo o tipo das restrições violadas, ou não, suas quantidades mensais e valores totais, seja em vazões, volumes, níveis e áreas.

Tabela 5.1-Elementos de entrada para o ORNAP

<p>a) RESERVATÓRIOS</p> <p>a1) Hidrometeorológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Vazão afluyente -Precipitação direta -Evaporação -Coeficiente de evaporação tanque -Qualidade da água <p>a2) Estruturais</p> <ul style="list-style-type: none"> -Relações cota x área x volume -Vertedores (equação de descarga: coef. de descarga, largura, cota da soleira, lâmina vertente máxima) -Descargas de fundo (equação de descarga: coef. descarga, área da seção, cota de jusante) -Tomadas de água (vazão máxima, cota mínima operacional) <p>a3) Operacionais</p> <ul style="list-style-type: none"> -Volumes máximos e mínimos de armazenamento -Volumes para controle de cheias -Volumes de sustentabilidade hidrica <p>a4) Piscicultura</p> <ul style="list-style-type: none"> -Produtividade de pescado -Custo de alevinagem -Preço de venda -Produção por pescador <p>b) DEMANDAS DE AGUA</p> <ul style="list-style-type: none"> -Abastecimento público -Descarga ecológica -Outros usos identificados <p>c) CALHAS DE RIO / TERMINAIS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Capacidade máxima -Vazão de regularização 	<p>d) PERÍMETROS IRRIGADOS</p> <p>d1) Culturas</p> <ul style="list-style-type: none"> -Definição das culturas -Plano cultural (safra e entresafra) -Requerimentos hídricos (ciclo fenológico, coeficiente de cultivo) -Produtividade -Custo de produção(mão de obra, energia, custo da água, outros insumos) -Requerimentos financeiros (inflação, outra taxas) -Preço de venda <p>d2) Terrenos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aptidão agrícola -Área total disponível para plantio -Área máxima de plantio por cultura -Área mínima de plantio por cultura -Capacidade máxima da adução de de água para o perímetro <p>d3) Sistemas de irrigação</p> <ul style="list-style-type: none"> -Tipo de sistema por cultura (gotejamento, sulco, aspersão, outros) -Eficiência do sistema de distribuição (canais ,tubulações) por cultura -Eficiência da aplicação por cultura -Custo de manutenção -Custo de implantação -Vida útil do sistema -Taxa anual de amortização investimento <p>d4) Dados meteorológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Precipitação na área irrigável -Precipitação efetiva -Evaporação / evapotranspiração -Coeficiente de evaporação
---	---

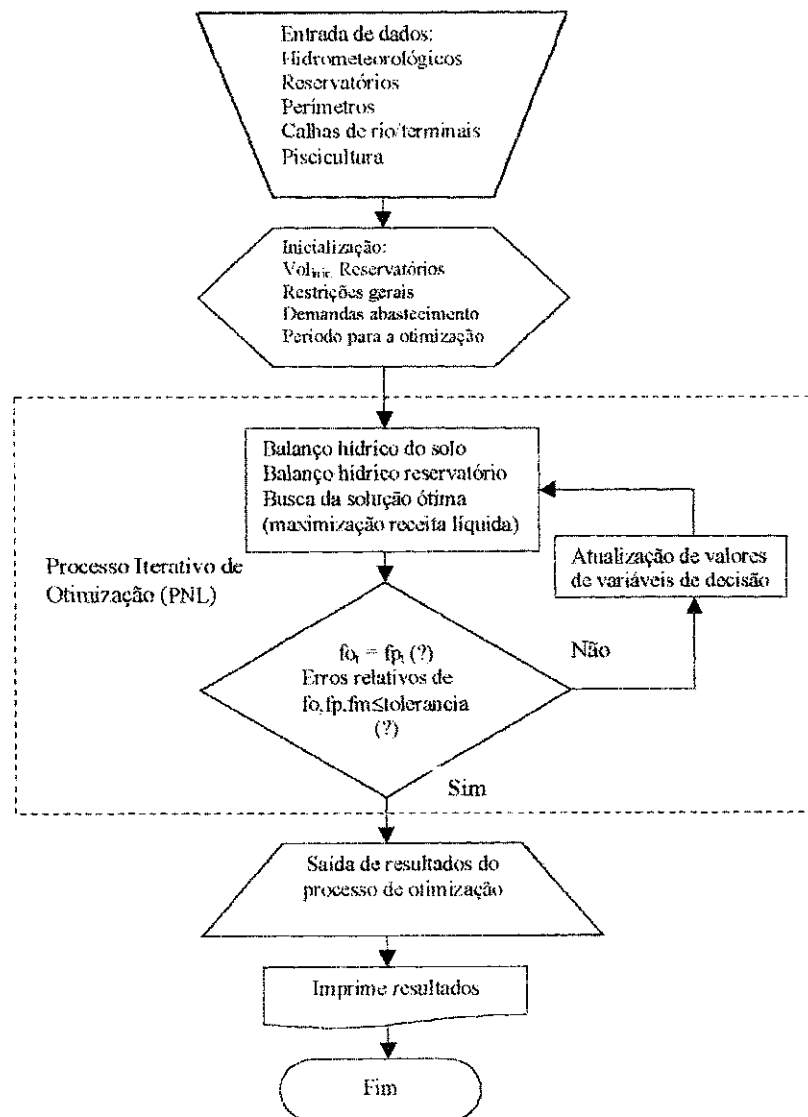


Figura 5.1 – Fluxograma para o ORNAP

CAPITULO VI

6. DESCRIÇÃO DO SISTEMA EM ESTUDO

6.1. CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA PARA O CISDERGO E O ORNAP

A representação física do sistema em estudo é mostrado no **Anexo 2**, nele esta indicado o posicionamento de todos os componentes integrantes da área em estudo. Pode-se ver os cinco reservatórios considerados: Jataúba, Poço Fundo, Oitis, Machado e Tabocas. Também é possível visualizar as partes integrantes do sistema que são responsáveis pelas constantes mudanças hídricas deste sistema, como precipitação, evaporação, vazões regularizadas etc, as áreas utilizadas para a agricultura, os pontos de confluência entre os rios, e as tomadas d'água retiradas diretamente dos reservatórios para abastecimento urbano.

No sistema em estudo, em cada reservatório existem entradas e saídas de água, as entradas são representadas pelas precipitações direta no reservatório e vazões afluentes, enquanto que as saídas são representadas pelas vazões vertidas (caso o nível de água do reservatório ultrapasse seu nível máximo), pela vazão regularizada pelo reservatório, pelas evaporações, retiradas de água para irrigação de culturas em áreas próximas ao reservatório, bem como retiradas diretas do reservatório para outras finalidades.

Tem-se como limite final do sistema hídrico em estudo o posto fluviométrico de Toritama, localizado na cidade de mesmo nome, às margens do rio Capibaribe.

6.2. RELAÇÕES COM TRABALHOS ANTERIORES

A bacia hidrográfica do rio Capibaribe, já a algum tempo vem sendo estudada sob a ótica da otimização por Curi e Curi.

Andrade e Curi (2000), usaram a programação não linear para estudar de forma otimizada (usando o software ORNAP desenvolvido por Curi e Curi), o complexo sistema de reservatórios em série, Jucazinho e Carpina inseridos na bacia hidrográfica do rio Capibaribe-

PE, sujeitos a usos complementares e conflitantes, e três perímetros irrigados na região, tal região representa a parte média da bacia hidrográfica do Capibaribe.

Barbosa e Curi (2001), estudaram o comportamento da operação de um sistema constituído de três reservatórios em paralelo (Tapacurá, Goitá e Várzea do Una) com o auxílio do software ORNAP, tais reservatórios estão inseridos na parte baixa da bacia do Capibaribe, o objetivo foi maximizar os benefícios financeiros líquidos advindos da agricultura irrigada e da piscicultura, além de maximizar a geração de empregos atendendo o abastecimento urbano, etc.

Como complemento do estudo de toda a bacia do Capibaribe no âmbito da otimização, vem o presente trabalho que visa estudar as condições de operação ótima e conjunta (também com o auxílio dos modelos de otimização CISDERGO e ORNAP) do sistema composto por cinco reservatórios, e os perímetros irrigados às margens destes reservatórios e calhas dos rios, sugerindo critérios para o planejamento da operação dos mesmos. O sistema em estudo está inserido na parte alta da bacia hidrográfica do rio Capibaribe.

6.3. DADOS RELATIVOS AO SISTEMA HÍDRICO EM ESTUDO

A seguir serão apresentados os dados que foram utilizados no presente trabalho, bem como sua fonte e metodologias utilizadas para possíveis correções de falhas quando for este o caso, visando uma melhor representação do sistema.

6.3.1. PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

Os postos pluviométricos utilizados neste trabalho estão inseridos na parte alta da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, a qual abrange nossa área em estudo. Foram escolhidos postos que representassem bem o regime pluviométrico da região, formando um total de 15 postos. Estão postos estão distribuídos de acordo com o **Anexo 3**, abrangendo um período de 29 anos, desde 1963 à 1991. Os dados foram obtidos do trabalho “Dados Pluviométricos do Nordeste” (SUDENE, 1990).

O preenchimento de falhas de dados faltosos dos postos, foi feito supondo que a precipitação no posto a que se deseja conhecer, ou seja, P_x , seja proporcional as precipitações

6.3.2. - CHUVA MÉDIA NAS SUB-BACIAS DOS RESERVATÓRIOS.

O sistema em estudo abrange cinco reservatórios, cada um com sua respectiva área de contribuição hídrica. Para o cálculo da precipitação média de cada sub-bacia do período de 1963 à 1991, utilizou-se o método dos polígonos de Thiessen. A área de cada polígono foi quantificada com o auxílio do software **AUTOCAD**, para complemento dos cálculos da precipitação média de cada sub-bacia. Na **Tabela 6.2** pode-se ver os resultados obtidos para precipitação anual para as cinco sub-bacias. No **Anexo 5**, pode-se ver a precipitação média mensal para todas as 5 sub-bacias.

Tabela 6.2-Precipitação média anual para as cinco sub-bacias

Sub-bacia do reservatório:	Precipitação média anual (mm)	Área (Km ²)
Jataúba	813,8	42,54
Poço Fundo	645,7	909,48
Oitis	814,3	77,50
Machado	671,3	177,94
Tabocas	674,3	405,54

6.3.3. PRECIPITAÇÃO DIRETA SOB OS RESERVATÓRIOS

A precipitação direta que ocorre sobre cada um dos reservatórios, foi obtida considerando que seria igual à precipitação do posto pluviométrico mais próximo a eles. Assim para o reservatório de Jataúba, por exemplo, teríamos a série pluviométrica do posto Jataúba como a série de precipitação direta sobre o reservatório de Jataúba. Na **Tabela 6.3**, podemos ver a escolha dos postos que representarão as precipitações diretas nos cinco reservatórios da região em estudo.

Tabela 6.3-Postos escolhidos para representar a precipitação direta sobre os reservatórios

Reservatório	Posto utilizado como referência para precipitação direta sob o reservatório	Código do Posto
Jataúba	Jataúba	3857905
Poço Fundo	Santa Cruz do Capibaribe	3857961
Oitis	Mandacaia	3867244
Machado	Santa Cruz do Capibaribe	3857961
Tabocas	Toritama	3867088

6.4. IRRIGAÇÃO

6.4.1. ÁREAS DA REGIÃO COM POTENCIAL AGRÍCOLA

Conforme Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco, Volumes I e II (1973) e Aptidão Agrícola das Terras de Pernambuco (1979), ambos encontradas na biblioteca da EMBRAPA, no município de Campina Grande, estado da Paraíba, os cinco reservatórios existentes na área em estudo, apresentam manchas de solos potencialmente irrigáveis, próximas a eles:

Envolvendo o reservatório de Jataúba, são encontradas manchas de solos aptas para agricultura do tipo Regossolo Eutrófico, com fragipan fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado. São solos bastante cultivados com mandioca, milho, feijão, tomate, alguma forrageira, pouca citricultura e cultura de algodão herbáceo. São solos profundos ou imediatamente profundos, com boa reserva de minerais primários de fácil decomposição e feldspatos, saturação de bases média e relevo favorável para a agricultura mecanizada, porém são arenosos e muito susceptíveis à erosão e apresentam teores baixos em nitrogênio e fósforo.

O uso agrícola racional destes solos requer intenso controle de erosão, adubação nitrogenada e fosfatos. As adubações orgânicas são também indicadas para estes solos.

O reservatório de Machado encontra-se envolto por terras aptas para agricultura do tipo Planossol Solódico com horizonte A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochas caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado. A principal utilização agrícola destes solos é

com pecuária, tanto nos campos de gramíneas espontâneos instalados após a retirada de vegetação natural como em postos artificiais. Algumas áreas são cultivadas com milho, algodão, palma forrageira e feijão.

No entanto o reservatório de Tabocas, existem com áreas aptas para agricultura do tipo associação de Planossol Solódico com horizonte A fraco fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado e solos Litólicos Eutróficos com horizonte A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila relevo suave e ondulado. Os solos litólicos eutróficos são aproveitados para culturas de milho, feijão e algodão, possuem boa fertilidade natural.

Os reservatórios de Poço Fundo e Oitis estão envoltos no geral por solos do tipo Regossolo Eutrófico e Planossol solódico podendo-se cultivar entre outras culturas, mandioca, milho, feijão, tomate, etc, conforme já citados anteriormente.

6.4.2. APTIDÃO AGRÍCOLA DA REGIÃO EM ESTUDO

Os principais produtos agrícolas exploradas na região são o milho, feijão, palma forrageira, cana-de-açúcar, mandioca, tomate, melancia, goiaba e algodão. Em áreas com maior precipitação, como o caso dos brejos inseridos na região, planta-se ainda culturas de manga, laranja e banana.

Diante tradição agrícola local, possibilidades de cultivos nas manchas de solo desta região e maiores possibilidades econômicas, foram selecionadas oito culturas para plantio na região, a saber: tomate, melancia, feijão safra, feijão entresafra, banana, milho, goiaba e algodão.

6.4.3. DEMANDA PARA IRRIGAÇÃO

A demanda hídrica suplementar para as culturas é calculada de acordo com o item 5.2.1 do capítulo V, levando-se em consideração o balanço hídrico do solo.

Os valores adotados para a evapotranspiração de referência E_{to} , em mm/mês, para as áreas de cultivos estão presentes na **Tabela 6.4**. Vale salientar que a evaporação de referência aqui usada foi obtida com a multiplicação da taxa de evaporação média mensal em mm/mês da estação evaporimétrica tomada como referência, pelo coeficiente do tanque evaporimétrico,

que neste caso terá valor de 0,8, de acordo com Gomes (1999). A estação evaporimétrica escolhida foi a de Belo Jardim, por representar melhor as condições de evaporação da área em estudo, que esta localizada no município de mesmo nome, operada pelo DNOCS.

Tabela 6.4-Evapotranspiração de referência (mm)

Mês	Jan	fev	mar	abri	maio	junho	julho	agosto	sete	out	nove	dez
Eto	162,2	129,3	119,1	106,1	85,92	72,7	75,2	92,9	108,88	151,9	164,4	161,4

Os coeficientes de cultivo Kc adotados são os mostrados na **Tabela 6.5**

Tabela 6.5-Coefficientes de cultivo das culturas adotadas nos perímetros

Culturas	Meses												
	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Tomate		0,45	0,75	1,15	0,80								
Melancia entresafra							0,75	1,00	0,75				
Feijão safra			0,70	1,10	0,90								
Feijão entresafra							0,70	1,10	0,90				
Banana	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Milho			0,40	0,80	1,15								
Goiaba	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Algodão					0,50	0,75	1,15	0,75					

Fonte: Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, aspersão e gotejamento (Gomes, 1999).

Para a estimativa da precipitação efetiva sobre as culturas, definiu-se que a precipitação utilizada seria a do posto pluviométrico mais próximo a cada um deles conforme **Tabela 6.6**.

Tabela 6.6-Posto pluviométrico escolhido para representar a precipitação efetiva sobre as manchas de solo

Mancha de solo	Área máxima possível para irrigação (ha)	Precipitação efetiva considerada
Mancha 1 (irrigada por Jataúba)	10000	Do posto Jataúba
Mancha 2 (irrigada por Poço Fundo)	350	Do posto de Santa Cruz do Capibaribe
Mancha 3(irrigada por Oitis)	300	Do posto de Mandacaia
Mancha 4 (irrigada por Machado)	100	Do posto de Santa Cruz do Capibaribe
Mancha 5 (irrigada por Tabocas)	100	Do posto Toritama

Obs: A representação esquemática do fornecimento de água para essas manchas de solo é mostrada no **Anexo 2**.

6.5. PISCICULTURA

A piscicultura pode ter vários objetivos: comercial, social, sanitário e recreativo.

- Comercial: quando os esforços são dirigidos para obtenção de lucros;
- Social: quando a produção visa alimentar, sem fins lucrativos;
- Sanitário: Quando o objetivo é eliminar insetos, vegetação daninha, poluição, etc.
- Recreativo: pesca esportiva

Algumas das vantagens da piscicultura são:

- A transformação de subprodutos da agricultura e pecuária em carne de alto valor protéico;
- A utilização de áreas até então improdutivas;
- A obtenção, nos cultivos intensivos, de grande produção em pequenas áreas;
- Baixo custo de produção, quando comparada a outras atividades agropecuárias;

Segundo o DNOCS, alguns pontos para a implantação da piscicultura deveriam ser observados:

Em reservatórios destinados ao abastecimento de água das populações, não pode ser praticada uma piscicultura racional do ponto de vista econômico, ou seja, voltada para uma produção máxima, porque esta só é conseguida com alto grau de eutrofização das águas, que é prejudicial à sua potabilidade;

A piscicultura terá que ser praticada sem adicionamento de alimentos orgânicos nem de sais minerais, ou seja, a produção deverá ser equilibrada naturalmente com a quantidade de plânctons que se desenvolvem proporcionalmente às concentrações de sais minerais existentes nos lagos.

As espécies de peixes a serem introduzidas e a sua população mantida no reservatório terão que ser cuidadosamente avaliadas em função do alimento disponível e de outros fatores ecológicos, podendo ser necessário um desbaste periódico, a fim de remover o excesso da população existente.

A pesca terá que ser controlada, para que não seja superior à produtividade a não ser que os peixes sejam repostos, sistematicamente, pela administração do açude.

Neste trabalho, todos os reservatórios serão usados para a prática da piscicultura de caráter comercial, considerando todas as recomendações do DNOCS já citadas, sendo que a piscicultura será realizada de forma extensiva, onde os peixes existentes ou colocados num manancial hídrico, não são alimentados pelo piscicultor, ficando a mesma, a cargo do que é naturalmente encontrado na água. A baixa produtividade é a desvantagem desse sistema, que não ultrapassa em média 120kg/ha/ano. Porém, este tipo de piscicultura não causa grandes modificações quantitativas e qualitativas nas águas dos reservatórios. Segundo Barbosa (2001) e com base em informações do DNOCS, os dados para prática de piscicultura de forma extensiva são os seguintes:

Custo de alevinagem (Cal)= R\$3,00/ha/ano

Produtividade média de pescado (Pdp)=120kg/ha/ano

Preço médio de venda do pescado = R\$ 1,2/kg

Despesa média anual por pescador = 1500kg/ano pescador/ano

6.6. VAZÕES NATURAIS DO SISTEMA HÍDRICO EM ESTUDO

No sistema hídrico em estudo, a única estação fluviométrica existente é a de Toritama, cuja localização é no ponto final do sistema, sob as coordenadas 8° 00' de latitude sul e

longitude 36° 03' a oeste de Greenwich, mas tanto o modelo ORNAP como o CISDERGO requerem vazões afluentes a cada reservatório e vazões afluentes a cada trecho de rio que não é barrado por reservatório, perfazendo um total de 10 séries de vazões para nosso sistema hídrico, conforme o sistema apresentado no **Anexo 2**.

Não será empregado um modelo chuva-vazão para o cálculo destas 10 séries de vazões em virtude de não se poder calibrar os respectivos parâmetros do modelo para cada sub-bacia, pois só se tem a vazão observada de Toritama e não no final de cada uma das 10 sub-bacias. Por isso optou-se pelo emprego do método empírico da SUDENE-Orston, justamente por não precisar de vazão observada e sim de característica físicas e climáticas da bacia para o cálculo das vazões.

Duas metodologias foram testadas para o cálculo destas vazões, ambas utilizando o método da SUDENE-Orston com uma metodologia desenvolvida por Curi e Curi (1998) para desagregações de vazões anuais em vazões mensais, sendo escolhida a que apresentou resultados mais satisfatórios. A escolha do método SUDENE-Orston para obtenção das vazões foi função da sua grande aceitação, facilidade de aplicação e ter sido desenvolvido para a região semi-árida do nordeste brasileiro.

O método SUDENE-Orston calcula o volume escoado anual médio (V_{esc}) através da seguinte relação:

$$V_{esc} = L(P) \times A_{dren} \quad (6.2)$$

Onde $L(P)$ é a lâmina escoada anual média e A_{dren} é a área de drenagem da bacia.

O valor de $L(P)$ em mm é estimado pela seguinte fórmula:

$$L(P) = (L_{600-corrigida}) \times C \times e^{A \times (P-600)} \quad (6.3)$$

Onde $L_{600-corrigida}$ é uma correção para o valor do coeficiente L600 padrão da bacia, o qual corresponde à lâmina anual média que escoaria na bacia, se esta fosse situada num local com precipitação anual média de 600 mm, na zona climática do sertão; C é um coeficiente de correção climática; A é um coeficiente que vale normalmente 0,0033, mas pode variar de acordo com o valor do L600 padrão da bacia; P é a pluviometria anual média na bacia hidrográfica.

Como o método SUDENE-Orston (Molle,1992) determina apenas o volume escoado anual médio, Curi e Curi (1998) desenvolveram alguns procedimentos para obtenção dos

valores mensais das lâminas e, conseqüentemente, volumes escoados. A metodologia consta das seguintes etapas:

1 – Para cada ano da série calcula-se a lâmina total escoada anual através da fórmula (6.3), atribuindo a P o valor da precipitação anual para o ano em consideração.

2 – A lâmina mensal L_i escoada em cada mês i do ano dado é então calculada por:

$$L_i = \left[L(P) / \sum_{j=1}^{12} P_j \right] \times P_i \quad (6.4)$$

Sendo P_i a precipitação média no mês i .

Dessa forma temos que:

$$\begin{aligned} L_1 + L_2 + \Lambda + L_{12} &= \frac{L(P)}{\sum_{j=1}^{12} P_j} \times P_1 + \frac{L(P)}{\sum_{j=1}^{12} P_j} \times P_2 + \Lambda + \frac{L(P)}{\sum_{j=1}^{12} P_j} \times P_{12} \\ &= \frac{L(P)}{\sum_{j=1}^{12} P_j} \times (P_1 + P_2 + \Lambda + P_{12}) \\ &= L(P) \end{aligned} \quad (6.5)$$

Ou seja, a soma das lâminas mensais escoadas é igual à lâmina total escoada no ano.

Sendo o fator (coeficiente de escoamento superficial) $\frac{L(P)}{\sum_{j=1}^{12} P_j}$ uma constante, temos que cada lâmina mensal L_i é proporcional a correspondente precipitação P_i do mês i .

Para a obtenção da vazão, basta dividir o volume mensal calculado pela **Equação 6.2** pelo tempo em segundos contido no mês referente ao volume mensal desejado.

A seguir serão explicadas as duas metodologias empregadas para a obtenção das vazões necessárias aos modelos, sendo que a primeira metodologia obteve resultados mais satisfatórios que a segunda metodologia, sendo ela, portanto, a empregada neste trabalho para obtenção das vazões na área em estudo.

6.6.1. METODOLOGIA 1

Como já mencionando anteriormente, só existe no sistema hídrico em estudo um posto fluviométrico, cuja localização é na parte final do sistema hídrico, por isso esta metodologia consistiu em dividir a bacia em 10 sub-bacias (**Anexo 5**) (as cinco sub-bacias dos reservatórios, e as sub-bacias entre : o reservatório Poço Fundo e o ponto H, Machado e o

ponto H , ponto H e o ponto I, reservatório Tabocas e o ponto I, e o ponto I e o posto fluviométrico de Toritama) e utilizando o modelo SUDENE-Orston, juntamente com a metodologia de desagregações de vazões anuais para mensais, calibrar os parâmetros, A, C, L600, Cv, Ca e Cl, já mencionados anteriormente, para cada uma das dez sub-bacias, dentro de uma faixa de valores, conforme **Tabela 6.7** (Molle,1992).

Tabela 6.7-Limites utilizados para calibração dos parâmetros

Parâmetro	Limite inferior	Limite Superior
L600padrão	20,00	80,00
Ca	0,90	1,20
Cv	1,00	1,50
Cl	1,25	1,50
C	0,50	1,00
A	0,003	0,003

A precipitação usada na Equação 6.3, para o cálculo das vazões em cada sub-bacia, foi obtida pelo método de Thiessen, e estão listadas no **Anexo 6**.

A calibração dos parâmetros foi feita de forma otimizada, com o auxílio da ferramenta solver da planilha eletrônica excel, cuja função objetiva foi à minimização do somatório da diferença dos quadrados entre vazões anuais observadas e anuais calculadas, (as vazões calculadas são os somatórios das vazões das dez sub-bacias e as vazões observadas são as vazões do Posto fluviométrico de Toritama), as restrições são as faixas de valores para os parâmetros, sendo as variáveis de decisão os próprios parâmetros.

A calibração foi feita para quatro anos (1966 a 1969) e em seguida validada para mais quatro anos (1970 a 1973). Não se pôde calibrar nem validar para mais anos, em virtude de que na série fluviométrica de Toritama, estes períodos (1966 à 1973) foram antecedentes a construção dos reservatórios, portanto estas séries não são influenciadas pelos processos de acumulação de água, evaporação, infiltração nos reservatórios, etc, ou, qualquer outro mecanismo que não tornasse compatível comparar as somas das dez vazões das sub-bacias obtidas com a metodologia, com as vazões observadas de Toritama.

Nas Figuras 6.1 e 6.2, pode-se ver respectivamente a calibração e validação obtidas com a metodologia empregada, e na **Tabela 6.8** podem ser vistos os parâmetros obtidos para as dez sub-bacias:

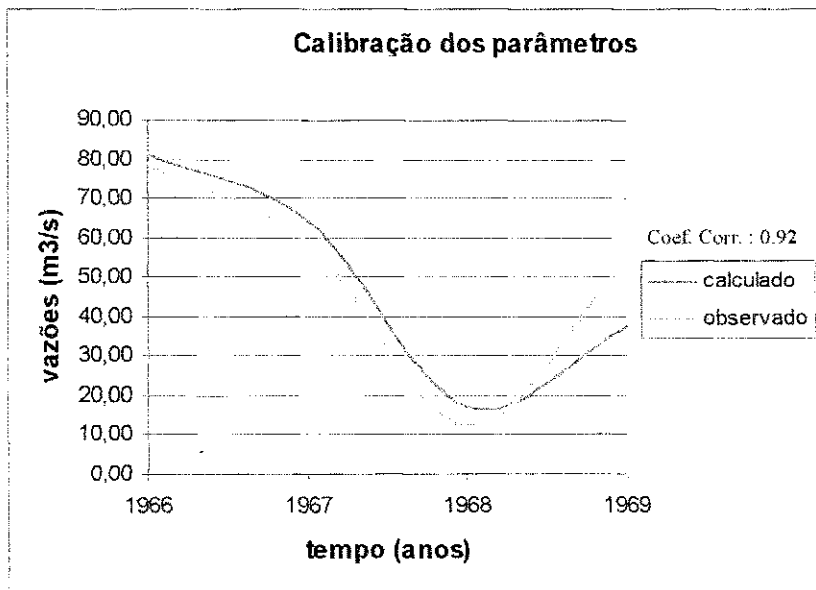


Figura 6.1: Calibração dos parâmetros para obtenção das vazões, usando a primeira metodologia.

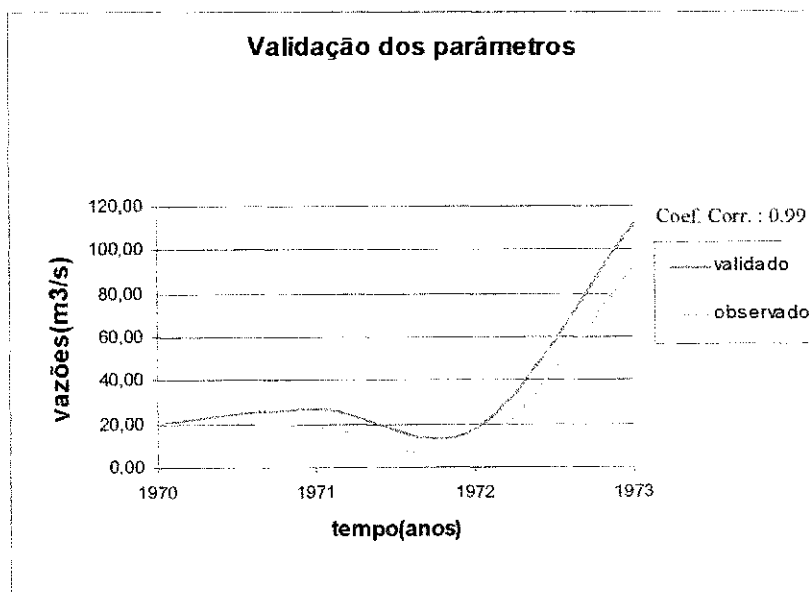


Figura 6.2: Validação dos parâmetros para obtenção das vazões, usando a primeira metodologia.

Tabela 6.8-Parâmetros obtidos para as áreas de contribuição com a calibração otimizada pelo solver

Área de contribuição para o reservatório de Jataúba.					
$L_{600\text{padrão}}=63,000$	$Ca=1,000$	$Cv=1,250$	$CI=1,000$	$C=0,500$	$A=0,003$
Área de contribuição para o reservatório de Poço Fundo.					
$L_{600\text{padrão}}=5,000$	$Ca=1,000$	$Cv=1,250$	$CI=0,800$	$C=0,500$	$A=0,003$
Área de contribuição para o reservatório de Oitis.					
$L_{600\text{padrão}}=35,000$	$Ca=1,000$	$Cv=1,470$	$CI=1,200$	$C=1,000$	$A=0,003$
Área de contribuição para o reservatório de Machado					
$L_{600\text{padrão}}=16,000$	$Ca=1,000$	$Cv=1,500$	$CI=1,200$	$C=1,000$	$A=0,003$
Área de contribuição para o reservatório de Tabocas.					
$L_{600\text{padrão}}=8,000$	$Ca=1,000$	$Cv=0,750$	$CI=0,800$	$C=0,500$	$A=0,003$
Área de contribuição para o trecho de rio entre o reservatório de Poço Fundo e o ponto H.					
$L_{600\text{padrão}}=93,000$	$Ca=1,000$	$Cv=1,500$	$CI=1,000$	$C=0,500$	$A=0,003$
Área de contribuição para o trecho de rio entre o reservatório de Machado e o ponto H.					
$L_{600\text{padrão}}=70,000$	$Ca=1,000$	$Cv=1,500$	$CI=1,200$	$C=1,000$	$A=0,003$
Área de contribuição para o trecho de rio entre o reservatório de Tabocas e o ponto I.					
$L_{600\text{padrão}}=70,000$	$Ca=1,000$	$Cv=0,750$	$CI=0,800$	$C=0,500$	$A=0,003$
Área de contribuição para o trecho de rio entre os pontos H e I.					
$L_{600\text{padrão}}=70,000$	$Ca=1,000$	$Cv=0,760$	$CI=0,860$	$C=0,530$	$A=0,003$
Área de contribuição para o trecho de rio entre o ponto I e o posto fluviométrico de Toritama.					
$L_{600\text{padrão}}=70,000$	$Ca=1,000$	$Cv=0,750$	$CI=0,800$	$C=0,500$	$A=0,003$

Pode-se notar que os parâmetros calibrados pelo solver, obtidos com o emprego da metodologia I apresentam também um sentido físico e não apenas matemático.

Esta afirmação pode ser baseada, por exemplo, nos valores dos parâmetros Cv e $L_{600\text{padrão}}$. No caso do parâmetro Cv que representa o grau de conservação da vegetação, apresentando maiores valores para solos mais degradados, os maiores valores encontrados foram para as áreas de contribuição de Oitis, Machado, Poço Fundo e o ponto H, e Machado e o ponto H, que são as áreas de contribuição da bacia em que existem as maiores marcas de antropismo.

No caso do valor do parâmetro $L_{600\text{padrão}}$, com exceção dos valores da área de contribuição de Poço Fundo e Tabocas, todos estão coerentes com o valor médio real das manchas de solo que estão inseridas dentro de cada uma das sub-bacias, reforçando o significado físico dos valores referentes a este parâmetro.

6.6.2. METODOLOGIA 2

Na segunda metodologia, não foram considerados parâmetros distintos para as dez sub-bacias e sim parâmetros médios (L_{600} padrão, C_a , C_v , C_l , C e A) para toda sub-bacia. A obtenção destes parâmetros se deu de forma análoga a metodologia 1, utilizando o solver e com a mesma faixa de variação para tais parâmetros. Os resultados da calibração e validação podem ser vistos nas Figuras 6.3 e 6.4, respectivamente, e os parâmetros calibrados podem ser vistos na Tabela 6.9.

Tabela 6.9-Valores dos parâmetros representativos de toda bacia, obtidos com a calibração

Parâmetros médios para toda a bacia					
L_{600} padrão =29,000	$C_a=0,9000$	$C_v=1,000$	$C_l=1,250$	$C=0,500$	$A=0,003$

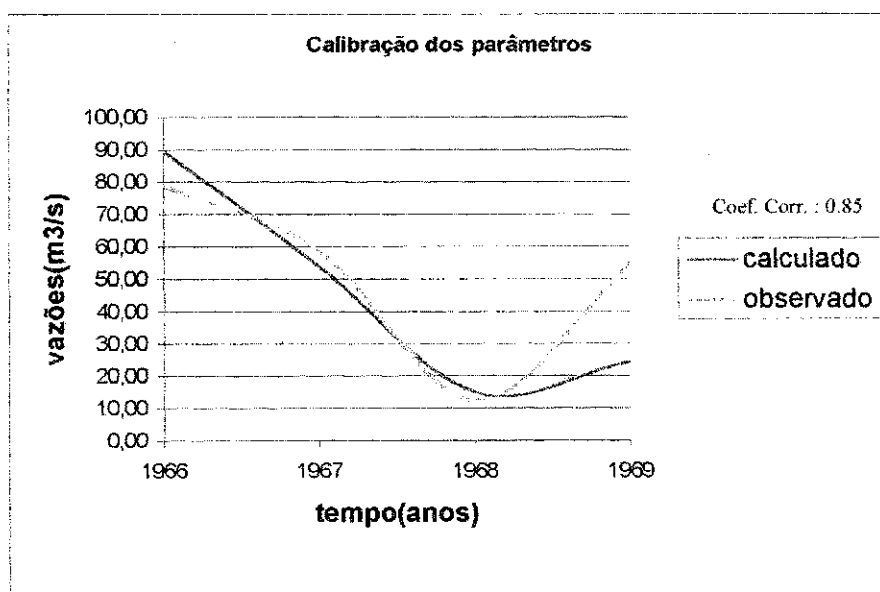


Figura 6.3: Calibração dos parâmetros para obtenção das vazões, usando a segunda metodologia.

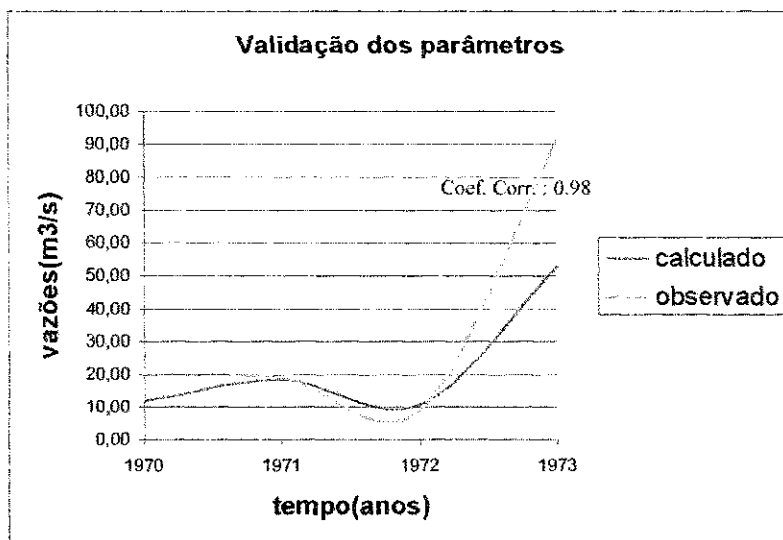


Figura 6.4: Validação dos parâmetros para obtenção das vazões, usando a segunda metodologia.

Como a primeira metodologia para o cálculo das vazões forneceu um melhor desempenho que a segunda metodologia, em virtude de sua calibração e validação apresentarem melhores coeficientes de correlação e resultados graficamente melhores que o da metodologia 2, usou-se esta metodologia para o cálculo dos dados de entrada aos modelos, tais vazões estão presentes no **Anexo 7**:

6.7. DADOS REFERENTES AOS RESERVATÓRIOS

A seguir serão apresentados os dados estruturais e operacionais referentes aos cinco reservatórios da região em estudo. Os dados estruturais são referentes às relações cota x área x volume, dados intrínsecos dos vertedores como coeficiente de descarga, largura, cota da soleira, dados de descarga de fundo para cada reservatório, e as vazões máximas e cotas mínimas operacionais das tomadas de água.

Em relação aos dados operacionais temos: volumes máximos e mínimos de armazenamentos e volumes de sustentabilidade hídrica.

6.7.1. RELAÇÕES COTA X ÁREA X VOLUME

Faz-se necessário achar uma relação matemática entre cota, área e volume para cada reservatório, pois à medida que a cota diminui em um reservatório, o espelho d'água também diminui, desta forma diminuindo gradativamente a evaporação do reservatório, e no caso

inverso, aumentando a cota d'água a evaporação aumenta, influenciando assim todo o processo de otimização integrada dos recursos hídricos.

Para estabelecimento das relações, usou-se a planilha eletrônica excel, entrando com dados de cota x área x volume no programa, obteve-se as funções matemáticas que melhor representavam estes dados, através de uma análise de correlação e regressão.

A seguir pode-se ver estas relações, para os cinco reservatórios:

6.7.1.1.- RESERVATÓRIO DE JATAÚBA.

Volume do reservatório a partir da cota do espelho de água.

$$V_j = 0,5256969 * 10^5 * \tan(0,1599278 * 10^{-4} * C_j) \quad (6.6)$$

V_j – Volume do reservatório de Jataúba (m^3).

C_j – Cota do espelho de água de Jataúba (m).

Cota do nível de água a partir do volume do reservatório.

$$C_j = 0,8828756 * 10^2 * (\text{EXP}(0,4572995 * 10^{-7} * V_j)) \quad (6.7)$$

V_j – Volume do reservatório de Jataúba (m^3).

C_j – Cota do espelho de água de Jataúba (m).

Área da bacia hidráulica a partir da cota do nível de água

$$A_j = -0,4677035 * 10^5 * C_j + 0,5379742 * 10^3 * C_j^2 \quad (6.8)$$

A_j - Área da bacia hidráulica do reservatório de Jataúba (m^2).

C_j – Cota do espelho de água de Jataúba (m).

6.7.1.2.- RESERVATÓRIO DE POÇO FUNDO.

Volume do reservatório a partir da cota do espelho de água.

$$V_p = (0,4728 * C_p^2 - 438,95 * C_p + 101875) * 10^6 \quad (6.9)$$

V_p – Volume do reservatório Poço Fundo (m^3).

C_p – Cota do espelho de água Poço Fundo (m).

Cota do nível de água a partir do volume do reservatório.

$$C_p = 1/(0,23101555*10^{-2}-0,1097209*10^{-4}*(\ln(V_p))) \quad (6.10)$$

V_p – Volume do reservatório Poço Fundo (m^3).

C_p – Cota do espelho de água Poço Fundo (m).

Área da bacia hidráulica a partir da cota do nível de água

$$A_p = -0,9201779*10^6*C_p+0,1984482*10^4*C_p^2 \quad (5.11)$$

A_p - Área da bacia hidráulica do reservatório Poço Fundo (m^2).

C_p – Cota do espelho de água Poço Fundo (m).

6.7.1.3.- RESERVATÓRIO DE OITIS.**Volume do reservatório a partir da cota do espelho de água.**

$$V_o = (0,1628*C_o^2 - 28,394*C_o + 1237,3)*10^5 \quad (6.12)$$

V_o – Volume do reservatório de Oitis (m^3).

C_o – Cota do espelho de água de Oitis (m).

Cota do nível de água a partir do volume do reservatório.

$$C_o = 0,89299104*10^2*(0,1000000036916*10^{V_o}) \quad (6.13)$$

V_o – Volume do reservatório de Oitis (m^3).

C_o – Cota do espelho de água de Oitis (m).

Área da bacia hidráulica a partir da cota do nível de água

$$A_o = (0,0085* C_o^2 - 1,2854 *C_o + 47,838)*10^6 \quad (6.14)$$

A_o - Área da bacia hidráulica do reservatório de Oitis (m^2).

C_o – Cota do espelho de água de Oitis (m).

6.7.1.4.- RESERVATÓRIO DE MACHADO.**Volume do reservatório a partir da cota do espelho de água.**

$$V_m = (1,9833 * C_m^2 - 364,98 * C_m + 16789) * 10^4 \quad (6.15)$$

V_m – Volume do reservatório de Machado (m^3).

C_m – Cota do espelho de água de Machado (m).

Cota do nível de água a partir do volume do reservatório.

$$C_m = 0,9286192895 * 10^2 * 0,1000000061746 * 10^{V_m} \quad (6.16)$$

V_m – Volume do reservatório de Machado (m^3).

C_m – Cota do espelho de água de Machado (m).

Área da bacia hidráulica a partir da cota do nível de água

$$A_m = (0,2997 * C_m^2 - 53,361 * C_m + 2373,8) * 10^4 \quad (6.17)$$

A_m – Área da bacia hidráulica do reservatório de Machado (m^2).

C_m – Cota do espelho de água de Machado (m).

6.7.1.5.- RESERVATÓRIO DE TABOCAS.

Volume do reservatório a partir da cota do espelho de água.

$$V_t = (0,3694 * C_t^2 - 285,68 * C_t + 55233) * 10^5 \quad (6.18)$$

V_t – Volume do reservatório (m^3).

C_t – Cota do espelho de água (m).

Cota do nível de água a partir do volume do reservatório.

$$C_t = 0,24134805138 * 10^2 * \ln(V_t + 0,938607335153 * 10^7) \quad (6.19)$$

V_t – Volume do reservatório de Tabocas (m^3).

C_t – Cota do espelho de água de Tabocas (m).

Área da bacia hidráulica a partir da cota do nível de água

$$A_t = -0,69365749 * 10^5 * C_t + 0,179740483 * 10^2 * C_t^2 \quad (6.20)$$

A_t – Área da bacia hidráulica do reservatório de Tabocas (m^2).

C_t – Cota do espelho de água de Tabocas (m).

6.8. – VOLUMES MÁXIMOS E MÍNIMOS NOS RESERVATÓRIOS.

A seguir, de acordo com dados PERH (1998), pode-se ver os volumes máximos e mínimos operacionais, a nível mensal, para os cinco reservatórios, presentes neste trabalho.

Volumes mínimos operacionais:

- Reservatório Poço Fundo - 308400,0 m³ ;
- Reservatório Tabocas - 211639,0 m³ ;
- Reservatório oitis - 85174,5 m³ ;
- Reservatório Machado - 84066,4 m³ ;
- Reservatório Jataúba - 64330,0 m³ .

Volumes máximos operacionais:

- Reservatório Poço Fundo - 27630000m³ ;
- Reservatório Tabocas - 11220000m³ ;
- Reservatório oitis - 3020159m³ ;
- Reservatório Machado - 1227700m³ ;
- Reservatório Jataúba - 935320 m³ .

6.9. – VAZÕES MÁXIMAS E MÍNIMAS NAS CALHAS DOS RIOS.

Vazões mínimas :

Neste trabalho não foram consideradas vazões mínimas nas calhas dos rios em virtude do pouco potencial hídrico da região em estudo.

Vazões máximas nas calhas dos rios imediatamente a jusante do:

- Reservatório Poço Fundo-20 m³/s ;
- Reservatório Tabocas- 10m³/s ;
- Reservatório oitis-7 m³/s ;
- Reservatório Machado-5 m³/s;
- Reservatório Jataúba- 4m³/s .

6.10. – VAZÕES MÁXIMAS DAS TOMADAS D'ÁGUA.

A vazão máxima em cada tomada d'água é:

- Reservatório Poço Fundo-1,16 m³/s ;
- Reservatório Tabocas-2,49 m³/s ;
- Reservatório Machado-1,00 m³/s;

6.11. –DESCARREGADOR E VERTEDOUROS.

O cálculo das vazões mensais liberadas para jusante de cada reservatório através do descarregador de fundo é determinado pela Equação 5.18 apresentada no Capítulo V:

$$Q_{ft} = C_f * A_f * (2g * (H_{rt} - H_f))^{0,5}$$

onde;

Q_{ft} - vazão aduzida pelo descarregador do reservatório no mês t;

C_f - coeficiente de vazão do descarregador do :

Reservatório Poço Fundo- 0,82;

Reservatório Tabocas- 0,82 ;

Reservatório oitis- 0,82;

Reservatório Machado-0,82;

Reservatório Jataúba-0,82 .

A_f - área da seção transversal do descarregador do:

Reservatório Poço Fundo-0,283m² ;

Reservatório Tabocas- 0,196m² ;

Reservatório oitis-0,071m² ;

Reservatório Machado-0,126m²;

Reservatório Jataúba -0,196m² .

H_{rt} - cota do nível d'água do reservatório no mês t;

H_f - cota de jusante da geratriz inferior do descarregador do:

Reservatório Poço Fundo- 461,12m ;

Reservatório Tabocas- 383,5m ;

Reservatório oitis-87,8m ;

Reservatório Machado-89,2m;

Reservatório Jataúba-85m .

Para o calculo das vazões mensais extravasadas pelos vertedouros, tanto o principal quanto os auxiliares (quando houver), usamos a Equação 5.19 do Capítulo V:

$$Q_{v_i} = C_v * B_v * (H_{r_i} - H_{vert})^{1,5}$$

onde:

C_v - coeficiente de descarga do vertedouro do:

Reservatório Poço Fundo- 0,6 ;

Reservatório Tabocas- 0,6 ;

Reservatório oitis- 0,6 ;

Reservatório Machado-0,6;

Reservatório Jataúba-0,6 .

B_v - largura da base do vertedouro do:

Reservatório Poço Fundo- 75m ;

Reservatório Tabocas-80m ;

Reservatório oitis-30m ;

Reservatório Machado-166m;

Reservatório Jataúba-25m .

H_{vert} - cota da soleira do vertedouro do:

Reservatório Poço Fundo- 472,5m ;

Reservatório Tabocas- 404m ;

Reservatório oitis- 101m;

Reservatório Machado-99m;

Reservatório Jataúba-95m .

As vazões vertidas serão calculadas se, e somente se, for satisfeita a condição de $H_{vert} \leq H_{r1} \leq H_{vmax}$, em que H_{vmax} é a cota do nível d'água do reservatório que geraria as lâminas vertentes máximas projetadas para os vertedouros.

6.12 – VAZÕES PARA DILUIÇÃO DE CARGA POLUIDORA

É de suma importância em trechos de rios, uma vazão mínima regularizada, para entre outras atividades, permitir a diluição de cargas poluidoras, sejam estas de origem industrial ou urbana.

De acordo com dados do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-1998), o município de Santa Cruz do Capibaribe é responsável pela grande maioria da carga poluidora lançada nos efluente daquela região.

São cerca de 2223kgDBO/dia lançados pelo município de Santa Cruz do Capibaribe e indústrias ali localizadas para jusante do reservatório de Poço Fundo.

Pode-se calcular a vazão necessária para diluição desta carga poluidora da seguinte forma:

Sabe-se que em geral a concentração de oxigênio dissolvido na água a temperatura de 20°C é de 9mg/l ou seja $9 \times 10^{-3} \text{ mg/m}^3$. A carga poluidora é de 2223Kg DBO/dia que fazendo as devidas transformações nos daria $27,73 \times 10^3 \text{ mgDBO/s}$.

Então a vazão necessária para diluição desta carga poluidora é de:

$$Q = (27,73 \times 10^3 \text{ mg/s}) / (9 \text{ mg/l}) = 2,86 \times 10^3 \text{ l/s} = 2,86 \text{ m}^3/\text{s}$$

Conforme os cálculos apresentados acima uma vazão a jusante de Poço fundo com valor de $2,86 \text{ m}^3/\text{s}$ seria suficiente para diluição de toda a carga poluidora lançada a jusante deste reservatório, vazão esta que será testada na otimização dos reservatórios com o auxílio dos modelos CISDERGO e ORNAP.

CAPITULO VII

7. CENÁRIOS

7.1. CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo serão expostos os dados de entrada aos modelos ORNAP e CISDERGO para o sistema hídrico em estudo. O período considerado para otimização do sistema hídrico em estudo foi de um ano, sendo necessário entre outros dados de entrada ao modelo, dados como precipitação e vazão, separados em três situações climáticas distintas: média seca e chuvosa. Tal divisão faz-se necessário para obtenção de resultados fornecidos pelo modelo representativos das situações climáticas extremas e médias da série pluviométrica e fluviométrica histórica.

7.2. SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA

Precipitação:

Foi obtida com a média referente à série hidrológica das precipitações médias mensais para cada sub-bacia (Anexo 6) englobando o período de 1963 à 1991. Abaixo na Tabela 7.1 pode-se ver, para cada uma das dez sub-bacias, a média mensal pluviométrica calculada.

Tabela 7.1-Precipitação mensal média (mm) para as dez sub-bacias que compõe o sistema, período 1963 à 1991

sub-bacia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual médio
Jatauba	28,2	69,3	139,8	164,7	96,8	94,8	96,5	35,2	26,8	15,3	17,6	26,7	613,8
Poço Fundo	28,6	54,5	112,2	121,6	73,7	64,1	59,3	21,5	12,3	8,3	13,8	22,7	592,6
Oitis	44,9	85,0	156,8	156,4	78,8	79,6	80,0	37,5	29,1	16,2	13,2	38,0	814,6
Machado	32,0	57,2	112,7	116,3	67,2	61,0	60,6	24,3	14,5	7,3	8,0	24,5	585,5
Taboças	38,2	58,1	119,2	121,2	75,7	68,4	72,4	26,7	18,1	11,4	20,8	32,0	662,0
Poço Fundo e o Ponto H	17,7	44,3	87,6	82,8	55,5	45,6	41,8	23,7	7,9	4,3	3,6	13,0	427,9
Ponto I e Turizama	23,9	47,7	113,6	99,2	64,1	73,4	73,8	20,4	15,0	7,6	3,7	26,8	569,1
Ponto H e Ponto I	20,9	41,7	77,9	71,1	67,8	53,9	44,7	30,5	8,5	4,9	2,5	13,9	438,4
Taboças e o ponto I	22,2	44,9	108,7	95,2	61,1	69,2	71,6	19,7	13,9	7,6	3,7	26,8	545,6
Machado e o ponto H	45,8	80,9	144,3	163,8	149,1	162,2	221,8	99,7	58,0	21,9	18,4	33,4	1199,3

Vazão :

Também foi obtida com a média referente a série hidrológica das vazões mensais (Anexo 7) para cada uma das dez sub-bacias englobando o período de 1963 à 1991. Na Tabela 7.2, pode-se ver as vazões médias mensais para cada uma das dez sub-bacias.

Tabela 7.2-Vazão mensal média (m³/s) para as dez sub-bacias que compõe o sistema, período 1963 à 1991

sub-bacia	Janeiro	Fevereiro	Marco	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual médio
Jetaúta	0,04	0,06	0,09	0,11	0,07	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,51
Poco Fundo	0,05	0,11	0,18	0,24	0,13	0,12	0,11	0,04	0,03	0,01	0,03	0,04	1,09
Oitis	0,24	0,65	0,78	1,03	0,40	0,50	0,53	0,20	0,21	0,06	0,14	0,22	4,98
Machado	0,07	0,14	0,23	0,27	0,14	0,13	0,13	0,05	0,03	0,01	0,02	0,05	1,24
Tabocas	0,03	0,05	0,09	0,11	0,06	0,06	0,06	0,02	0,02	0,01	0,02	0,03	0,55
Poco Fundo e o Ponto H	0,33	0,88	1,52	1,71	1,05	0,90	0,79	0,47	0,16	0,06	0,07	0,27	8,21
Ponto I e Toritama	0,05	0,12	0,21	0,20	0,12	0,16	0,14	0,04	0,04	0,01	0,01	0,04	1,12
Ponto H e Ponto I	0,19	0,39	0,66	0,69	0,64	0,54	0,42	0,35	0,10	0,03	0,02	0,15	4,19
Tabocas e o ponto I	0,01	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15
Machado e o ponto H	0,38	1,30	1,33	1,83	1,90	1,49	3,93	0,50	0,51	0,07	0,16	0,41	13,81

7.3. SITUAÇÕES CLIMÁTICAS SECA E CHUVOSA

Precipitação:

A definição das situações climáticas seca e chuvosa para as dez sub-bacias foi feita escolhendo-se a maior e menor média móvel anual respectivamente das precipitações das dez sub-bacias para o período de 1963 à 1991. Cada média móvel foi calculada para quatro anos, sendo a primeira, a média dos valores de precipitação mensal dos anos de 1963 à 1966, a segunda média móvel feita para os anos de 1964 à 1967 e assim por diante até chegar a média feita com os anos de 1988 à 1991. Nas Tabelas 7.3 e 7.4 podem-se ver os valores de precipitações média mensais para cada uma das situações climáticas referentes a cada uma das dez sub-bacias.

Tabela 7.3-Valores das precipitações mensais médias (mm) escolhidas para representar a situação climática seca para as dez sub-bacias que compõe o sistema

sub-bacia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual médio
Jatuba	30,9	63,2	137,0	41,0	61,3	53,9	23,2	28,4	6,9	5,3	16,1	11,2	478,1
Poço Fundo	20,7	52,4	120,3	37,5	44,0	40,6	14,5	13,6	3,0	5,5	10,4	13,0	375,5
Oitis	57,2	65,2	222,0	41,6	47,8	52,9	21,9	9,1	20,8	17,5	27,4	18,2	601,6
Machado	29,9	47,3	128,8	42,0	66,8	51,4	12,0	13,3	13,3	4,6	9,0	13,9	432,3
Tabocas	28,2	77,1	130,0	54,7	52,4	59,9	16,8	19,6	7,0	8,9	14,7	15,9	485,1
Poço Fundo e o Ponto H	1,5	16,0	15,1	15,3	11,7	14,1	9,5	5,0	2,5	2,3	2,2	9,0	104,2
Ponto I e Toritama	24,1	28,0	89,0	25,2	29,1	76,1	15,5	6,3	15,1	8,3	3,6	15,6	335,8
Ponto H e Ponto I	3,8	16,2	51,8	34,7	42,3	24,6	10,1	14,5	2,4	4,1	1,8	12,2	218,2
Tabocas e o ponto I	30,1	21,4	118,6	16,2	15,2	62,9	12,9	3,9	17,2	11,0	4,7	18,7	392,8
Machado e o ponto H	15,0	32,9	110,7	150,7	131,7	118,6	151,8	84,6	25,0	14,6	24,0	35,3	893,0
sub-bacia	Média feita entre os anos de:												
Jatuba	1980 à 1983												
Poço Fundo	1980 à 1983												
Oitis	1979 à 1982												
Machado	1979 à 1982												
Tabocas	1980 à 1983												
Poço Fundo e o Ponto H	1987 à 1990												
Ponto I e Toritama	1979 à 1982												
Ponto H e Ponto I	1988 à 1991												
Tabocas e o ponto I	1979 à 1982												
Machado e o ponto H	1988 à 1991												

Tabela 7.4-Valores das precipitações mensais médias (mm) escolhidas para representar a situação climática chuvosa para as dez sub-bacias que compõe o sistema

sub-bacia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual médio
Jatuba	31,0	106,9	170,6	274,9	170,0	155,5	159,0	32,6	54,2	21,7	51,9	23,6	1251,9
Poço Fundo	55,6	74,9	137,3	195,8	125,4	103,6	112,5	23,9	27,6	7,4	41,1	19,8	925,9
Oitis	65,7	83,6	161,6	203,0	95,9	119,1	132,4	29,9	31,7	14,6	35,7	57,6	1030,6
Machado	20,2	99,6	159,7	223,9	72,8	55,1	73,4	46,4	12,5	5,5	5,4	2,2	776,6
Tabocas	61,4	65,4	83,0	173,1	93,0	110,7	90,6	36,8	31,9	15,3	56,2	44,7	862,0
Poço Fundo e o Ponto H	36,2	42,0	115,3	156,1	121,0	94,7	74,9	41,3	15,5	0,1	8,9	32,7	738,6
Ponto I e Toritama	63,8	82,7	104,3	118,6	86,4	151,1	86,0	13,6	27,7	0,0	10,4	81,6	828,0
Ponto H e Ponto I	44,3	36,1	125,9	101,2	83,4	108,7	66,8	79,5	13,4	0,2	7,4	36,0	703,8
Tabocas e o ponto I	13,6	100,8	182,0	197,5	39,0	54,7	66,9	29,6	18,0	7,6	0,0	0,0	719,4
Machado e o ponto H	33,5	136,2	142,4	229,4	330,0	237,1	520,5	60,9	59,8	53,4	34,4	59,5	1897,0
sub-bacia	Média feita entre os anos de:												
Jatuba	1966 à 1969												
Poço Fundo	1966 à 1969												
Oitis	1966 à 1969												
Machado	1984 à 1987												
Tabocas	1964 à 1967												
Poço Fundo e o Ponto H	1966 à 1969												
Ponto I e Toritama	1963 à 1966												
Ponto H e Ponto I	1966 à 1969												
Tabocas e o ponto I	1984 à 1987												
Machado e o ponto H	1974 à 1977												

Vazão :

Uma vez sabendo-se quais foram os 4 anos tomados como referência para o cálculo das precipitações anuais médias escolhidas para representar as situações climáticas seca e chuvosa, pode-se agora usar este mesmo intervalo de 4 anos, para cada sub-bacia, e calcular as vazões médias para os períodos climáticos médio e chuvoso. Estas vazões podem ser vistas nas Tabelas 7.5 e 7.6.

Tabela 7.5-Valores das vazões mensais médias (m³/s) escolhidas para representar a situação climática seca para as dez sub-bacias que compõe o sistema

sub-bacia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual médio
Jatuba	0,01	0,03	0,13	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,32
Poco Fundo	0,02	0,06	0,14	0,04	0,05	0,05	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,44
Oitis	0,14	0,21	0,56	0,12	0,23	0,18	0,07	0,06	0,05	0,04	0,07	0,09	1,80
Machado	0,05	0,08	0,21	0,07	0,10	0,08	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,69
Tabocas	0,02	0,05	0,07	0,03	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,27
Poco Fundo e o Ponto H	0,03	0,42	0,38	0,36	0,24	0,34	0,23	0,11	0,08	0,04	0,04	0,16	2,42
Ponto I e Toritama	0,03	0,03	0,11	0,03	0,03	0,09	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02	0,40
Ponto H e Ponto I	0,03	0,14	0,39	0,28	0,30	0,19	0,08	0,10	0,02	0,03	0,01	0,08	1,64
Tabocas e o ponto I	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
Machado e o ponto H	0,04	0,09	0,24	0,35	0,25	0,25	0,36	0,15	0,06	0,03	0,06	0,09	1,97
sub-bacia	Média feita entre os anos de:												
Jatuba	1980 à 1983												
Poco Fundo	1980 à 1983												
Oitis	1979 à 1982												
Machado	1979 à 1982												
Tabocas	1980 à 1983												
Poco Fundo e o Ponto H	1987 à 1990												
Ponto I e Toritama	1979 à 1982												
Ponto H e Ponto I	1988 à 1991												
Tabocas e o ponto I	1979 à 1982												
Machado e o ponto H	1988 à 1991												

Tabela 7.6-Valores das vazões mensais médias (m³/s) escolhidas para representar a situação climática chuvosa para as dez sub-bacias que compõe o sistema

sub-bacia	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual médio
Jatuba	0,15	0,12	0,12	0,23	0,18	0,10	0,09	0,03	0,04	0,01	0,04	0,02	1,09
Poco Fundo	0,12	0,23	0,30	0,63	0,37	0,33	0,33	0,06	0,11	0,02	0,14	0,06	2,73
Oitis	0,51	1,25	1,04	2,56	0,70	1,48	1,65	0,31	0,41	0,06	0,72	0,57	11,26
Machado	0,06	0,34	0,43	0,66	0,20	0,15	0,18	0,13	0,03	0,01	0,02	0,01	2,21
Tabocas	0,07	0,09	0,07	0,22	0,09	0,14	0,13	0,04	0,04	0,01	0,10	0,05	1,06
Poco Fundo e o Ponto H	0,78	1,13	2,63	4,28	2,96	2,41	1,88	1,27	0,45	0,00	0,20	0,93	18,92
Ponto I e Toritama	0,23	0,39	0,43	0,46	0,35	0,57	0,32	0,07	0,13	0,00	0,02	0,11	3,07
Ponto H e Ponto I	0,45	0,39	1,36	1,42	1,22	1,36	0,84	1,26	0,21	0,00	0,08	0,49	9,10
Tabocas e o ponto I	0,00	0,04	0,06	0,07	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,25
Machado e o ponto H	1,38	7,32	6,54	10,17	11,56	7,58	24,73	1,22	2,11	0,25	0,81	2,36	76,05
sub-bacia	Média feita entre os anos de:												
Jatuba	1966 à 1969												
Poco Fundo	1966 à 1969												
Oitis	1966 à 1969												
Machado	1984 à 1987												
Tabocas	1964 à 1967												
Poco Fundo e o Ponto H	1966 à 1969												
Ponto I e Toritama	1963 à 1966												
Ponto H e Ponto I	1966 à 1969												
Tabocas e o ponto I	1964 à 1967												
Machado e o ponto H	1974 à 1977												

7.4. CONSIDERAÇÕES IMPOSTAS AO TRABALHO

Para as diversas situações presentes neste trabalho envolvendo a operação dos reservatórios integrantes ao sistema hídrico em estudo, foram idealizadas algumas considerações, mostradas a seguir:

a- O intervalo de tempo para a otimização do sistema hídrico em estudo foi definido para o período de um ano (doze meses), baseado nas séries de precipitações e vazões definidas para as três situações climáticas distintas, conforme item 7. 1.

b-Dos usos múltiplos para a água presente no sistema hídrico em estudo, a prioridade é para abastecimento humano.

c-As culturas permanentes foram consideradas como culturas já em plena capacidade de produção.

d-Atribuiu-se diferentes valores de volumes iniciais para os reservatórios no início da simulação.

e-Foi imposto ao problema como restrição, a sustentabilidade hídrica dos reservatórios, onde definiu-se que ao final do último mês da otimização, o volume dos reservatórios fosse igual ou superior ao volume inicial adotado no primeiro mês do processo, ou, em alguns casos permitiu-se que o volume final fosse menor que o volume inicial.

7.5. CENÁRIOS ANALISADOS NO PROCESSO DE OTIMIZAÇÃO.

Como já mencionado anteriormente, para uma melhor análise do comportamento do sistema hídrico em estudo, definiu-se diferentes situações climáticas e volumes iniciais. Para representar cada situação dessa convencionou-se aqui usar a terminologia “cenário”.

Ao todo serão estudados 8 diferentes cenários com o auxílio do modelo CISDERGO, sendo quatro para a situação climática média, três para a situação climática seca e um para a situação climática chuvosa e 3 diferentes cenários para o modelo ORNAP, sendo um para a situação climática média, um para situação climática seca e um para a situação climática chuvosa. Daqui em diante serão usadas as siglas Cm, Cs e Cc, para a caracterização dos cenários médio, seco e chuvoso, respectivamente. Na **Tabela 7.7**, podem-se ver os dez cenários escolhidos: Cm1, Cm2, Cm3 e Cm4 para a situação climática média, Cs1, Cs2 e Cs3 para a situação climática seca e Cc1 para a situação climática chuvosa para o modelo CISDERGO, e três cenários (CmO, CsO e CcO) para o modelo ORNAP. Na mesma tabela estão mostrados os volumes máximos e mínimos, de sustentabilidade hídrica além dos diferentes valores de volumes iniciais para os dez cenários impostos no processo de otimização.

Optou-se por testar mais cenários climáticos com o uso do modelo CISDERGO do que com o ORNAP em virtude da convergência utilizando o modelo CISDERGO ser bem mais rápida do que o ORNAP, pois o CISDERGO otimiza os reservatórios de forma individual. O

ORNAP trabalha de forma integrada, ele requer muito mais tempo para convergir, chegando as vezes a não encontrar um plano de soluções viáveis, necessitando por parte do operador uma maior atenção , o que demanda mais tempo.

Tabela 7.7-Descrição dos cenários

Parâmetro Operacional	Un.	Situação climática										
		Média					Seca				Chuvosa	
		Cenário					Cenário				Cenário	
		Cm1	Cm2	Cm3	Cm4	CmO	Cs1	Cs2	Cs3	CsO	Cc1	CcO
Vrmax(1)	m ³	27.630.000	27.630.000	27.630.000	27.630.000	27.630.000	27.630.000	27.630.000	27.630.000	27.630.000	27.630.000	27.630.000
Vrmax(2)	m ³	11.220.000	11.220.000	11.220.000	11.220.000	11.220.000	11.220.000	11.220.000	11.220.000	11.220.000	11.220.000	11.220.000
Vrmax(3)	m ³	3.020.159	3.020.159	3.020.159	3.020.159	3.020.159	3.020.159	3.020.159	3.020.159	3.020.159	3.020.159	3.020.159
Vrmax(4)	m ³	1.227.700	1.227.700	1.227.700	1.227.700	1.227.700	1.227.700	1.227.700	1.227.700	1.227.700	1.227.700	1.227.700
Vrmax(5)	m ³	935.320	935.320	935.320	93.5320	93.5320	93.5320	93.5320	93.5320	93.5320	93.5320	93.5320
Vro(1)	m ³	0,5 Vrmax	0,6 Vrmax	0,8Vrmax	0,5 Vrmax	0,7 Vrmax	0,5 Vrmax	0,8 Vrmax	0,4 Vrmax	0,8 Vrmax	0,3 Vrmax	0,7 Vrmax
Vro(2)	m ³	0,5 Vrmax	0,6 Vrmax	0,5 Vrmax	0,8 Vrmax	0,5 Vrmax	0,5 Vrmax	0,8 Vrmax	0,4 Vrmax	0,8 Vrmax	0,3 Vrmax	0,5 Vrmax
Vro(3)	m ³	0,5 Vrmax	0,6 Vrmax	0,7 Vrmax	0,5 Vrmax	0,7 Vrmax	0,5 Vrmax	0,5 Vrmax	0,5 Vrmax	0,8 Vrmax	0,5 Vrmax	0,7 Vrmax
Vro(4)	m ³	0,5 Vrmax	0,6 Vrmax	0,7 Vrmax	0,5 Vrmax	0,7 Vrmax	0,5 Vrmax	0,5 Vrmax	0,5 Vrmax	0,8 Vrmax	0,5 Vrmax	0,7 Vrmax
Vro(5)	m ³	0,5 Vrmax	0,6 Vrmax	0,7 Vrmax	0,5 Vrmax	0,7 rmax	0,5 Vrmax	0,5 Vrmax	0,5 Vrmax	0,8 Vrmax	0,5 Vrmax	0,7 Vrmax
Vrmin(1)	m ³	308.400	308.400	308.400	308.400	308.400	308.400	308.400	308.400	308.400	308.400	308.400
Vrmin(2)	m ³	211.639	211.639	211.639	211.639	211.639	211.639	211.639	211.639	211.639	211.639	211.639
Vrmin(3)	m ³	85.174	85.174	85.174	85.174	85.174	85.174	85.174	85.174	85.174	85.174	85.174
Vrmin(4)	m ³	84.066	84.066	84.066	84.066	84.066	84.066	84.066	84.066	84.066	84.066	84.066
Vrmin(5)	m ³	64.330	64.330	64.330	64.330	64.330	64.330	64.330	64.330	64.330	64.330	64.330
Vsust(1 à 5)	m ³	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro	Vro
QabSta(Poço)	m ³ /s	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Qd	m ³ /s	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233	0,233
QabSta(Mach)	m ³ /s	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085

(1) Reservatório Poço Fundo ; (2) Reservatório Tabocas ; (3) Reservatório oitis ; (4) Reservatório Machado; (5) Reservatório Jataúba

Onde : Vrmax = volume máximo mensal permitido para o reservatório; Vro = volume estimado do reservatório para início da simulação mensal; Vrmin = volume mínimo mensal que permite uma boa operação hidráulica da tomada d'água; Vsust = volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que V_{final} do último mês da simulação ≥ V_{inicial} do primeiro mês da simulação; QabSta(Poço) = Vazão da adutora que retira água do reservatório de Poço Fundo e aduz até a cidade de Santa Cruz do Capibaribe ; Qd = Soma das vazões das adutoras que retira água do reservatório de Tabocas e aduz até as cidades de Toritama e Caruaru ; QabSta(Mach) = Vazão da adutora que retira água do reservatório de Machado e aduz até a cidade de Santa Cruz do Capibaribe (Anexo 2) ;

7.6. DADOS DE ENTRADA PARA OS CENÁRIOS

Nesta etapa do trabalho, será de forma mais detalhada feita a descrição de cada um dos 8 cenários adotados e utilizados pelo CISDERGO e os 3 cenários adotados e utilizados pelo ORNAP, onde são testadas diferentes combinações de volumes iniciais e volumes de sustentabilidade.

7.6.1. SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA

Compostos pelos cenários, Cm1, Cm2, Cm3, Cm4 e CmO tem como objetivo obter um cenário climático médio no que se refere aos dados hidrometeorológicos adotados e usados nos modelos. Utilizando o modelo CISDERGO com o cenário Cm1, quis-se verificar o desempenho do sistema quando os reservatórios começassem com volumes iniciais iguais a 50% de suas capacidades máximas. Para o cenário Cm2, o sistema será testado para os reservatórios com volumes iniciais iguais a 60% de suas capacidades máximas.

Para os cenários Cm3 e Cm4, fixou-se os volumes iniciais dos reservatórios Oitis, Machado e Jatauba em 70 e 50% respectivamente dos volumes máximos, sendo apenas alterado os volumes dos reservatórios Poço Fundo e Tabocas. Para o cenário Cm3 temos os volumes iniciais de 80 e 50% respectivamente dos volumes máximos para os reservatórios de Poço Fundo e Tabocas, já para o cenário Cm4 temos 50 e 80% dos volumes máximos para os reservatórios de Poço Fundo e Tabocas respectivamente. A justificativa para variação apenas dos volumes iniciais dos reservatórios de Poço Fundo e Tabocas nos cenários Cm3 e Cm4, se deu pelo fato de seus volumes de acumulação serem em torno de 88% da acumulação total de água do sistema, tendo portanto maior peso no processo.

Com o modelo ORNAP fez-se uso do cenário CmO, onde os reservatórios começaram com 70% dos seus volumes máximos a exceção de Tabocas, que começou o processo de otimização com 50% de sua capacidade máxima.

A seguir serão mostrados os demais dados de entrada ao modelo ORNAP e CISDERGO para a situação climática média composta pelos cenários Cm1, Cm2, Cm3, Cm4 e CmO.

7.6.1.1. DADOS DE ENTRADA PARA OS RESERVATÓRIOS

Reservatório de **Poço Fundo**

V_{rmax}(1) – Volume máximo do reservatório, igual a 27.630.000m³;

V_{rmin}(1) – Volume mínimo mensal para boa operação hidráulica da tomada de água, definido em 308.400m³;

Q_{aPm} – Vazão média mensal que aflui ao reservatório (m³/mês) na situação climática média, conforme **Tabela 7.2**;

PP_m – Precipitação média mensal direta no reservatório (mm/mês) na situação climática média, tomado como a do posto pluviométrico de Santa Cruz do Capibaribe, conforme **Tabela 7.8**;

Ev_P – Evaporação média mensal do reservatório em mm/mês, corrigida pelo coeficiente do tanque **K_T** igual a 0,8 (Gomes, 1999), pode ser visto na **Tabela 6.4**;

Q_{lmin}(1) – Vazão mensal mínima na calha do rio regularizado pelo reservatório, com valor de 0 m³/s;

Q_{lmax}(1) – vazão mensal máxima que pode ser descarregada pelo reservatório, afim de que não ultrapasse a capacidade máxima da calha do rio a jusante do reservatório 20 m³/s;

Q_{abSta}(Poç) – Demanda fixa para abastecimento urbano da cidade de Santa Cruz do Capibaribe, definida em 0,06m³/s;

H_{rmin}(1) – Cota mínima no reservatório, para permitir uma boa operação hidráulica da tomada d'água da adutora, 462,12m;

Q_{abSta}(Poç)_{máx}– Vazão mensal máxima da adutora, definida em 1,16m³/s;

C_v(1) – Coeficiente de descarga do vertedouro com valor 0,6;

B_v(1) – Largura do vertedouro, de valor 75 m;

Hvert(1) – Cota da soleira do vertedouro, de valor 472,5 m;

Af(1) – Área da seção circular do descarregador de valor $0,283\text{m}^2$;

Cf(1) - Coeficiente de vazão do descarregador assumido 0,82;

Hf(1) – Cota do nível de água na saída do descarregador, de valor 461,12m;

Vsust(1) - Volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que V_{final} do último mês da simulação $\geq V_{\text{inicial}}$ (**Vro(1)**) do primeiro mês da simulação;

Reservatório de **Tabocas**

Vrmax(2) – Volume máximo do reservatório, igual a $11.220.000\text{m}^3$;

Vrmin(2) – Volume mínimo mensal para boa operação hidráulica da tomada de água, definido em 211.639m^3 ;

QaTm – Vazão média mensal que aflui ao reservatório ($\text{m}^3/\text{mês}$) na situação climática média, conforme **Tabela 7.2**;

PTm – Precipitação média mensal direta no reservatório ($\text{mm}/\text{mês}$) na situação climática média, tomado como a do posto pluviométrico de Toritama, conforme **Tabela 7.8**;

EvT – Evaporação média mensal do reservatório em $\text{mm}/\text{mês}$, corrigida pelo coeficiente do tanque K_T igual a 0,8 (Gomes, 1999), pode ser visto na **Tabela 6.4**;

Qlmin(2) – Vazão mensal mínima na calha do rio regularizado pelo reservatório, com valor de $0\text{ m}^3/\text{s}$;

Qlmax(2) – Vazão mensal máxima que pode ser descarregada pelo reservatório, afim de que não ultrapasse a capacidade máxima da calha do rio a jusante do reservatório $10\text{ m}^3/\text{s}$;

Qd – Demanda fixa para abastecimento urbano da cidade de Toritama e Caruaru, definida em $0,233\text{m}^3/\text{s}$;

Hrmin(2) – Cota mínima no reservatório, para permitir uma boa operação hidráulica da tomada d'água da adutora 388,5m;

Qdmáx – Vazão mensal máxima da adutora, definida em $2,49\text{ m}^3/\text{s}$;

Cv(2) – Coeficiente de descarga do vertedouro com valor 0,6;

Bv(2) – Largura do vertedouro, de valor 80 m;

Hvert(2) – Cota da soleira do vertedouro, de valor 404 m;

Af(2) – Área da seção circular do descarregador de valor $0,196\text{m}^2$;

Cf(2) - Coeficiente de vazão do descarregador assumido 0,82;

Hf(2) – Cota do nível de água na saída do descarregador, de valor 383,5m;

Vsust(1) - Volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que $V_{\text{final}} \geq V_{\text{inicial}}$ (**Vro(1)**) do primeiro mês da simulação;

Reservatório de Oitis

Vrmax(3) – Volume máximo do reservatório, igual a $3.020.159\text{m}^3$;

Vrmin(3) – Volume mínimo mensal para boa operação hidráulica da tomada de água, definido em $85.174,5\text{m}^3$;

QaOm – Vazão média mensal que aflui ao reservatório ($\text{m}^3/\text{mês}$) na situação climática média, conforme **Tabela 7.2**;

POm – Precipitação média mensal direta no reservatório ($\text{mm}/\text{mês}$) na situação climática média, tomado como a do posto pluviométrico de Mandacaia, conforme **Tabela 7.8**;

EvO – Evaporação média mensal do reservatório em $\text{mm}/\text{mês}$, corrigida pelo coeficiente do tanque K_T igual a 0,8 (Gomes, 1999), pode ser visto na **Tabela 7.4**;

Qlmin(3) – Vazão mensal mínima na calha do rio regularizado pelo reservatório, com valor de $0\text{m}^3/\text{s}$;

Qlmax(3) – Vazão mensal máxima que pode ser descarregada pelo reservatório, afim de que não ultrapasse a capacidade máxima da calha do rio a jusante do reservatório $7\text{m}^3/\text{s}$;

Hrmin(3) – Cota mínima no reservatório, para permitir uma boa operação hidráulica da tomada d'água da adutora 89,3m;

Cv(3) – Coeficiente de descarga do vertedouro com valor 0,6;

Bv(3) – Largura do vertedouro, de valor 30 m;

Hvert(3) – Cota da soleira do vertedouro, de valor 101m;

Af(3) – Área da seção circular do descarregador de valor $0,071\text{m}^2$;

Cf(3) - Coeficiente de vazão do descarregador assumido 0,82;

Hf(3) – Cota do nível de água na saída do descarregador, de valor 87,8m;

Vsust(1) - Volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que V_{final} do último mês da simulação $\geq V_{\text{inicial}}$ (**Vro(1)**) do primeiro mês da simulação;

Reservatório de Machado

Vrmax(4) – Volume máximo do reservatório, igual a $1.227.700\text{m}^3$;

Vrmin(4) – Volume mínimo mensal para boa operação hidráulica da tomada de água, definido em $84.066,4\text{m}^3$;

QaMm – Vazão média mensal que aflui ao reservatório ($\text{m}^3/\text{mês}$) na situação climática média, conforme **Tabela 7.2**;

PMm – Precipitação média mensal direta no reservatório ($\text{mm}/\text{mês}$) na situação climática média, tomado como a do posto pluviométrico de Santa Cruz do Capibaribe, conforme **Tabela 7.8**;

EvM – Evaporação média mensal do reservatório em mm/mês, corrigida pelo coeficiente do tanque K_T igual a 0,8 (Gomes, 1999), pode ser visto na **Tabela 6.4**;

Qlmin(4) – Vazão mensal mínima na calha do rio regularizado pelo reservatório, com valor de $0 \text{ m}^3/\text{s}$;

Qlmax(4) – vazão mensal máxima que pode ser descarregada pelo reservatório, afim de que não ultrapasse a capacidade máxima da calha do rio a jusante do reservatório $5 \text{ m}^3/\text{s}$;

QabSta(mach) – Demanda fixa para abastecimento urbano da cidade de Santa Cruz do Capibaribe, definida em $0,085 \text{ m}^3/\text{s}$;

Hrmin(4) – Cota mínima no reservatório, para permitir uma boa operação hidráulica da tomada d'água da adutora 94,13m;

QabSta(mach)máx– Vazão mensal máxima da adutora, definida em $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$;

Cv(4) – Coeficiente de descarga do vertedouro com valor 0,6;

Bv(4) – Largura do vertedouro, de valor 166 m;

Hvert(4) – Cota da soleira do vertedouro, de valor 99m;

Af(4) – Área da seção circular do descarregador de valor $0,126 \text{ m}^2$;

Cf(4) - Coeficiente de vazão do descarregador assumido 0,82;

Hf(4) – Cota do nível de água na saída do descarregador, de valor 85m;

Vsust(1) - Volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que V_{final} do último mês da simulação $\geq V_{\text{inicial}}$ (**Vro(1)**) do primeiro mês da simulação;

Reservatório de **Jatúba**

Vrmax(5) – Volume máximo do reservatório, igual a 935.320 m^3 ;

Vrmin(5) – Volume mínimo mensal para boa operação hidráulica da tomada de água, definido em 64.330 m^3 ;

QaJm – Vazão média mensal que aflui ao reservatório ($m^3/mês$) na situação climática média, conforme **Tabela 7.2**;

PJm – Precipitação média mensal direta no reservatório ($mm/mês$) na situação climática média, tomado como a do posto pluviométrico de Jatauba, conforme **Tabela 7.8**;

EvJ – Evaporação média mensal do reservatório em $mm/mês$, corrigida pelo coeficiente do tanque K_T igual a 0,8 (Gomes, 1999), pode ser visto na **Tabela 6.4**;

Qlmin(5) – Vazão mensal mínima na calha do rio regularizado pelo reservatório, com valor de $0 m^3/s$;

Qlmax(5) – vazão mensal máxima que pode ser descarregada pelo reservatório, afim de que não ultrapasse a capacidade máxima da calha do rio a jusante do reservatório $4 m^3/s$;

Hrmin(5) – Cota mínima no reservatório, para permitir uma boa operação hidráulica da tomada d'água da adutora, 88m;

Cv(5) – Coeficiente de descarga do vertedouro com valor 0,6;

Bv(5) – Largura do vertedouro, de valor 25 m;

Hvert(5) – Cota da soleira do vertedouro, de valor 95m;

Af(5) – Área da seção circular do descarregador de valor $0,196m^2$;

Cf(5) - Coeficiente de vazão do descarregador assumido 0,82;

Hf(5) – Cota do nível de água na saída do descarregador, de valor 85m;

Vsust(1) - Volume mínimo para a sustentabilidade hídrica do reservatório, em que V_{final} do último mês da simulação $\geq V_{inicial}$ (**Vro(1)**) do primeiro mês da simulação;

Tabela 7.8-Precipitação direta (mm) nos reservatórios na situação climática média

Reservatório	Posto tomado como referência	Precipitação direta (mm) nos reservatórios na situação climática média (média dos anos de 1963 à 1991)											
		Janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Poço Fundo	Santa C. Capibaribe	20,9	41,7	77,9	71,1	67,8	53,9	44,7	30,5	8,5	4,9	2,5	13,9
Tabocas	Toritama	23,9	47,7	113,6	99,2	64,1	73,4	73,8	20,4	15,0	7,6	3,7	26,8
Oitis	Mandacaia	28,8	50,2	101,9	106,3	64,3	56,3	55,7	21,0	10,87	5,0	6,7	21,1
Machado	Santa C. Capibaribe	20,9	41,7	77,9	71,1	67,8	53,9	44,7	30,5	8,5	4,9	2,5	13,9
Jatauba	Jatauba	29,09	46,16	84,30	97,30	60,50	45,27	31,20	13,57	7,78	7,66	9,54	19,41

7.6.1.2.- DADOS DE ENTRADA PARA O ORNAP, REFERENTES AS 10 MANCHAS DE SOLOS USADAS PARA AGRICULTURA.

A seguir serão apresentados dados relativo às culturas inseridas nos 5 perímetros irrigados juntamente com seus planos culturais. Foi considerado que em cada mancha de solo será desenvolvido o plantio de oito culturas diferentes, sendo variáveis apenas as áreas mínimas e máximas para cada cultura dentro de cada mancha de solo. A **Tabela 6.5** apresenta os planos culturais anuais para as oito culturas adotadas para as 5 manchas de solo, assim como o tipo de sistema de irrigação usado para a cultura, o qual foi adotado levando-se em consideração aquele sistema que trouxesse o melhor aproveitamento para a cultura, seja ele, gotejamento, aspersão ou sulco. A seguir das **Tabelas 7.9 a 7.12**, estão alguns dos dados de entrada para os modelos, estes dados ainda relativo às culturas. São dados referentes a produtividade das culturas, preço de venda das culturas, custo de produção, dados referentes aos sistemas de irrigação, etc.

Tabela 7.9-Produtividade das culturas (kg/ha/ano)

Cultura	Produtividade (kg/ha/ano)
Tomate	50.000
Melancia	25.000
Feijão	1.800
Feijão entr.	1.800
Banana	40.000
Milho	8.000
Goiaba	16.000
Algodão	3.000

Fonte: Banco do Nordeste S/A. (1997).

Tabela 7.10-Preço médio de venda das culturas (R\$/kg)

Cultura	Preço médio de venda (R\$ / kg)*
Tomate	0,65
Melancia	0,16
Feijão safra	0,86
Feijão entr.	1,10
Banana	0,42
Milho	0,25
Goiaba	0,31
Algodão	0,78

Fonte: Companhia de Abastecimento e de Armazéns Gerais do Estado de Pernambuco-
CEAGEPE , 09/09/2002.

Tabela 7.11-Custo médio de produção das culturas (R\$/ha/ano)

Cultura	Custo de produção (R\$/ha/ano)
Tomate	3.744
Melancia	1.055
Feijão safra	656
Feijão entressafra	656
Banana	1260
Milho	596
Goiaba	1.121
Algodão entressafra	982

Fonte: Banco do Nordeste S/A, (1997).

Tabela 7.12-Dados referentes ao sistema de irrigação

Cultura	Sist. Irrigação	*Eapl (%)	Pirr (R\$ / ha)	Vutil (anos)	Tam (%)
Tomate	Sulco	40	1.000	1	8
Melancia	Aspersão	65	5.000	15	8
Feijão safra	Aspersão	65	5.000	15	8
Feijão entr.	Aspersão	65	5.000	15	8
Banana	Gotejam	90	3.000	10	8
Milho	Aspersão	65	5.000	15	8
Goiaba	Gotejam	90	3.000	10	8
Algodão	Aspersão	65	5.000	10	8
*Eapl – Eficiência do sistema aplicação da água de irrigação					

Fonte : Andrade (2000).

A seguir pode-se ver outros dados referentes as culturas:

Kc - Coeficiente de cultivo das culturas (**Tabela 6.5**);

Esis – Valor percentual (%) da eficiência do sistema de distribuição de água para irrigação. Assumido ser de 90% para distribuição através de canais e tubos;

Eapl - Valor percentual (%) da eficiência do sistema de aplicação da irrigação para cada cultura, conforme **Tabela 7.12**;

Pirr – Custo do investimento de implantação do sistema de irrigação, em R\$ /ha, conforme **Tabela 7.12**;

Vutil – Vida útil do sistema de irrigação (anos), conforme **Tabela 7.13**;

Tam – Taxa anual de amortização (% ano) do investimento com o sistema de irrigação, conforme **Tabela 7.12**;

Pi – Precipitação média mensal em cada mancha de solo (mm/mês) definida para a situação climática média (**Anexo 2**), conforme **Tabela 7.14**;

Ei – Evaporação média mensal nas manchas de solos (mm/mês), corrigida pelo coeficiente do tanque K_T igual a 0,8 (Gomes, 1999), pode ser visto na **Tabela 6.4**,

Pra – Preço médio de R\$ 0,05 / m³ de água aduzida para as manchas de solos. O valor foi estimado por Andrade (2000), o qual se baseou na média das tarifas de água bruta (irrigação) cobradas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, do Estado do Ceará, em vigor desde 30/12/99, segundo Andrade (2000), essas tarifas, em função da região, assumem valores de R\$4,00, R\$ 20,00 e R\$150,00 para cada 1000 m³ de água captada.

Neste trabalho, os parâmetros G_{jkt} e W_{kt} conforme item 4.2.1 foram considerados iguais a zero.

Tabela 7.13-Precipitação média mensal em cada mancha de solo (mm/mês) definida para a situação climática média

Mancha de solo	Precipitação considerada	Precipitação média mensal em cada mancha de solo (mm/mês) definida para a situação climática média (média dos anos de 1963 à 1991)											
		Janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Mancha 1	Santa C. Capibaribe	20,9	41,7	77,9	71,1	67,8	53,9	44,7	30,5	8,5	4,9	2,5	13,9
Mancha 2	Toritama	23,9	47,7	113,6	99,2	64,1	73,4	73,8	20,4	15,0	7,6	3,7	26,8
Mancha 3	Mandacaia	28,8	50,2	101,9	106,3	64,3	56,3	55,7	21,0	10,87	5,0	6,7	21,1
Mancha 4	Santa C. Capibaribe	20,9	41,7	77,9	71,1	67,8	53,9	44,7	30,5	8,5	4,9	2,5	13,9
Mancha 5	Jatuba	29,09	46,16	84,30	97,30	60,50	45,27	31,20	13,57	7,78	7,66	9,54	19,41

7.6.1.3.- DADOS DE ENTRADA PARA A PISCICULTURA EXTENSIVA NOS CINCO RESERVATÓRIOS UTILIZANDO O ORNAP.

Como dito anteriormente todos os reservatórios serão usados para piscicultura. A diante veremos os dados referentes ao ORNAP usados para tal finalidade.

nmdp – Número de meses para a despesca, igual a 12;

Cal – Custo de alevinagem (Cal)= R\$3,00/ha/ano

Prmp – Preço médio de venda do pescado = R\$ 1,2/kg

Pdpp – Produtividade média de pescado (Pdp)=120kg/ha/ano

Pdp – Despesca média anual por pescador = 1500kg/ano pescador/ano

7.6.2. - SITUAÇÃO CLIMÁTICA SECA

Esta situação climática é composta pelos cenários, Cs1, Cs2, Cs3 e CsO, tem como objetivo testar cenários climáticos secos, ou seja, períodos mais desfavoráveis no que diz respeito à geração de escoamento. Para o CISDERGO aplicando o cenário Cs1, se quis verificar o desempenho do sistema quando os reservatórios começassem com volumes iniciais iguais a 50% de suas capacidades máximas. Para o cenário Cs2, o sistema será testado para os reservatórios de Poço Fundo e Tabocas começando com volumes iniciais iguais a 80% de suas capacidades máximas, e os demais reservatórios com volumes iniciais iguais a 50% de suas capacidades máximas. Para o cenário Cs3, fixou-se os volumes iniciais dos reservatórios Oitis, Machado e Jatauba em 50% de seus volumes máximos, sendo apenas alterados os volumes iniciais dos reservatórios Poço Fundo e Tabocas em 40% dos volumes máximos. E, por fim, utilizou-se o modelo ORNAP para testar o sistema hídrico em estudo fazendo-se uso do cenário CsO o qual todos os reservatórios começavam com 80% de suas capacidades máximas. Os demais dados para este cenário estão presentes no item 7.6.1.1, 7.6.1.2 e 7.6.1.3.

Com exceção dos seguintes dados:

- Vazões médias mensais que afluem aos reservatórios na situação climática seca, conforme **Tabela 7.5**.

- Precipitações médias mensais diretas nos reservatórios na situação climática seca conforme **Tabela 7.14**.
- Precipitação média mensal em cada mancha de solo, definida para a situação climática seca, conforme **Tabela 7.15**.

Tabela 7.14-Precipitações médias mensais diretas nos reservatórios na situação climática seca

Reservatório	Posto tomado como referência	Precipitação direta (mm) nos reservatórios na situação climática seca												Média feita entre os anos de:
		Janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	
Poço Fundo	Santa C. Capibaribe	25,8	53,3	141,2	26,9	63,5	34,3	23,6	16,0	3,6	3,6	0,9	22,5	1980 à 1983
Tabocas	Toritama	23,4	42,9	89,8	32,6	40,6	76,3	12,5	22,6	7,1	12,3	1,1	15,6	1980 à 1983
Oitis	Mandacaia	46,3	62,4	169,2	40,4	81,8	57,1	22,5	20,3	19,0	13,1	20,6	29,7	1979 à 1982
Machado	Santa C. Capibaribe	25,8	53,3	141,2	26,9	63,5	34,3	23,6	16,0	3,6	3,6	0,9	22,5	1979 à 1982
Jatuba	Jatuba	16,6	32,9	123,4	29,6	37,1	29,2	14,3	10,1	3,0	4,4	7,6	16,9	1980 à 1983

Tabela 7.15-Precipitação média mensal em cada mancha de solo, definida para a situação climática seca

Mancha de solo			Precipitação média mensal em cada mancha de solo (mm/mês) definida para a situação climática seca.											
	Precipitação efetiva considerada	Média feita entre os anos de:	jan	fev	març	abril	maio	junh	julh	agos	setem	outu	nove	dcz
Mancha 1	Do posto Jataúba	1980 à 1983	25,8	53,3	141,2	26,9	63,5	34,3	23,6	16,0	3,6	3,6	0,9	22,5
Mancha 2	Do posto S. Cruz Capibaribe	1980 à 1983	23,4	42,9	89,8	32,6	40,6	76,3	12,5	22,6	7,1	12,3	1,1	15,6
Mancha 3	Do posto Mandacaia	1979 à 1982	46,3	62,4	169,2	40,4	81,8	57,1	22,5	20,3	19,0	13,1	20,6	29,7
Mancha 4	Do posto S. Cruz Capibaribe	1980 à 1983	25,8	53,3	141,2	26,9	63,5	34,3	23,6	16,0	3,6	3,6	0,9	22,5
Mancha 5	Do posto Toritama	1980 à 1983	16,6	32,9	123,4	29,6	37,1	29,2	14,3	10,1	3,0	4,4	7,6	16,9

7.6.3. - SITUAÇÃO CLIMÁTICA CHUVOSA

Para o CISDERGO utilizou-se o cenário Cc1, onde este fixa os volumes iniciais dos reservatórios de Poço Fundo e Tabocas em 30% dos seus volumes máximos, enquanto para os demais reservatórios em 50% de seus volumes máximos. Para o modelo ORNAP utilizou-se o cenário CcO, onde este fixa os volumes iniciais de todos os reservatórios em 70% de suas capacidades máximas. Os demais dados para este cenário estão presentes no item 7.6.1.1, 7.6.1.2 e 7.6.1.3, com exceção dos seguintes dados:

- Vazões médias mensais que afluem aos reservatórios na situação climática chuvosa, conforme **Tabela 7.6**.
- Precipitações médias mensais diretas nos reservatórios na situação climática chuvosa conforme **Tabela 7.16**.
- Precipitação média mensal em cada mancha de solo, definida para a situação climática chuvosa, conforme **Tabela 7.17**.

Tabela 7.16-Precipitações médias mensais diretas nos reservatórios na situação climática chuvosa

Reservatório	Posto tomado como referencia	Precipitação direta (mm) nos reservatórios na situação climática chuvosa												Média feita entre os anos de:
		Janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novem	dezem	
Poço Fundo	Santa C. Capibaribe	44,3	36,1	126,9	101,2	83,4	108,7	66,8	79,5	13,4	0,2	7,4	36,0	1966 à 1969
Tabocas	Toritama	58,5	89,0	75,1	134,0	97,4	151,7	91,7	33,2	27,7	0,0	6,9	19,0	1964 à 1967
Oitis	Brejo da M. Deus	65,7	83,6	161,6	203,0	95,9	119,1	132,4	29,9	31,7	14,6	35,7	57,6	1966 à 1969
Machado	Santa C. Capibaribe	44,3	36,1	126,9	101,2	83,4	108,7	66,8	79,5	13,4	0,2	7,4	36,0	1966 à 1969
Jatuba	Jatuba	86,8	64,2	74,8	145,4	110,8	70,2	59,3	18,7	25,3	5,6	21,3	11,5	1966 à 1969

Tabela 7.17-Precipitação média mensal em cada mancha de solo, definida para a situação climática chuvosa

Mancha de solo			Precipitação média mensal em cada mancha de solo (mm/mês) definida para a situação climática chuvosa.											
	Precipitação efetiva considerada	Média feita entre os anos de:	Jan	fev	març	abril	maio	junh	julh	agos	setem	outu	nove	dez
Mancha 1	Do posto Jataúba	1966 à 1969	86,8	64,2	74,8	145,4	110,8	70,2	59,3	18,7	25,3	5,6	21,3	11,5
Mancha 2	Do posto S. Cruz Capibaribe	1966 à 1969	44,3	36,1	126,9	101,2	83,4	108,7	66,8	79,5	13,4	0,2	7,4	36,0
Mancha 3	Do posto Mandacaia	1966 à 1969	65,7	83,6	161,6	203,0	95,9	119,1	132,4	29,9	31,7	14,6	35,7	57,6
Mancha 4	Do posto S. Cruz Capibaribe	1966 à 1969	44,3	36,1	126,9	101,2	83,4	108,7	66,8	79,5	13,4	0,2	7,4	36,0
Mancha 5	Do posto Toritama	1964 à 1967	58,5	89,0	75,1	134,0	97,4	151,7	91,7	33,2	27,7	0,0	6,9	19,0

CAPITULO VIII

8. ANÁLISE E DISCUSSÕES DE RESULTADOS

8.1. CONSIDERAÇÕES

Neste capítulo serão analisados e discutidos os resultados obtidos com a aplicação dos modelos CISDERGO e ORNAP. Tais resultados dizem respeito ao processo de um estudo integrado dos recursos hídricos superficiais do sistema hídrico que compõe a parte alta da bacia hidrográfica do rio Capibaribe, como foi descrito anteriormente no item 3.1.

Estes resultados são referentes ao comportamento do sistema, no que se diz respeito à reservatórios, agricultura irrigada, piscicultura, atendimento das restrições no processo de otimização e receita líquida.

Os resultados aqui analisados e discutidos foram referentes a 8 cenários distintos, sendo 4 para a situação climática média (Cm1, Cm2, Cm3 e Cm4), 3 para a situação climática seca (Cs1, Cs2 e Cs3) e um cenário para a situação climática chuvosa (Cc1) utilizando o modelo CISDERGO, e 3 cenários distintos utilizando o modelo ORNAP, sendo 1 para a situação climática média (CmO), 1 para a situação climática seca (CsO) e um cenário para a situação climática chuvosa (CcO).

ANÁLISE E DISCUSSÕES DE RESULTADOS PARA A SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA, SECA E CHUVOSA OBTIDOS COM O MODELO CISDERGO.

8.2. A SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA.

8.2.1. Reservatório de Jataúba (Tabelas 8.1 a 8.4)

Com o auxílio do modelo CISDERGO todos os reservatórios foram otimizados de forma individual, sendo que em cada reservatório a vazão efluente otimizada pelo CISDERGO seria parte da vazão afluyente do reservatório a jusante deste, sendo que a outra parte da vazão afluyente seria devido a área de contribuição entre os dois reservatórios. Analisando os resultados obtidos com o modelo de otimização CISDERGO aplicado ao reservatório de Jataúba para um cenário climático médio com volume inicial do reservatório de 50% da capacidade do mesmo e com o critério de sustentabilidade do volume final do reservatório ser igual ou maior que o volume inicial, através dos resultados obtidos pode-se observar que entre as 8 culturas escolhidas, alta receita líquida por ha do tomate, é ela a única cultura escolhida, com uma área de 213,51ha, produzindo uma receita líquida de R\$ 5850000. O fato de ser possível alocar uma área tão grande e obter uma receita tão alta deve-se ao fato de se ter usado apenas irrigação suplementar, pois o plano cultural do tomate coincide com o período chuvoso de fevereiro a maio.

O caso do agricultor optar por uma cultura que pudesse produzir o ano todo como por exemplo a banana que representa a segunda em termos de maior receita líquida por ha, verificou-se o comportamento do modelo quando se excluiu a cultura do tomate. Neste caso foi alocado 79,98ha de cultivo com banana, produzindo uma receita líquida de R\$ 1150000,00.

Como não há nenhuma demanda fixa retirada do reservatório, faz-se necessário a utilização destas águas com irrigação, aproveitando desta forma a grande área disponível para agricultura (10000ha) nas proximidades do mesmo, caso contrário as perdas evaporativas serão muito altas, uma vez que mesmo com a irrigação de 204, 26ha, 198,38ha e 192,74ha para os cenários Cm1, Cm2 e Cm3 e Cm4 respectivamente, as perdas médias mensais evaporativas foram respectivas de 18,95%, 22,54% e 25,96% das afluências médias mensais.

Analisando os resultados dos cenários Cm1, Cm2 e Cm3, observa-se que para este reservatório a questão da sustentabilidade hídrica com volumes finais iguais ou maiores ao inicial irá impor restrições as disponibilidades hídricas para aumentar de aumentar a área irrigada. A maior receita líquida e área irrigada. A maior para o cenário Cm1 onde os reservatórios começaram com 50% da capacidade e apresentam uma receita líquida de R\$ 5.062.528,00. Nos cenários Cm2 e Cm3, apesar de se iniciar com uma maior disponibilidade

de água no reservatório, a restrição de também terminar o ano com um volume no mínimo igual ou superior ao inicial fez reduzir a área irrigada e aumentar as perdas evaporativas.

8.2.2. Reservatório de Poço Fundo (Tabelas 8.5 a 8.8)

O reservatório de Poço Fundo é o de maior capacidade, 27630000m^3 mas recebe em média apenas 10,22% do seu volume em afluições, ou seja, $2825400\text{m}^3/\text{ano}$.

Em razão desta pouca afluição e da demanda fixa representar 66,04% da afluição, já não houve região viável para a situação de sustentabilidade hídrica com volume inicial de 50% da capacidade, ou seja, não foi possível terminar o último mês do período de otimização com volume igual ou superior ao inicial. Para as 3 situações testadas de sustentabilidade hídrica: volume inicial de 0,5, 0,6 e 0,8 da capacidade e volume final de 70% do volume inicial, observa-se, como era de se esperar, em função do aumento do volume inicial, um aumento na receita líquida e na área irrigada respectivamente de R\$ 8.447.189,00, R\$ 8.648.522,00 e R\$ 8.837.578 e para as área de plantio, respectivamente, de 464,37ha, 554,95ha e 640 ha.

Em razão da grande capacidade do reservatório em relação às suas afluições, ou seja, 11734,98% da afluição mensal e 997,9% da afluição anual, os volumes iniciais testados de 50%, 60% e 80% da capacidade máxima foram super estimados, gerando, conseqüentemente, um alta perda evaporativa, com média mensal de $454758\text{m}^3/\text{ano}$ correspondente a 193,14% das afluições médias mensais.

O ideal, portanto, seria testar o desempenho do reservatório para valores de volume inicial da ordem de 1×10^6 , e neste caso, muita pouca área poderia ser irrigada. Portanto, em razão de sua baixa afluição e das demandas fixas para atendimento de parte do abastecimento urbano de Santa Cruz do Capibaribe, muito pouco poderá, de fato, ser usado para irrigação, o qual deveria ser apenas de caráter complementar.

Como no período de safra, foi atingida a área máxima passível de irrigação, ou seja, 350 ha. O crescimento da área irrigada se deu para melancia cultivada na entressafra com áreas crescentes de 114,37ha, 204,945ha e 290,00ha, a medida que foi disponibilizando mais água através do volume inicial do reservatório.

8.2.3. Reservatório de Oitis (Tabelas 8.9 a 8.12)

O segundo reservatório mais importante em termos de afluência é o de Oitis com uma afluência média mensal de $1.071.367\text{m}^3/\text{mês}$. Ele é o terceiro em capacidade, ou seja, $3.020.159\text{m}^3$. Analisando as tabelas referentes a Oitis para o cenário climático médio, Tabelas 8.9 a 8.12, verificou-se que ele tem potencial de irrigar até mais do que 500 ha de área, uma vez que houve descarga de fundo na maioria dos meses.

Um plano cultural que distribua melhor as culturas ao longo do ano poderá aproveitar melhor o potencial hídrico do reservatório, reduzindo a descarga de fundo. Isto não ocorre, no entanto por ter sido atingido no mês de maio, junho e agosto, o limite de área a ser irrigado de 300ha.

Também não houve alteração na área irrigada, receita líquida e padrão de escolha da culturas, respectivas áreas irrigadas para os cenários de sustentabilidade do cenário médio. Um percentual 12,22% das afluências são usadas para irrigação com 74,15% das afluências, liberadas como descarga de fundo. O reservatório permanece quase cheio na maior parte do ano, mas, mesmo assim ele é eficiente do ponto de vista de evaporação, pois apenas 4,19% das afluências são perdidas por evaporação.

A capacidade do reservatório representa 281,89% das afluências médias mensais e 23,49% da afluência média anual.

8.2.4. Reservatório de Machado (Tabelas 8.13 a 8.16)

Analisando conjuntamente as Tabelas referente a todos os reservatórios relativo ao cenário climático médio, Tabelas 8.13 a 8.16., observou-se que, apesar do reservatório Machado ser o penúltimo em termos de capacidade, ele é o que recebe a maior afluência, atende a demanda da cidade de Santa Cruz do Capibaribe, de $220300\text{m}^3/\text{mês}$, tem potencial para irrigar integralmente uma área de 185ha, com um volume médio de $78542\text{m}^3/\text{mês}$, mantém o volume de sustentabilidade de 50% da capacidade máxima no início de janeiro e ainda libera para jusante uma vazão média de $3751158\text{m}^3/\text{mês}$.

Questionou-se qual a razão do nível do reservatório ter baixado tanto nesses meses e ao mesmo tempo ter havido uma descarga de fundo de 4102700m^3 no mês de abril e maio, não

8.3. A SITUAÇÃO CLIMÁTICA SECA.

Em virtude dos resultados do desempenho de cada reservatório terem sido exaustivamente comentados para o cenário climático médio iremos apenas tecer uma breve consideração com relação ao cenário seco para o desempenho de cada um dos reservatórios.

8.3.1. Reservatório de Jataúba (Tabelas 8.21 a 8.23)

Para o reservatório de Jataúba, para um mesmo cenário de sustentabilidade, 50% da capacidade máxima a vazão afluyente reduzida de 112.308m^3 para 66.697m^3 do cenário médio para o seco, reduzirá a área irrigada de 204,26ha para 85,51ha, respectivamente, ou seja, 58,14% de redução. Convém ressaltar a alta perda evaporativa de 34,89% das afluências médias mensais.

8.3.2. Reservatório de Poço Fundo (Tabelas 8.24 a 8.26)

Da mesma forma que no cenário médio, para o cenário seco não houve região viável para volumes de sustentabilidade iguais ao inicial. Dos cenários de sustentabilidade testadas o de melhor desempenho foi de volume inicial de 80% da capacidade máxima e volume de sustentabilidade de 56% da capacidade máxima, com irrigação de 71 ha e receita líquida de R\$ 697.745,00.

8.3.3. Reservatório de Oitis (Tabelas 8.27 a 8.29)

O reservatório de Oitis apresentou um aumento percentual de perdas evaporativas de 4,19% das afluências no cenário médio para 11,40% no cenário seco.

Foi possível irrigar a mesma área e obter uma receita um pouco menor que no cenário médio, em virtude do maior uso de água para irrigação de uma média 130.908m^3 para 198.100m^3 .

Como o reservatório não tem demanda fixa, e as afluências no ano seco correspondem a 156,0% da capacidade do reservatório, houve irrigação até o limite de 300 ha e ainda houve

água para liberar a jusante. Portanto, o reservatório tem um grande potencial para irrigar culturas perenes, uma vez, que mesmo no período seco, tem água suficiente.

8.3.4. Reservatório de Machado

Para o reservatório Machado não foi possível encontrar uma região viável, e, conseqüentemente, um ponto ótimo para todas as situações de sustentabilidade testadas, em função da demanda fixa já representar 104,34% das aflúências.

8.3.5. Reservatório de Tabocas (Tabelas 8.30)

Não houve região viável para sustentabilidade na maioria dos cenários testados. Dos cenários testados de sustentabilidade não houve região viável e foi possível irrigar no máximo 29,97 ha para uma situação de volume inicial de 80% da capacidade máxima e volume de sustentabilidade de 24% desta capacidade máxima do reservatório.

8.4. A SITUAÇÃO CLIMÁTICA CHUVOSA (Tabelas 8.31 a 8.35)

Com relação a Jataúba, houve um aumento considerável na área irrigada e, conseqüentemente, na receita líquida, havendo liberações de vazão para jusante nos meses de abril a julho.

Com relação a Oitis, Machado e Tabocas não houveram alterações na área irrigada com relação ao cenário médio, porque já tinha sido atingido a área máxima a ser irrigada, havendo apenas um aumento considerável nas vazões liberadas para jusante por estes reservatórios.

Interessante observar que o volume operacional médio do reservatório permanece mais alto no cenário médio do que no chuvoso para os reservatórios de Machado e Oitis, e o inverso ocorreu para os reservatórios de Tabocas com um volume operacional médio no cenário chuvoso de 8.912.800m³ e no cenário médio de 3.676.708 m³ e de Jataúba que variou de 739.442m³ no chuvoso para 453.133 no médio.

Com relação a Poço Fundo houve uma redução na área irrigada de 464,37 ha no médio para 419,86 ha no chuvoso. Isto aconteceu porque no cenário médio não foi possível atingir

uma sustentabilidade igual ao volume inicial, tendo-se conseguido apenas 35% da capacidade como volume final.

No cenário chuvoso foi possível atender a sustentabilidade de 50% da capacidade. O reservatório de Poço Fundo, devido a sua grande capacidade em relação as aflúências foi o único a não liberar vazões para jusante e nem atingir a capacidade máxima no mesmo período chuvoso.

8.5- VAZÕES A JUSANTE DE POÇO FUNDO

Utilizando o modelo CISDERGO não foi possível atender os 2,86 m³/s de vazão regularizada por Poço Fundo para diluição de toda a carga poluidora lançada pelo município de Santa Cruz do Capibaribe e industrias ali localizadas.

Foram testados vários cenários com diferentes volumes iniciais e critérios de sustentabilidade, em todos os resultados oferecidos pelo modelo CISDERGO o reservatório de Poço Fundo não verteu e nem descarregou vazões, não podendo desta forma atender a vazão para diluição da carga poluidora.

Uma sugestão seria diminuir a vazão retirada de Poço fundo que vai para irrigação liberando-se desta forma mais vazão para diluição da carga poluidora. Outra sugestão seria também diminuir as vazões para irrigação de Jataúba, regularizando desta forma uma maior vazão para poço Fundo.

Tabela 8.1 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário Cm1.

Cm1

Res. Jataúba (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	31.000	103.700	0	0	0	17.100	528.800
Fevereiro	24.500	155.500	0	0	0	213.700	454.900
Março	20.700	233.300	0	0	0	245.400	436.700
Abril	16.800	285.100	0	0	0	357.900	362.500
Maió	11.700	181.400	0	0	0	229.600	310.900
Junho	10.700	129.600	0	0	0	9.100	427.300
Julho	13.600	103.700	0	0	0	13.900	509.100
Agosto	18.000	25.900	0	0	0	16.300	503.300
Setembro	20.900	25.900	0	0	0	12.100	497.700
Outubro	28.600	25.900	0	0	0	16.900	479.600
Novembro	29.900	25.900	0	0	0	18.300	459.100
Dezembro	29.000	51.800	0	0	0	17.700	467.700
média	21.283	112.308	0	0	0	97.333	453.133

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	4,90	144.061	Volume máximo reservatório	935.320
Tomate	179,26	87,76	4.911.760	Volume mínimo reservatório	64.330
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	2,45	873	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,45	3.630		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,45	2.203		
Total	204,26	100,00	5.062.528		

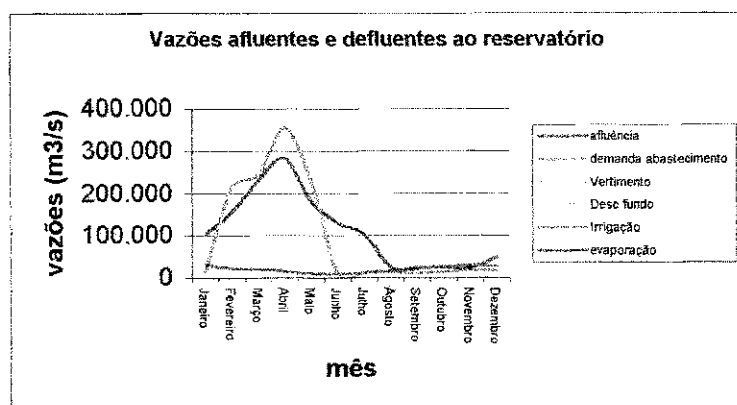


Tabela 8.2 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário Cm2.

Cm2

Res. Jataúba (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	35.800	103.700	0	0	0	17.100	618.400
Fevereiro	28.300	155.500	0	0	0	207.100	548.600
Março	24.500	233.300	0	0	0	237.700	537.000
Abril	20.600	285.100	0	0	0	346.600	473.800
Mai	15.100	181.400	0	0	0	222.700	428.100
Junho	13.600	129.600	0	0	0	9.100	543.400
Julho	16.500	103.700	0	0	0	13.900	623.500
Agosto	21.400	25.900	0	0	0	16.300	614.900
Setembro	24.800	25.900	0	0	0	12.100	605.700
Outubro	33.800	25.900	0	0	0	16.900	582.700
Novembro	35.300	25.900	0	0	0	18.300	557.100
Dezembro	34.100	51.800	0	0	0	17.700	561.200
média	25.317	112.308	0	0	0	94.625	557.867

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,04	144.061	Volume máximo reservatório	935.320
Tomate	173,38	87,40	4.750.620	Volume mínimo reservatório	64.330
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,6*vol max
Feijão	5,00	2,52	873	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,52	3.630		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,52	2.203		
Total	198,38	100,00	4.901.388		

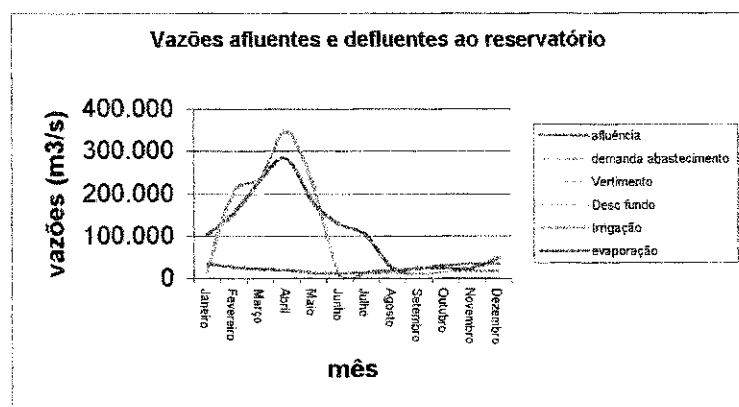


Tabela 8.3 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário Cm3.

Cm3

Res. Jataúba (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	40.500	103.700	0	0	0	17.100	708.100
Fevereiro	32.000	155.500	0	0	0	200.700	642.300
Março	28.200	233.300	0	0	0	230.400	636.900
Abril	24.100	285.100	0	0	0	335.800	584.200
Maio	18.300	181.400	0	0	0	216.000	544.300
Junho	16.300	129.600	0	0	0	9.100	658.600
Julho	19.100	103.700	0	0	0	13.900	737.100
Agosto	24.600	25.900	0	0	0	16.300	725.700
Setembro	28.400	25.900	0	0	0	12.100	713.100
Outubro	38.800	25.900	0	0	0	16.900	685.400
Novembro	40.500	25.900	0	0	0	18.300	654.900
Dezembro	39.000	51.800	0	0	0	17.700	654.700
média	29.150	112.308	0	0	0	92.025	662.108

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,19	144.061	Volume máximo reservatório	935.320
Tomate	167,74	87,03	4.596.090	Volume mínimo reservatório	64.330
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,7*vol máx
Feijão	5,00	2,59	873	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,59	3.630		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,59	2.203		
Total	192,74	100,00	4.746.858		

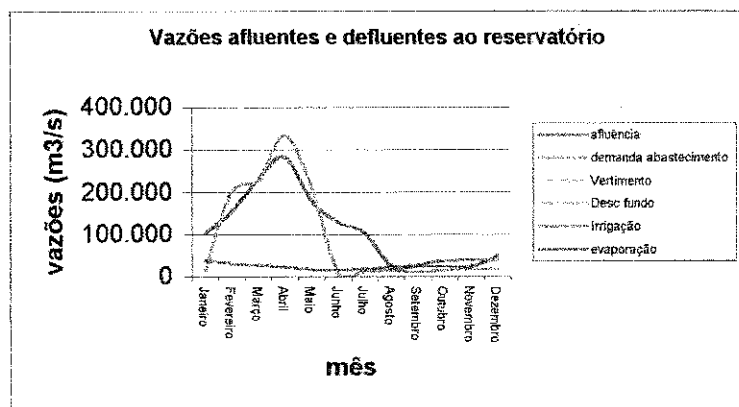


Tabela 8.4 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário Cm4.

Cm4

Res. Jataúba (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	31.000	103.700	0	0	0	17.100	528.800
Fevereiro	24.500	155.500	0	0	0	213.700	454.900
Março	20.700	233.300	0	0	0	245.400	436.700
Abril	16.800	285.100	0	0	0	357.900	362.500
Maio	11.700	181.400	0	0	0	229.600	310.900
Junho	10.700	129.600	0	0	0	9.100	427.300
Julho	13.600	103.700	0	0	0	13.900	509.100
Agosto	18.000	25.900	0	0	0	16.300	503.300
Setembro	20.900	25.900	0	0	0	12.100	497.700
Outubro	28.600	25.900	0	0	0	16.900	479.600
Novembro	29.900	25.900	0	0	0	18.300	459.100
Dezembro	29.000	51.800	0	0	0	17.700	467.700
média	21.283	112.308	0	0	0	97.333	453.133

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	4,90	144.061	Volume máximo reservatório	935.320
Tomate	179,26	87,76	4.911.760	Volume mínimo reservatório	64.330
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	2,45	873	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,45	3.630		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,45	2.203		
Total	204,26	100,00	5.062.528		

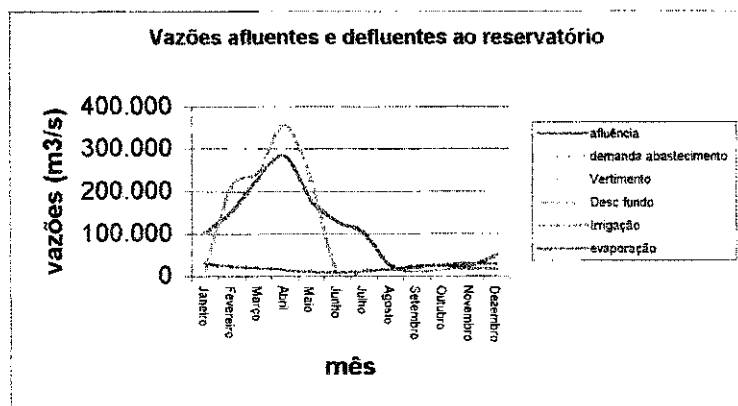


Tabela 8.5 - Resultados obtidos para o reservatório de Poço Fundo no cenário Cm1.

Cm1

Res. Poço F. (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	672.600	129.600	155.500	0	0	85.800	13.104.000
Fevereiro	517.300	285.100	155.500	0	0	251.900	12.641.600
Março	471.900	466.600	155.500	0	0	31.200	12.797.500
Abril	425.900	622.100	155.500	0	0	116.100	13.054.400
Mai	346.700	337.000	155.500	0	0	149.800	12.963.300
Junho	292.800	311.000	155.500	0	0	9.600	13.000.000
Julho	303.000	285.100	155.500	0	0	23.600	12.971.400
Agosto	367.700	103.700	155.500	0	0	214.600	12.431.100
Setembro	414.500	77.800	155.500	0	0	204.500	11.764.400
Outubro	551.100	25.900	155.500	0	0	84.400	11.015.000
Novembro	565.800	77.800	155.500	0	0	91.000	10.292.800
Dezembro	527.800	103.700	155.500	0	0	85.200	9.670.500
média	454.758	235.450	155.500	0	0	112.308	12.142.167

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,77	727.309	Volume máximo reservatório	27.630.000
Tomate	270,00	58,14	7.449.780	Volume mínimo reservatório	308.400
Melancia	114,37	24,63	254.213	Volume inicial	0,5*vol máxc
Feijão	10,00	2,15	2.781	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	10,00	2,15	7.802		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	10,00	2,15	5.304		
Total	464,37	100,00	8.447.189		

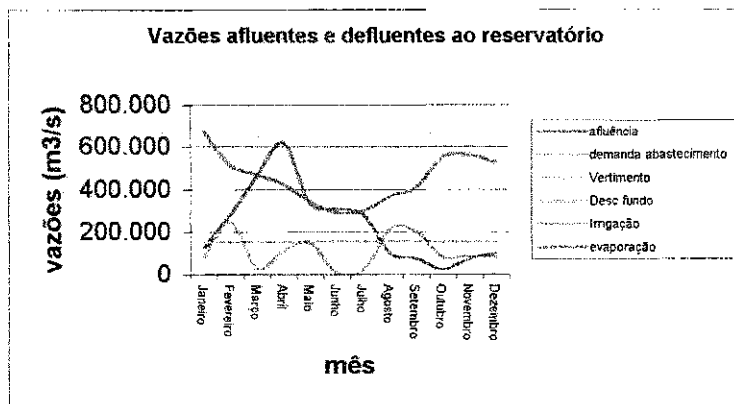


Tabela 8.6 - Resultados obtidos para o reservatório de Poço Fundo no cenário Cm2.

Cm2

Res.Poço F. (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	780.900	129.600	155.500	0	0	85.800	15.770.500
Fevereiro	601.700	285.100	155.500	0	0	251.900	15.252.700
Março	548.600	466.600	155.500	0	0	31.200	15.388.400
Abril	493.600	622.100	155.500	0	0	116.100	15.630.400
Mai	401.100	337.000	155.500	0	0	149.800	15.520.100
Junho	338.600	311.000	155.500	0	0	9.600	15.539.700
Julho	349.900	285.100	155.500	0	0	30.100	15.483.800
Agosto	423.600	103.700	155.500	0	0	341.300	14.775.200
Setembro	475.700	77.800	155.500	0	0	321.500	13.934.700
Outubro	632.200	25.900	155.500	0	0	84.400	13.106.400
Novembro	650.800	77.800	155.500	0	0	91.000	12.301.100
Dezembro	608.500	103.700	155.500	0	0	85.200	11.604.600
média	525.433	235.450	155.500	0	0	133.158	14.525.633

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	9,01	727.309	Volume máximo reservatório	27.630.000
Tomate	270,00	48,65	7.449.780	Volume mínimo reservatório	308.400
Melancia	204,95	36,93	455.546	Volume inicial	0,6*vol máx
Feijão	10,00	1,80	2.781	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	10,00	1,80	7.802		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	10,00	1,80	5.304		
Total	554,95	100,00	8.648.522		

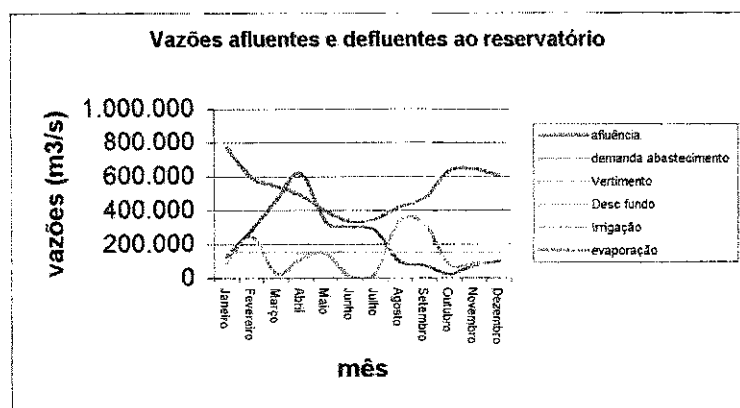


Tabela 8.7 - Resultados obtidos para o reservatório de Poço Fundo no cenário Cm3.

Cm3

Res. Poço F. (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	990.500	129.600	155.500	0	0	85.800	21.109.800
Fevereiro	765.200	285.100	155.500	0	0	251.900	20.484.500
Março	697.500	466.600	155.500	0	0	31.200	20.581.100
Abril	625.200	622.100	155.500	0	0	116.100	20.794.200
Mai	506.900	337.000	155.500	0	0	149.800	20.646.400
Junho	427.600	311.000	155.500	0	0	9.600	20.632.900
Julho	441.200	285.100	155.500	0	0	36.200	20.530.300
Agosto	534.000	103.700	155.500	0	0	460.200	19.620.500
Setembro	600.400	77.800	155.500	0	0	431.400	18.554.500
Outubro	800.400	25.900	155.500	0	0	84.400	17.562.700
Novembro	827.400	77.800	155.500	0	0	91.000	16.584.700
Dezembro	776.500	103.700	155.500	0	0	85.200	15.733.700
média	666.067	235.450	155.500	0	0	152.733	19.402.942

Cultura	Area Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	7,81	727.309	Volume máximo reservatório	27.630.000
Tomate	270,00	42,19	7.449.780	Volume mínimo reservatório	308.400
Melancia	290,00	45,31	644.602	Volume inicial	0,8*vol máx
Feijão	10,00	1,56	2.781	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	10,00	1,56	7.802		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	10,00	1,56	5.304		
Total	640,00	100,00	8.837.578		

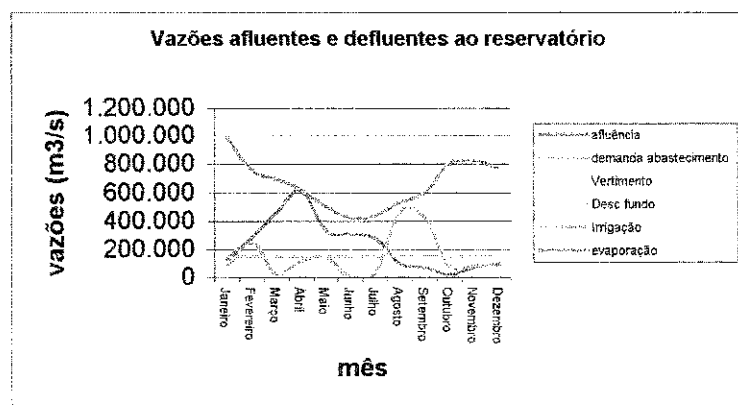


Tabela 8.8 - Resultados obtidos para o reservatório de Poço Fundo no cenário Cm4.

Cm4

Res. Poço F.		(m ³)					
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	672.600	129.600	155.500	0	0	85.800	13.104.000
Fevereiro	517.300	285.100	155.500	0	0	251.900	12.641.600
Março	471.900	466.600	155.500	0	0	31.200	12.797.500
Abril	425.900	622.100	155.500	0	0	116.100	13.054.400
Maio	346.700	337.000	155.500	0	0	149.800	12.963.300
Junho	292.800	311.000	155.500	0	0	9.600	13.000.000
Julho	303.000	285.100	155.500	0	0	23.600	12.971.400
Agosto	367.700	103.700	155.500	0	0	214.600	12.431.100
Setembro	414.500	77.800	155.500	0	0	204.500	11.764.400
Outubro	551.100	25.900	155.500	0	0	84.400	11.015.000
Novembro	565.800	77.800	155.500	0	0	91.000	10.292.800
Dezembro	527.800	103.700	155.500	0	0	85.200	9.670.500
média	454.758	235.450	155.500	0	0	112.308	12.142.167

Cultura	Área Irigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,77	727.309	Volume máximo reservatório	27.630.000
Tomate	270,00	58,14	7.449.780	Volume mínimo reservatório	308.400
Melancia	114,37	24,63	254.213	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	10,00	2,15	2.781	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	10,00	2,15	7.802		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	10,00	2,15	5.304		
Total	464,37	100,00	8.447.189		

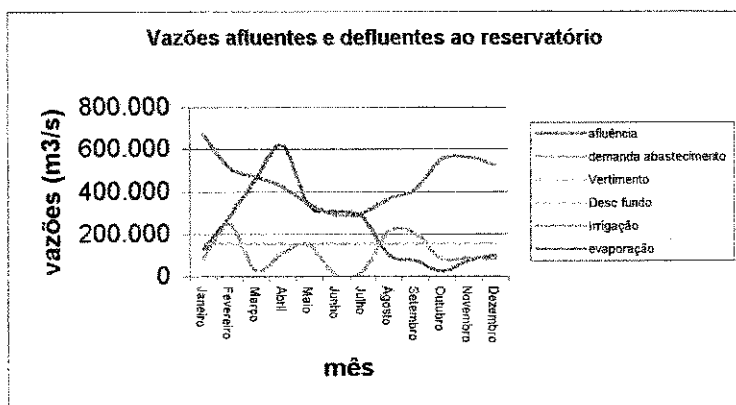


Tabela 8.9 - Resultados obtidos para o reservatório de Oitis no cenário Cm1.

Cm1

Res. Oitis	(m ³)						
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	37.900	622.100	0	0	1.295.900	79.700	729.200
Fevereiro	25.300	1.684.800	0	0	1.295.900	108.600	1.000.900
Março	32.300	2.021.800	0	0	1.295.900	4.700	1.732.100
Abril	41.400	2.669.800	0	0	1.295.900	105.400	3.020.200
Maio	38.300	1.036.800	0	0	1.124.000	189.900	2.739.900
Junho	32.000	1.296.000	0	0	1.124.000	30.100	2.884.900
Julho	34.000	1.373.800	0	0	1.124.000	117.800	3.020.200
Agosto	41.900	518.400	0	0	290.500	367.600	2.856.000
Setembro	47.800	544.300	0	0	305.000	309.600	2.751.000
Outubro	65.300	155.500	0	0	127.400	84.400	2.636.700
Novembro	70.400	362.900	0	0	127.400	91.300	2.716.200
Dezembro	71.700	570.200	0	0	127.400	81.800	3.020.200
média	44.858	1.071.367	0	0	794.442	130.908	2.425.625

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,00	727.379	Volume máximo reservatório	3.020.159
Tomate	150,00	30,00	4.137.280	Volume mínimo reservatório	85.174
Melancia	200,00	40,00	442.769	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	50,00	10,00	13.005	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	0,00	0,00	0		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	50,00	10,00	25.283		
Total	500,00	100,00	5.345.716		

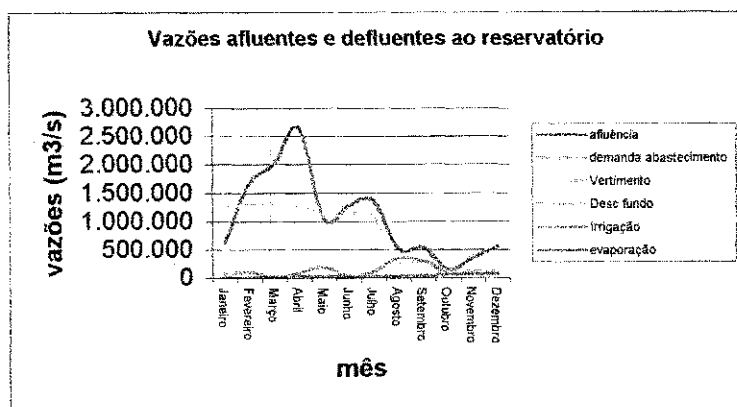


Tabela 8.10 - Resultados obtidos para o reservatório de Oitis no cenário Cm2.

Cm2

Res.Oitis	(m ³)						
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	44.100	622.100	0	0	1.370.100	79.700	952.500
Fevereiro	29.200	1.684.800	0	0	1.370.100	108.600	1.148.600
Março	34.200	2.021.800	0	0	1.370.100	4.700	1.806.100
Abril	41.900	2.669.800	0	0	1.370.100	105.400	3.020.200
Mai	38.300	1.036.800	0	0	1.124.000	189.900	2.739.900
Junho	32.000	1.296.000	0	0	1.124.000	30.100	2.884.900
Julho	34.000	1.373.800	0	0	1.124.000	117.800	3.020.200
Agosto	41.900	518.400	0	0	290.600	367.600	2.855.900
Setembro	47.800	544.300	0	0	305.100	309.600	2.750.800
Outubro	65.300	155.500	0	0	127.300	84.400	2.636.600
Novembro	70.400	362.900	0	0	127.300	91.300	2.716.200
Dezembro	71.700	570.200	0	0	127.300	81.800	3.020.200
média	45.900	1.071.367	0	0	819.167	130.908	2.462.675

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,00	727.379	Volume máximo reservatório	3.020.159
Tomate	150,00	30,00	4.137.280	Volume mínimo reservatório	85.174
Melancia	200,00	40,00	442.769	Volume inicial	0,6*vol máx
Feijão	50,00	10,00	13.005	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	0,00	0,00	0		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	50,00	10,00	25.283		
Total	500,00	100,00	5.345.716		

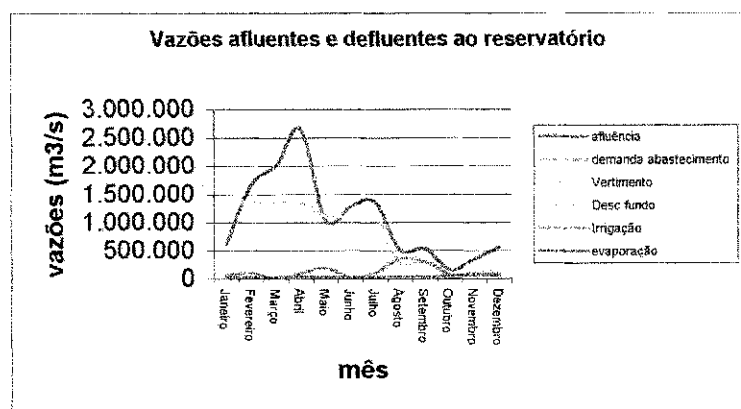


Tabela 8.11 - Resultados obtidos para o reservatório de Oitis no cenário Cm3.

Cm3

Res.Oitis	(m ³)						
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	49.900	622.100	0	0	1.444.500	79.700	1.176.000
Fevereiro	32.900	1.684.800	0	0	1.444.500	108.600	1.296.400
Março	36.100	2.021.800	0	0	1.444.500	4.700	1.880.200
Abril	42.400	2.669.800	0	0	1.444.500	105.400	3.020.200
Mai	38.300	1.036.800	0	0	1.124.000	189.900	2.739.900
Junho	32.000	1.296.000	0	0	1.124.000	30.100	2.884.900
Julho	34.000	1.373.800	0	0	1.124.000	117.800	3.020.200
Agosto	41.900	518.400	0	0	290.600	367.600	2.855.900
Setembro	47.800	544.300	0	0	305.100	309.600	2.750.700
Outubro	65.300	155.500	0	0	127.300	84.400	2.636.500
Novembro	70.400	362.900	0	0	127.300	91.300	2.716.100
Dezembro	71.700	570.200	0	0	127.300	81.800	3.020.200
média	46.892	1.071.367	0	0	843.967	130.908	2.499.767

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,00	727.379	Volume máximo reservatório	3.020.159
Tomate	150,00	30,00	4.137.280	Volume mínimo reservatório	85.174
Melancia	200,00	40,00	442.769	Volume inicial	0,7*vol máx
Feijão	50,00	10,00	13.005	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	0,00	0,00	0		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	50,00	10,00	25.283		
Total	500,00	100,00	5.345.716		

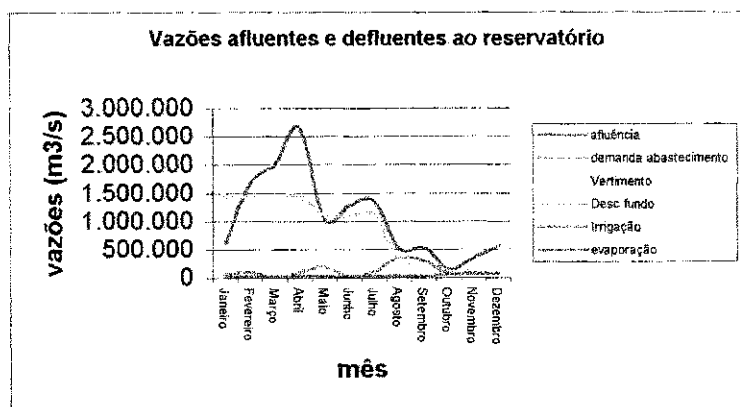


Tabela 8.12 - Resultados obtidos para o reservatório de Oitis no cenário Cm4.

Cm4

Res.Oitis	(m ³)						
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	37.900	622.100	0	0	1.295.900	79.700	729.200
Fevereiro	25.300	1.684.800	0	0	1.295.900	108.600	1.000.900
Março	32.300	2.021.800	0	0	1.295.900	4.700	1.732.100
Abril	41.400	2.669.800	0	0	1.295.900	105.400	3.020.200
Mai	38.300	1.036.800	0	0	1.124.000	189.900	2.739.900
Junho	32.000	1.296.000	0	0	1.124.000	30.100	2.884.900
Julho	34.000	1.373.800	0	0	1.124.000	117.800	3.020.200
Agosto	41.900	518.400	0	0	290.500	367.600	2.856.000
Setembro	47.800	544.300	0	0	305.000	309.600	2.751.000
Outubro	65.300	155.500	0	0	127.400	84.400	2.636.700
Novembro	70.400	362.900	0	0	127.400	91.300	2.716.200
Dezembro	71.700	570.200	0	0	127.400	81.800	3.020.200
média	44.858	1.071.367	0	0	794.442	130.908	2.425.625

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,00	727.379	Volume máximo reservatório	3.020.159
Tomate	150,00	30,00	4.137.280	Volume mínimo reservatório	85.174
Melancia	200,00	40,00	442.769	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	50,00	10,00	13.005	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	0,00	0,00	0		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	50,00	10,00	25.283		
Total	500,00	100,00	5.345.716		

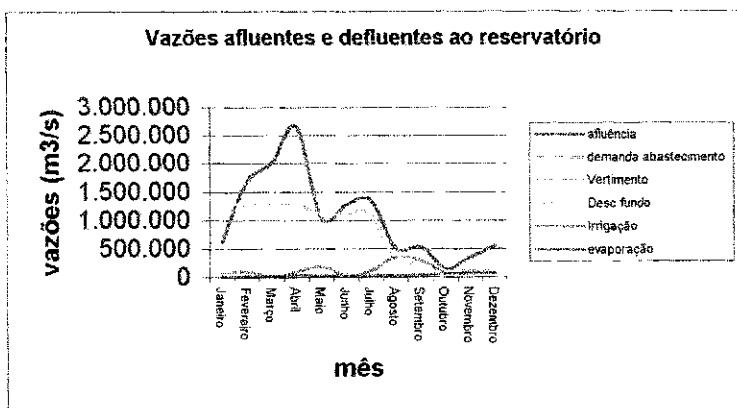


Tabela 8.13 - Resultados obtidos para o reservatório de Machado no cenário Cm1.

Cm1

Res.Machado (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	121.700	648.000	220.300	0	575.500	17.700	342.300
Fevereiro	90.400	855.400	220.300	0	575.500	102.400	238.200
Março	80.900	2.229.100	220.300	0	1.893.900	121.800	203.300
Abril	69.900	4.432.300	220.300	0	4.102.700	205.600	84.100
Mai	55.200	4.458.200	220.300	0	4.130.400	95.900	84.100
Junho	47.300	5.209.900	220.300	0	4.908.900	8.100	144.500
Julho	57.400	5.987.500	220.300	0	4.908.900	69.700	909.800
Agosto	82.300	5.443.200	220.300	0	4.908.900	137.500	1.031.100
Setembro	97.700	5.313.600	220.300	0	4.908.900	130.700	994.800
Outubro	133.100	4.950.700	220.300	0	4.700.100	16.900	879.400
Novembro	140.900	5.054.400	220.300	0	4.700.100	18.300	856.300
Dezembro	146.100	5.443.200	220.300	0	4.700.100	17.900	1.227.700
média	93.575	4.168.792	220.300	0	3.751.158	78.542	582.967

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,41	144.007	Volume máximo reservatório	1.227.700
Tomate	75,00	40,54	2.052.510	Volume mínimo reservatório	84.066
Melancia	85,00	45,95	185.718	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	2,70	784	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,70	3.541		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,70	2.314		
Total	185,00	100,00	2.388.874		

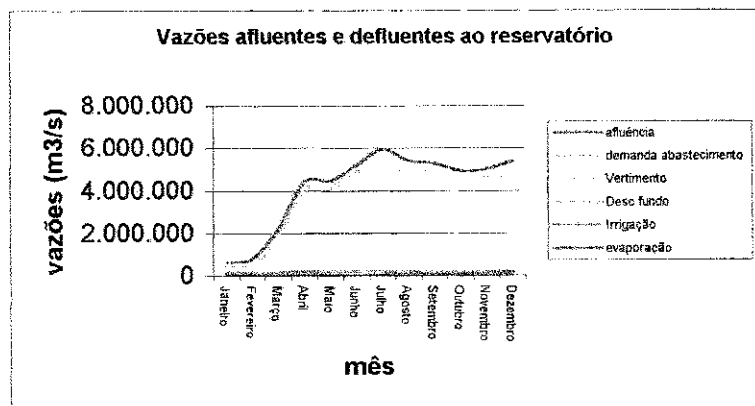


Tabela 8.14 - Resultados obtidos para o reservatório de Machado no cenário Cm2.

Cm2

Res.Machado (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	124.300	699.800	220.300	0	752.600	17.700	337.500
Fevereiro	87.500	881.300	220.300	0	752.600	102.400	84.100
Março	77.200	1.114.600	220.300	0	703.600	121.800	126.200
Abril	68.700	4.587.800	220.300	0	4.181.500	205.600	84.100
Mai	55.200	4.587.800	220.300	0	4.260.000	95.900	84.100
Junho	47.700	5.287.700	220.300	0	4.942.900	8.100	188.100
Julho	58.500	6.039.400	220.300	0	4.942.900	69.700	970.700
Agosto	83.400	5.443.200	220.300	0	4.942.900	137.500	1.057.200
Setembro	98.100	5.313.600	220.300	0	4.934.600	130.700	994.800
Outubro	133.100	4.950.700	220.300	0	4.700.100	16.900	879.400
Novembro	140.900	5.054.400	220.300	0	4.700.100	18.300	856.300
Dezembro	146.100	5.443.200	220.300	0	4.700.100	17.900	1.227.700
média	93.392	4.116.958	220.300	0	3.709.492	78.542	574.183

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,41	144.007	Volume máximo reservatório	1.227.700
Tomate	75,00	40,54	2.052.510	Volume mínimo reservatório	84.066
Melancia	85,00	45,95	185.718	Volume inicial	0,6*vol máx
Feijão	5,00	2,70	784	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,70	3.541		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,70	2.314		
Total	185,00	100,00	2.388.874		

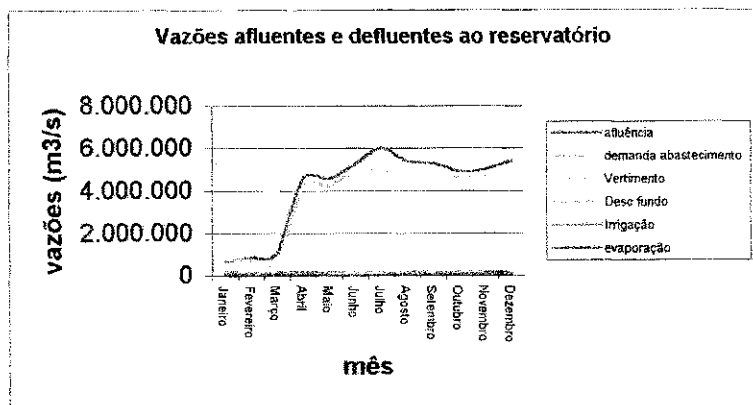


Tabela 8.15 - Resultados obtidos para o reservatório de Machado no cenário Cm3.

Cm3

Res. Machado (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	130.300	181.400	220.300	0	208.600	17.700	480.700
Fevereiro	93.000	362.900	220.300	0	208.600	102.400	249.200
Março	81.400	596.200	220.300	0	255.300	121.800	219.700
Abril	70.600	4.199.000	220.300	0	3.852.400	205.600	117.200
Maió	55.600	4.147.200	220.300	0	3.852.400	95.900	84.100
Junho	46.900	4.821.100	220.300	0	4.553.900	8.100	110.800
Julho	55.600	5.521.000	220.300	0	4.553.900	69.700	765.300
Agosto	79.500	5.158.100	220.300	0	4.553.900	137.500	958.300
Setembro	95.800	4.976.600	220.300	0	4.553.900	130.700	941.700
Outubro	131.300	4.821.100	220.300	0	4.553.900	16.900	844.700
Novembro	139.800	4.924.800	220.300	0	4.553.900	18.300	839.400
Dezembro	145.700	5.313.600	220.300	0	4.553.900	17.900	1.227.700
média	93.792	3.751.917	220.300	0	3.354.550	78.542	569.900

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,41	144.007	Volume máximo reservatório	1.227.700
Tomate	75,00	40,54	2.052.510	Volume mínimo reservatório	84.066
Melancia	85,00	45,95	185.718	Volume inicial	0,7*vol inic
Feijão	5,00	2,70	784	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,70	3.541		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,70	2.314		
Total	185,00	100,00	2.388.874		

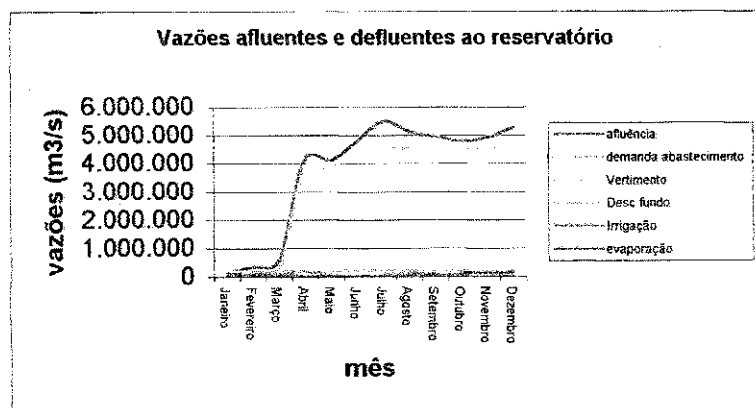


Tabela 8.16 - Resultados obtidos para o reservatório de Machado no cenário Cm4.

Cm4

Res.Machado (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	121.700	648.000	220.300	0	575.500	17.700	342.300
Fevereiro	90.400	855.400	220.300	0	575.500	102.400	238.200
Março	80.900	2.229.100	220.300	0	1.893.900	121.800	203.300
Abril	69.900	4.432.300	220.300	0	4.102.700	205.600	84.100
Maió	55.200	4.458.200	220.300	0	4.130.400	95.900	84.100
Junho	47.300	5.209.900	220.300	0	4.908.900	8.100	144.500
Julho	57.400	5.987.500	220.300	0	4.908.900	69.700	909.800
Agosto	82.300	5.443.200	220.300	0	4.908.900	137.500	1.031.100
Setembro	97.700	5.313.600	220.300	0	4.908.900	130.700	994.800
Outubro	133.100	4.950.700	220.300	0	4.700.100	16.900	879.400
Novembro	140.900	5.054.400	220.300	0	4.700.100	18.300	856.300
Dezembro	146.100	5.443.200	220.300	0	4.700.100	17.900	1.227.700
média	93.575	4.168.792	220.300	0	3.751.158	78.542	582.967

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,41	144.007	Volume máximo reservatório	1.227.700
Tomate	75,00	40,54	2.052.510	Volume mínimo reservatório	84.066
Melancia	85,00	45,95	185.718	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	2,70	784	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,70	3.541		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,70	2.314		
Total	185,00	100,00	2.388.874		

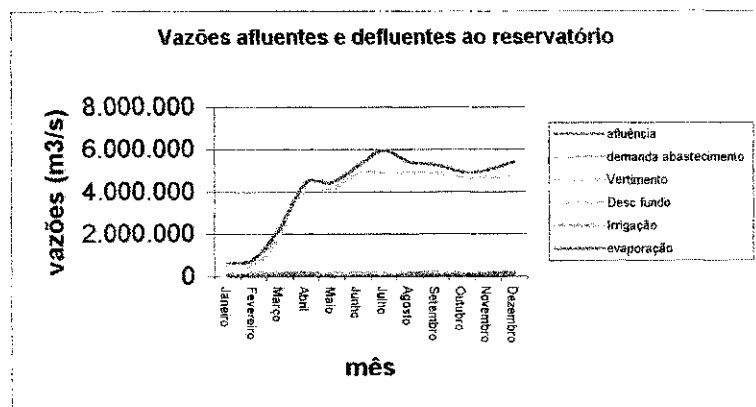


Tabela 8.17 - Resultados obtidos para o reservatório de Tabocas no cenário Cm1.

Cm1

Res. Tabocas (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	123.200	414.700	603.900	0	0	14.900	3.083.100
Fevereiro	95.100	725.800	603.900	0	0	33.600	3.141.600
Março	92.500	1.088.600	603.900	0	0	127.100	3.465.000
Abril	95.300	1.477.400	603.900	0	0	87.800	4.275.800
Maio	85.500	725.800	603.900	0	0	42.000	4.367.100
Junho	75.200	803.500	603.900	0	0	0	4.648.400
Julho	82.100	855.400	603.900	0	0	17.300	4.900.500
Agosto	98.300	233.300	603.900	0	0	134.800	4.331.900
Setembro	101.600	207.400	603.900	0	0	120.300	3.739.300
Outubro	121.400	77.800	603.900	0	0	16.900	3.074.900
Novembro	113.600	388.800	603.900	0	0	18.300	2.732.600
Dezembro	99.200	337.000	603.900	0	0	17.800	2.360.300
média	98.583	611.292	603.900	0	0	52.567	3.676.708

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m ³
Banana	10,00	5,41	145.289	Volume máximo reservatório	11.220.000
Tomate	75,00	40,54	2.063.010	Volume mínimo reservatório	211.639
Melancia	85,00	45,95	188.608	Volume inicial	0,3*vol máx
Feijão	5,00	2,70	1.081	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,70	3.838		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,70	2.646		
Total	185,00	100,00	2.404.472		

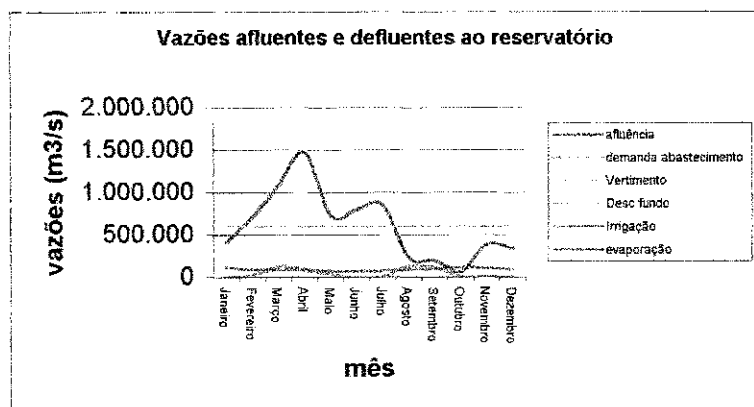


Tabela 8.18 - Resultados obtidos para o reservatório de Tabocas no cenário Cm2.

Cm2

Res. Tabocas (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	237.900	414.700	603.900	0	0	17.500	6.322.500
Fevereiro	183.900	725.800	603.900	0	0	14.100	6.314.200
Março	175.200	1.088.600	603.900	0	0	7.800	6.783.000
Abril	171.000	1.477.400	603.900	0	0	16.400	7.629.000
Mai	146.900	725.800	603.900	0	0	19.500	7.694.100
Junho	126.300	803.500	603.900	0	0	5.600	7.889.200
Julho	134.100	855.400	603.900	0	0	8.600	8.129.600
Agosto	163.000	233.300	603.900	0	0	15.800	7.615.900
Setembro	178.500	207.400	603.900	0	0	12.100	7.053.300
Outubro	227.500	77.800	603.900	0	0	16.900	6.294.100
Novembro	224.900	388.800	603.900	0	0	18.300	5.840.800
Dezembro	205.100	337.000	603.900	0	0	17.200	5.385.600
média	181.192	611.292	603.900	0	0	14.150	6.912.608

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	37,30	144.517	Volume máximo reservatório	11.220.000
Tomate	1,81	6,75	49.593	Volume mínimo reservatório	211.639
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,6*vol máx
Feijão	5,00	18,65	989	Volume sustentabilidade	0,8*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	18,65	3.668		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	18,65	2.403		
Total	26,81	100,00	201.171		

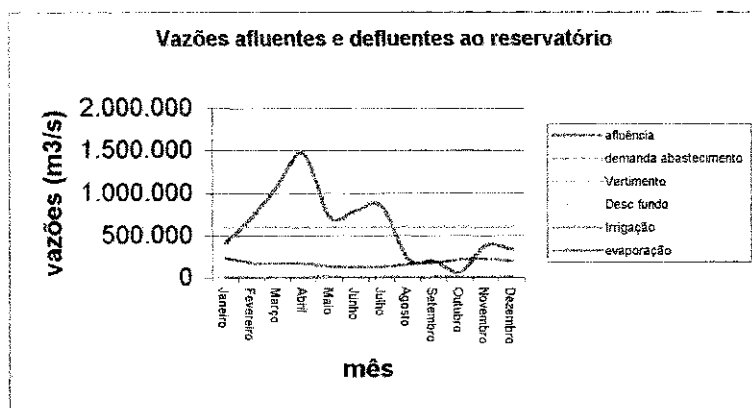


Tabela 8.19 - Resultados obtidos para o reservatório de Tabocas no cenário Cm3.

Cm3

Res. Tabocas (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	199.500	414.700	603.900	0	0	17.500	5.233.200
Fevereiro	152.900	725.800	603.900	0	0	94.500	5.164.000
Março	145.300	1.088.600	603.900	0	0	55.400	5.586.600
Abril	142.300	1.477.400	603.900	0	0	154.000	6.296.900
Mai	121.700	725.800	603.900	0	0	101.400	6.286.400
Junho	104.400	803.500	603.900	0	0	5.600	6.481.400
Julho	111.300	855.400	603.900	0	0	37.000	6.693.800
Agosto	133.500	233.300	603.900	0	0	132.200	6.086.800
Setembro	142.000	207.400	603.900	0	0	116.900	5.450.800
Outubro	176.200	77.800	603.900	0	0	16.900	4.740.400
Novembro	171.200	388.800	603.900	0	0	18.300	4.339.600
Dezembro	154.000	337.000	603.900	0	0	17.200	3.927.000
média	146.192	611.292	603.900	0	0	63.908	5.523.908

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,71	144.517	Volume máximo reservatório	11.220.000
Tomate	75,00	42,84	2.057.890	Volume mínimo reservatório	211.639
Melancia	75,08	42,88	164.770	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	2,86	989	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,86	3.668		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,86	2.403		
Total	175,08	100,00	2.374.238		

Vazões afluentes e defluentes ao reservatório

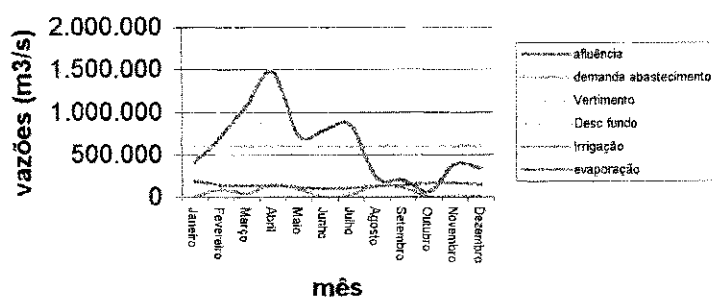


Tabela 8.20 - Resultados obtidos para o reservatório de Tabocas no cenário Cm4.

Cm3

Res. Tabocas (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	314.600	414.700	603.900	0	0	17.500	8.501.000
Fevereiro	243.400	725.800	603.900	0	0	33.000	8.436.300
Março	229.100	1.088.600	603.900	0	0	19.000	8.891.400
Abril	218.500	1.477.400	603.900	0	0	48.800	9.702.000
Mai	184.700	725.800	603.900	0	0	38.700	9.738.200
Junho	158.100	803.500	603.900	0	0	5.600	9.933.600
Julho	167.000	855.400	603.900	0	0	8.600	10.173.400
Agosto	203.300	233.300	603.900	0	0	15.800	9.628.200
Setembro	224.900	207.400	603.900	0	0	12.100	9.025.600
Outubro	290.700	77.800	603.900	0	0	16.900	8.206.400
Novembro	291.100	388.800	603.900	0	0	18.300	7.688.500
Dezembro	268.100	337.000	603.900	0	0	17.200	7.180.800
média	232.792	611.292	603.900	0	0	20.958	8.925.450

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	16,94	144.517	Volume máximo reservatório	11.220.000
Tomate	19,02	32,23	521.824	Volume mínimo reservatório	211.639
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,8*vol inic
Feijão	10,00	16,94	989	Volume sustentabilidade	0,8*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	10,00	16,94	3.668		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	10,00	16,94	2.403		
Total	59,02	100,00	673.402		

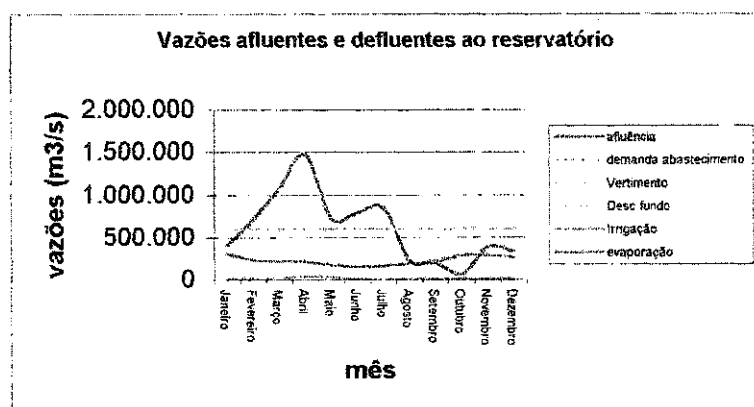


Tabela 8.21 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário Cs1.

Cs1

Res. Jataúba (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	28.900	25.900	0	0	0	18.000	449.600
Fevereiro	21.900	77.800	0	0	0	94.600	416.400
Março	25.400	337.000	0	0	0	31.200	723.100
Abril	25.200	77.800	0	0	0	218.800	563.900
Mai	17.600	77.800	0	0	0	118.500	513.100
Junho	14.900	77.800	0	0	0	11.200	570.800
Julho	16.100	25.900	0	0	0	15.700	567.900
Agosto	19.800	25.900	0	0	0	16.300	559.900
Setembro	22.400	0	0	0	0	12.100	526.000
Outubro	29.300	0	0	0	0	16.900	480.600
Novembro	29.900	25.900	0	0	0	18.300	459.700
Dezembro	29.000	51.800	0	0	0	17.900	467.700
média	23.367	66.967	0	0	0	49.125	524.892

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	11,69	143.671	Volume máximo reservatório	935.320
Tomate	60,51	70,76	1.655.040	Volume mínimo reservatório	64.330
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	5,85	754	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	5,85	3.400		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	5,85	2.065		
Total	85,51	100,00	1.804.930		

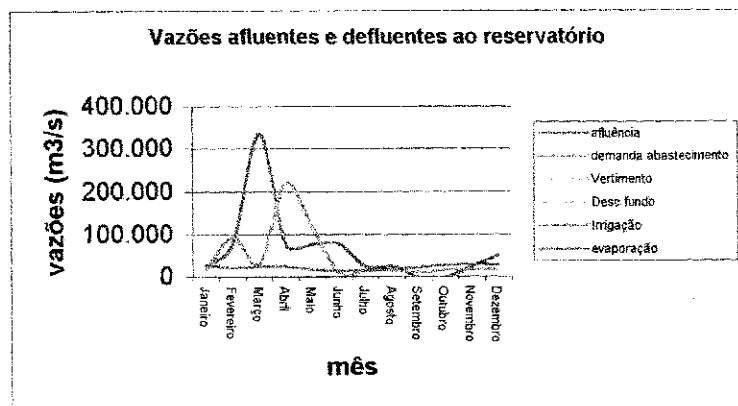


Tabela 8.22 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário Cs2.

Cs2

Res. Jataúba (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	28.900	25.900	0	0	0	18.000	449.600
Fevereiro	21.900	77.800	0	0	0	94.600	416.400
Março	25.400	337.000	0	0	0	31.200	723.100
Abril	25.200	77.800	0	0	0	218.800	563.900
Mai	17.600	77.800	0	0	0	118.500	513.100
Junho	14.900	77.800	0	0	0	11.200	570.800
Julho	16.100	25.900	0	0	0	15.700	567.900
Agosto	19.800	25.900	0	0	0	16.300	559.900
Setembro	22.400	0	0	0	0	12.100	526.000
Outubro	29.300	0	0	0	0	16.900	480.600
Novembro	29.900	25.900	0	0	0	18.300	459.700
Dezembro	29.000	51.800	0	0	0	17.900	467.700
média	23.367	66.967	0	0	0	49.125	524.892

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	11,69	143.671	Volume máximo reservatório	935.320
Tomate	60,51	70,76	1.655.040	Volume mínimo reservatório	64.330
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	5,85	754	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	5,85	3.400		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	5,85	2.065		
Total	85,51	100,00	1.804.930		

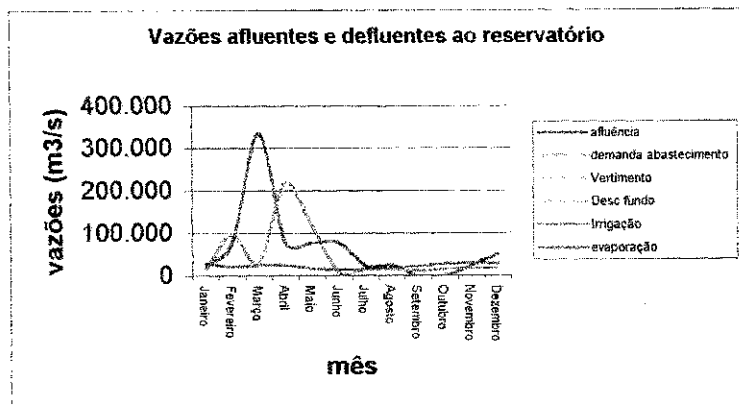


Tabela 8.23 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário Cs3.

Cs3

Res. Jataúba (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	28.900	25.900	0	0	0	18.000	449.600
Fevereiro	21.900	77.800	0	0	0	94.600	416.400
Março	25.400	337.000	0	0	0	31.200	723.100
Abril	25.200	77.800	0	0	0	218.800	563.900
Mai	17.600	77.800	0	0	0	118.500	513.100
Junho	14.900	77.800	0	0	0	11.200	570.800
Julho	16.100	25.900	0	0	0	15.700	567.900
Agosto	19.800	25.900	0	0	0	16.300	559.900
Setembro	22.400	0	0	0	0	12.100	526.000
Outubro	29.300	0	0	0	0	16.900	480.600
Novembro	29.900	25.900	0	0	0	18.300	459.700
Dezembro	29.000	51.800	0	0	0	17.900	467.700
média	23.367	66.967	0	0	0	49.125	524.892

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m ³
Banana	10,00	11,69	143.671	Volume máximo reservatório	935.320
Tomate	60,51	70,76	1.655.040	Volume mínimo reservatório	64.330
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	5,85	754	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	5,85	3.400		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	5,85	2.065		
Total	85,51	100,00	1.804.930		

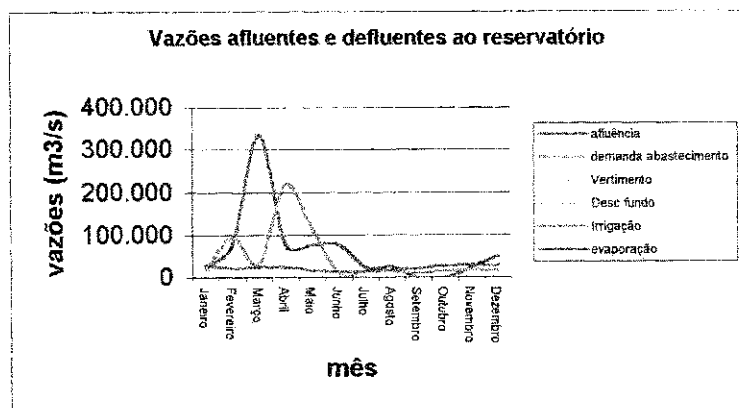


Tabela 8.24 - Resultados obtidos para o reservatório de Poço Fundo no cenário Cs1.

Cs1

Res. Poço F.		(m ³)					
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	673.100	51.800	155.500	0	0	65.800	13.127.600
Fevereiro	520.800	155.500	155.500	0	0	37.700	12.831.900
Março	480.300	362.900	155.500	0	0	10.000	13.166.500
Abril	427.600	103.700	155.500	0	0	30.300	12.813.300
Mai	341.500	129.600	155.500	0	0	23.200	12.723.200
Junho	286.700	129.600	155.500	0	0	28.300	12.565.800
Julho	292.500	51.800	155.500	0	0	20.800	12.288.700
Agosto	353.700	51.800	155.500	0	0	24.500	11.915.800
Setembro	402.400	0	155.500	0	0	22.400	11.397.000
Outubro	538.500	25.900	155.500	0	0	64.000	10.725.900
Novembro	554.100	25.900	155.500	0	0	69.200	10.024.100
Dezembro	517.800	51.800	155.500	0	0	66.400	9.456.600
média	449.083	95.025	155.500	0	0	38.550	11.919.700

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	43,19	81,86	622.041	Volume máximo reservatório	27.630.000
Tomate	0,00	0,00	0	Volume mínimo reservatório	308.400
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	3,19	6,05	547	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	3,19	6,05	2.209		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	3,19	6,05	1.381		
Total	52,76	100,00	626.177		

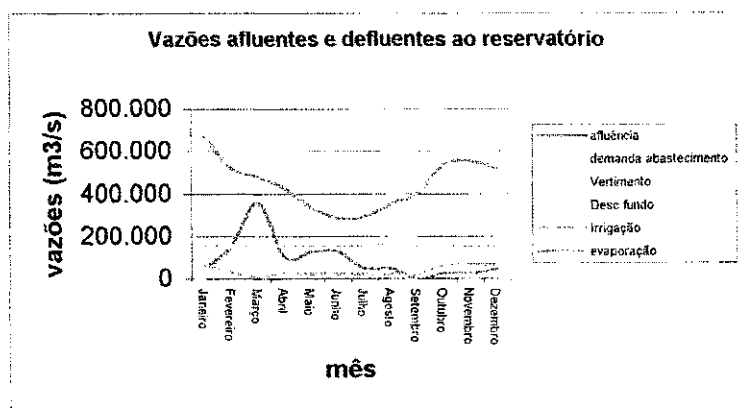


Tabela 8.25 - Resultados obtidos para o reservatório de Poço Fundo no cenário Cs2.

Cs2

Res.Poço F. (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	990.400	51.800	155.500	0	0	79.800	21.103.600
Fevereiro	767.100	155.500	155.500	0	0	51.500	20.617.100
Março	704.600	362.900	155.500	0	0	11.300	20.959.900
Abril	624.800	103.700	155.500	0	0	68.600	20.388.900
Mai	498.400	129.600	155.500	0	0	43.400	20.205.400
Junho	417.900	129.600	155.500	0	0	37.000	19.937.600
Julho	426.100	51.800	155.500	0	0	42.600	19.514.900
Agosto	515.500	51.800	155.500	0	0	50.600	18.949.800
Setembro	587.100	0	155.500	0	0	47.900	18.194.500
Outubro	787.900	25.900	155.500	0	0	77.600	17.234.000
Novembro	813.700	25.900	155.500	0	0	84.000	16.227.000
Dezembro	763.000	51.800	155.500	0	0	80.500	15.402.100
média	658.042	95.025	155.500	0	0	56.233	19.061.233

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	47,75	67,25	687.704	Volume máximo reservatório	27.630.000
Tomate	0,00	0,00	0	Volume mínimo reservatório	308.400
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,8*vol máx
Feijão	7,75	10,92	1.327	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	7,75	10,92	5.364		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	7,75	10,92	3.353		
Total	71,00	100,00	697.749		

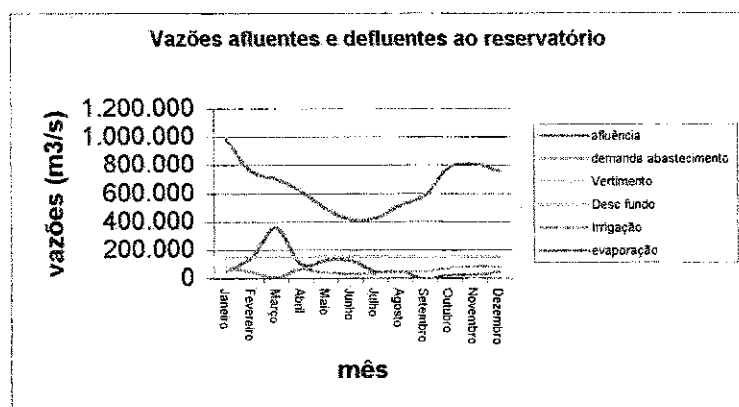


Tabela 8.26 - Resultados obtidos para o reservatório de Poço Fundo no cenário Cs3.

Cs3

Res. Poço F. (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	562.700	51.800	155.500	0	0	61.600	10.471.500
Fevereiro	435.200	155.500	155.500	0	0	33.500	10.240.100
Março	402.400	362.900	155.500	0	0	9.600	10.570.500
Abril	359.100	103.700	155.500	0	0	18.700	10.289.800
Mai	287.100	129.600	155.500	0	0	17.100	10.229.800
Junho	241.200	129.600	155.500	0	0	25.600	10.108.900
Julho	246.200	51.800	155.500	0	0	14.200	9.880.000
Agosto	297.700	51.800	155.500	0	0	16.600	9.571.200
Setembro	338.500	0	155.500	0	0	14.700	9.131.700
Outubro	452.400	25.900	155.500	0	0	59.800	8.558.600
Novembro	464.700	25.900	155.500	0	0	64.700	7.960.000
Dezembro	433.600	51.800	155.500	0	0	62.100	7.479.000
média	376.733	95.025	155.500	0	0	33.183	9.540.925

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	41,81	88,51	602.097	Volume máximo reservatório	27.630.000
Tomate	0,00	0,00	0	Volume mínimo reservatório	308.400
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,4*vol máx
Feijão	1,81	3,83	309	Volume sustentabilidade	0,7*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	1,81	3,83	1.250		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	1,81	3,83	781		
Total	47,24	100,00	604.438		

Vazões afluentes e defluentes ao reservatório

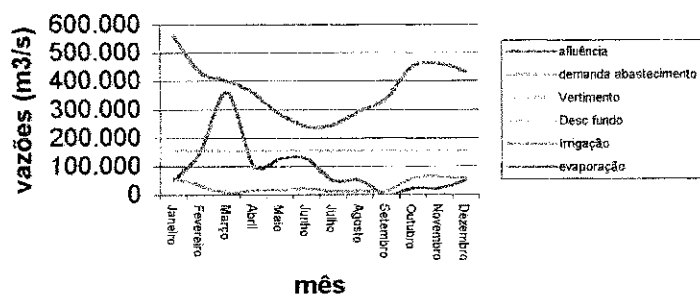


Tabela 8.27 - Resultados obtidos para o reservatório de Oitis no cenário Cs1.

Cs1

Res.Oitis	(m ³)						
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	48.100	362.900	0	0	206.100	79.100	1.553.300
Fevereiro	39.900	544.300	0	0	206.100	183.000	1.687.900
Março	45.800	1.451.500	0	0	206.100	0	2.952.600
Abril	45.500	311.000	0	0	206.100	586.800	2.442.600
Mai	35.700	596.200	0	0	206.100	174.400	2.656.600
Junho	31.600	466.600	0	0	206.100	51.300	2.859.000
Julho	32.800	181.400	0	0	35.800	291.400	2.690.200
Agosto	38.600	155.500	0	0	2.100	418.100	2.395.400
Setembro	42.100	129.600	0	0	16.300	334.000	2.139.900
Outubro	56.300	103.700	0	0	14.500	84.400	2.093.200
Novembro	60.700	181.400	0	0	14.500	89.900	2.117.200
Dezembro	60.600	233.300	0	0	14.500	84.800	2.201.600
média	44.808	393.117	0	0	111.192	198.100	2.315.792

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,00	722.597	Volume máximo reservatório	3.020.159
Tomate	150,00	30,00	4.116.650	Volume mínimo reservatório	85.174
Melancia	200,00	40,00	433.900	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	50,00	10,00	9.437	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	0,00	0,00	0		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	50,00	10,00	22.811		
Total	500,00	100,00	5.305.395		

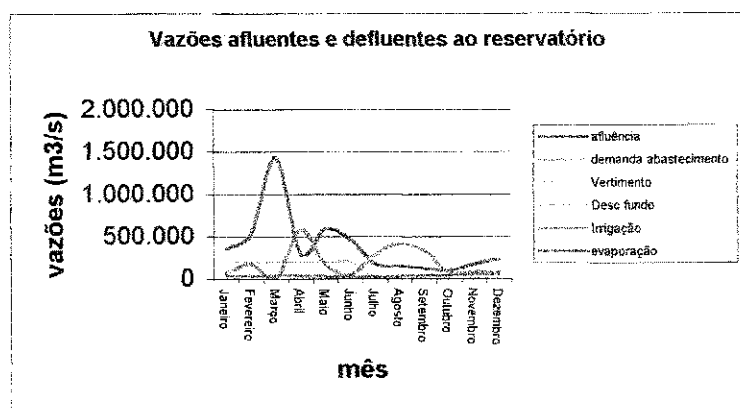


Tabela 8.28 - Resultados obtidos para o reservatório de Oitis no cenário Cs2.

Cs2

Res.Oitis	(m ³)						
	mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado
Janeiro	48.100	362.900	0	0	206.100	79.100	1.553.300
Fevereiro	39.900	544.300	0	0	206.100	183.000	1.687.900
Março	45.800	1.451.500	0	0	206.100	0	2.952.600
Abril	45.500	31.100	0	0	206.100	586.800	2.442.600
Mai	35.700	596.200	0	0	206.100	174.400	2.656.600
Junho	31.600	466.600	0	0	206.100	51.300	2.859.000
Julho	32.800	181.400	0	0	35.800	291.400	2.690.200
Agosto	38.600	155.500	0	0	2.100	418.100	2.395.400
Setembro	42.100	129.600	0	0	16.300	334.000	2.139.900
Outubro	56.300	103.700	0	0	14.500	84.400	2.093.200
Novembro	60.700	181.400	0	0	14.500	89.900	2.117.200
Dezembro	60.600	233.300	0	0	14.500	84.800	2.201.600
média	44.808	369.792	0	0	111.192	198.100	2.315.792

Cultura	Área Irigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,00	722.597	Volume máximo reservatório	3.020.159
Tomate	150,00	30,00	4.116.650	Volume mínimo reservatório	85.174
Melancia	200,00	40,00	433.900	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	50,00	10,00	9.437	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	0,00	0,00	0		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	50,00	10,00	22.811		
Total	500,00	100,00	5.305.395		

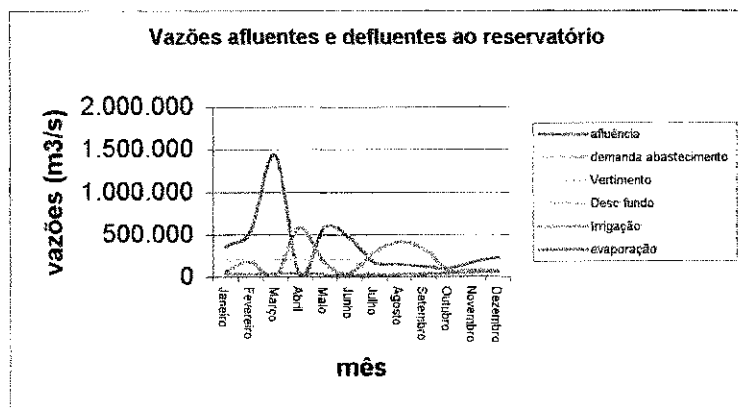


Tabela 8.29 - Resultados obtidos para o reservatório de Oitis no cenário Cs3.

Cs3

Res.Oitis	(m ³)						
	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	48.100	362.900	0	0	206.100	79.100	1.553.300
Fevereiro	39.900	544.300	0	0	206.100	183.000	1.687.900
Março	45.800	1.451.500	0	0	206.100	0	2.952.600
Abril	45.500	311.000	0	0	206.100	586.800	2.442.600
Maiο	35.700	596.200	0	0	206.100	174.400	2.656.600
Junho	31.600	466.600	0	0	206.100	51.300	2.859.000
Julho	32.800	181.400	0	0	35.800	291.400	2.690.200
Agosto	38.600	155.500	0	0	2.100	418.100	2.395.400
Setembro	42.100	129.600	0	0	16.300	334.000	2.139.900
Outubro	56.300	103.700	0	0	14.500	84.400	2.093.200
Novembro	60.700	181.400	0	0	14.500	89.900	2.117.200
Dezembro	60.600	233.300	0	0	14.500	84.800	2.201.600
média	44.808	393.117	0	0	111.192	198.100	2.315.792

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,00	722.597	Volume máximo reservatório	3.020.159
Tomate	150,00	30,00	4.116.650	Volume mínimo reservatório	85.174
Melancia	200,00	40,00	433.900	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	50,00	10,00	9.437	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	0,00	0,00	0		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	50,00	10,00	22.811		
Total	500,00	100,00	5.305.395		

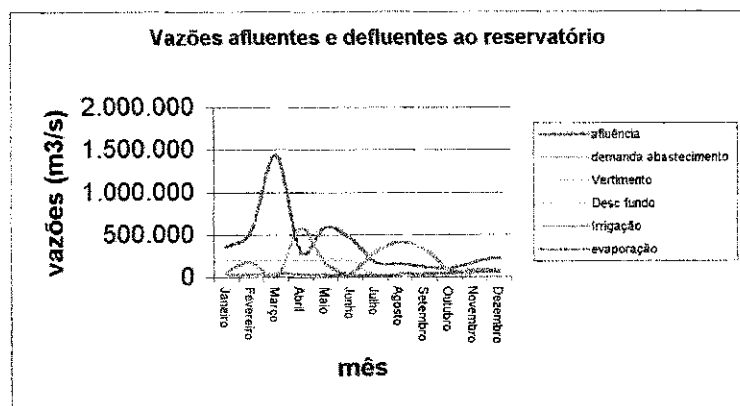


Tabela 8.30 - Resultados obtidos para o reservatório de Tabocas no cenário Cs2.

Cs2

Res. Tabocas (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	310.200	155.500	603.900	0	0	17.500	8.244.600
Fevereiro	232.100	414.700	603.900	0	0	18.300	7.882.000
Março	209.900	725.800	603.900	0	0	16.500	7.935.700
Abril	182.100	285.100	603.900	0	0	41.700	7.449.000
Mai	138.600	233.300	603.900	0	0	30.300	6.974.900
Junho	111.300	311.000	603.900	0	0	5.200	6.682.300
Julho	107.700	77.800	603.900	0	0	15.700	6.050.600
Agosto	120.700	103.700	603.900	0	0	15.500	5.443.400
Setembro	126.200	25.900	603.900	0	0	12.100	4.735.400
Outubro	153.000	51.800	603.900	0	0	16.900	4.025.800
Novembro	141.100	77.800	603.900	0	0	18.300	3.341.200
Dezembro	115.500	77.800	603.900	0	0	17.900	2.692.800
média	162.367	211.683	603.900	0	0	18.825	5.954.808

Cultura	Área Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	33,37	143.788	Volume máximo reservatório	11.220.000
Tomate	4,97	16,58	135.921	Volume mínimo reservatório	211.639
Melancia	0,00	0,00	0	Volume inicial	0,8*vol máx
Feijão	5,00	16,68	656	Volume sustentabilidade	0,3*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	16,68	3.413		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	16,68	2.211		
Total	29,97	100,00	285.989		

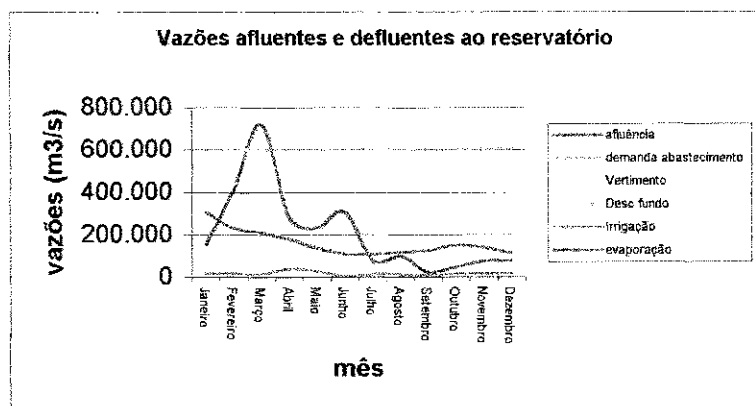


Tabela 8.31 - Resultados obtidos para o reservatório de Jataúba no cenário Cc1.

Cc1

Res. Jataúba (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	38.500	388.800	0	0	0	12.500	826.000
Fevereiro	37.900	311.000	0	0	0	288.800	829.200
Março	30.900	311.000	0	0	0	524.400	604.300
Abril	28.900	596.200	0	0	241.300	290.300	678.200
Mai	31.600	414.700	0	0	241.300	53.600	804.600
Junho	32.200	259.200	0	0	153.000	6.000	904.100
Julho	35.500	233.300	0	0	110.000	86.900	935.300
Agosto	38.300	77.800	0	0	0	243.600	747.500
Setembro	31.800	103.700	0	0	0	201.300	628.900
Outubro	34.900	25.900	0	0	0	16.900	604.300
Novembro	38.400	103.700	0	0	0	17.900	656.600
Dezembro	39.000	51.800	0	0	0	17.900	654.300
média	34.825	239.758	0	0	62.133	146.675	739.442

Cultura	rea Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	1,97	145.020	Volume máximo reservatório	11.220.000
Tomate	337,35	66,47	9.280.420	Volume mínimo reservatório	211.639
Melancia	145,19	28,61	318.089	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	0,99	1.165	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	0,99	3.894		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	0,99	2.416		
Total	507,54	100,00	9.751.004		

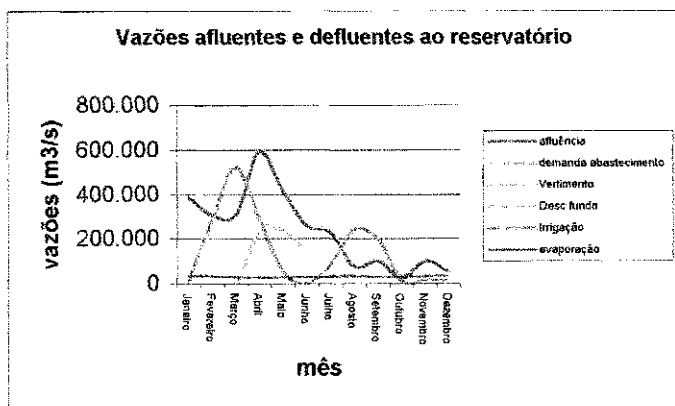


Tabela 8.32 - Resultados obtidos para o reservatório de Poço Fundo no cenário Cc1.

Cc1

Res.Poço F.	(m ³)						
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	678.600	311.000	155.500	0	0	79.900	13.397.400
Fevereiro	528.500	596.200	155.500	0	0	413.600	13.043.500
Março	489.600	777.600	155.500	0	0	116.100	13.581.500
Abril	455.300	1.633.000	155.500	0	0	535.100	14.502.800
Mai	384.300	959.000	155.500	0	0	240.700	15.054.400
Junho	337.800	855.400	155.500	0	0	2.100	15.919.400
Julho	362.900	855.400	155.500	0	0	64.300	16.514.400
Agosto	453.700	207.400	155.500	0	0	97.900	16.402.800
Setembro	523.800	285.100	155.500	0	0	158.000	15.915.100
Outubro	705.200	51.800	155.500	0	0	84.400	15.022.700
Novembro	733.500	362.900	155.500	0	0	91.300	14.438.300
Dezembro	696.000	155.500	155.500	0	0	82.500	13.815.000
média	529.100	587.525	155.500	0	0	163.825	14.800.608

Cultura	rea Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	11,91	725.562	Volume máximo reservatório	27.630.000
Tomate	270,00	64,31	7.415.370	Volume mínimo reservatório	308.400
Melancia	69,86	16,64	155.236	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	10,00	2,38	2.196	Volume sustentabilidade	1*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	10,00	2,38	7.463		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	10,00	2,38	5.370		
Total	419,86	100,00	8.311.198		

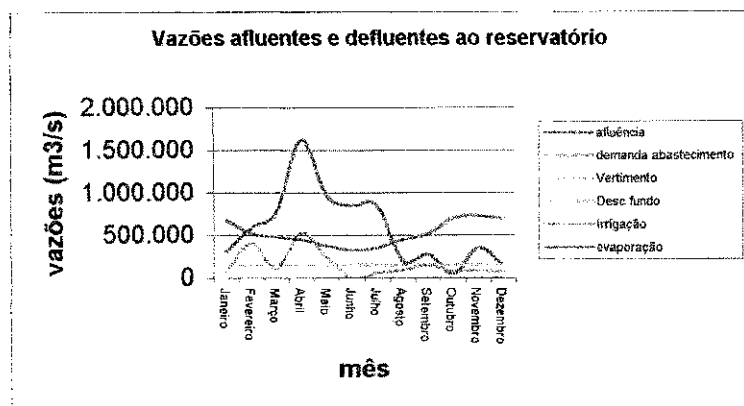


Tabela 8.33 - Resultados obtidos para o reservatório de Oitis no cenário Cc1.

Cc1

Res.Oitis	(m ³)						
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	29.000	1.321.900	0	0	2.619.300	72.000	123.500
Fevereiro	10.100	3.240.000	0	0	2.971.400	113.900	274.700
Março	7.800	2.695.700	0	0	2.971.400	1.800	0
Abril	26.300	6.635.500	0	0	3.644.000	0	3.015.500
Mai	31.800	1.814.400	0	0	3.293.000	108.600	1.432.000
Junho	23.200	3.836.200	0	0	3.293.000	0	1.989.900
Julho	30.500	4.276.800	0	0	3.293.000	4.800	2.992.100
Agosto	40.400	803.500	0	0	840.400	389.900	2.537.900
Setembro	44.600	1.062.700	0	0	840.400	303.300	2.425.400
Outubro	54.000	155.500	0	0	840.400	84.400	1.607.400
Novembro	59.100	1.866.200	0	0	840.400	84.300	2.502.700
Dezembro	70.100	1.477.400	0	0	840.400	74.500	3.020.200
média	35.575	2.432.150	0	0	2.190.592	103.125	1.826.775

Cultura	rea Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	50,00	10,00	730.628	Volume máximo reservatório	3.020.159
Tomate	150,00	30,00	4.144.460	Volume mínimo reservatório	85.174
Melancia	200,00	40,00	445.230	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	50,00	10,00	14.298	Volume sustentabilidade	vol inic
Feijão Ent	0,00	0,00	0		
Milho	0,00	0,00	0		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	50,00	10,00	27.767		
Total	500,00	100,00	5.362.383		

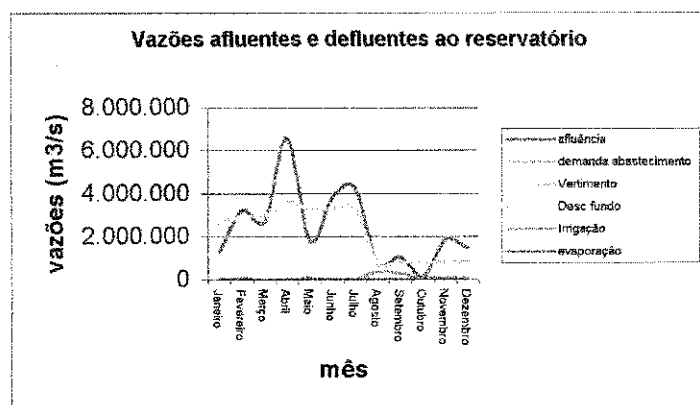


Tabela 8.34 - Resultados obtidos para o reservatório de Machado no cenário Cc1.

Cc1

Res.Machado (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irrigado	Volume
Janeiro	118.600	155.500	220.300	0	242.400	16.000	204400
Fevereiro	87.300	881.300	220.300	0	487.600	109.900	205000
Março	80.700	1.114.600	220.300	0	851.200	31.000	222300
Abril	79.200	1.710.700	220.300	0	851.200	150.200	707700
Mai	62.500	518.400	220.300	0	851.200	68.700	84100
Junho	46.700	3.680.600	220.300	0	3.483.000	400	84100
Julho	56.700	5.650.600	220.300	0	4.557.000	47.700	903300
Agosto	82.800	5.054.400	220.300	0	4.557.000	87.100	1081300
Setembro	98.700	4.691.500	220.300	0	4.319.700	130.700	1015500
Outubro	121.700	3.810.200	220.300	0	4.156.100	16.900	310800
Novembro	120.500	4.717.400	220.300	0	4.156.100	18.300	518500
Dezembro	138.600	5.209.900	220.300	0	4.156.100	16.500	1227700
média	91.167	3.099.592	220.300	0	2.722.383	57.783	547.058

Cultura	Area Irrigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,41	145.112	Volume máximo reservatório	1.227.700
Tomate	75,00	40,54	2.059.820	Volume mínimo reservatório	84.066
Melancia	85,00	45,95	188.883	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	2,70	1.098	Volume sustentabilidade	1*vol inic
Feijão Entr	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,70	3.732		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,70	2.685		
Total	185,00	100,00	2.401.330		

Vazões afluentes e defluentes ao reservatório

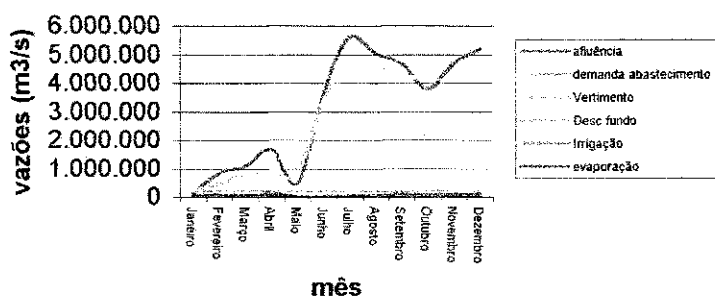
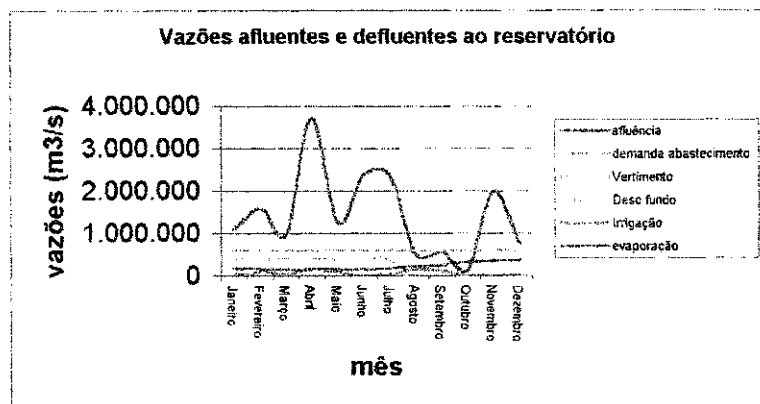


Tabela 8.35 - Resultados obtidos para o reservatório de Tabocas no cenário Cc1.

Cc1

es. Tabocas (m ³)							
mês	Evaporação	Afluência	Demanda	Vertimento	Desc fundo	Irigado	Volume
Janeiro	204.500	1.114.600	603.900	0	410.700	17.500	5.518.100
Fevereiro	167.100	1.607.000	603.900	0	410.700	94.500	5.910.500
Março	157.800	985.000	603.900	0	410.700	55.400	5.818.100
Abril	168.500	3.732.500	603.900	0	410.700	154.000	8.371.000
Mai	161.000	1.270.100	603.900	0	410.700	101.400	8.484.200
Junho	147.700	2.384.600	603.900	0	410.700	5.600	9.850.000
Julho	174.400	2.384.600	603.900	0	410.700	40.700	11.176.000
Agosto	224.600	518.400	603.900	0	0	147.500	10.767.600
Setembro	254.000	570.200	603.900	0	0	130.700	10.384.200
Outubro	335.400	155.500	603.900	0	0	16.900	9.600.200
Novembro	367.100	1.995.800	603.900	0	0	18.300	10.615.100
Dezembro	375.200	777.600	603.900	0	0	17.200	10.458.600
média	228.108	1.457.992	603.900	0	239.575	66.642	8.912.800

Cultura	Area Irigada (ha)	% do total	Rec Li (R\$)	Dados relativo ao cenário	m3
Banana	10,00	5,41	144.517	Volume máximo reservat	11.220.000
Tomate	75,00	40,54	2.057.890	Volume mínimo reservató	211.639
Melancia	85,00	45,95	186.546	Volume inicial	0,5*vol máx
Feijão	5,00	2,70	989	Volume sustentabilidade	1*vol inic
Feijão Ent	0,00	0,00	0		
Milho	5,00	2,70	3.668		
Goiaba	0,00	0,00	0		
Algodão	5,00	2,70	2.403		
Total	185,00	100,00	2.396.014		



8.5. -ANÁLISE E DISCUSSÕES DE RESULTADOS PARA A SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA, SECA E CHUVOSA OBTIDOS COM O MODELO ORNAP

Comparar os resultados entre a aplicação dos dois modelos CISDERGO para cada reservatório individual e ORNAP para o conjunto integrado dos 5 reservatórios não é possível em razão dos seguintes fatores:

a-Os critérios de sustentabilidade usados para cada reservatório são diferentes nos dois modelos.

b-O mês inicial de pesquisa para o ORNAP foi o de agosto, ao invés de janeiro o qual foi usado no CISDERGO, isto porque no mês de agosto os reservatórios estariam cheios, facilitando desta forma a obtenção da convergência por parte do ORNAP, caso contrário a obtenção de uma solução quando os reservatórios começarem com volumes iniciais menos expressivos dificultaria a obtenção da solução ótima.

c-O CISDERGO não tem limite quanto ao nível de captação de tomada d'água e a descarga de fundo no CISDERGO não é função do nível de água no reservatório. No ORNAP há limitações tanto no nível de tomada d'água, como a descarga de fundo passa a ser função do nível de água no reservatório.

d-No CISDERGO os reservatórios foram otimizados de forma ^{INDIVIDUAL} integrada, o que não aconteceu para com o ORNAP, onde os reservatórios foram otimizados de forma integrada, onde a solução otimizada das variáveis de decisão para todo o sistema hídrico em estudo foram obtidos simultaneamente.

A seguir faremos um breve comentário sobre os resultados obtidos com o ORNAP para o cenário médio, seco e chuvoso.

8.5.1. SITUAÇÃO CLIMÁTICA MÉDIA

Para o cenário médio, apenas o reservatório de Machado apresentou vertimento.

O reservatório que apresentou maior receita líquida com irrigação foi o de Oitis, cuja capacidade é a terceira. O que apresentou maior receita líquida com piscicultura foi de Poço Fundo. No total a maior receita líquida foi para o reservatório de Oitis.

Quanto as cenários de sustentabilidade hídrica, quando otimizados todos os reservatórios integrados, para todos os reservatórios com exceção de Tabocas, não foi possível atingir convergência com volume inicial igual a 70% da capacidade máxima do reservatório e volume final igual ou superior àquele valor, acusando sempre a falta de região viável. A convergência para uma solução ótima só aconteceu para um volume inicial de 70% da capacidade máxima e um volume final igual ou superior a 56% da capacidade máxima, após várias tentativas para diversos valores de sustentabilidade.

Como o mês inicial considerado foi agosto, que coincide com o final do período chuvoso da região, então a consideração de reservatórios quase cheios não é irreal, exceto para o reservatório de Poço Fundo que tem uma capacidade muito superior a da afluência e que provavelmente nunca atingirá um volume inicial da ordem de 70% da capacidade máxima. Em razão disso é que as perdas evaporativas de Poço Fundo foram as maiores, cerca de 175% da afluência, sendo portanto um valor distorcido e incoerente com a realidade, mas, no entanto, matematicamente coerente com o estado inicial do sistema que foi simulado.

Quanto às vazões liberadas para jusante, a maior foi a de Oitis com uma média mensal de 886.032m^3 seguido de Machado com 634.608m^3 , o que esta coerente com a física do sistema uma vez que estes dois reservatórios são de pequena capacidade e, no entanto, são os que apresentam maiores afluências. Tabocas foi o único a usar toda a água afluente, já que era o reservatório terminal do sistema.

Uma incoerência parece ocorrer, a primeira vista, com o reservatório de Poço Fundo, já que o mesmo tem uma capacidade bem superior as afluências, não havendo razão para o mesmo liberar vazões para jusante, uma vez que, em nenhum momento, foi irrigada a área máxima de 350ha ou foi atingido a capacidade do reservatório de $27.630.000\text{m}^3$.

Outro ponto a ressaltar é que os reservatórios mantiveram-se em níveis bem equilibrados com variações suaves de mês a mês, com exceção de Oitis que no período seco chegou a 125.000m^3 , sem no entanto, atingir o volume mínimo de 85.174m^3 . Todos os outros reservatórios ficaram longe de atingir o volume mínimo. Isto acontece em razão do critério de sustentabilidade hídrica que tem que ser obedecido.

O reservatório de Jataúba liberou bastante no primeiro mês e aumentou o volume gradualmente, mês a mês, para atender a sustentabilidade hídrica.

Poço Fundo manteve o volume do reservatório em níveis equilibrados durante todo o ano, uma vez que, devido ao critério de sustentabilidade hídrica do mesmo e da sua grande capacidade e pequena afluência, ele não pode trabalhar com grandes variações de volumes.

Oitis é um reservatório cujos volumes oscilaram mais, com grandes descargas iniciais e, ao longo de todo o tempo, tendo o mesmo pouca capacidade e muita afluência.

Machado devido ao seu padrão de afluência, com grande afluência no mês de agosto, aumenta de volume neste mês, reduz no mês seguinte e permanece com pequenas variações nos meses subsequentes, apresentando comportamento estranho no mês de março quando o volume passa de $1.160.000\text{m}^3$ para 578.000m^3 , do mês de fevereiro para março, neste reservatório ocorreram diversas situações que podem estar contribuindo para este comportamento, tais como o dobro da afluência do mês anterior, e afluência quase o dobro da capacidade do reservatório, fazendo com que ele vertesse, tivesse alta descarga e obviamente se preparasse para receber nos meses subsequentes também altas afluências, residindo neste fato a razão de esvaziar o reservatório a níveis tão baixos.

O reservatório de Tabocas, o último do sistema, manteve o seu nível bem equilibrado em termos relativos, não vertendo e não descarregando, ou seja, aproveitando toda a água para abastecimento urbano e o excedente para irrigação.

Os resultados obtidos com o cenário climático médio podem ser vistos das **Tabelas 8.36 a 8.42**, onde o mês de agosto corresponde ao número 1 nas tabelas.

Tabela 8.36-Evaporações nos reservatórios para a situação climática média

Evaporação m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	10.000	451.000	22.000	32.000	80.000
2	11.000	520.000	24.000	25.000	86.000
3	15.000	708.000	25.000	37.000	104.000
4	14.000	747.000	23.000	27.000	104.000
5	13.000	716.000	19.000	35.000	93.000
6	16.000	702.000	18.000	40.000	87.000
7	11.000	556.000	22.000	44.000	71.000
8	14.000	516.000	27.000	18.000	71.000
9	16.000	466.000	46.000	27.000	76.000
10	10.000	378.000	37.000	30.000	63.000
11	11.000	320.000	32.000	25.000	56.000
12	13.000	331.000	29.000	27.000	61.000
média	12.833	534.250	27.000	30.583	79.333

Tabela 8.37-Afluências aos reservatórios para a situação climática média

Afluência m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	25.920	368.064	518.400	1.078.272	233.280
2	25.920	85.536	552.096	681.696	207.360
3	25.920	31.104	215.136	593.568	77.760
4	25.920	101.088	381.024	546.912	388.800
5	51.840	127.008	603.936	816.480	336.960
6	103.680	158.112	676.512	870.912	414.720
7	155.520	422.496	1.723.680	1.283.040	725.760
8	233.280	565.056	2.076.192	2.055.456	1.088.640
9	285.120	712.800	2.685.312	1.739.232	1.477.440
10	181.440	422.496	1.080.864	1.251.936	725.760
11	129.600	347.328	1.324.512	1.632.960	803.520
12	103.680	316.224	785.376	1.373.760	855.360
média	112.320	304.776	1.051.920	1.160.352	611.280

Tabela 8.38-Vertimentos nos reservatórios para a situação climática média

Vertimento m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	474.336	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	474.336	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	474.336	0
12	0	0	0	474.336	0
média	0	0	0	158.112	0

Tabela 8.39-Descargas de fundo nos reservatórios para a situação climática média

Descarga m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	264.384	0	948.672	427.680	0
2	7.776	7.776	603.936	152.928	0
3	5.184	59.616	567.648	196.992	0
4	23.328	18.144	495.072	427.680	0
5	23.328	33.696	686.880	264.384	0
6	28.512	54.432	689.472	412.128	0
7	137.376	38.880	920.160	666.144	0
8	98.496	2.592	1.459.296	1.842.912	0
9	90.720	15.552	1.039.392	1.057.536	0
10	85.536	44.064	889.056	710.208	0
11	36.288	28.512	1.296.000	909.792	0
12	31.104	7.776	1.036.800	546.912	0
média	69.336	25.920	886.032	634.608	0

Tabela 8.40-Volumes para irrigação nos reservatórios para a situação climática média

Irrigação m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	20.736	103.680	155.520	103.680	20.736
2	15.552	103.680	134.784	119.232	18.144
3	20.736	88.128	132.192	114.048	18.144
4	23.328	95.904	145.152	124.416	18.144
5	23.328	90.720	129.600	121.824	18.144
6	20.736	90.720	124.416	119.232	15.552
7	41.472	75.168	114.048	103.680	33.696
8	57.024	15.552	7.776	85.536	127.008
9	114.048	12.960	80.352	103.680	88.128
10	165.888	41.472	173.664	67.392	41.472
11	10.368	10.368	38.880	38.880	0
12	15.552	18.144	82.944	67.392	5.184
média	44.064	62.208	109.944	97.416	33.696

Tabela 8.41-Volumes nos reservatórios para a situação climática média

Volume m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	378.000	19.111.000	1.511.000	1.170.000	5.163.000
2	369.000	18.439.000	1.305.000	850.000	4.678.000
3	353.000	17.461.000	790.000	878.000	4.016.000
4	318.000	16.544.000	507.000	614.000	3.675.000
5	312.000	15.717.000	277.000	800.000	3.300.000
6	354.000	14.934.000	125.000	888.000	3.036.000
7	323.000	14.719.000	809.000	1.160.000	3.103.000
8	398.000	14.976.000	1.425.000	578.000	3.437.000
9	476.000	15.404.000	3.003.000	931.000	4.239.000
10	403.000	15.451.000	3.018.000	1.181.000	4.327.000
11	483.000	15.485.000	3.010.000	1.163.000	4.585.000
12	532.000	15.473.000	2.680.000	1.217.000	4.842.000
média	391.583	16.142.833	1.538.333	952.500	4.033.417

Tabela 8.42-Área irrigada nas manchas de solo e receita líquida para a situação climática média

Área irrigada (ha)						
Reservatório	Mancha 1	Mancha 2	Mancha 3	Mancha 4	Mancha 5	
Cultura						Total
Banana	12,25	52,77	69,94	66,59	10,00	211,55
Tomate	22,93	26,98	105,32	15,65	74,95	245,83
Melancia	0,33	33,69	15,94	22,96	4,81	77,73
Feijão	11,19	11,26	53,96	5,00	5,00	86,41
Feijão entr	0,11	0,04	14,07	2,34	0,15	16,71
Milho	95,69	11,12	5,63	5,00	5,03	122,47
Goiaba	0,49	0,20	11,55	1,52	0,00	13,76
Algodão	5,11	10,47	53,52	6,08	5,00	80,18
Total	148,10	146,53	329,93	125,14	104,94	854,64
Receita Líquida (R\$)						
Reservatório	Mancha 1	Mancha 2	Mancha 3	Mancha 4	Mancha 5	
Cultura						Total
Banana	185.990	801.760	1.062.630	1.010.920	151.930	3.213.230
Tomate	634.890	748.230	2.920.750	433.210	2.077.130	6.814.210
Melancia	840	86.360	40.820	58.570	12.320	198.910
Feijão	5.730	6.150	29.170	2.530	2.630	46.210
Feijão entr	100	40	13.130	2.160	140	15.570
Milho	99.260	11.730	5.920	5.160	5.290	127.360
Goiaba	1.710	710	40.480	5.310	0	48.210
Algodão	4.150	8.740	44.370	4.980	4.170	66.410
Total	932.670	1.663.720	4.157.270	1.522.840	2.253.610	10.530.110
Piscicultura	1.172	60.620	1.524	2.156	7.566	73.039
Total	933.842	1.724.340	4.158.794	1.524.996	2.261.176	10.603.149

8.5.2. SITUAÇÃO CLIMÁTICA SECA

Para o cenário seco, só foi possível obter convergência e um ponto ótimo de solução iniciou-se com os reservatórios mais cheios e reduziu-se o critério de sustentabilidade para alguns reservatórios, como Oitis, Machado e Tabocas.

Mesmo assim, as áreas irrigadas foram reduzidas substancialmente, de praticamente nulas com relação aos reservatórios de Poço Fundo e Tabocas e uma redução do médio para o seco de 148,1ha para 114,8ha para Jataúba, de 146,53ha para 0,23ha para Poço Fundo, de 329,93ha para 88,26ha para Oitis, de 125,14ha para 76,34ha para Machado, e de 109,94ha para 0,23ha para Tabocas.

Quanto a piscicultura houve um aumento da produção no cenário seco em relação ao médio para todos os reservatórios, com exceção do de Machado. Isto ocorreu em função do volume inicial mais elevado em todos os reservatórios, o que acabou induzindo, também, um volume de sustentabilidade mais alto para os reservatórios de Jataúba, Poço Fundo, e conseqüentemente, os volumes dos reservatórios mês a mês ficaram com valores superiores (exceto Machado) aos do cenário seco. Como a produção piscícola é calculado com base na menor área do espelho líquido do ano, e conseqüentemente no mesmo volume, então a piscicultura forneceu melhores resultados.

Os resultados obtidos com o cenário climático seco podem ser vistos nas **Tabelas 8.43 a 8.48**, onde o mês de agosto corresponde ao número 1 das tabelas.

Pode-se ver que o reservatório de Poço Fundo fornece os maiores volumes de evaporação, fato este que esta compatível com seu grande porte perante todos os outros. Os reservatórios de Machado e Jataúba fornecem os menores valores de volumes evaporados, o que também é compatível com seus portes, pois são os reservatórios com menores capacidades de acumulação.

Não houve vertimentos nos reservatórios, e os reservatórios de Poço Fundo e Tabocas oferecem pouco volume para irrigação, isso porque as vazões afluentes a estes reservatórios não foram suficientes para atender as demandas com evaporação, abastecimento humano, atender ao critério de sustentabilidade hídrica e ainda fornecer uma vazão substancial para irrigação.

Tabela 8.43-Evaporações nos reservatórios para a situação climática seca

Evaporação m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	26.000	477.000	31.000	22.000	128.000
2	28.000	552.000	34.000	21.000	137.000
3	35.000	756.000	44.000	23.000	173.000
4	35.000	802.000	46.000	17.000	169.000
5	35.000	773.000	44.000	13.000	148.000
6	33.000	764.000	38.000	20.000	135.000
7	28.000	605.000	28.000	27.000	102.000
8	46.000	562.000	47.000	27.000	96.000
9	33.000	501.000	45.000	11.000	79.000
10	22.000	406.000	32.000	24.000	59.000
11	21.000	343.000	31.000	21.000	46.000
12	22.000	354.000	33.000	17.000	42.000
média	30.333	574.583	37.750	20.250	109.500

Tabela 8.44-Afluências aos reservatórios para a situação climática seca

Afluência m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	25.920	88.128	155.520	246.240	103.680
2	0	85.536	129.600	228.096	25.920
3	0	62.208	103.680	217.728	51.840
4	25.920	90.720	181.440	184.032	77.760
5	51.840	90.720	233.280	251.424	77.760
6	25.920	116.640	362.880	769.824	155.520
7	77.760	272.160	544.320	850.176	414.720
8	336.960	401.760	1.451.520	544.320	725.760
9	77.760	518.400	311.040	181.440	285.120
10	77.760	311.040	596.160	1.210.464	233.280
11	77.760	285.120	466.560	254.016	311.040
12	25.920	285.120	181.440	98.496	77.760
média	66.960	217.296	393.120	419.688	211.680

Tabela 8.45-Vertimentos nos reservatórios para a situação climática seca

Vertimento m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
média	0	0	0	0	0

Tabela 8.46-Volume para irrigação retirada dos reservatórios para a situação climática seca

Irrigação m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	2.592	0	67.392	44.064	0
2	2.592	0	72.576	51.840	0
3	5.184	0	57.024	49.248	0
4	5.184	0	59.616	51.840	0
5	5.184	0	57.024	49.248	0
6	5.184	0	51.840	49.248	0
7	23.328	0	44.064	51.840	0
8	7.776	0	0	5.184	0
9	181.440	0	85.536	119.232	0
10	165.888	0	33.696	54.432	0
11	2.592	0	20.736	20.736	0
12	2.592	0	57.024	33.696	0
média	34.128	0	50.544	48.384	0

Tabela 8.47-Volumes nos reservatórios para a situação climática média

Volume m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	737.000	21.638.000	2.285.000	860.000	8.372.000
2	697.000	21.028.000	2.136.000	724.000	7.654.000
3	644.000	20.183.000	1.948.000	578.000	6.927.000
4	616.000	19.304.000	1.870.000	358.000	6.214.000
5	619.000	18.562.000	1.810.000	261.000	5.537.000
6	595.000	17.869.000	1.449.000	462.000	4.961.000
7	617.000	17.628.000	1.291.000	768.000	4.700.000
8	933.000	17.978.000	2.754.000	829.000	4.799.000
9	801.000	17.966.000	2.954.000	364.000	4.420.000
10	696.000	18.016.000	2.564.000	100.500	4.016.000
11	761.000	17.964.000	2.958.000	100.800	3.725.000
12	767.000	17.850.000	3.015.000	837.000	3.159.000
média	706.917	18.832.167	2.252.833	520.192	5.373.667

Tabela 8.48-Área irrigada nas manchas de solo e receita líquida para a situação climática seca

Área irrigada (ha)						
Reservatório	Mancha 1	Mancha 2	Mancha 3	Mancha 4	Mancha 5	Total
Cultura						
Banana	2,88	0,07	20,18	17,98	0,07	41,18
Tomate	14,54	0,12	10,05	20,54	0,12	45,37
Melancia	0,01	0,01	9,55	3,28	0,01	12,86
Feijão	6,2	0	7,55	6,85	0	20,60
Feijão entr	0	0	9,53	6,14	0	15,67
Milho	91,13	0,01	7,03	6,29	0,01	104,47
Goiaba	0,03	0,02	17	13,49	0,02	30,56
Algodão	0,01	0	7,37	1,77	0	9,15
Total	114,8	0,23	88,26	76,34	0,23	279,86
Receita Líquida (R\$)						
Reservatório	Mancha 1	Mancha 2	Mancha 3	Mancha 4	Mancha 5	Total
Cultura						
Banana	43.650	1.000	306.370	272.900	1.000	624.920
Tomate	402.350	3.300	278.340	568.650	3.290	1.255.930
Melancia	30	30	24.320	8.350	30	32.760
Feijão	3.130	0	3.900	3.500	0	10.530
Feijão entr	0	0	8.760	5.640	0	14.400
Milho	93.120	10	7.250	6.460	10	106.850
Goiaba	90	60	59.450	47.160	60	106.820
Algodão	10	0	6.020	1.440	0	7.470
Total	542.380	4.400	694.410	914.100	4.390	2.159.680
Piscicultura	2869	65972	3035	1167	7820	80.862
Total	545249	70372	697445	915267	12210	2.240.542

8.5.3. – SITUAÇÃO CLIMÁTICA CHUVOSA

Para o cenário chuvoso, o desempenho do sistema em termos de áreas irrigadas, só teve um aumento considerável para o perímetro acoplado a Jataúba, e um aumento menor para Machado, ficando os demais praticamente inalterados.

As afluências média mensal para Oitis e Machado não sofreram grandes alterações. Para os demais reservatórios foram bem maiores, razão pelo qual Jataúba pode aumentar consideravelmente sua área irrigada, apesar de ser um pequeno reservatório com capacidade pequena de acumulação.

Apesar de não ter havido vertimento em nenhum dos reservatórios, houve um grande aumento no volume médio mensal dos dois maiores reservatórios, Poço Fundo e Tabocas para os quais a média dos volumes mensais dos reservatórios para os cenários médio e chuvoso passaram de $16.142.833\text{m}^3$ para $18.587.667\text{m}^3$ e de $4.033.417\text{m}^3$ para $7.438.000\text{m}^3$.

Os resultados obtidos com o cenário climático chuvoso podem ser vistos nas **Tabelas 8.49 a 8.55**, onde o mês de agosto corresponde ao número 1 das tabelas.

8.5.4. – VAZÕES A JUSANTE DE POÇO FUNDO

Com o auxílio do modelo ORNAP não foi possível atender os $2,86\text{m}^3/\text{s}$ para diluição das cargas poluidoras. Para a situação climática média obteve-se um volume total anual descarregado por Poço Fundo de 311.040m^3 , o que daria uma vazão média anual de $9,86 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$, muito inferior aos $2,86\text{m}^3/\text{s}$ almejados. Para a situação climática seca não houve vazão regularizada por este reservatório, e por último para a situação climática chuvosa obteve-se apenas um volume total anual descarregado por Poço Fundo de 181.440m^3 , o que representa uma vazão de $5,75 \times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$, sendo insuficiente para diluição de toda a carga poluidora que vai para jusante do reservatório de Poço Fundo. As sugestões para minimizar este problema são as mesmas apresentadas no item 8.5.

Tabela 8.49-Evaporações nos reservatórios para a situação climática chuvosa

Evaporação m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	8.000	455.000	25.000	29.000	84.000
2	8.000	528.000	27.000	18.000	97.000
3	7.000	720.000	26.000	29.000	121.000
4	7.000	766.000	21.000	28.000	163.000
5	5.000	738.000	18.000	27.000	160.000
6	9.000	736.000	17.000	19.000	171.000
7	6.000	589.000	21.000	16.000	156.000
8	4.000	555.000	26.000	10.000	147.000
9	12.000	515.000	44.000	23.000	184.000
10	19.000	425.000	36.000	22.000	125.000
11	23.000	367.000	32.000	27.000	128.000
12	28.000	385.000	32.000	24.000	125.000
média	11.333	564.917	27.083	22.667	138.417

Tabela 8.50 – Afluências aos reservatórios para a situação climática chuvosa

Afluência m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	77.760	484.704	565.056	1.111.968	518.400
2	103.680	311.040	559.872	673.920	596.160
3	25.920	69.984	176.256	710.208	155.520
4	103.680	378.432	391.392	754.272	1.995.840
5	51.840	168.480	598.752	681.696	777.600
6	388.800	515.808	653.184	759.456	1.114.560
7	311.040	829.440	1.684.800	1.829.952	1.607.040
8	311.040	1.008.288	2.073.600	2.602.368	984.960
9	596.160	1.889.568	2.669.760	2.827.872	3.758.400
10	414.720	1.078.272	1.036.800	1.399.680	1.296.000
11	259.200	904.608	1.296.000	1.627.776	2.384.640
12	233.280	927.936	787.968	1.324.512	2.384.640
média	239.760	713.880	1.041.120	1.358.640	1.464.480

Tabela 8.51-Vertimentos nos reservatórios para a situação climática chuvosa

Vertimento m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0
média	0	0	0	0	0

Tabela 8.52-Descargas de fundo nos reservatórios para a situação climática chuvosa

Descarga m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	277.344	46.656	775.008	614.304	0
2	25.920	15.552	596.160	274.752	0
3	18.144	20.736	684.288	277.344	0
4	15.552	28.512	702.432	489.888	0
5	12.960	28.512	655.776	360.288	0
6	204.768	31.104	603.936	645.408	0
7	233.280	0	948.672	1.456.704	0
8	230.688	0	1.487.808	2.573.856	0
9	256.608	0	1.117.152	1.977.696	0
10	119.232	0	881.280	982.368	0
11	49.248	0	1.238.976	1.127.520	0
12	72.576	10.368	857.952	710.208	0
média	126.360	15.120	879.120	957.528	0

Tabela 8.53-Volume para irrigação retirada dos reservatórios para a situação climática chuvosa

Irrigação m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	108.864	67.392	147.744	57.024	23.328
2	111.456	114.048	121.824	134.784	18.144
3	95.904	90.720	145.152	85.536	18.144
4	101.088	95.904	145.152	93.312	18.144
5	101.088	88.128	127.008	82.944	18.144
6	69.984	85.536	121.824	80.352	15.552
7	98.496	103.680	124.416	98.496	33.696
8	155.520	31.104	2.592	25.920	127.008
9	49.248	93.312	0	82.944	88.128
10	77.760	62.208	103.680	51.840	41.472
11	25.920	2.592	0	2.592	0
12	54.432	49.248	5.184	51.840	7.776
média	87.480	73.656	87.048	70.632	34.128

Tabela 8.54-Volumes nos reservatórios para a situação climática chuvosa

Volume m3					
Reservatório	Jataúba	Poço Fundo	Oitis	Machado	Tabocas
mês					
1	330.000	19.491.000	1.738.000	1.076.000	5.446.000
2	290.000	19.050.000	1.561.000	615.000	5.346.000
3	191.000	18.119.000	874.000	717.000	4.745.000
4	172.000	17.472.000	397.000	637.000	5.992.000
5	103.000	16.785.000	199.000	633.000	6.006.000
6	216.000	16.490.000	115.000	425.000	6.398.000
7	191.000	16.637.000	721.000	469.000	7.325.000
8	113.000	17.494.000	1.310.000	251.000	7.526.000
9	403.000	19.112.000	2.884.000	797.000	10.628.000
10	624.000	19.961.000	2.941.000	941.000	8.887.000
11	809.000	20.886.000	3.018.000	1.228.000	10.783.000
12	911.000	21.555.000	2.968.000	1.093.000	10.174.000
média	362.750	18.587.667	1.560.500	740.167	7.438.000

Tabela 8.55-Área irrigada nas manchas de solo e receita líquida para a situação climática seca

Área irrigada (ha)						
Reservatório	Mancha 1	Mancha 2	Mancha 3	Mancha 4	Mancha 5	
Cultura						Total
Banana	46,10	52,70	78,77	42,20	10,23	230,00
Tomate	47,03	27,17	104,90	24,85	74,56	278,51
Melancia	19,48	34,38	0,00	18,41	5,59	77,86
Feijão	17,60	11,33	50,38	10,76	5,00	95,07
Feijão entr	10,34	0,31	14,14	23,09	0,15	48,03
Milho	98,61	11,18	6,76	5,91	5,00	127,46
Goiaba	13,34	0,63	9,19	11,28	0,20	34,64
Algodão	7,28	10,56	50,00	5,00	5,00	77,84
Total	259,78	148,26	314,14	141,50	105,73	969,41
Receita Líquida (R\$)						
Reservatório	Mancha 1	Mancha 2	Mancha 3	Mancha 4	Mancha 5	
Cultura						Total
Banana	700.250	800.540	1.197.200	640.950	155.430	3.494.370
Tomate	1.303.430	752.730	2.910.330	688.380	2.066.330	7.721.200
Melancia	49.730	88.130	0	47.200	14.320	199.380
Feijão	9.360	5.970	27.670	5.670	2.630	51.300
Feijão entr	9.570	290	13.300	21.610	140	44.910
Milho	104.020	11.670	7.130	6.170	5.260	134.250
Goiaba	46.720	2.210	32.240	39.530	700	121.400
Algodão	5.990	8.840	42.070	4.190	4.170	65.260
Total	2.229.070	1.670.380	4.229.940	1.453.700	2.248.980	11.832.070
Piscicultura	399	63961	1513	1142	11218	78.233
Total	2229469	1734341	4231453	1454842	2260198	11.910.303

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com as otimizações efetuadas para vários cenários com o uso dos modelos CISDERGO e ORNAP e com base no objetivo geral da pesquisa:

Para o reservatório de Jataúba, como este não apresenta demandas para abastecimento e existe uma grande área irrigável, é de vital importância o aproveitamento de água para irrigação, caso contrário as perdas evaporativas serão muito altas.

O reservatório de Poço Fundo apesar de ser o de maior capacidade, com aproximadamente 28 milhões de m^3 , recebe anualmente em média apenas 10,22% em vazão afluente de sua capacidade máxima, fazendo com que seja violada a condição de sustentabilidade hídrica no final do período de otimização.

Neste trabalho se quis inserir uma vazão constante a jusante do reservatório de Poco Fundo para diluição de carga poluidora das atividades têxteis existentes naquela região, principalmente a do polo têxtil compreendendo a região que envolve Santa Cruz do Capibaribe. De acordo com dados do plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-1998), o município de Santa Cruz do Capibaribe é responsável pela grande maioria de carga poluidora lançada nos rios daquela região. São cerca de 2223kg de DBO/dia lançados por este município e indústrias ali localizadas. Com base nesta carga poluidora calculou-se uma vazão de $3m^3/s$ para diluição desta carga, mas por conta do pouco potencial hídrico do sistema em estudo, esta demanda não foi atendida em razão de que $3m^3/s$ daria um volume anual de 94,6 milhões de m^3 , o que representa aproximadamente 200% da capacidade de acumulação de todos os reservatórios existentes na sub-bacia e 2919% dos escoamentos afluentes aos reservatórios.

O reservatório de Oitis, por não ter demandas para irrigação e receber uma elevada afluência mensal, tem capacidade de irrigar uma área superior à estabelecida neste trabalho.

Uma melhor distribuição do plano cultural do reservatório de Oitis poderá aproveitar mais o potencial hídrico deste reservatório.

Há possibilidade para um certo aproveitamento com agricultura irrigada, principalmente com irrigação de suplementação, não devendo a área irrigada com culturas perenes ser superior a 200ha para todo o sistema, e ainda assim sabendo-se que para anos secos este valor deveria ser de no máximo 50 ha.

Os resultados não podem ser considerados conclusivos em razão de distorções na simulação do estado inicial do Poço Fundo, que mesmo no final do período chuvoso dificilmente estará com volume de 70% da sua capacidade máxima. Portanto, novas simulações deverão ser feitas no sentido de corrigir estas distorções.

É possível que a solução ótima para o sistema seja um ótimo local.

Devido a grande complexidade e as características peculiares do mesmo novas simulações deverão ser feitas com base nos resultados obtidos aqui apresentados para delimitação das condições de contorno em que trabalha o sistema e de uma maior compreensão do mesmo.

Apesar de mais demorado que o CISDERGO para rodar e das dificuldades para atingir a convergência, o ORNAP, ao trabalhar de forma integrada com todos os reservatórios, se torna mais adequado para compreensão do comportamento do sistema como um todo e conseqüentemente auxiliar melhor na tomada de decisão em relação a operação dos mesmos já que eles podem operar de forma integrada. Uma sugestão a ser dada seria inserir no ORNAP uma simulação das perdas evaporativas e de infiltração do fluxo ao longo dos rios que ligam o reservatório, garantindo uma representação mais realista ainda sistema.

Mas especificamente em relação ao modelo ORNAP pode-se resumir os principais resultados de forma a seguir:

Considerando o cenário médio:

A área total irrigada para os 5 reservatórios foi de 854,64ha, produzindo uma receita líquida anual de R\$ 10.630.149,00 com a maior receita proporcionado pela mancha 3, abastecido pelo reservatório de Oitis.

A piscicultura extensiva seria capaz de produzir uma receita líquida anual da ordem de R\$ 73.039,00 considerando os 5 reservatórios juntos.

Para anos considerados secos o sistema trabalha em condições bastante precárias, não sendo possível irrigar nada com o critério de sustentabilidade de volume final igual ou superior ao inicial, e irrigando muito pouco, mesmo com esta restrição relaxada.

Em relação aos modelos, obteve-se as seguintes conclusões:

Os modelos CISDERGO e ORNAP demonstraram ser ferramentas eficazes para um planejamento ótimo e integrado de reservatórios em bacias hidrográficas.

O CISDERGO apresentou melhor performance computacional em termos de rapidez de convergência na obtenção de valores ótimos para operação de cada reservatório e tempo de processamento.

O ORNAP requer maior tempo de processamento para obter a solução ótima na operação integrada dos reservatórios.

Seria interessante nos próximos trabalhos diferenciar os valores de evaporação para os três cenários climáticos, o que não ocorreu neste trabalho, pois a variação de tal parâmetro irá afetar diretamente os valores dos volumes dos reservatórios e das demandas hídricas requerida pelas culturas.

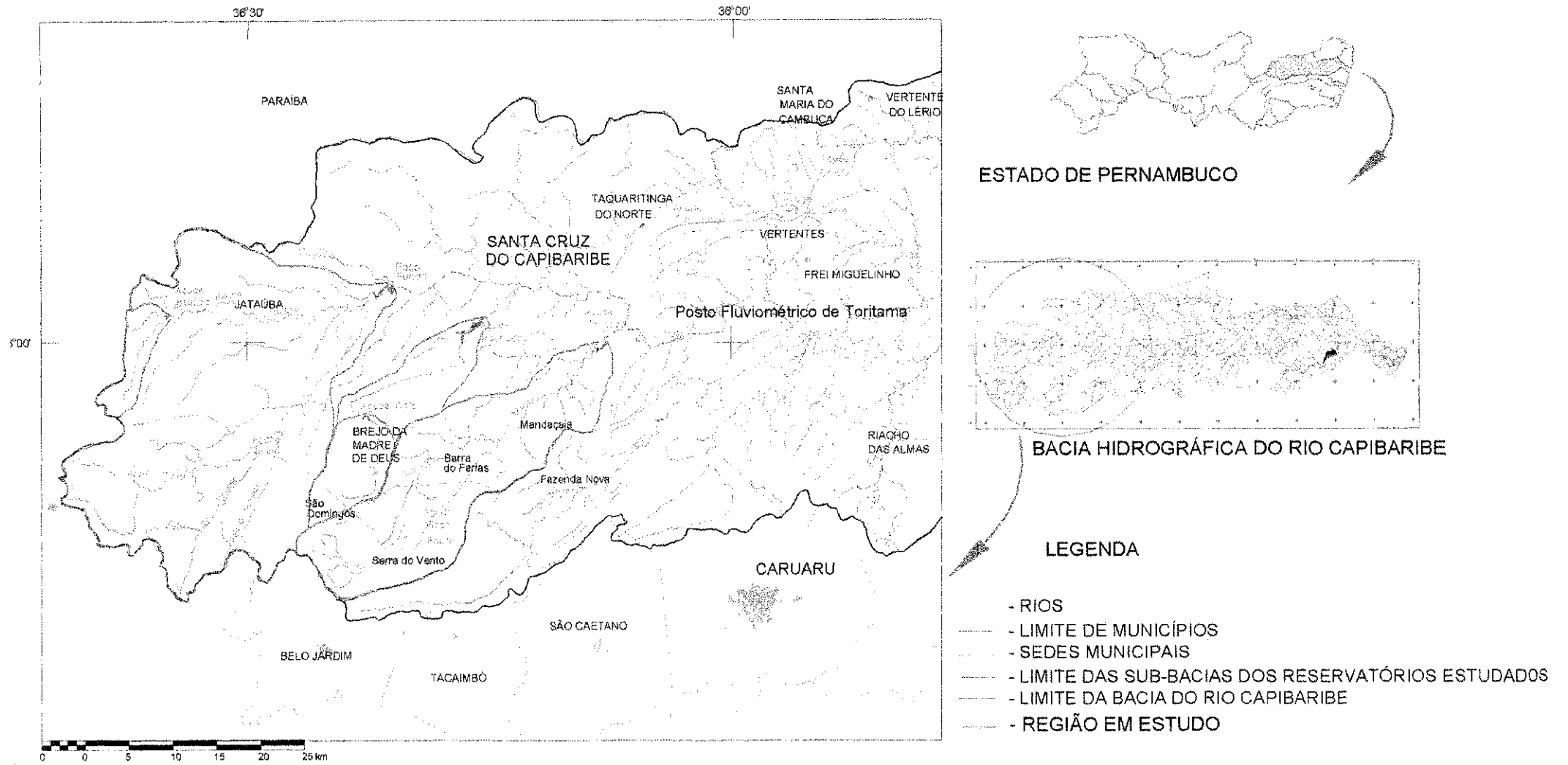
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, P. R. G. S., CURI, W. F., CURI, R. C. ORNAP na otimização de três perímetros irrigados abastecidos por dois reservatórios conectados em série. Revista Engenharia Agrícola. Jaboticabal - SP: , v.22, n.1, p.22 - 32, 2002.
- ANDRADE, P. R. G. S de. 2000. Operação integrada ótima do sistema hídrico Jucazinho - Carpina, para múltiplos usos - rio Capibaribe - PE. Campina Grande: UFPB (Dissertação de Mestrado).
- APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS DE PERNAMBUCO. 1979 – Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola, Ministério da Agricultura. BINAGRI – Biblioteca Nacional de Agricultura, Brasília.
- BANCO DO NORDESTE S/A. 1997. Manual de Orçamentos Agropecuários – CENOP-CDE, Campina Grande - PB.
- BARBOSA, D. L. 2001. Otimização da Operação de Múltiplos Reservatórios em Paralelo para Usos e Objetivos Múltiplos. Campina Grande-PB: UFPB - Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos (Dissertação de Mestrado).
- BARBOSA, D. L., CURI, R. C., CURI, W. F. Um estudo de caso da operação integrada ótima de três reservatórios em paralelo com usos múltiplos In: V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2001, Aracajú-se. Anais do V Ssimpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. , 2001. v.1.p.1-20.
- BARTH, F. T. 1987. Fundamentos para a gestão dos recursos hídricos. In: MODELOS para o gerenciamento de recursos hidricos. São Paulo: NOBEL/ABRH. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1).
- R. BELLMAN (1957). Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, N.J., USA.
- BRAGA, Jr., B. P. F. 1987. Técnicas de otimização e simulação aplicadas em sistemas de recursos hídricos. In: MODELOS para gerenciamento de recursos hídricos. São Paulo: NOBEL/ABRH. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1).

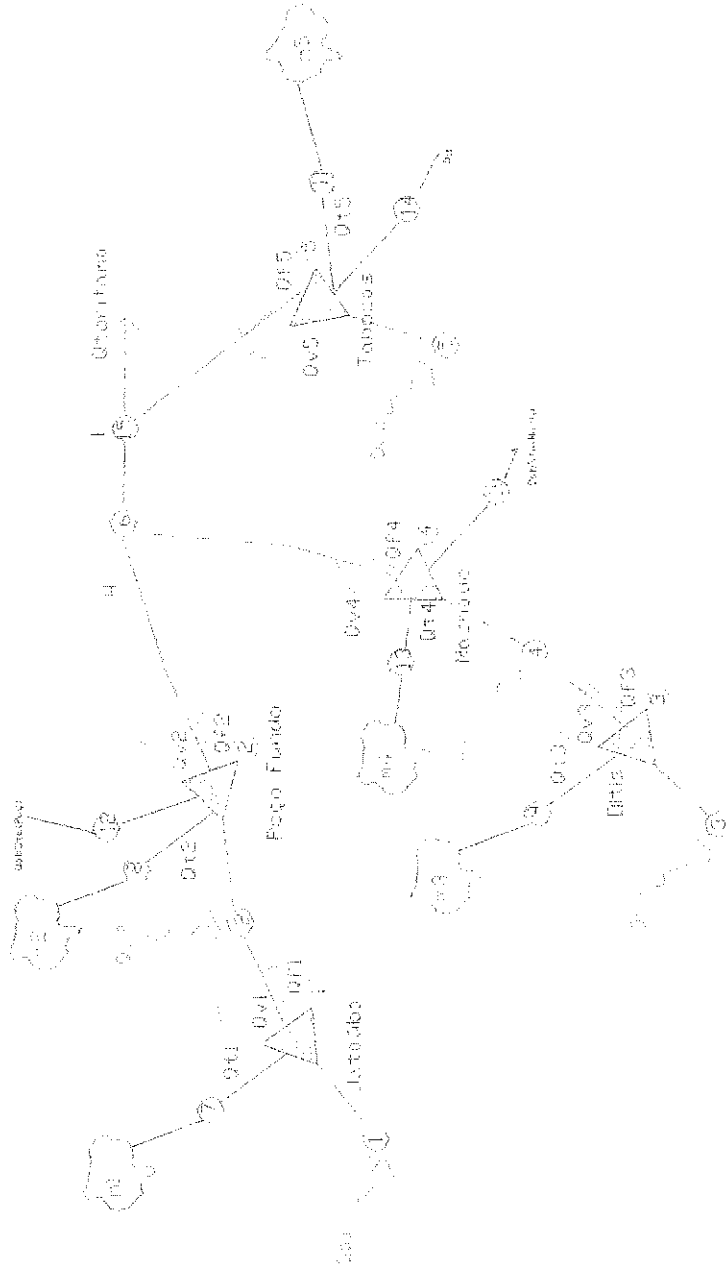
- COMPANHIA DE ABASTECIMENTO E DE ARMAZÉNS GERAIS DO ESTADO DE PERNAMBUCO – CEAGEPE, www.ceagepe.pe.gov.br. 09/09/2002.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM. 1997. Projeto de Análise de Consistência de Dados Fluviométricos, Sub-Bacia 39 (Bacia do Rio Capibaribe) - Relatório Técnico.
- CURI, W.F., CURI,R.C.1999. Modelo de otimização para operação de reservatórios (ORNAP). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB.
- CURI, W.F., CURI,R.C.1999. Modelo de otimização para operação de reservatórios (CISDERGO). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB.
- CURI, R. C.; CURI, W. F.; CELESTE, A. B. 1997. Alocação ótima da água do reservatório Eng.º Arcoverde para irrigação via programação não linear. Anais de XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória / ES.
- GOMES, H. P. 1999. Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. Editora Universitária da Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande – PB, 3a. edição.
- GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. 1997. Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica – PQA/PE, Relatório N.º 7 / Tomo I.
- GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. 1998. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE. Documento Síntese.
- LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO – RECONHECIMENTO DE SOLOS DE PERNAMBUCO - Volume I. 1973. Divisão de Pesquisa Pedológica – DNPEA, Ministério da Agricultura, Recife.
- MATEUS, G.R., Luna, H.P.L.(1986); Programação não linear. Belo Horizonte. UFMG.
- MOLLE, F., CADIER, E. 1992. Manual do Pequeno Açude. Recife. SUDENE - DPG. PRN – DPP – APR.
- PORTO, R. L. L., AZEVEDO, L. G. T. (1997). Sistemas de suporte a decisões aplicadas a problemas de recursos hídricos. In: TÉCNICAS quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos. Porto Alegre: Editora da Universidade / UFRGS – ABRH.
- PORTO, J. F. 2002. Otimização e simulação plurianual conjunta de dois reservatórios interligados e dois perímetros irrigados no semi-árido paraibano. Campina Grande: UFPB (Dissertação de Mestrado).

- QUINTELA, A. C. 1981. Hidráulica. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- R. BELLMAN (1957). Dynamic Programming. Princeton University Press, Princeton, N.J., USA.
- TAKEUCHI, K., KUNDZEWICZ, Z. W. 1998. Sustainability and reservoirs. Sustainable Reservoir Development and Management. Publication of International Association of Hydrological Sciences - IAHS, Wallingford, UK, N° 251
- TUCCI, C. E. M. 1998. Modelos hidrológicos. Porto Alegre. Editora da Universidade / UFRGS: ABRH.
- YEH, W. W. G. (1985). Reservoir management and operations models: a state of the art review. Water Resources Research, Washington, Vol. 21, n° 12.
- WURBS, R. A. (1993). Reservoir-system simulation and optimization models. Journal of Water Resources Planning and Management, New York, Vol. 119, n° 4.

ANEXOS



Anexo 1 – A região em Estudo

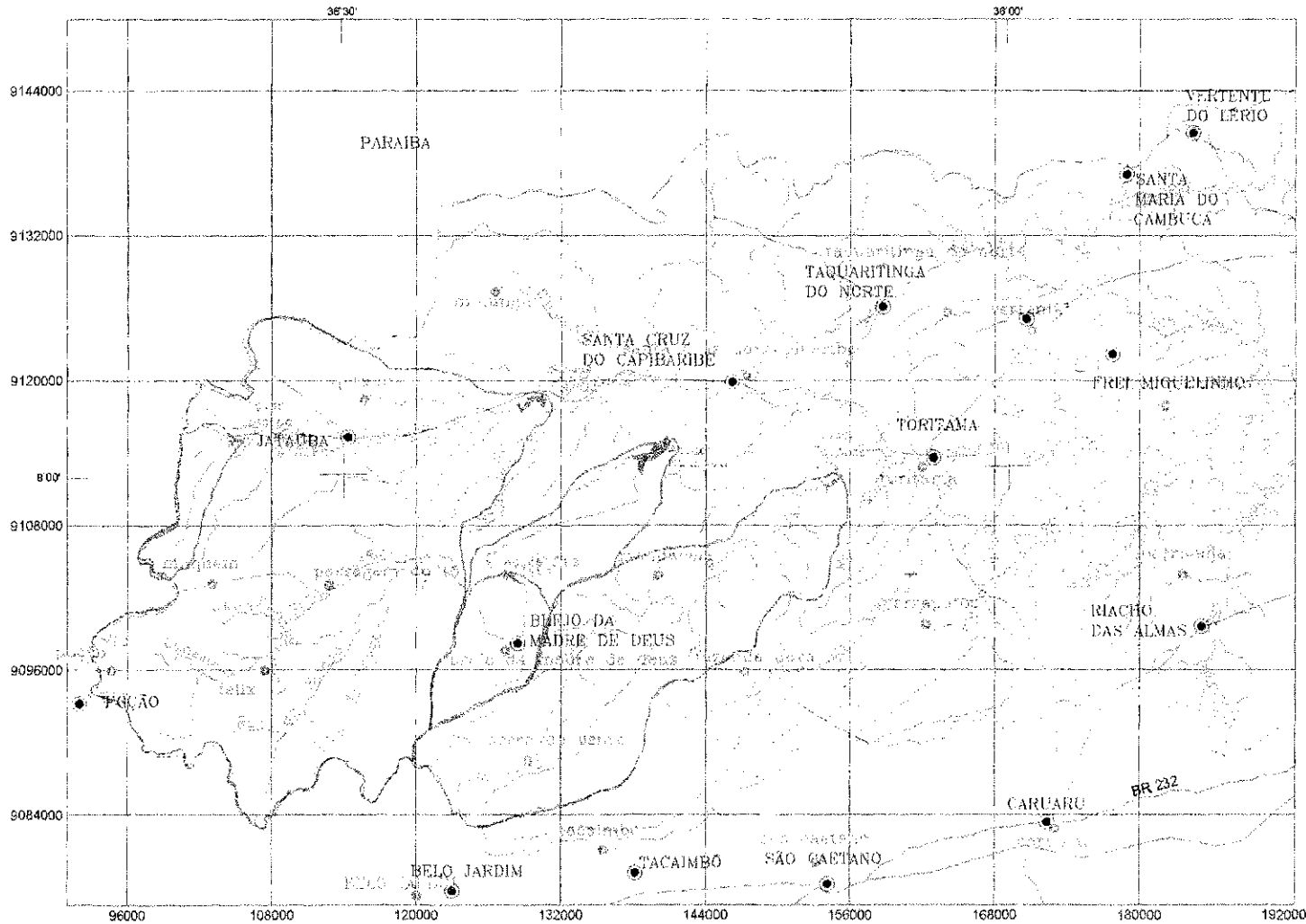


Configuração do sistema hídrico em estudo

Legenda

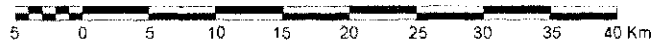
- Qv=verticalidade
- Qh=horizontalidade
- Qd = Soma das vazões dos adutores que repara água do reservatório de Taboões e aduz até as cidades de Tentunas e Caracara
- Qv=Vazão da adutora que repara água do reservatório de Machuc e aduz até a cidade de Santo Cruz do Sul
- Qv=verticalidade
- Qh=horizontalidade
- M=manobra de solo
- Qv=verticalidade
- Qh=horizontalidade
- =nó

Anexo 2- Configuração do Sistema Hídrico em Estudo



- CONVENÇÕES**
- POSTO PLUVIOMÉTRICO
 - ÁREA URBANA
 - SEDE MUNICIPAL
 - RIO
 - BARRAGEM
 - BARRAGEM COM CAPACIDADE DE ACUMULAÇÃO SUF. 1.000.000 m³ NÃO IDENTIFICADA NA IMAGEM DE SATÉ
 - SISTEMA VIÁRIO
 - LIMITE ESTADUAL

ESCALA GRÁFICA



Anexo 3- Localização dos Postos Pluviométricos na Região em Estudo

Anexo 4- Pluviometria média mensal (mm) para os 15 postos representativos da região.

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Brejo da Madre de Deus

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual
1963	27,3	38,5	66,8	44,3	21,8	80,4	15,5	3,0	14,5	0,0	6,7	184,1	503,0
1964	149,7	20,1	162,1	133,5	108,9	71,0	63,9	65,2	27,7	17,0	3,0	10,8	832,9
1965	8,0	69,0	31,6	264,0	135,0	122,0	32,7	77,3	44,6	41,8	27,1	39,0	892,1
1966	49,0	185,0	69,1	392,4	74,0	215,2	253,3	45,6	64,6	1,0	133,8	82,4	1565,4
1967	23,4	37,1	168,0	103,6	95,8	77,3	31,0	48,3	43,0	51,7	0,0	79,6	758,8
1968	89,0	28,2	172,4	165,1	158,8	29,6	65,1	4,7	7,4	2,1	0,2	54,8	777,4
1969	101,4	84,0	236,8	151,0	54,8	154,2	180,2	21,0	11,8	3,6	8,6	13,5	1020,9
1970	72,8	52,0	193,8	90,2	20,4	42,7	137,4	14,5	0,0	4,6	2,3	0,0	630,7
1971	0,5	44,3	106,6	244,2	48,6	73,5	114,9	43,7	10,9	91,0	6,0	0,0	784,2
1972	13,4	73,0	59,1	53,7	84,6	50,5	60,0	103,9	26,1	15,3	0,0	17,0	556,6
1973	60,0	58,2	282,0	88,0	164,0	49,0	65,0	8,0	42,0	16,0	0,0	70,4	902,6
1974	61,8	96,6	154,8	258,3	74,7	47,6	58,2	7,4	33,5	16,1	26,5	34,1	869,6
1975	140,6	328,0	155,8	79,2	24,8	37,3	134,5	10,6	180,1	2,4	5,2	123,8	1222,3
1976	11,6	118,0	62,8	106,4	36,5	18,6	17,7	3,9	0,0	50,4	7,0	26,5	459,4
1977	58,7	25,1	53,6	263,4	155,9	186,8	162,8	6,2	24,6	6,5	0,0	17,1	960,6
1978	1,7	114,4	351,0	134,7	130,1	51,3	126,4	29,5	143,0	3,2	19,4	22,4	1127,1
1979	63,4	25,6	90,2	68,9	56,8	8,6	6,9	11,2	48,5	1,9	18,3	20,7	421,1
1980	58,7	165,5	86,3	30,6	19,2	150,1	26,1	13,7	7,0	50,6	58,0	0,0	665,8
1981	49,4	4,6	489,4	25,4	67,3	0,0	32,8	2,4	6,8	0,0	6,0	34,0	718,1
1982	13,6	54,0	11,0	36,7	183,8	69,8	24,3	54,0	13,8	0,0	0,0	64,2	525,2
1983	45,6	128,3	119,5	97,0	67,9	146,8	22,8	50,1	3,4	29,6	0,0	0,0	711,0
1984	29,0	37,0	91,8	418,4	108,9	33,7	93,5	64,8	0,0	0,0	0,0	0,0	877,1
1985	41,7	311,4	181,8	360,2	60,8	80,6	69,4	103,1	8,0	6,2	7,8	29,8	1260,8
1986	20,9	135,0	197,0	209,1	133,3	64,4	76,3	111,4	34,3	0,0	17,9	14,8	1014,4
1987	8,4	4,0	273,4	190,5	2,3	185,2	100,4	27,1	0,0	35,0	5,5	0,0	831,8
1988	32,6	198,6	173,7	234,1	4,8	18,2	102,0	11,3	12,6	4,4	14,8	73,6	880,7
1989	27,6	15,2	137,6	175,2	122,4	117,8	102,6	39,4	16,8	11,6	9,0	90,4	865,6
1990	35,4	2,2	0,0	61,6	7,8	91,8	137,0	33,8	12,2	2,6	0,0	0,0	384,4
1991	7,8	12,2	338,8	55,4	62,3	34,9	8,5	71,5	7,8	6,0	0,0	0,0	605,2
Média	44,9	85,0	155,8	156,4	78,8	79,6	82,3	38,7	29,7	16,8	13,4	32,8	814,3

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Carapotos

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	56,2	13,0	98,4	38,3	73,0	116,1	28,4	12,2	24,9	1,0	45,6	412,9	919,9
1964	157,8	97,3	201,1	194,6	283,7	356,5	201,7	212,6	226,7	14,3	7,2	17,7	1971,2
1965	40,9	7,7	35,2	218,9	200,4	377,1	68,1	88,9	57,1	20,2	8,3	80,4	1203,3
1966	162,8	115,3	20,8	171,8	169,6	526,2	460,7	69,1	168,5	0,4	163,4	47,8	2076,5
1967	24,4	19,0	71,2	152,4	229,9	144,5	125,4	212,9	89,2	9,9	0,0	100,4	1179,3
1968	74,0	64,0	61,0	66,0	93,9	62,6	148,8	47,5	17,5	10,0	3,0	27,9	676,2
1969	48,4	58,3	61,6	101,7	357,9	289,6	328,1	73,0	57,9	30,4	12,8	1,2	1420,9
1970	34,4	45,1	238,2	173,2	62,7	246,6	174,7	237,1	17,8	12,0	3,1	0,0	1244,9
1971	18,1	21,3	42,2	43,6	199,0	102,0	169,3	64,5	95,9	42,3	33,6	15,9	847,7
1972	14,5	14,8	63,5	180,1	188,6	155,4	99,1	137,6	164,1	17,4	8,6	20,7	1064,4
1973	52,9	6,6	120,5	211,2	160,7	209,9	115,3	48,6	134,2	13,5	21,5	66,4	1161,3
1974	101,4	71,2	154,6	228,2	140,0	163,2	183,6	32,8	127,5	4,1	12,8	41,1	1260,5
1975	19,4	29,6	45,9	45,5	136,1	174,9	414,2	108,6	44,8	8,2	32,9	118,2	1178,3
1976	15,4	96,9	255,3	66,9	162,3	64,9	42,2	82,6	40,1	107,8	74,7	40,4	1049,4
1977	165,5	19,4	29,3	208,6	484,1	328,9	245,6	41,5	245,3	5,9	2,5	14,6	1791,1
1978	0,0	79,7	173,1	190,9	339,3	282,7	250,6	37,9	109,6	5,9	1,8	17,6	1489,1
1979	59,8	31,1	49,3	93,0	90,9	110,8	59,4	25,1	133,9	4,5	39,1	15,6	712,7
1980	25,2	72,6	64,8	36,7	70,9	249,4	35,3	20,4	32,1	40,7	20,7	19,3	688,0
1981	107,3	12,0	315,7	24,7	39,9	45,9	29,0	39,5	59,8	0,0	37,2	79,5	790,4
1982	17,4	38,9	13,7	54,3	204,9	284,9	70,3	120,1	50,5	0,0	0,0	52,1	907,2
1983	20,6	88,8	48,5	55,2	130,4	130,0	39,7	195,5	5,2	30,1	4,1	2,8	750,8
1984	29,4	2,9	130,8	251,4	296,8	121,9	199,9	224,6	118,8	40,4	3,4	0,9	1421,1
1985	25,1	174,0	205,8	310,9	112,4	137,8	141,9	240,9	31,5	2,6	8,1	29,9	1420,9
1986	54,9	76,6	146,6	208,9	189,5	180,4	199,0	120,3	128,3	8,3	18,8	29,2	1360,7
1987	33,9	43,9	92,9	111,7	13,5	164,3	114,5	63,2	19,9	9,1	1,1	0,0	668,1
1988	13,8	26,2	133,6	136,3	88,2	141,5	254,6	53,7	14,2	6,0	30,9	84,6	983,7
1989	11,4	1,1	61,3	127,5	304,4	206,1	259,0	96,9	11,5	13,7	18,9	188,3	1300,0
1990	11,2	38,1	5,1	94,4	122,7	164,6	259,0	62,2	49,9	7,5	0,0	2,1	816,8
1991	3,5	6,9	171,1	82,3	192,6	86,4	70,5	144,8	11,2	4,8	2,4	4,7	780,9
Média	48,3	47,3	107,3	133,8	177,2	194,0	165,1	100,5	78,9	16,2	21,3	52,8	1142,6

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Fazenda Nova

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	37,1	23,6	46,9	22,1	20,0	35,3	24,6	3,4	6,9	2,6	10,5	198,0	431,1
1964	146,2	52,1	95,7	109,5	52,9	45,8	54,4	28,0	16,5	15,0	16,2	17,2	649,4
1965	47,6	24,1	33,2	189,1	86,9	113,6	67,2	21,4	16,8	52,4	28,1	46,4	726,9
1966	91,3	113,2	22,6	277,4	43,6	144,3	274,7	20,0	29,3	1,1	246,4	66,7	1330,7
1967	19,4	20,6	108,1	129,4	80,6	53,9	57,0	23,3	30,5	0,0	0,0	51,9	574,7
1968	33,2	7,8	52,9	34,5	39,8	1,7	23,0	0,0	0,0	0,0	3,3	4,5	200,7
1969	88,0	27,7	95,6	104,3	23,2	82,2	47,1	0,0	0,0	15,1	110,0	0,0	593,2
1970	42,0	5,2	13,0	74,8	5,5	39,4	152,0	10,0	0,4	8,6	0,0	0,0	351,0
1971	16,3	40,6	59,2	120,5	51,1	38,1	91,1	11,9	28,6	6,2	16,7	5,2	485,5
1972	44,2	50,0	109,5	28,8	33,8	61,5	81,2	79,0	7,8	13,4	0,0	12,4	521,6
1973	47,1	21,6	43,4	107,4	11,4	67,8	34,6	6,5	24,6	25,2	3,8	35,4	428,8
1974	113,2	123,4	218,4	204,6	78,8	25,2	34,4	12,8	1,2	0,0	11,4	34,6	858,0
1975	17,6	64,2	171,0	102,4	60,6	21,7	148,7	5,0	19,6	0,0	0,0	55,8	666,6
1976	27,1	70,0	45,5	80,3	41,2	19,3	42,9	14,2	0,0	57,4	32,6	19,6	450,1
1977	99,2	11,0	27,4	226,4	158,4	97,0	80,2	3,0	23,4	15,4	0,0	0,0	741,4
1978	0,0	117,3	201,5	226,4	158,4	97,0	80,2	3,0	23,4	15,4	0,0	0,0	922,6
1979	58,3	19,7	52,3	61,1	47,1	20,3	35,9	5,3	20,6	4,4	48,8	15,4	389,3
1980	45,5	87,2	44,8	69,6	11,4	66,1	18,4	2,0	6,8	32,6	61,6	13,8	460,0
1981	66,0	4,8	280,6	20,7	21,8	7,1	21,5	8,5	6,9	0,0	22,4	29,1	489,2
1982	13,1	20,4	10,5	22,6	84,4	51,5	30,5	24,2	5,3	0,0	0,0	45,9	308,3
1983	41,8	92,3	53,8	42,7	36,0	43,1	23,5	7,9	2,3	20,4	5,1	2,7	371,5
1984	12,0	7,2	62,2	226,8	97,5	16,9	76,6	29,9	10,1	11,9	0,8	1,3	553,2
1985	55,1	155,1	139,1	176,2	42,6	53,8	58,1	32,6	4,1	5,1	9,7	38,0	769,4
1986	68,6	61,5	133,6	123,0	57,7	38,9	96,2	27,4	12,0	11,5	23,2	12,7	666,3
1987	25,9	27,7	120,7	108,4	9,0	58,2	90,2	11,8	2,1	20,1	3,6	0,0	477,7
1988	16,9	47,4	133,7	125,9	23,7	31,1	106,7	6,5	4,8	5,6	30,1	81,0	613,4
1989	23,8	3,4	60,2	93,5	94,7	71,1	124,3	15,9	4,4	15,7	22,8	97,6	627,3
1990	21,2	25,4	9,6	64,3	22,1	39,1	132,3	10,0	21,4	11,2	0,0	3,0	359,6
1991	4,6	21,5	157,8	30,9	50,5	16,6	23,6	28,5	4,8	12,5	8,0	6,5	365,9
Média	45,6	46,4	89,8	110,5	53,3	50,3	73,5	15,6	11,5	13,1	24,7	30,9	565,0

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Lagoa do Félix

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual	
1963	12,1	46,4	43,2	22,8	21,6	56,4	22,2	5,6	2,2	0,0	12,1		109,0	353,7
1964	62,6	39,2	117,3	52,8	68,3	53,2	44,3	37,4	7,4	0,7	9,9		16,8	509,8
1965	22,9	36,8	87,5	95,4	69,1	119,5	19,0	21,2	4,7	3,7	26,0		15,5	521,4
1966	25,6	91,5	56,4	166,1	59,0	147,7	160,1	22,9	15,2	0,5	134,0		22,0	900,9
1967	7,7	49,8	128,8	114,6	128,9	72,9	38,9	29,5	11,1	3,6	0,0		27,6	613,5
1968	54,0	37,8	63,4	66,2	61,5	27,5	45,6	0,0	0,0	0,0	48,4		6,0	410,4
1969	50,6	36,0	291,8	76,0	0,0	87,2	145,0	0,0	0,0	0,0	3,0		0,0	689,6
1970	56,8	0,0	128,0	23,0	14,0	19,8	57,0	26,4	0,0	16,2	0,0		0,0	341,2
1971	4,0	0,0	72,0	195,5	48,6	23,6	64,8	12,2	9,0	4,0	1,0		0,0	434,7
1972	30,6	132,2	82,5	99,1	68,5	79,4	24,0	65,0	12,8	0,0	0,0		60,8	654,9
1973	22,2	11,0	28,9	29,8	11,6	24,2	10,9	11,4	6,0	0,0	0,0		0,0	156,0
1974	18,4	32,8	295,8	145,2	68,0	6,9	39,9	6,6	8,2	0,0	113,6		59,8	795,2
1975	0,0	63,0	43,6	12,0	40,5	25,0	208,0	8,6	25,0	0,0	0,0		63,5	489,2
1976	9,5	170,7	71,6	33,4	0,0	17,6	12,0	0,0	0,0	0,0	9,5		12,6	336,9
1977	12,5	2,2	25,4	104,2	73,1	53,6	70,7	0,0	0,0	0,0	0,0		21,4	363,1
1978	0,0	114,0	269,9	56,6	121,0	31,3	40,4	24,4	21,0	0,0	33,4		0,0	712,0
1979	61,0	40,2	65,8	60,4	37,0	13,8	42,8	5,0	21,0	0,0	3,8		8,0	358,8
1980	26,3	128,0	69,6	4,2	0,0	72,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		2,0	302,5
1981	19,6	23,6	250,3	42,6	0,0	12,8	10,4	0,0	0,0	0,0	39,4		0,0	398,7
1982	0,0	25,9	12,0	119,6	117,5	61,3	25,2	19,9	0,0	6,5	0,0		0,0	387,9
1983	21,6	104,0	75,8	8,0	22,3	27,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0		0,0	266,7
1984	13,0	0,0	157,8	288,3	91,4	14,0	44,5	65,2	0,0	0,0	0,0		0,0	674,2
1985	22,0	109,8	188,2	47,2	25,5	101,9	75,2	27,8	0,0	0,0	0,0		19,3	616,9
1986	45,0	123,2	119,0	103,5	55,4	47,1	75,0	45,2	1,0	0,0	25,0		0,0	639,4
1987	6,0	34,0	91,4	47,6	12,0	38,5	30,2	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	259,7
1988	10,0	87,2	122,6	168,6	16,4	90,0	24,8	32,1	0,0	0,0	0,0		62,3	614,0
1989	0,0	0,0	85,6	0,0	197,0	250,2	137,4	0,0	0,0	0,0	0,0		59,0	729,2
1990	0,0	0,0	0,0	29,4	46,8	122,0	50,6	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	248,8
1991	0,0	19,6	121,6	32,0	175,6	89,4	63,0	94,8	0,0	0,0	0,0		0,0	596,0
Média	21,2	53,8	109,2	77,4	56,9	61,6	54,5	19,6	5,0	1,2	15,8		19,5	495,7

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Jatauba

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total anual
1963	21,0	11,0	34,2	30,9	2,0	15,3	0,0	0,0	10,2	0,0	12,0	27,8	164,4
1964	44,0	75,9	24,7	81,6	78,0	52,1	28,1	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	400,8
1965	0,0	0,0	33,0	83,0	80,8	310,8	12,1	6,6	3,7	28,8	8,0	0,0	566,8
1966	51,5	85,0	9,7	230,8	101,6	128,7	107,4	45,0	70,6	0,0	42,3	18,4	891,0
1967	3,0	18,1	35,0	163,3	201,0	81,8	35,4	26,8	28,2	20,2	0,0	20,4	633,2
1968	226,6	118,6	194,1	142,0	139,7	24,6	62,2	2,1	1,3	1,0	42,0	6,0	960,2
1969	66,0	35,0	60,2	45,5	1,0	45,5	32,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	290,2
1970	27,2	2,0	36,0	26,0	0,2	12,0	24,0	1,0	0,0	12,6	12,6	0,0	153,6
1971	14,0	0,0	26,0	95,2	33,9	12,0	12,6	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	195,7
1972	0,0	25,0	66,6	28,4	16,8	3,4	4,8	23,9	8,0	0,0	0,0	6,2	183,1
1973	0,0	0,0	142,4	85,6	46,2	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	39,0	347,0
1974	49,4	62,0	151,0	273,6	52,5	36,4	16,4	0,0	0,0	0,0	39,0	29,7	710,0
1975	18,7	33,0	70,0	130,9	53,4	9,0	170,1	0,0	0,0	0,0	0,0	122,0	607,1
1976	23,0	90,8	44,3	130,9	58,2	30,1	20,2	66,3	0,0	31,0	5,0	4,9	504,7
1977	87,6	28,8	0,0	225,0	46,2	48,6	52,5	22,0	5,2	6,3	8,2	22,0	552,4
1978	0,0	60,0	287,0	66,7	75,5	90,5	33,2	19,6	13,6	2,4	3,7	3,7	655,9
1979	60,8	28,4	0,0	51,4	31,7	0,0	20,7	3,3	9,0	0,0	7,0	22,0	234,3
1980	4,2	62,5	41,0	0,0	0,0	41,8	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,5
1981	0,0	1,3	387,5	10,0	41,8	25,0	25,0	20,4	6,0	9,7	24,3	47,0	598,0
1982	48,5	39,0	17,0	58,0	69,0	45,0	8,0	20,0	1,0	8,0	0,0	12,3	325,8
1983	13,6	28,7	47,9	50,2	37,7	5,1	9,1	0,0	5,1	0,0	6,1	8,2	211,7
1984	11,4	8,3	160,4	136,4	75,8	53,7	28,3	33,6	9,8	1,2	0,0	3,2	522,1
1985	9,2	201,8	80,4	134,0	26,4	7,2	37,2	27,0	0,0	39,4	0,0	16,6	579,2
1986	10,4	119,6	66,8	72,2	129,7	39,2	19,0	2,2	10,2	11,6	17,3	8,3	506,5
1987	5,6	12,2	71,6	63,8	5,4	49,0	23,6	9,0	5,6	2,2	3,4	0,0	251,4
1988	25,6	44,2	97,8	80,4	19,6	11,6	34,4	0,0	4,8	1,2	9,3	37,0	365,9
1989	13,6	8,1	16,6	182,1	91,6	24,6	34,2	21,6	0,0	17,0	15,2	103,0	527,6
1990	8,8	100,8	0,0	48,3	57,4	67,2	30,4	4,8	31,4	6,2	4,2	0,0	359,5
1991	0,0	38,4	243,6	95,6	181,4	20,8	8,8	19,8	0,0	22,2	4,2	4,2	639,0
Média	29,1	46,2	84,3	97,3	60,5	45,3	31,2	13,6	7,8	7,7	9,5	19,4	451,8

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Mandacaia

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	32,8	10,8	115,0	55,6	33,0	34,4	4,8	0,0	10,4	0,0	25,4	134,4	456,6
1964	92,2	112,4	115,8	115,3	100,9	67,7	51,1	55,8	42,6	4,1	3,1	10,0	771,0
1965	25,3	65,0	77,5	82,9	40,0	129,0	41,5	11,3	3,1	18,9	0,0	32,3	526,8
1966	72,6	53,0	16,3	190,1	44,2	115,5	92,9	0,0	7,2	0,0	28,8	42,8	663,4
1967	31,5	13,6	34,5	105,4	98,7	21,7	29,0	22,0	11,5	7,6	0,0	47,9	423,4
1968	51,1	18,7	100,3	93,8	79,6	8,5	33,9	7,4	0,0	0,0	11,6	7,0	411,9
1969	83,6	21,9	105,3	91,8	31,8	87,9	97,1	12,2	8,3	3,7	16,0	0,0	559,6
1970	31,1	17,3	152,5	75,9	26,8	44,6	147,8	22,0	0,0	0,0	1,5	0,0	519,5
1971	0,0	27,9	32,0	144,6	51,8	60,4	51,3	23,2	13,5	4,9	0,0	0,0	409,6
1972	0,0	68,1	75,7	18,2	48,3	68,8	53,2	75,9	0,0	1,7	0,0	11,5	421,4
1973	2,3	0,0	19,3	95,6	16,5	64,6	29,5	0,0	12,0	27,3	0,0	16,5	283,6
1974	34,7	65,2	145,6	196,2	36,7	81,9	42,5	0,0	0,0	0,0	0,0	51,8	654,6
1975	0,0	33,8	121,7	99,9	96,4	9,7	174,7	17,3	32,2	0,0	0,0	76,4	662,1
1976	0,0	68,2	24,7	49,5	49,0	22,5	0,0	25,3	0,0	21,3	26,8	11,7	299,0
1977	106,5	30,0	10,3	214,5	118,8	147,4	120,0	0,0	25,7	0,0	0,0	0,0	773,2
1978	8,5	82,2	180,9	105,2	123,0	56,3	58,7	18,1	30,3	0,0	8,7	0,0	671,9
1979	35,6	0,0	97,3	23,4	60,6	4,8	30,0	2,1	47,4	0,0	0,0	0,0	301,2
1980	0,0	120,3	51,2	0,0	25,8	98,9	0,0	8,5	0,0	9,7	24,3	0,0	338,7
1981	67,5	22,5	318,2	34,5	6,5	0,0	0,0	12,3	0,0	0,0	0,0	40,0	501,5
1982	0,0	31,3	7,9	111,8	159,5	96,3	7,3	23,3	0,0	0,0	0,0	0,0	437,4
1983	0,0	146,8	31,0	51,2	50,1	16,1	14,0	26,0	0,0	0,0	0,0	0,0	335,2
1984	15,3	14,3	73,8	204,8	101,2	16,4	108,1	54,2	14,2	11,7	0,0	0,0	614,0
1985	12,7	147,1	216,3	387,9	68,2	49,8	54,9	27,4	0,0	0,0	0,0	0,0	964,3
1986	47,8	157,2	143,2	149,4	118,5	72,0	53,3	65,2	29,1	5,5	19,1	0,0	860,3
1987	0,0	57,5	179,0	82,9	0,0	46,2	65,6	8,5	8,5	0,0	0,0	0,0	448,2
1988	33,5	43,7	231,9	119,7	21,9	57,9	64,4	12,3	0,0	0,0	13,5	13,0	611,8
1989	18,1	0,0	91,7	106,0	134,3	57,6	101,1	29,4	7,3	28,8	8,7	117,2	700,2
1990	21,4	16,7	25,8	51,6	26,6	76,5	57,3	14,9	4,7	0,0	0,0	0,0	295,5
1991	11,3	10,9	160,7	23,7	95,7	20,3	32,0	35,7	6,5	0,0	6,3	0,0	403,1
Média	28,8	50,2	101,9	106,3	64,3	56,3	55,7	21,0	10,8	5,0	6,7	21,1	528,2

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Mulungu

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	25,2	9,1	102,2	39,9	43,2	16,0	4,5	7,2	3,5	0,0	4,0	31,3	286,1
1964	28,9	93,9	57,0	107,3	48,4	62,5	42,4	27,3	8,8	30,8	3,1	2,7	513,1
1965	11,3	24,1	46,9	125,2	34,3	129,5	32,2	13,7	21,5	11,3	1,7	3,7	455,3
1966	33,7	102,7	9,5	229,0	84,7	118,4	124,1	23,1	33,4	0,0	21,5	22,1	802,1
1967	4,1	55,5	129,1	312,9	192,3	72,9	70,5	36,4	24,8	0,3	0,0	72,8	971,8
1968	13,2	6,0	107,4	95,5	271,0	16,3	10,0	4,0	0,0	0,0	10,8	6,8	541,0
1969	72,0	19,2	184,6	133,2	36,2	133,8	116,4	0,0	9,4	0,0	7,6	20,3	732,7
1970	28,4	5,6	113,3	145,2	8,4	21,2	94,9	136,0	20,2	21,6	0,0	0,0	594,8
1971	0,0	4,0	174,9	97,1	37,0	70,0	101,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	495,0
1972	0,0	83,3	81,9	21,0	30,3	80,0	6,1	56,4	12,6	0,0	0,0	20,0	391,6
1973	17,6	8,5	109,1	78,6	0,0	40,4	35,1	0,0	0,0	8,0	0,0	9,6	306,9
1974	58,8	106,1	154,4	227,0	91,0	47,8	32,6	8,3	0,0	0,0	3,4	14,9	744,3
1975	21,3	25,7	112,6	150,3	33,5	0,0	155,6	13,8	7,0	0,0	0,0	70,6	590,4
1976	7,9	116,0	66,7	33,3	50,0	9,8	11,0	14,1	0,0	28,6	7,3	39,0	383,7
1977	49,9	7,3	17,2	336,4	97,0	72,9	105,0	17,3	9,3	0,0	2,4	0,0	714,7
1978	0,0	80,3	206,4	43,5	73,6	10,0	13,2	6,7	18,0	0,0	0,0	0,0	451,7
1979	22,8	0,0	163,6	13,7	46,8	36,6	15,6	0,0	18,0	0,0	22,2	0,0	339,3
1980	15,3	134,5	10,3	0,0	10,0	63,3	21,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	254,6
1981	25,0	11,0	406,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	17,2	472,4
1982	0,0	6,7	0,0	51,5	30,4	97,4	0,0	24,3	0,0	6,0	1,0	0,0	217,3
1983	0,0	83,0	6,4	10,0	12,2	20,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	0,0	169,6
1984	0,0	0,0	197,5	164,9	57,7	0,0	85,4	55,8	11,5	0,0	0,0	0,0	572,8
1985	12,0	306,1	140,4	176,8	32,8	28,2	29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	725,4
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	37,6	12,0	0,0	16,0	0,0	83,6
1987	2,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	27,3	38,3
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,2	0,7	7,7	1,9	0,5	0,0	38,0
1991	0,3	24,3	140,4	34,2	49,5	14,5	6,5	23,4	0,3	2,1	1,9	0,6	298,2
Média	15,5	46,0	94,4	90,6	47,3	40,1	39,9	19,1	7,5	3,8	4,4	12,4	420,9

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Muquem

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	16,2	49,2	65,3	48,8	21,6	66,3	30,6	3,5	12,4	0,0	13,9	135,0	462,8
1964	69,9	64,0	142,5	110,1	90,0	74,5	70,5	30,5	28,8	6,8	8,5	19,7	715,9
1965	22,6	36,3	93,9	179,7	92,2	228,9	30,1	18,9	19,5	45,6	24,7	18,1	810,7
1966	47,7	152,6	139,1	417,1	117,8	250,1	302,8	42,5	116,2	4,4	142,1	36,3	1768,7
1967	10,4	78,3	141,4	419,2	383,2	204,3	115,5	54,9	93,5	67,7	0,0	44,8	1613,1
1968	41,3	39,6	137,9	107,8	132,4	37,9	59,4	0,0	7,0	0,0	65,5	13,3	642,1
1969	24,6	157,0	264,0	155,7	46,6	129,8	158,4	33,0	0,0	14,6	0,0	0,0	983,7
1970	63,0	28,3	168,4	88,6	36,2	82,8	146,6	34,4	0,0	14,6	0,0	0,0	662,9
1971	0,0	0,0	79,0	271,2	59,4	38,0	128,6	43,0	17,0	24,4	0,0	8,4	669,0
1972	7,0	155,4	92,0	148,4	84,6	123,6	38,4	82,4	10,4	0,0	0,0	74,8	817,0
1973	12,4	56,4	123,0	113,4	66,2	55,0	48,0	0,0	41,0	13,6	0,0	21,6	550,6
1974	56,2	122,4	279,0	257,2	67,4	102,0	65,0	20,8	12,4	0,0	52,4	63,4	1098,2
1975	0,0	47,4	166,2	148,4	64,4	49,4	192,0	0,0	33,4	0,0	0,0	121,0	822,2
1976	0,0	164,8	98,4	130,6	72,4	55,4	32,4	26,0	12,4	66,4	0,0	0,0	658,8
1977	84,4	50,8	84,4	193,0	215,4	98,8	169,4	8,4	17,0	80,4	0,0	0,0	1002,0
1978	0,0	70,0	174,2	192,4	97,4	103,8	115,0	20,8	88,2	10,6	15,6	8,6	896,6
1979	74,6	14,6	53,4	95,4	70,6	29,6	16,0	0,0	42,2	0,0	27,6	0,0	424,0
1980	29,4	134,0	93,2	28,4	8,4	80,0	21,0	0,0	0,0	21,0	10,6	0,0	426,0
1981	66,0	0,0	336,6	27,0	34,4	0,0	0,0	8,4	14,8	0,0	38,6	36,0	561,8
1982	14,6	41,6	9,6	66,6	144,6	104,0	50,8	70,4	12,6	0,0	15,0	8,6	538,4
1983	13,6	77,2	108,6	42,0	57,8	31,4	21,0	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	386,2
1984	0,0	0,0	57,0	384,2	237,0	48,4	112,2	83,6	41,4	0,0	0,0	0,0	963,8
1985	76,4	239,4	214,4	314,6	88,0	142,0	158,0	139,0	12,8	0,0	5,6	78,0	1468,2
1986	34,0	180,0	435,4	207,6	164,2	97,4	153,4	85,0	93,4	14,6	61,6	36,6	1563,2
1987	20,6	0,0	117,8	119,4	12,6	205,2	85,2	60,4	0,0	0,0	0,0	0,0	621,2
1988	30,0	14,6	169,8	217,4	43,4	73,4	233,8	26,6	17,0	1,9	10,6	61,0	899,5
1989	4,2	7,5	125,5	221,4	198,6	129,2	145,0	22,6	8,6	31,0	17,7	46,6	957,9
1990	0,0	14,6	0,0	67,6	49,0	75,4	88,2	7,5	23,8	27,0	0,0	0,0	353,1
1991	0,0	14,6	84,2	4,2	50,8	31,6	10,8	62,2	2,2	0,0	0,0	1,5	262,1
Média	28,2	69,3	139,8	164,7	96,8	94,8	96,5	35,2	26,8	15,3	17,6	28,7	813,8

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Passagem do Tô

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	21,9	27,0	51,9	40,8	16,5	33,7	14,3	2,2	5,1	0,0	11,2	47,1	271,8
1964	83,4	50,5	98,2	97,4	77,4	44,0	43,6	21,2	8,7	3,8	5,3	6,4	540,1
1965	23,3	17,9	76,5	146,3	79,2	161,8	18,7	11,5	6,4	32,6	17,1	6,0	597,2
1966	77,0	121,3	72,6	418,8	119,7	166,3	229,8	43,7	56,3	2,5	108,0	16,0	1431,9
1967	14,4	60,3	170,4	491,2	427,4	164,7	117,8	57,1	46,9	0,0	0,0	80,0	1630,1
1968	144,6	96,2	138,4	60,2	106,1	39,7	46,7	15,1	0,0	6,2	95,2	33,1	781,5
1969	15,0	42,3	379,8	167,0	46,9	98,6	220,9	20,1	3,8	0,0	0,0	6,8	1001,2
1970	106,4	17,4	64,2	35,9	12,2	33,9	50,0	8,6	0,0	11,8	0,0	0,0	340,4
1971	0,0	24,2	62,5	283,0	19,5	77,3	51,8	11,2	4,9	13,8	0,0	6,8	555,0
1972	0,0	33,0	92,9	30,7	65,4	71,7	63,5	92,8	26,1	9,0	0,0	33,8	518,9
1973	10,0	97,3	209,9	83,1	49,2	51,6	39,5	0,0	18,0	30,0	0,0	25,4	614,0
1974	158,4	59,3	234,2	358,6	62,7	45,8	63,7	8,6	0,0	0,0	54,3	43,1	1088,7
1975	123,2	14,1	83,6	128,0	76,0	38,4	153,2	0,0	37,2	0,0	0,0	90,9	744,6
1976	0,0	68,9	49,6	87,6	73,5	8,6	13,4	7,3	0,0	58,0	7,8	6,3	381,0
1977	43,7	31,0	59,2	284,7	266,6	207,2	200,7	18,1	26,0	10,4	0,0	2,8	1150,4
1978	2,6	94,5	253,8	96,3	120,3	60,2	104,4	61,4	44,6	7,1	11,3	5,8	862,3
1979	16,1	0,0	63,6	32,7	48,1	2,8	13,2	0,0	21,4	0,0	6,8	0,0	204,7
1980	23,1	57,6	42,5	15,3	6,4	54,5	9,1	4,3	0,0	5,2	0,0	35,0	253,0
1981	35,4	4,2	373,8	29,4	18,5	6,5	0,0	2,5	0,0	0,0	35,8	35,6	541,7
1982	10,8	6,2	5,3	54,7	131,5	63,4	29,6	18,0	9,6	40,8	0,0	24,6	394,5
1983	10,4	120,4	56,8	51,0	25,4	32,8	9,0	18,0	0,0	1,4	0,0	0,0	325,2
1984	2,6	2,8	134,8	251,7	192,8	0,0	43,8	50,6	0,0	0,0	0,0	0,0	679,1
1985	54,8	156,4	220,8	446,4	49,0	22,6	76,9	32,3	0,0	25,8	0,0	45,4	1130,4
1986	35,0	37,6	112,4	205,2	170,8	51,2	62,2	30,6	15,8	0,0	15,2	7,6	743,6
1987	8,7	23,0	205,2	157,6	0,0	22,0	32,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	448,6
1988	35,0	155,5	175,2	184,2	36,3	42,6	23,5	5,4	0,0	0,0	10,5	45,2	713,4
1989	0,0	14,2	119,4	246,8	191,8	113,8	77,6	0,0	0,0	24,6	8,2	106,6	903,0
1990	8,2	39,7	0,0	74,2	20,2	38,6	50,8	0,3	2,2	6,8	2,0	0,0	243,0
1991	0,0	12,1	16,0	77,0	3,3	0,0	0,8	44,8	0,0	0,0	1,3	0,0	155,3
Média	36,7	51,2	124,9	159,9	86,6	60,5	64,2	20,2	11,5	10,0	13,4	24,5	663,6

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Santa Cruz do Capibaribe

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	25,5	12,9	73,5	26,5	41,6	25,9	1,5	4,2	4,5	0,0	3,2	38,9	258,2
1964	38,2	111,8	98,5	46,5	110,6	88,0	70,0	34,7	25,0	0,0	0,0	0,0	623,3
1965	22,0	0,0	50,0	33,0	62,0	49,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	216,0
1966	110,0	83,0	14,5	117,2	30,8	174,7	90,0	50,8	6,2	0,0	26,0	71,0	774,2
1967	0,0	0,0	87,2	191,4	214,6	111,9	85,1	242,3	38,0	0,0	0,0	62,7	1033,2
1968	18,3	27,9	114,0	32,4	27,5	25,0	8,2	0,0	0,0	0,9	1,6	7,0	262,8
1969	48,9	33,5	291,7	63,6	60,6	123,3	83,7	25,0	9,3	0,0	2,0	3,2	744,8
1970	8,9	11,6	136,0	20,9	47,4	54,4	60,0	34,4	0,0	0,0	0,0	0,0	373,6
1971	4,7	13,0	31,0	131,0	120,8	98,0	130,5	48,2	0,0	0,0	0,0	0,0	577,2
1972	0,0	131,0	21,0	24,0	125,7	157,0	115,7	191,0	49,0	0,0	0,0	47,0	861,4
1973	17,2	0,0	37,0	118,0	97,0	74,5	58,4	0,0	0,0	60,4	0,0	0,0	462,5
1974	67,0	73,0	71,0	172,0	147,6	140,8	68,9	0,0	0,0	0,0	0,0	35,7	776,0
1975	43,5	60,8	69,0	81,0	47,0	42,2	172,3	16,0	16,0	0,0	0,0	0,0	547,8
1976	28,0	48,4	77,7	29,2	43,0	0,0	0,0	23,0	0,0	40,5	0,0	0,0	289,8
1977	53,6	53,6	36,0	297,0	121,6	76,7	85,0	16,9	31,2	3,0	0,0	0,0	774,6
1978	0,0	40,0	66,6	39,6	105,0	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	265,2
1979	2,0	0,0	6,6	2,4	50,0	11,0	3,2	0,0	16,6	0,0	18,5	0,0	110,3
1980	2,2	122,5	94,5	0,0	23,0	73,0	16,3	18,6	0,0	6,3	3,5	16,0	375,9
1981	76,0	9,3	408,2	42,0	0,0	0,0	21,2	13,3	14,2	0,0	0,0	62,0	646,2
1982	0,0	41,5	12,0	47,5	170,0	58,0	48,0	12,0	0,0	0,0	0,0	12,0	401,0
1983	25,0	40,0	50,0	18,0	61,0	6,0	9,0	20,0	0,0	8,0	0,0	0,0	237,0
1984	0,0	0,0	11,5	53,4	73,0	9,0	65,0	46,0	16,0	2,5	0,0	0,0	276,4
1985	0,0	149,0	122,0	173,5	0,0	3,0	17,5	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	472,2
1986	0,0	6,5	45,0	132,0	9,0	8,0	14,0	9,0	4,5	0,0	10,5	0,0	238,5
1987	0,0	76,0	27,0	31,0	8,0	56,0	18,5	14,5	6,0	5,0	0,0	0,0	242,0
1988	0,0	20,0	61,2	28,0	7,5	17,8	6,8	4,6	0,0	0,0	1,4	4,3	151,6
1989	6,4	0,5	55,7	67,9	73,6	27,7	16,4	21,2	2,1	13,4	3,8	44,3	333,1
1990	5,9	33,2	6,9	26,4	27,8	39,2	12,7	8,8	5,5	1,3	0,1	0,2	168,0
1991	3,0	11,2	83,2	16,4	60,2	13,7	4,4	23,4	1,9	1,5	0,9	0,2	220,0
Média	20,9	41,7	77,9	71,1	67,8	53,9	44,7	30,5	8,5	4,9	2,5	13,9	438,4

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Serra do Vento

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	28,3	39,6	68,4	29,7	36,9	63,3	27,5	8,3	13,4	2,1	17,3	192,9	527,9
1964	118,8	67,9	149,3	122,0	102,1	75,4	59,1	64,4	34,9	14,5	22,0	22,8	853,1
1965	39,9	37,2	67,1	212,4	149,4	182,9	59,9	45,9	31,7	55,4	42,9	42,2	966,9
1966	67,6	149,7	44,6	322,3	85,4	231,1	274,7	44,2	64,7	2,5	326,5	48,0	1661,3
1967	15,5	37,5	167,3	165,7	166,5	92,2	59,1	52,9	61,0	0,5	3,0	99,8	921,0
1968	97,9	32,5	96,1	83,9	114,1	31,5	74,9	15,2	10,5	1,2	48,6	25,4	631,8
1969	68,7	30,1	302,2	70,8	99,5	132,0	139,9	24,2	18,0	2,3	12,0	9,0	908,7
1970	118,2	22,1	102,5	36,9	29,1	58,9	140,9	50,5	2,3	23,0	1,4	1,0	586,8
1971	8,9	25,3	53,9	127,6	104,3	73,9	76,9	39,2	30,6	25,9	6,8	4,5	577,8
1972	24,2	161,3	79,1	106,3	81,0	146,9	63,0	111,0	20,9	16,6	0,0	38,1	848,4
1973	31,0	25,9	132,6	155,9	129,5	158,0	63,5	20,1	44,1	25,1	3,4	26,3	815,4
1974	117,5	123,8	277,6	390,0	66,0	93,2	82,5	25,2	11,1	0,6	179,6	49,6	1416,7
1975	41,3	20,2	163,4	164,4	125,8	73,4	199,9	15,9	90,5	1,2	1,3	131,7	1029,0
1976	31,2	165,2	82,7	137,4	114,1	50,2	61,7	24,8	6,3	98,8	41,6	42,4	856,4
1977	70,1	102,6	69,6	219,6	204,2	145,0	162,7	14,5	7,8	34,4	1,5	10,6	1042,6
1978	8,0	97,2	368,9	97,6	128,2	73,9	120,5	30,8	65,6	0,0	26,6	29,5	1046,8
1979	51,5	34,8	103,5	83,7	78,7	36,2	48,1	12,5	53,5	0,0	74,5	13,6	590,6
1980	22,1	157,3	90,9	218,6	16,9	105,7	21,0	0,0	24,5	23,9	57,5	22,1	760,5
1981	55,3	6,4	464,7	34,7	17,3	12,1	14,7	28,9	10,3	0,0	0,0	11,0	655,4
1982	7,4	28,2	24,0	14,2	97,0	113,5	25,9	60,8	19,0	0,0	0,0	13,8	403,8
1983	28,8	147,0	66,5	13,0	40,8	38,0	25,7	4,2	3,8	14,8	17,3	14,8	414,7
1984	0,0	4,2	41,5	256,9	226,4	18,7	68,3	70,7	25,8	0,0	0,0	0,0	712,5
1985	35,2	166,5	212,6	168,9	90,0	50,8	30,2	71,4	0,0	0,0	2,8	90,4	918,8
1986	34,2	84,5	270,2	118,7	100,1	67,7	101,5	50,3	17,8	29,9	29,0	13,9	917,8
1987	55,4	21,7	160,3	111,7	17,6	51,8	94,1	33,4	0,0	12,9	0,0	0,0	558,9
1988	5,8	0,0	104,1	97,8	25,0	68,9	92,9	8,2	7,2	4,5	31,2	88,5	534,3
1989	14,3	3,7	97,7	85,6	215,2	172,6	148,3	27,2	0,0	0,0	39,6	105,6	909,8
1990	5,0	37,7	37,4	121,0	53,9	72,8	122,8	4,4	54,0	19,4	0,0	16,4	544,8
1991	3,2	39,6	199,2	46,0	119,8	22,2	32,6	54,3	8,0	34,0	20,8	35,8	615,5
Média	41,6	64,5	141,3	131,5	97,8	86,6	86,0	34,9	25,4	15,3	34,7	41,4	801,0

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Tacaimbó

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	34,9	31,0	75,0	11,3	30,0	31,8	31,8	10,3	10,1	4,1	5,1	191,9	467,3
1964	96,1	128,4	126,9	128,3	33,9	71,6	43,7	62,6	26,4	10,1	23,2	25,2	776,4
1965	63,3	15,2	49,3	199,3	103,8	222,5	110,6	33,4	19,2	45,2	0,0	57,4	919,2
1966	102,5	184,7	0,0	280,9	40,3	237,7	308,5	46,6	35,3	0,0	208,6	26,3	1471,4
1967	10,2	22,3	155,0	169,0	102,5	86,6	82,7	56,4	56,4	25,2	0,0	55,2	821,5
1968	108,7	36,2	111,0	96,8	90,7	38,3	96,2	45,6	0,0	0,0	26,1	54,6	704,2
1969	52,7	33,5	319,1	60,4	34,7	172,5	154,2	0,0	30,2	28,2	0,0	20,1	905,6
1970	124,4	25,5	149,9	123,7	80,3	80,3	111,5	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	701,6
1971	0,0	22,0	0,0	52,3	69,5	25,0	19,7	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	209,5
1972	0,0	91,3	27,8	39,7	45,0	35,9	9,8	59,4	0,0	0,0	0,0	0,0	308,9
1973	9,1	13,0	48,8	94,7	65,4	49,2	44,4	6,8	46,5	7,0	0,0	14,4	399,3
1974	65,2	127,3	140,3	293,0	19,2	64,8	61,1	11,2	17,6	0,0	54,0	23,6	877,3
1975	81,0	16,8	168,8	177,0	55,8	39,8	121,8	12,2	22,6	0,0	0,0	65,2	761,0
1976	22,6	46,6	61,0	52,2	44,2	24,4	51,6	11,8	0,0	89,4	53,0	53,6	510,4
1977	52,0	14,8	81,0	196,2	144,6	135,4	123,0	8,0	25,2	0,0	5,2	26,6	812,0
1978	4,0	160,0	188,2	105,0	102,7	83,3	72,6	29,8	41,1	0,0	18,8	8,4	813,9
1979	31,4	28,6	50,2	63,2	71,2	47,2	54,3	12,2	17,6	8,0	49,2	0,0	433,1
1980	33,8	89,2	34,6	8,0	14,2	70,0	9,6	2,6	7,0	17,3	25,0	39,0	350,3
1981	56,6	9,8	339,0	15,4	11,2	19,2	17,9	22,2	16,8	0,0	47,7	23,4	579,2
1982	11,4	18,7	12,6	29,0	88,0	65,6	42,2	51,2	0,0	0,0	0,0	13,4	332,1
1983	30,0	142,6	65,0	48,4	46,5	32,8	23,2	9,2	4,5	12,3	2,6	0,0	417,1
1984	3,4	0,0	138,0	173,8	114,0	28,0	71,8	68,3	24,0	25,3	2,0	5,2	653,8
1985	57,0	249,6	226,8	136,6	44,5	116,0	76,2	58,8	11,6	6,4	10,0	12,0	1005,5
1986	105,4	74,7	147,4	121,2	32,4	55,0	115,0	41,6	15,2	5,0	11,6	3,8	728,3
1987	0,0	85,6	132,9	97,4	19,0	53,6	81,3	21,4	8,4	9,0	0,0	0,0	508,6
1988	6,0	54,2	301,4	129,4	64,6	57,4	129,2	22,4	6,8	5,8	33,4	76,0	886,6
1989	17,6	0,0	50,8	85,6	100,0	61,8	128,8	41,6	7,2	25,0	19,4	88,0	625,8
1990	14,2	63,4	6,2	48,2	38,0	30,8	143,0	30,6	43,6	9,4	0,0	0,0	427,4
1991	1,0	40,0	195,8	16,4	52,6	23,2	31,0	69,4	9,4	0,0	7,8	0,0	446,6
Média	41,2	62,9	117,3	105,3	60,6	71,0	81,6	29,4	18,1	11,5	20,8	30,5	650,1

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Taquaritinga do Norte

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	114,4	73,8	181,6	56,5	74,1	256,6	157,6	61,9	110,6	0,0	0,0	235,8	1322,9
1964	192,2	206,3	191,4	93,5	89,9	205,9	196,9	276,6	231,8	0,0	0,0	30,5	1715,0
1965	41,3	0,0	73,0	162,9	165,9	268,9	154,5	9,6	40,0	71,2	23,0	0,0	1010,3
1966	188,8	152,4	49,0	191,3	71,4	152,8	407,8	60,8	69,9	7,9	41,2	16,3	1409,6
1967	33,7	60,9	132,2	106,3	116,4	211,0	191,9	165,8	27,2	10,0	0,0	42,8	1098,2
1968	64,0	74,6	122,0	105,7	85,4	55,5	162,0	57,3	17,3	17,3	3,1	24,1	788,3
1969	36,6	50,8	175,5	97,7	159,0	217,2	347,4	55,1	38,9	15,9	29,3	6,8	1230,2
1970	58,1	50,8	108,5	134,3	86,7	161,8	261,5	124,2	16,6	4,3	0,0	0,0	1006,8
1971	10,3	21,8	18,0	333,0	162,3	110,6	151,3	85,3	58,4	55,9	23,7	0,0	1030,6
1972	11,0	105,3	132,1	39,5	138,6	88,3	131,8	256,6	51,2	26,1	11,8	46,3	1038,6
1973	36,4	15,5	129,7	329,3	79,7	95,0	87,1	72,3	171,1	51,5	22,9	0,0	1090,5
1974	50,2	80,2	182,5	558,8	198,6	301,7	602,5	84,7	80,0	0,0	19,1	43,8	2202,1
1975	44,0	280,3	235,5	240,9	430,0	203,6	921,9	16,0	59,0	0,0	25,7	90,1	2547,0
1976	14,0	184,1	128,4	32,2	103,5	170,8	304,7	85,4	5,0	150,2	84,3	46,0	1308,6
1977	25,7	0,0	23,3	85,7	588,0	272,4	252,8	57,6	95,1	63,2	8,4	58,0	1530,2
1978	0,0	145,3	202,9	188,0	216,0	119,7	204,6	25,3	101,3	0,0	0,0	24,0	1227,1
1979	106,4	39,6	77,6	76,7	170,5	201,6	145,5	35,7	66,8	16,4	49,2	0,0	986,0
1980	15,3	90,8	131,8	90,3	92,3	220,5	65,4	0,0	76,6	11,4	11,6	37,5	843,5
1981	74,0	44,0	441,6	44,7	74,2	56,2	52,4	59,2	42,7	0,0	32,4	64,2	985,6
1982	26,9	52,8	3,5	237,8	116,9	199,9	78,8	151,4	44,3	1,0	0,0	29,5	942,8
1983	27,5	119,2	81,1	40,0	135,8	78,5	121,7	201,8	0,0	34,6	0,0	0,0	840,2
1984	0,0	2,5	165,7	151,7	192,0	131,7	197,3	212,5	52,0	0,0	0,0	0,0	1105,4
1985	6,0	156,1	269,8	406,9	36,5	101,8	235,6	114,5	18,0	0,0	21,5	13,5	1380,2
1986	81,4	158,3	264,0	193,0	168,0	207,5	230,5	202,5	92,0	33,5	29,5	19,0	1679,2
1987	10,6	49,5	222,0	149,5	44,0	148,0	161,0	82,0	17,1	5,5	0,0	0,0	889,3
1988	36,6	73,1	214,0	189,2	101,2	140,2	273,0	59,9	31,5	21,2	35,1	8,0	1183,0
1989	21,5	20,0	69,7	222,8	150,2	126,4	188,4	88,9	26,8	13,8	52,7	125,7	1107,0
1990	0,0	32,0	7,0	157,5	167,4	140,0	103,6	87,7	37,7	21,6	5,0	7,4	766,9
1991	1,7	6,5	152,2	33,3	108,2	59,9	42,2	101,7	4,2	1,6	3,4	0,2	515,1
Média	45,8	80,9	144,3	163,8	149,1	162,2	221,8	99,7	58,0	21,9	18,4	33,4	1199,3

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto :

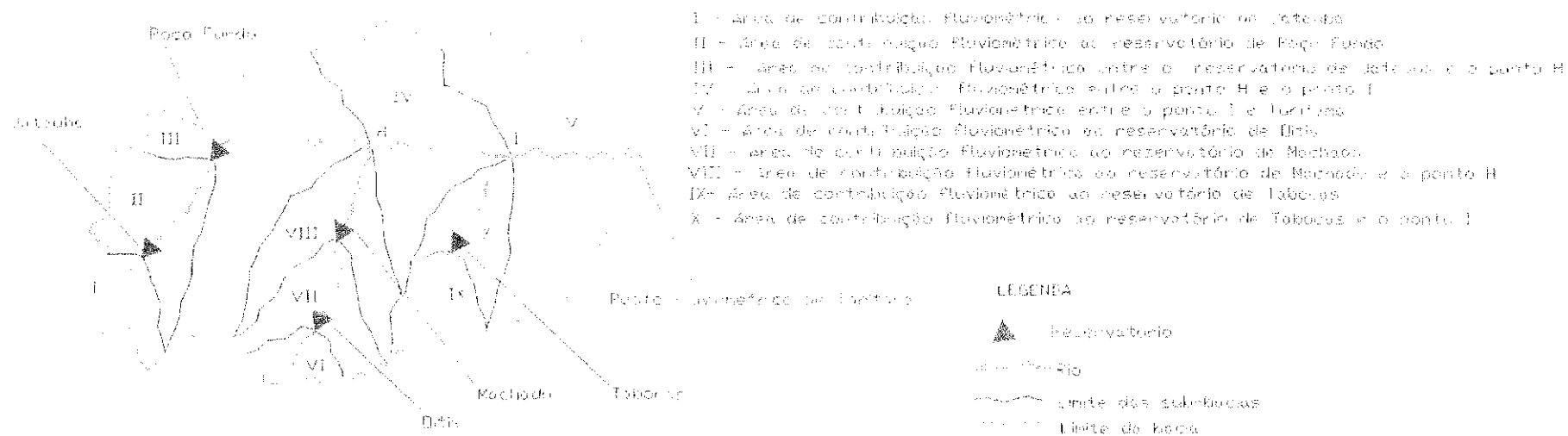
Toritama

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	28,4	10,2	152,3	41,8	35,8	35,0	6,4	0,0	0,0	0,0	14,2	265,6	589,7
1964	94,8	166,3	232,4	230,6	177,6	247,8	127,4	43,2	65,8	0,0	0,0	0,0	1385,9
1965	19,8	0,0	32,6	167,8	79,4	89,4	0,0	11,3	0,0	0,0	0,0	60,6	460,9
1966	112,0	154,2	0,0	34,2	60,6	232,0	210,1	0,0	44,8	0,0	27,4	0,0	875,3
1967	7,4	35,6	35,2	103,4	72,0	37,4	29,4	78,4	0,0	0,0	0,0	15,2	414,0
1968	91,4	0,0	185,2	130,0	109,6	6,4	87,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	609,8
1969	0,0	58,6	170,0	11,6	51,4	50,8	137,8	3,0	18,4	0,0	0,0	0,0	501,6
1970	17,0	0,0	93,4	18,7	7,4	50,9	135,7	30,2	0,0	0,0	0,0	0,0	353,3
1971	0,0	0,0	74,0	38,8	105,0	76,6	41,7	19,9	11,0	5,2	9,8	0,0	382,0
1972	5,0	65,0	52,5	3,1	67,8	42,3	22,7	49,4	11,8	0,0	0,0	33,7	353,3
1973	11,3	7,1	59,7	161,5	57,1	55,6	50,7	12,8	20,0	34,2	10,6	33,7	514,2
1974	34,2	49,7	169,1	201,2	57,5	50,5	75,6	8,3	45,6	8,4	0,0	8,4	708,6
1975	0,0	47,2	211,1	81,0	30,8	48,8	211,1	0,0	36,2	0,0	0,0	87,1	753,3
1976	0,0	106,0	108,3	23,9	18,4	25,3	4,6	26,5	0,0	79,4	18,2	21,2	431,8
1977	108,1	33,0	24,9	130,2	219,7	126,7	136,2	11,4	33,4	0,0	1,0	14,4	839,0
1978	0,0	66,9	146,0	127,0	95,1	74,2	135,7	4,7	3,7	0,0	0,0	11,5	664,8
1979	6,2	0,0	28,8	30,7	3,4	50,7	18,6	5,5	32,0	2,5	10,0	0,0	188,4
1980	9,6	53,5	63,4	0,0	42,1	113,5	16,6	0,0	2,5	30,6	0,0	3,6	335,4
1981	74,4	10,8	263,6	17,8	0,0	24,6	3,4	6,2	17,0	0,0	4,2	52,6	474,6
1982	6,2	47,8	0,0	52,2	70,7	115,6	23,4	13,6	9,0	0,0	0,0	6,2	344,7
1983	3,3	59,6	32,2	60,2	49,7	51,5	6,6	70,6	0,0	18,6	0,0	0,0	352,3
1984	18,6	1,8	202,2	198,1	72,8	77,0	90,0	50,0	30,8	30,2	0,0	0,0	771,5
1985	0,0	214,4	246,2	277,0	20,2	23,4	70,0	56,2	0,0	0,0	0,0	0,0	907,4
1986	12,0	121,6	194,4	221,2	62,8	98,8	85,4	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	834,2
1987	23,6	65,2	85,0	93,8	0,0	59,4	22,2	12,0	3,2	0,0	0,0	0,0	364,4
1988	8,4	9,6	68,4	103,4	51,2	55,5	118,6	21,6	0,0	0,0	2,0	10,2	448,9
1989	0,0	0,0	85,6	97,8	107,2	61,6	117,9	13,7	3,8	8,5	7,7	150,6	654,5
1990	0,0	0,0	5,4	98,8	64,7	90,0	120,0	0,0	7,0	3,1	0,7	1,9	391,7
1991	0,0	0,0	272,6	119,6	69,6	57,9	35,0	44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	598,9
Média	23,9	47,7	113,6	99,2	64,1	73,4	73,8	20,4	15,0	7,6	3,7	26,8	569,1

Dados pluviométricos com preenchimento de falhas do posto : Vertentes

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963,0	41,0	16,8	44,0	4,4	24,0	37,6	4,0	7,0	32,7	0,1	20,4	261,5	493,5
1964,0	0,0	18,9	23,4	29,6	39,6	91,6	84,2	40,8	35,6	0,0	0,0	8,0	371,7
1965,0	80,4	15,2	25,2	45,6	54,8	274,4	52,4	50,2	32,2	30,0	5,0	40,0	705,4
1966,0	70,0	61,6	17,0	64,5	39,3	237,3	156,2	23,1	33,1	2,7	47,3	8,5	760,6
1967,0	6,8	35,7	86,5	174,7	102,9	63,8	103,6	41,6	15,8	17,7	0,0	30,6	679,7
1968,0	102,5	0,0	62,8	56,0	64,8	19,6	76,1	22,1	3,2	6,3	0,0	22,5	435,9
1969,0	31,6	40,0	140,0	81,5	93,3	165,6	181,9	19,8	13,1	12,0	8,2	2,3	789,3
1970,0	22,0	25,8	84,5	98,8	20,7	100,0	161,7	60,4	8,5	0,0	1,3	0,0	583,7
1971,0	2,5	7,4	26,2	201,2	101,6	112,5	65,8	51,2	20,6	21,9	6,3	0,0	617,2
1972,0	2,8	39,2	98,3	82,8	80,3	102,9	49,1	157,6	24,6	10,0	0,0	69,8	717,4
1973,0	32,9	7,5	12,2	240,1	39,8	54,9	50,4	57,7	38,6	9,8	23,9	16,9	584,7
1974,0	21,6	21,2	61,8	301,1	51,9	104,3	123,7	32,8	34,9	0,0	22,3	19,1	794,7
1975,0	29,4	15,4	61,9	101,7	69,0	47,8	238,6	12,0	30,5	2,0	4,3	130,6	743,2
1976,0	0,2	111,7	107,8	34,3	71,4	49,8	60,5	40,0	3,0	105,6	25,0	46,0	655,3
1977,0	89,2	8,6	12,2	147,5	226,9	254,4	181,3	28,1	72,6	10,3	2,6	13,9	1047,6
1978,0	0,0	107,9	133,2	105,7	185,0	90,8	115,7	53,5	68,4	0,0	4,4	4,4	869,0
1979,0	69,0	39,4	52,4	21,4	83,8	56,2	105,4	12,0	58,0	0,0	0,0	0,0	497,6
1980,0	0,0	0,0	80,9	46,4	65,4	105,3	29,0	16,0	9,2	45,8	12,4	16,2	426,6
1981,0	100,0	23,6	416,6	26,2	25,9	29,5	30,0	14,9	17,0	0,0	26,2	48,0	757,9
1982,0	8,0	114,8	6,0	225,6	63,9	166,6	41,0	74,6	8,4	0,8	0,0	22,2	731,9
1983,0	12,2	83,2	81,6	28,6	61,5	62,0	33,6	97,6	2,2	37,8	0,0	0,0	500,3
1984,0	25,0	0,0	155,0	108,2	161,2	61,9	141,7	82,2	32,4	14,8	1,6	0,0	784,0
1985,0	3,9	90,5	155,5	374,5	24,5	72,0	87,3	40,0	3,9	0,0	10,0	2,9	865,0
1986,0	48,7	80,0	184,7	227,2	106,4	132,1	105,3	58,9	63,3	9,6	13,7	14,9	1044,8
1987,0	19,0	33,9	89,0	117,9	15,5	75,7	61,4	30,4	12,3	2,6	0,0	0,0	457,6
1988,0	20,8	21,9	111,8	138,2	62,0	73,9	147,6	36,3	15,1	5,9	11,4	11,0	655,8
1989,0	10,7	1,2	102,7	225,0	104,6	53,3	91,7	58,8	2,4	5,7	20,1	82,8	759,0
1990,0	2,7	5,8	0,3	74,9	70,9	83,8	36,8	16,5	4,8	0,0	2,8	1,2	300,5
1991,0	14,4	1,0	125,7	75,6	93,2	54,0	36,9	78,8	7,0	3,3	0,5	0,1	490,3
Média	29,9	35,5	88,2	119,3	76,0	97,7	91,5	45,3	24,3	12,2	9,3	30,1	659,3

Figura 5-10 - Pontos de medição de vazão nas sub-bacias da bacia do Rio São João



Anexo 5- Divisão da bacia em estudo em 10 sub-bacias

Anexo 6- Pluviometria mensal (mm) para as dez sub-bacias em estudo.

Precipitação média na sub-bacia do reservatório de Jataúba

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	16,2	49,2	65,3	48,8	21,6	66,3	30,6	3,5	12,4	0,0	13,9	135,0	462,8
1964	69,9	64,0	142,5	110,1	90,0	74,5	70,5	30,5	28,8	6,8	8,5	19,7	715,9
1965	22,6	36,3	93,9	179,7	92,2	228,9	30,1	18,9	19,5	45,6	24,7	18,1	810,7
1966	47,7	152,6	139,1	417,1	117,8	250,1	302,8	42,5	116,2	4,4	142,1	36,3	1768,7
1967	10,4	78,3	141,4	419,2	383,2	204,3	115,5	54,9	93,5	67,7	0,0	44,8	1613,1
1968	41,3	39,6	137,9	107,8	132,4	37,9	59,4	0,0	7,0	0,0	65,5	13,3	642,1
1969	24,6	157,0	264,0	155,7	46,6	129,8	158,4	33,0	0,0	14,6	0,0	0,0	983,7
1970	63,0	28,3	168,4	88,6	36,2	82,8	146,6	34,4	0,0	14,6	0,0	0,0	662,9
1971	0,0	0,0	79,0	271,2	59,4	38,0	128,6	43,0	17,0	24,4	0,0	8,4	669,0
1972	7,0	155,4	92,0	148,4	84,6	123,6	38,4	82,4	10,4	0,0	0,0	74,8	817,0
1973	12,4	56,4	123,0	113,4	66,2	55,0	48,0	0,0	41,0	13,6	0,0	21,6	550,6
1974	56,2	122,4	279,0	257,2	67,4	102,0	65,0	20,8	12,4	0,0	52,4	63,4	1098,2
1975	0,0	47,4	166,2	148,4	64,4	49,4	192,0	0,0	33,4	0,0	0,0	121,0	822,2
1976	0,0	164,8	98,4	130,6	72,4	55,4	32,4	26,0	12,4	66,4	0,0	0,0	658,8
1977	84,4	50,8	84,4	193,0	215,4	98,8	169,4	8,4	17,0	80,4	0,0	0,0	1002,0
1978	0,0	70,0	174,2	192,4	97,4	103,8	115,0	20,8	88,2	10,6	15,6	8,6	896,6
1979	74,6	14,6	53,4	95,4	70,6	29,6	16,0	0,0	42,2	0,0	27,6	0,0	424,0
1980	29,4	134,0	93,2	28,4	8,4	80,0	21,0	0,0	0,0	21,0	10,6	0,0	426,0
1981	66,0	0,0	336,6	27,0	34,4	0,0	0,0	8,4	14,8	0,0	38,6	36,0	561,8
1982	14,6	41,6	9,6	66,6	144,6	104,0	50,8	70,4	12,6	0,0	15,0	8,6	538,4
1983	13,6	77,2	108,6	42,0	57,8	31,4	21,0	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	386,2
1984	0,0	0,0	57,0	384,2	237,0	48,4	112,2	83,6	41,4	0,0	0,0	0,0	963,8
1985	76,4	239,4	214,4	314,6	88,0	142,0	158,0	139,0	12,8	0,0	5,6	78,0	1468,2
1986	34,0	180,0	435,4	207,6	164,2	97,4	153,4	85,0	93,4	14,6	61,6	36,6	1563,2
1987	20,6	0,0	117,8	119,4	12,6	205,2	85,2	60,4	0,0	0,0	0,0	0,0	621,2
1988	30,0	14,6	169,8	217,4	43,4	73,4	233,8	26,6	17,0	1,9	10,6	61,0	899,5
1989	4,2	7,5	125,5	221,4	198,6	129,2	145,0	22,6	8,6	31,0	17,7	46,6	957,9
1990	0,0	14,6	0,0	67,6	49,0	75,4	88,2	7,5	23,8	27,0	0,0	0,0	353,1
1991	0,0	14,6	84,2	4,2	50,8	31,6	10,8	62,2	2,2	0,0	0,0	1,5	262,1
Média	28,2	69,3	139,8	164,7	96,8	94,8	96,5	35,2	26,8	15,3	17,6	28,7	813,8

Precipitação média na sub-bacia do reservatório de Poço Fundo

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	17,8	32,2	47,5	35,2	14,6	41,4	15,7	2,7	7,6	0,0	12,3	77,0	304,0
1964	63,3	58,4	91,1	84,4	78,2	55,8	45,3	26,0	10,4	2,6	5,6	10,1	531,2
1965	16,1	21,5	70,2	122,3	80,1	211,3	19,4	14,2	8,2	27,3	18,3	9,4	618,2
1966	49,8	110,1	65,0	298,8	98,7	169,7	192,4	38,6	64,1	1,7	102,6	22,9	1214,3
1967	8,4	49,1	112,7	282,1	274,7	126,0	72,8	40,6	43,1	22,5	0,0	40,9	1073,0
1968	122,8	75,3	136,2	97,2	111,1	31,7	54,0	4,0	2,0	1,7	60,7	13,6	710,3
1969	41,4	64,9	235,3	105,2	21,3	87,0	130,9	12,3	1,1	3,7	1,1	1,8	706,0
1970	60,3	10,9	95,7	41,8	14,6	35,1	66,2	16,7	0,0	13,8	3,8	0,0	358,7
1971	5,2	5,3	57,7	202,1	40,3	35,2	61,0	15,7	7,5	9,6	0,3	3,4	443,4
1972	9,3	83,6	82,2	74,2	56,0	65,1	30,2	62,8	13,7	2,0	0,0	41,7	520,7
1973	10,6	37,1	124,4	77,5	42,8	36,6	22,5	2,9	14,9	9,7	3,6	22,3	404,8
1974	67,2	68,0	234,9	256,4	62,0	46,2	43,9	8,3	4,9	0,0	64,1	47,9	903,9
1975	32,7	39,7	88,5	104,6	57,7	28,8	180,9	2,2	22,1	0,0	0,0	100,3	657,3
1976	9,3	123,0	64,7	96,9	50,3	28,1	19,5	27,5	2,9	37,3	5,6	6,0	471,0
1977	58,4	27,7	38,8	200,6	140,3	96,3	116,5	12,5	11,2	22,7	2,5	12,6	740,0
1978	0,6	83,4	249,5	99,6	101,8	72,1	69,5	30,3	39,4	4,7	15,5	4,4	770,7
1979	54,2	21,9	42,7	59,7	45,6	10,9	23,5	2,2	22,4	0,0	10,9	8,6	302,5
1980	19,7	94,2	60,5	10,9	3,3	61,0	11,3	0,9	0,0	6,0	2,4	8,2	278,6
1981	27,9	7,2	338,5	26,3	24,5	12,1	10,1	8,6	5,2	2,9	33,9	30,2	527,5
1982	20,3	29,1	11,5	74,7	112,3	66,7	26,9	31,1	5,3	13,0	3,5	11,1	405,3
1983	14,9	78,9	70,8	37,9	35,8	22,7	9,5	13,9	1,5	0,3	1,8	2,5	290,6
1984	7,2	3,1	130,3	256,7	142,5	30,7	55,1	56,7	12,5	0,4	0,0	1,0	696,2
1985	37,9	177,5	169,1	222,6	45,3	65,3	83,2	54,1	2,9	17,5	1,3	37,7	914,4
1986	29,9	116,4	174,7	140,4	128,1	57,2	73,4	38,2	28,3	6,8	29,0	12,6	834,9
1987	9,8	17,2	116,6	93,2	7,5	76,4	41,3	16,6	1,7	0,7	1,0	0,0	381,9
1988	24,8	72,6	137,6	156,8	27,9	52,2	75,5	15,3	5,4	0,8	7,5	50,6	627,1
1989	5,0	7,3	81,5	159,8	164,6	124,7	95,0	11,7	2,0	17,6	10,4	79,8	759,5
1990	4,4	42,3	0,0	53,7	44,6	76,5	53,2	3,2	15,4	9,6	1,7	0,0	304,7
1991	0,0	22,4	126,4	54,6	110,7	35,9	21,1	53,8	0,5	6,7	1,5	1,6	435,2
Média	28,6	54,5	112,2	121,6	73,7	64,1	59,3	21,5	12,3	8,3	13,8	22,7	592,6

Precipitação média na sub-bacia do reservatório de Oitis

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	27,3	38,5	66,8	44,3	21,8	80,4	15,5	3,0	14,5	0,0	6,7	184,1	503,0
1964	149,7	20,1	162,1	133,5	108,9	71,0	63,9	65,2	27,7	17,0	3,0	10,8	832,9
1965	8,0	69,0	31,6	264,0	135,0	122,0	32,7	77,3	44,6	41,8	27,1	39,0	892,1
1966	49,0	185,0	69,1	392,4	74,0	215,2	253,3	45,6	64,6	1,0	133,8	82,4	1565,4
1967	23,4	37,1	168,0	103,6	95,8	77,3	31,0	48,3	43,0	51,7	0,0	79,6	758,8
1968	89,0	28,2	172,4	165,1	158,8	29,6	65,1	4,7	7,4	2,1	0,2	54,8	777,4
1969	101,4	84,0	236,8	151,0	54,8	154,2	180,2	21,0	11,8	3,6	8,6	13,5	1020,9
1970	72,8	52,0	193,8	90,2	20,4	42,7	137,4	14,5	0,0	4,6	2,3	0,0	630,7
1971	0,5	44,3	106,6	244,2	48,6	73,5	114,9	43,7	10,9	91,0	6,0	0,0	784,2
1972	13,4	73,0	59,1	53,7	84,6	50,5	60,0	103,9	26,1	15,3	0,0	17,0	556,6
1973	60,0	58,2	282,0	88,0	164,0	49,0	65,0	8,0	42,0	16,0	0,0	70,4	902,6
1974	61,8	96,6	154,8	258,3	74,7	47,6	58,2	7,4	33,5	16,1	26,5	34,1	869,6
1975	140,6	328,0	155,8	79,2	24,8	37,3	134,5	10,6	180,1	2,4	5,2	123,8	1222,3
1976	11,6	118,0	62,8	106,4	36,5	18,6	17,7	3,9	0,0	50,4	7,0	26,5	459,4
1977	58,7	25,1	53,6	263,4	155,9	186,8	162,8	6,2	24,6	6,5	0,0	17,1	960,6
1978	1,7	114,4	351,0	134,7	130,1	51,3	126,4	29,5	143,0	3,2	19,4	22,4	1127,1
1979	63,4	25,6	90,2	68,9	56,8	8,6	6,9	11,2	48,5	1,9	18,3	20,7	421,1
1980	58,7	165,5	86,3	30,6	19,2	150,1	26,1	13,7	7,0	50,6	58,0	0,0	665,8
1981	49,4	4,6	489,4	25,4	67,3	0,0	32,8	2,4	6,8	0,0	6,0	34,0	718,1
1982	13,6	54,0	11,0	36,7	183,8	69,8	24,3	54,0	13,8	0,0	0,0	64,2	525,2
1983	45,6	128,3	119,5	97,0	67,9	146,8	22,8	50,1	3,4	29,6	0,0	0,0	711,0
1984	29,0	37,0	91,8	418,4	108,9	33,7	93,5	64,8	0,0	0,0	0,0	0,0	877,1
1985	41,7	311,4	181,8	360,2	60,8	80,6	69,4	103,1	8,0	6,2	7,8	29,8	1260,8
1986	20,9	135,0	197,0	209,1	133,3	64,4	76,3	111,4	34,3	0,0	17,9	14,8	1014,4
1987	8,4	4,0	273,4	190,5	2,3	185,2	100,4	27,1	0,0	35,0	5,5	0,0	831,8
1988	32,6	198,6	173,7	234,1	4,8	18,2	102,0	11,3	12,6	4,4	14,8	73,6	880,7
1989	27,6	15,2	137,6	175,2	122,4	117,8	102,6	39,4	16,8	11,6	9,0	90,4	865,6
1990	35,4	2,2	0,0	61,6	7,8	91,8	137,0	33,8	12,2	2,6	0,0	0,0	384,4
1991	7,8	12,2	338,8	55,4	62,3	34,9	8,5	71,5	7,8	6,0	0,0	0,0	605,2
Média	44,9	85,0	155,8	156,4	78,8	79,6	80,0	37,5	29,1	16,2	13,2	38,0	814,6

Precipitação média na sub-bacia do reservatório de Tabocas

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	31,5	26,4	80,5	38,8	30,8	49,6	17,8	3,9	11,2	1,2	17,8	172,5	482,0
1964	117,8	75,7	128,7	118,4	93,0	66,6	55,9	54,5	33,4	11,2	12,4	16,1	783,6
1965	33,1	47,6	60,8	167,8	97,8	144,8	52,1	32,3	20,1	40,7	23,5	39,2	759,8
1966	72,0	112,4	33,0	274,5	61,9	172,5	208,9	24,3	37,8	1,2	187,8	53,2	1239,6
1967	22,6	25,9	109,6	131,5	119,4	58,8	45,4	36,0	36,1	8,0	1,1	70,5	664,8
1968	68,3	22,5	97,0	86,1	92,4	17,6	49,7	8,5	4,5	0,6	22,2	17,9	487,5
1969	80,9	32,2	187,5	92,5	56,8	109,3	111,3	15,1	10,6	5,4	31,7	4,6	737,8
1970	68,7	20,2	112,1	63,1	22,9	48,6	145,1	29,2	0,9	10,4	1,3	0,4	522,8
1971	6,4	31,0	52,5	143,9	70,2	62,3	74,4	28,9	22,3	21,3	6,2	2,6	522,0
1972	18,5	98,7	81,7	55,5	60,9	93,7	62,7	91,9	11,6	10,6	0,0	21,8	607,7
1973	26,9	19,2	90,9	118,8	71,0	97,3	46,3	9,3	29,0	25,0	1,9	29,0	564,5
1974	82,1	100,5	207,9	273,8	59,0	71,8	56,9	12,2	7,6	1,8	69,5	46,0	989,1
1975	32,3	64,1	149,5	121,5	93,0	37,7	174,8	13,8	65,6	0,7	1,0	97,1	851,1
1976	17,5	108,4	53,3	92,7	69,7	31,5	32,1	20,9	2,3	59,0	31,3	25,7	544,4
1977	87,2	52,0	39,2	223,5	160,8	140,9	132,1	6,4	18,7	16,0	0,5	5,5	882,9
1978	6,0	97,5	269,5	128,4	132,3	69,9	91,8	20,9	53,0	3,2	14,6	12,9	900,0
1979	48,4	18,8	90,3	56,8	64,2	19,4	35,3	7,4	44,6	1,0	37,9	9,9	434,1
1980	22,5	131,8	67,8	95,0	19,2	100,2	13,7	4,7	10,8	23,3	46,7	10,6	546,3
1981	61,0	11,5	380,9	31,0	19,4	5,7	12,6	16,6	5,7	0,0	4,9	26,9	576,2
1982	6,5	30,4	14,5	52,2	125,2	91,3	20,1	40,0	9,2	0,0	0,0	20,1	409,6
1983	22,9	134,7	57,0	40,4	45,9	42,2	20,9	17,1	2,1	12,2	7,2	5,8	408,3
1984	10,5	11,6	61,8	249,1	146,3	19,1	86,3	56,6	16,2	6,3	0,1	0,2	664,2
1985	31,7	172,0	196,9	266,1	70,4	54,0	48,1	51,8	1,6	1,6	3,6	42,7	940,5
1986	44,2	110,6	192,5	139,3	101,8	63,4	81,1	57,3	22,3	14,9	23,3	8,9	859,6
1987	25,7	33,6	170,6	108,9	8,3	64,4	84,0	19,9	3,4	12,0	1,2	0,0	532,0
1988	20,3	44,2	161,4	124,4	21,6	52,8	86,5	9,6	4,8	3,1	23,2	59,2	611,1
1989	18,8	3,5	92,5	103,2	154,7	107,6	122,7	27,0	5,1	14,2	22,5	106,6	778,4
1990	16,9	24,5	24,3	80,0	33,7	69,6	103,1	12,1	26,4	9,4	0,0	6,5	406,3
1991	6,8	23,4	191,8	36,3	92,4	21,7	28,3	44,6	6,9	15,2	11,2	14,1	492,7
média	38,2	58,1	119,2	121,2	75,7	68,4	72,4	26,7	18,1	11,4	20,8	32,0	662,0

Precipitação média na sub-bacia do reservatório de Machado

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	31,7	16,3	105,4	53,3	30,8	43,6	6,9	0,6	11,2	0,0	21,7	144,3	465,9
1964	103,7	93,9	125,1	118,9	102,5	68,4	53,7	57,7	39,6	6,7	3,1	10,2	783,4
1965	21,8	65,8	68,3	119,1	59,0	127,6	39,7	24,5	11,4	23,5	5,4	33,6	599,9
1966	67,9	79,4	26,9	230,6	50,2	135,4	125,0	9,1	18,7	0,2	49,8	50,7	843,8
1967	29,9	18,3	61,2	105,0	98,1	32,8	29,4	27,3	17,8	16,4	0,0	54,2	490,5
1968	58,7	20,6	114,7	108,1	95,4	12,7	40,1	6,9	1,5	0,4	9,3	16,6	485,0
1969	87,2	34,3	131,6	103,6	36,4	101,2	113,7	14,0	9,0	3,7	14,5	2,7	651,9
1970	39,4	24,2	160,8	78,8	25,5	44,2	145,7	20,5	0,0	0,9	1,7	0,0	541,7
1971	0,1	31,2	46,9	164,5	51,2	63,0	64,0	27,3	13,0	22,1	1,2	0,0	484,5
1972	2,7	69,1	72,4	25,3	55,6	65,1	54,6	81,5	5,2	4,4	0,0	12,6	448,4
1973	13,8	11,6	71,8	94,1	46,0	61,5	36,6	1,6	18,0	25,0	0,0	27,3	407,4
1974	40,1	71,5	147,4	208,6	44,3	75,0	45,6	1,5	6,7	3,2	5,3	48,3	697,6
1975	28,1	92,6	128,5	95,8	82,1	15,2	166,7	16,0	61,8	0,5	1,0	85,9	774,1
1976	2,3	78,2	32,3	60,9	46,5	21,7	3,5	21,0	0,0	27,1	22,8	14,7	331,1
1977	96,9	29,0	19,0	224,3	126,2	155,3	128,6	1,2	25,5	1,3	0,0	3,4	810,7
1978	7,1	88,6	214,9	111,1	124,4	55,3	72,2	20,4	52,8	0,6	10,8	4,5	762,9
1979	41,2	5,1	95,9	32,5	59,8	5,6	25,4	3,9	47,6	0,4	3,7	4,1	325,2
1980	11,7	129,3	58,2	6,1	24,5	109,1	5,2	9,5	1,4	17,9	31,0	0,0	404,1
1981	63,9	18,9	352,4	32,7	18,7	0,0	6,6	10,3	1,4	0,0	1,2	38,8	544,8
1982	2,7	35,8	8,5	96,8	164,4	91,0	10,7	29,4	2,8	0,0	0,0	12,8	455,0
1983	9,1	143,1	48,7	60,4	53,7	42,2	15,8	30,8	0,7	5,9	0,0	0,0	410,4
1984	18,0	18,8	77,4	247,5	102,7	19,9	105,2	56,3	11,4	9,4	0,0	0,0	666,6
1985	18,5	180,0	209,4	382,4	66,7	56,0	57,8	42,5	1,6	1,2	1,6	6,0	1023,6
1986	42,4	152,8	154,0	161,3	121,5	70,5	57,9	74,4	30,1	4,4	18,9	3,0	891,1
1987	1,7	46,8	197,9	104,4	0,5	74,0	72,6	12,2	6,8	7,0	1,1	0,0	524,9
1988	33,3	74,7	220,3	142,6	18,5	50,0	71,9	12,1	2,5	0,9	13,8	25,1	665,6
1989	20,0	3,0	100,9	119,9	131,9	69,6	101,4	31,4	9,2	25,4	8,8	111,8	733,3
1990	24,2	13,8	20,6	53,6	22,8	79,6	73,2	18,7	6,2	0,5	0,0	0,0	313,3
1991	10,6	11,2	196,3	30,0	89,0	23,2	27,3	42,9	6,8	1,2	5,0	0,0	443,5
media	32,0	57,2	112,7	116,3	67,2	61,0	60,6	24,3	14,5	7,3	8,0	24,5	585,5

Precipitação média na sub-bacia entre o reservatório de Poço Fundo e o Ponto H

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	25,29	10,63	90,73	34,55	42,54	19,92	3,30	6,00	3,91	0,00	3,71	34,31	274,90
1964	32,61	101,05	73,61	82,99	73,28	72,73	53,44	30,27	15,26	18,45	1,88	1,60	557,18
1965	15,56	14,47	48,11	88,30	45,38	97,30	19,34	8,21	12,87	6,76	0,99	2,25	359,56
1966	64,24	94,82	11,48	184,29	63,14	140,90	110,46	34,16	22,49	0,00	23,29	41,67	790,95
1967	2,46	33,32	112,31	264,32	201,23	88,52	76,36	118,79	30,09	0,18	0,00	68,76	996,34
1968	15,24	14,76	110,04	70,26	173,60	19,78	9,28	2,40	0,00	0,36	7,12	6,88	429,72
1969	62,76	24,92	227,44	105,36	45,96	129,60	103,32	10,00	9,36	0,00	5,36	13,46	737,54
1970	20,60	8,00	122,38	95,48	24,00	34,48	80,94	95,36	12,12	12,96	0,00	0,00	506,32
1971	1,88	7,60	117,34	110,66	70,52	81,20	112,80	25,88	0,00	0,00	0,00	0,00	527,88
1972	0,00	102,38	57,54	22,20	68,46	110,80	49,94	110,24	27,16	0,00	0,00	30,80	579,52
1973	17,44	5,10	80,26	94,36	38,80	54,04	44,42	0,00	0,00	28,96	0,00	5,76	369,14
1974	62,08	92,86	121,04	205,00	113,64	85,00	47,12	4,98	0,00	0,00	2,04	23,22	756,98
1975	30,18	39,74	95,16	122,58	38,90	16,88	162,28	14,68	10,60	0,00	0,00	42,36	573,36
1976	15,94	88,96	71,10	31,66	47,20	5,88	6,60	17,66	0,00	33,36	4,38	23,40	346,14
1977	51,38	25,82	24,72	320,64	106,84	74,42	97,00	17,14	18,06	1,20	1,44	0,00	738,66
1978	0,00	64,18	150,48	41,94	86,16	6,00	13,52	4,02	10,80	0,00	0,00	0,00	377,10
1979	14,48	0,00	100,80	9,18	48,08	26,36	10,64	0,00	17,44	0,00	20,72	0,00	247,70
1980	10,06	129,70	43,98	0,00	15,20	67,18	19,24	7,44	0,00	2,52	1,40	6,40	303,12
1981	45,40	10,32	406,88	16,80	0,00	0,00	8,48	5,32	5,68	0,00	7,92	35,12	541,92
1982	0,00	20,62	4,80	49,90	86,24	81,64	19,20	19,38	0,00	3,60	0,60	4,80	290,78
1983	10,00	65,80	23,84	13,20	31,72	14,40	3,60	30,80	0,00	3,20	0,00	0,00	196,56
1984	0,00	0,00	123,10	120,30	63,82	3,60	77,24	51,88	13,30	1,00	0,00	0,00	454,24
1985	7,20	243,26	133,04	175,48	19,68	18,12	24,46	2,88	0,00	0,00	0,00	0,00	624,12
1986	0,00	2,60	18,00	52,80	3,60	3,20	16,40	26,16	9,00	0,00	13,80	0,00	145,56
1987	1,20	42,40	10,80	12,40	3,20	22,40	7,40	5,80	2,40	2,00	0,00	0,00	110,00
1988	0,00	8,00	24,49	11,22	3,00	7,11	2,72	1,85	0,00	0,00	0,55	1,70	60,64
1989	2,56	0,19	22,29	27,16	29,43	11,08	6,57	8,46	0,86	5,36	8,11	34,11	156,17
1990	2,38	13,26	2,76	10,57	11,13	15,70	21,35	3,95	6,85	1,67	0,33	0,06	90,00
1991	1,42	19,09	117,51	27,09	53,81	14,19	5,69	23,36	0,96	1,82	1,54	0,44	266,92
	17,67	44,27	87,79	82,78	55,47	45,60	41,83	23,69	7,90	4,26	3,63	13,00	427,90

Precipitação média na sub-bacia entre o ponto I e o posto fluviométrico de Toritama

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	28,4	10,2	152,3	41,8	35,8	35	6,4	0	0	0	14,2	265,6	589,70
1964	94,80	166,30	232,40	230,60	177,60	247,80	127,40	43,20	65,80	0,00	0,00	0,00	1385,90
1965	19,80	0,00	32,60	167,80	79,40	89,40	0,00	11,30	0,00	0,00	0,00	60,60	460,90
1966	112,00	154,20	0,00	34,20	60,60	232,00	210,10	0,00	44,80	0,00	27,40	0,00	875,30
1967	7,40	35,60	35,20	103,40	72,00	37,40	29,40	78,40	0,00	0,00	0,00	15,20	414,00
1968	91,40	0,00	185,20	130,00	109,60	6,40	87,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	609,80
1969	0,00	58,60	170,00	11,60	51,40	50,80	137,80	3,00	18,40	0,00	0,00	0,00	501,60
1970	17,00	0,00	93,40	18,70	7,40	50,90	135,70	30,20	0,00	0,00	0,00	0,00	353,30
1971	0,00	0,00	74,00	38,80	105,00	76,60	41,70	19,90	11,00	5,20	9,80	0,00	382,00
1972	5,00	65,00	52,50	3,10	67,80	42,30	22,70	49,40	11,80	0,00	0,00	33,70	353,30
1973	11,30	7,12	59,68	161,45	57,06	55,59	50,69	12,77	20,03	34,17	10,59	33,70	514,15
1974	34,22	49,73	169,10	201,20	57,50	50,50	75,60	8,30	45,60	8,40	0,00	8,40	708,55
1975	0,00	47,20	211,10	81,00	30,80	48,80	211,10	0,00	36,20	0,00	0,00	87,10	753,30
1976	0,00	106,00	108,30	23,90	18,40	25,30	4,60	26,50	0,00	79,40	18,20	21,20	431,80
1977	108,10	33,00	24,90	130,20	219,70	126,70	136,20	11,40	33,40	0,00	1,00	14,40	839,00
1978	0,00	66,90	146,00	127,00	95,10	74,20	135,70	4,70	3,70	0,00	0,00	11,50	664,80
1979	6,20	0,00	28,80	30,70	3,40	50,70	18,60	5,50	32,00	2,50	10,00	0,00	188,40
1980	9,60	53,50	63,40	0,00	42,10	113,50	16,60	0,00	2,50	30,60	0,00	3,60	335,40
1981	74,40	10,80	263,60	17,80	0,00	24,60	3,40	6,20	17,00	0,00	4,20	52,60	474,60
1982	6,20	47,80	0,00	52,20	70,70	115,60	23,40	13,60	9,00	0,00	0,00	6,20	344,70
1983	3,30	59,60	32,20	60,20	49,70	51,50	6,60	70,60	0,00	18,60	0,00	0,00	352,30
1984	18,60	1,80	202,20	198,10	72,80	77,00	90,00	50,00	30,80	30,20	0,00	0,00	771,50
1985	0,00	214,40	246,20	277,00	20,20	23,40	70,00	56,20	0,00	0,00	0,00	0,00	907,40
1986	12,00	121,60	194,40	221,20	62,80	98,80	85,40	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00	834,20
1987	23,60	65,20	85,00	93,80	0,00	59,40	22,20	12,00	3,20	0,00	0,00	0,00	364,40
1988	8,40	9,60	68,40	103,40	51,20	55,50	118,60	21,60	0,00	0,00	2,00	10,20	448,90
1989	0,00	0,00	85,60	97,80	107,20	61,60	117,90	13,66	3,84	8,54	7,74	150,60	654,49
1990	0,00	0,00	5,42	98,80	64,70	90,00	120,00	0,00	7,01	3,08	0,72	1,91	391,65
1991	0,00	0,00	272,60	119,60	69,60	57,90	35,00	44,20	0,00	0,00	0,00	0,00	598,90
Média	23,85	47,73	113,60	99,15	64,12	73,42	73,79	20,44	14,97	7,61	3,65	26,78	569,11

Precipitação média na sub-bacia entre o ponto H e I

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	25,46	12,89	73,54	26,51	41,57	25,85	1,47	4,25	4,53	0,00	3,20	38,90	258,17
1964	38,20	111,80	98,50	46,50	110,60	88,00	70,00	34,70	25,00	0,00	0,00	0,00	623,30
1965	22,00	0,00	50,00	33,00	62,00	49,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	216,00
1966	110,00	83,00	14,50	117,20	30,80	174,70	90,00	50,80	6,20	0,00	26,00	71,00	774,20
1967	0,00	0,00	87,20	191,40	214,60	111,90	85,10	242,30	38,00	0,00	0,00	62,70	1033,20
1968	18,30	27,90	114,00	32,40	27,50	25,00	8,20	0,00	0,00	0,90	1,60	7,00	262,80
1969	48,90	33,50	291,70	63,60	60,60	123,30	83,70	25,00	9,30	0,00	2,00	3,20	744,80
1970	8,90	11,60	136,00	20,90	47,40	54,40	60,00	34,40	0,00	0,00	0,00	0,00	373,60
1971	4,70	13,00	31,00	131,00	120,80	98,00	130,50	48,20	0,00	0,00	0,00	0,00	577,20
1972	0,00	131,00	21,00	24,00	125,70	157,00	115,70	191,00	49,00	0,00	0,00	47,00	861,40
1973	17,20	0,00	37,00	118,00	97,00	74,50	58,40	0,00	0,00	60,40	0,00	0,00	462,50
1974	67,00	73,00	71,00	172,00	147,60	140,80	68,90	0,00	0,00	0,00	0,00	35,70	776,00
1975	43,50	60,80	69,00	81,00	47,00	42,20	172,30	16,00	16,00	0,00	0,00	0,00	547,80
1976	28,00	48,40	77,70	29,20	43,00	0,00	0,00	23,00	0,00	40,50	0,00	0,00	289,80
1977	53,60	53,60	36,00	297,00	121,60	76,70	85,00	16,90	31,20	3,00	0,00	0,00	774,60
1978	0,00	40,00	66,60	39,60	105,00	0,00	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	265,20
1979	2,00	0,00	6,60	2,40	50,00	11,00	3,20	0,00	16,60	0,00	18,50	0,00	110,30
1980	2,20	122,50	94,50	0,00	23,00	73,00	16,30	18,60	0,00	6,30	3,50	16,00	375,90
1981	76,00	9,30	408,20	42,00	0,00	0,00	21,20	13,30	14,20	0,00	0,00	62,00	646,20
1982	0,00	41,50	12,00	47,50	170,00	58,00	48,00	12,00	0,00	0,00	0,00	12,00	401,00
1983	25,00	40,00	50,00	18,00	61,00	6,00	9,00	20,00	0,00	8,00	0,00	0,00	237,00
1984	0,00	0,00	11,50	53,40	73,00	9,00	65,00	46,00	16,00	2,50	0,00	0,00	276,40
1985	0,00	149,00	122,00	173,50	0,00	3,00	17,50	7,20	0,00	0,00	0,00	0,00	472,20
1986	0,00	6,50	45,00	132,00	9,00	8,00	14,00	9,00	4,50	0,00	10,50	0,00	238,50
1987	0,00	76,00	27,00	31,00	8,00	56,00	18,50	14,50	6,00	5,00	0,00	0,00	242,00
1988	0,00	20,00	61,22	28,05	7,49	17,77	6,80	4,63	0,00	0,00	1,38	4,25	151,59
1989	6,39	0,49	55,73	67,91	73,57	27,70	16,43	21,15	2,14	13,39	3,84	44,31	333,05
1990	5,94	33,15	6,90	26,43	27,82	39,24	12,66	8,75	5,52	1,35	0,07	0,15	167,99
1991	3,05	11,21	83,20	16,40	60,21	13,70	4,41	23,37	1,91	1,47	0,93	0,18	220,04
Média	20,91	41,73	77,88	71,10	67,79	53,92	44,70	30,52	8,49	4,92	2,47	13,94	438,37

Precipitação média na sub-bacia entre o reservatório de Tabocas e o ponto I

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	28,4	10,2	152,3	41,8	35,8	35	6,4	0	0	0	14,2	265,6	589,70
1964	48,20	84,50	118,00	117,10	90,20	125,90	64,70	21,90	33,40	0,00	0,00	0,00	703,90
1965	19,80	0,00	32,60	167,80	79,40	89,40	0,00	11,30	0,00	0,00	0,00	60,60	460,90
1966	112,00	154,20	0,00	34,20	60,60	232,00	210,10	0,00	44,80	0,00	27,40	0,00	875,30
1967	7,40	35,60	35,20	103,40	72,00	37,40	29,40	78,40	0,00	0,00	0,00	15,20	414,00
1968	91,40	0,00	185,20	130,00	109,60	6,40	87,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	609,80
1969	0,00	58,60	170,00	11,60	51,40	50,80	137,80	3,00	18,40	0,00	0,00	0,00	501,60
1970	17,00	0,00	93,40	18,70	7,40	50,90	135,70	30,20	0,00	0,00	0,00	0,00	353,30
1971	0,00	0,00	74,00	38,80	105,00	76,60	41,70	19,90	11,00	5,20	9,80	0,00	382,00
1972	5,00	65,00	52,50	3,10	67,80	42,30	22,70	49,40	11,80	0,00	0,00	33,70	353,30
1973	11,30	7,12	59,68	161,45	57,06	55,59	50,69	12,77	20,03	34,17	10,59	33,70	514,15
1974	34,22	49,73	169,10	201,20	57,50	50,50	75,60	8,30	45,60	8,40	0,00	8,40	708,55
1975	0,00	47,20	211,10	81,00	30,80	48,80	211,10	0,00	36,20	0,00	0,00	87,10	753,30
1976	0,00	106,00	108,30	23,90	18,40	25,30	4,60	26,50	0,00	79,40	18,20	21,20	431,80
1977	108,10	33,00	24,90	130,20	219,70	126,70	136,20	11,40	33,40	0,00	1,00	14,40	839,00
1978	0,00	66,90	146,00	127,00	95,10	74,20	135,70	4,70	3,70	0,00	0,00	11,50	664,80
1979	6,20	0,00	28,80	30,70	3,40	50,70	18,60	5,50	32,00	2,50	10,00	0,00	188,40
1980	9,60	53,50	63,40	0,00	42,10	113,50	16,60	0,00	2,50	30,60	0,00	3,60	335,40
1981	74,40	10,80	263,60	17,80	0,00	24,60	3,40	6,20	17,00	0,00	4,20	52,60	474,60
1982	6,20	47,80	0,00	52,20	70,70	115,60	23,40	13,60	9,00	0,00	0,00	6,20	344,70
1983	3,30	59,60	32,20	60,20	49,70	51,50	6,60	70,60	0,00	18,60	0,00	0,00	352,30
1984	18,60	1,80	202,20	198,10	72,80	77,00	90,00	50,00	30,80	30,20	0,00	0,00	771,50
1985	0,00	214,40	246,20	277,00	20,20	23,40	70,00	56,20	0,00	0,00	0,00	0,00	907,40
1986	12,00	121,60	194,40	221,20	62,80	98,80	85,40	0,00	38,00	0,00	0,00	0,00	834,20
1987	23,60	65,20	85,00	93,80	0,00	59,40	22,20	12,00	3,20	0,00	0,00	0,00	364,40
1988	8,40	9,60	68,40	103,40	51,20	55,50	118,60	21,60	0,00	0,00	2,00	10,20	448,90
1989	0,00	0,00	85,60	97,80	107,20	61,60	117,90	13,66	3,84	8,54	7,74	150,60	654,49
1990	0,00	0,00	5,42	98,80	64,70	90,00	120,00	0,00	7,01	3,08	0,72	1,91	391,65
1991	0,00	0,00	272,60	119,60	69,60	57,90	35,00	44,20	0,00	0,00	0,00	0,00	598,90
Média	23,85	47,73	113,60	99,15	64,12	73,42	73,79	20,44	14,97	7,61	3,65	26,78	569,11

Precipitação média na sub-bacia entre o reservatório de Nachado e o Ponto H

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	total anual
1963	114,40	73,80	181,60	56,50	74,10	256,60	157,60	61,90	110,60	0,00	0,00	235,80	1322,90
1964	192,20	206,30	191,40	93,50	89,90	205,90	196,90	276,60	231,80	0,00	0,00	30,50	1715,00
1965	41,30	0,00	73,00	162,90	165,90	268,90	154,50	9,60	40,00	71,20	23,00	0,00	1010,30
1966	188,80	152,40	49,00	191,30	71,40	152,80	407,80	60,80	69,90	7,90	41,20	16,30	1409,60
1967	33,70	60,90	132,20	106,30	116,40	211,00	191,90	165,80	27,20	10,00	0,00	42,80	1098,20
1968	64,00	74,60	122,00	105,70	85,40	55,50	162,00	57,30	17,30	17,30	3,10	24,10	788,30
1969	36,60	50,80	175,50	97,70	159,00	217,20	347,40	55,10	38,90	15,90	29,30	6,80	1230,20
1970	58,10	50,80	108,50	134,30	86,70	161,80	261,50	124,20	16,60	4,30	0,00	0,00	1006,80
1971	10,30	21,80	18,00	333,00	162,30	110,60	151,30	85,30	58,40	55,90	23,70	0,00	1030,60
1972	11,00	105,30	132,10	39,50	138,60	88,30	131,80	256,60	51,20	26,10	11,80	46,30	1038,60
1973	36,40	15,50	129,70	329,30	79,70	95,00	87,10	72,30	171,10	51,50	22,90	0,00	1090,50
1974	50,20	80,20	182,50	558,80	198,62	301,70	602,50	84,70	80,00	0,00	19,10	43,80	2202,12
1975	44,00	280,30	235,50	240,90	430,00	203,60	921,90	16,00	59,00	0,00	25,70	90,10	2547,00
1976	14,00	184,10	128,40	32,20	103,50	170,80	304,70	85,40	5,00	150,20	84,30	46,00	1308,60
1977	25,70	0,00	23,30	85,70	588,00	272,40	252,80	57,60	95,10	63,20	8,40	58,00	1530,20
1978	0,00	145,30	202,90	188,00	216,00	119,70	204,60	25,30	101,30	0,00	0,00	24,00	1227,10
1979	106,40	39,60	77,60	76,70	170,50	201,60	145,50	35,70	66,80	16,40	49,20	0,00	986,00
1980	15,30	90,80	131,80	90,30	92,30	220,49	65,40	0,00	76,60	11,40	11,60	37,50	843,49
1981	74,00	44,00	441,60	44,70	74,20	56,20	52,40	59,20	42,70	0,00	32,43	64,20	985,63
1982	26,90	52,80	3,50	237,80	116,90	199,90	78,80	151,40	44,30	1,00	0,00	29,50	942,80
1983	27,50	119,20	81,10	40,00	135,80	78,50	121,70	201,80	0,00	34,57	0,00	0,00	840,17
1984	0,00	2,50	165,70	151,70	192,00	131,70	197,30	212,50	52,00	0,00	0,00	0,00	1105,40
1985	6,00	156,10	269,80	406,90	36,50	101,80	235,60	114,50	18,00	0,00	21,50	13,50	1380,20
1986	81,40	158,30	264,00	193,00	168,00	207,50	230,50	202,50	92,00	33,50	29,50	19,00	1679,20
1987	10,60	49,50	222,00	149,50	44,00	148,00	161,00	82,00	17,13	5,53	0,00	0,00	889,26
1988	36,60	73,10	214,00	189,20	101,20	140,20	273,00	59,90	31,50	21,20	35,10	8,00	1183,00
1989	21,50	20,00	69,70	222,80	150,20	126,40	188,40	88,94	26,80	13,80	52,71	125,70	1106,95
1990	0,00	32,00	7,00	157,50	167,40	140,00	103,60	87,70	37,70	21,60	5,00	7,40	766,90
1991	1,75	6,51	152,20	33,35	108,19	59,91	42,19	101,70	4,15	1,62	3,39	0,20	515,14
Média	45,82	80,91	144,33	163,76	149,06	162,21	221,78	99,74	58,04	21,87	18,38	33,43	1199,32

Anexo 7- Vazões calculadas pelo método da SUDENE-Orston, geradas nas 10 sub-bacias em estudo.

vazão média mensal (m3/s) para a sub-bacia do reservatório de Oitis

ano\mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1963	0,07	0,11	0,17	0,12	0,06	0,22	0,04	0,01	0,04	0,00	0,02	0,48	1,34
1964	0,64	0,09	0,69	0,59	0,46	0,31	0,27	0,28	0,12	0,07	0,01	0,05	3,58
1965	0,04	0,36	0,15	1,29	0,64	0,60	0,15	0,37	0,22	0,20	0,13	0,18	4,33
1966	1,00	4,17	1,41	8,25	1,51	4,53	5,15	0,93	1,36	0,02	2,81	1,68	32,81
1967	0,09	0,15	0,63	0,40	0,36	0,30	0,12	0,18	0,17	0,19	0,00	0,30	2,88
1968	0,34	0,12	0,66	0,66	0,61	0,12	0,25	0,02	0,03	0,01	0,00	0,21	3,03
1969	0,62	0,57	1,44	0,95	0,33	0,97	1,10	0,13	0,07	0,02	0,05	0,08	6,34
1970	0,22	0,18	0,59	0,29	0,06	0,14	0,42	0,04	0,00	0,01	0,01	0,00	1,96
1971	0,00	0,19	0,42	0,98	0,19	0,30	0,45	0,17	0,04	0,35	0,02	0,00	3,12
1972	0,04	0,22	0,16	0,15	0,23	0,14	0,17	0,29	0,07	0,04	0,00	0,05	1,58
1973	0,29	0,31	1,36	0,44	0,79	0,24	0,31	0,04	0,21	0,08	0,00	0,34	4,42
1974	0,28	0,49	0,70	1,21	0,34	0,22	0,26	0,03	0,16	0,07	0,12	0,15	4,05
1975	1,31	3,38	1,45	0,76	0,23	0,36	1,25	0,10	1,73	0,02	0,05	1,15	11,80
1976	0,03	0,33	0,16	0,28	0,09	0,05	0,04	0,01	0,00	0,13	0,02	0,07	1,20
1977	0,32	0,15	0,29	1,47	0,84	1,04	0,88	0,03	0,14	0,03	0,00	0,09	5,29
1978	0,01	0,96	2,66	1,06	0,99	0,40	0,96	0,22	1,12	0,02	0,15	0,17	8,74
1979	0,15	0,07	0,22	0,17	0,14	0,02	0,02	0,03	0,12	0,00	0,05	0,05	1,05
1980	0,19	0,59	0,28	0,10	0,06	0,50	0,08	0,04	0,02	0,16	0,19	0,00	2,23
1981	0,17	0,02	1,71	0,09	0,23	0,00	0,11	0,01	0,02	0,00	0,02	0,12	2,51
1982	0,04	0,16	0,03	0,10	0,49	0,19	0,07	0,14	0,04	0,00	0,00	0,17	1,43
1983	0,16	0,49	0,41	0,35	0,23	0,52	0,08	0,17	0,01	0,10	0,00	0,00	2,53
1984	0,13	0,19	0,42	1,99	0,50	0,16	0,43	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	4,13
1985	0,42	3,49	1,84	3,77	0,62	0,84	0,70	1,04	0,08	0,06	0,08	0,30	13,27
1986	0,13	0,90	1,18	1,30	0,80	0,40	0,46	0,67	0,21	0,00	0,11	0,09	6,25
1987	0,04	0,02	1,16	0,83	0,01	0,81	0,43	0,11	0,00	0,15	0,02	0,00	3,58
1988	0,15	1,02	0,81	1,12	0,02	0,09	0,47	0,05	0,06	0,02	0,07	0,34	4,23
1989	0,12	0,08	0,62	0,82	0,55	0,55	0,46	0,18	0,08	0,05	0,04	0,41	3,96
1990	0,08	0,01	0,00	0,15	0,02	0,23	0,33	0,08	0,03	0,01	0,00	0,00	0,94
1991	0,02	0,04	1,00	0,17	0,18	0,11	0,03	0,21	0,02	0,02	0,00	0,00	1,80
												media	4,98

vazão média mensal (m3/s) para a sub-bacia do reservatório de Machado

ano/mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL	
1963	0,05	0,03	0,16	0,09	0,05	0,07	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,22	0,73	
1964	0,25	0,25	0,30	0,29	0,24	0,17	0,13	0,14	0,10	0,02	0,01	0,02	1,91	
1965	0,04	0,13	0,12	0,22	0,11	0,24	0,07	0,04	0,02	0,04	0,01	0,06	1,11	
1966	0,18	0,23	0,07	0,63	0,13	0,37	0,33	0,02	0,05	0,00	0,14	0,13	2,31	
1967	0,05	0,03	0,10	0,17	0,16	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03	0,00	0,09	0,79	
1968	0,09	0,04	0,18	0,18	0,15	0,02	0,06	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03	0,78	
1969	0,17	0,07	0,25	0,21	0,07	0,20	0,22	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	1,28	
1970	0,07	0,04	0,27	0,14	0,04	0,08	0,24	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	
1971	0,00	0,05	0,07	0,27	0,08	0,10	0,10	0,04	0,02	0,03	0,00	0,00	0,78	
1972	0,00	0,12	0,11	0,04	0,08	0,10	0,08	0,12	0,01	0,01	0,00	0,02	0,70	
1973	0,02	0,02	0,11	0,14	0,07	0,09	0,05	0,00	0,03	0,04	0,00	0,04	0,62	
1974	0,08	0,16	0,31	0,45	0,09	0,16	0,09	0,00	0,01	0,01	0,01	0,10	1,48	
1975	0,07	0,24	0,30	0,23	0,19	0,04	0,39	0,04	0,15	0,00	0,00	0,20	1,86	
1976	0,00	0,13	0,05	0,09	0,07	0,03	0,01	0,03	0,00	0,04	0,03	0,02	0,50	
1977	0,24	0,08	0,05	0,58	0,32	0,40	0,32	0,00	0,07	0,00	0,00	0,01	2,07	
1978	0,02	0,23	0,50	0,26	0,29	0,13	0,17	0,05	0,13	0,00	0,03	0,01	1,80	
1979	0,06	0,01	0,14	0,05	0,09	0,01	0,04	0,01	0,07	0,00	0,01	0,01	0,48	
1980	0,02	0,21	0,09	0,01	0,04	0,17	0,01	0,01	0,00	0,03	0,05	0,00	0,63	
1981	0,11	0,04	0,59	0,06	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,07	0,92	
1982	0,00	0,06	0,01	0,15	0,25	0,14	0,02	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,71	
1983	0,01	0,24	0,07	0,09	0,08	0,07	0,02	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,64	
1984	0,04	0,04	0,15	0,51	0,20	0,04	0,21	0,11	0,02	0,02	0,00	0,00	1,34	
1985	0,07	0,75	0,79	1,49	0,25	0,22	0,22	0,16	0,01	0,00	0,01	0,02	3,98	
1986	0,12	0,49	0,45	0,48	0,35	0,21	0,17	0,22	0,09	0,01	0,06	0,01	2,66	
1987	0,00	0,09	0,33	0,18	0,00	0,13	0,12	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,88	
1988	0,07	0,16	0,44	0,29	0,04	0,10	0,14	0,02	0,01	0,00	0,03	0,05	1,34	
1989	0,04	0,01	0,22	0,27	0,29	0,16	0,22	0,07	0,02	0,06	0,02	0,25	1,63	
1990	0,04	0,02	0,03	0,08	0,03	0,12	0,11	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,47	
1991	0,02	0,02	0,30	0,05	0,14	0,04	0,04	0,07	0,01	0,00	0,01	0,00	0,68	
													media	1,24

vazão média mensal (m3/s) para a sub-bacia do reservatório de Tabocas

ano\mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1963	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,09	0,26
1964	0,09	0,07	0,10	0,10	0,07	0,06	0,04	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,64
1965	0,03	0,04	0,05	0,13	0,08	0,12	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03	0,60
1966	0,14	0,25	0,07	0,57	0,12	0,36	0,42	0,05	0,08	0,00	0,39	0,11	2,54
1967	0,02	0,02	0,07	0,09	0,08	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,05	0,45
1968	0,04	0,01	0,05	0,05	0,05	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,26
1969	0,06	0,03	0,14	0,07	0,04	0,08	0,08	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,56
1970	0,04	0,01	0,06	0,04	0,01	0,03	0,08	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,29
1971	0,00	0,02	0,03	0,08	0,04	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,29
1972	0,01	0,07	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,06	0,01	0,01	0,00	0,01	0,38
1973	0,02	0,01	0,05	0,07	0,04	0,06	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02	0,33
1974	0,10	0,13	0,25	0,33	0,07	0,09	0,07	0,01	0,01	0,00	0,08	0,05	1,20
1975	0,03	0,06	0,14	0,11	0,08	0,04	0,16	0,01	0,06	0,00	0,00	0,09	0,78
1976	0,01	0,07	0,03	0,05	0,04	0,02	0,02	0,01	0,00	0,03	0,02	0,01	0,32
1977	0,08	0,06	0,04	0,22	0,15	0,14	0,13	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,87
1978	0,01	0,11	0,27	0,13	0,13	0,07	0,09	0,02	0,05	0,00	0,01	0,01	0,91
1979	0,02	0,01	0,05	0,03	0,03	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,01	0,22
1980	0,01	0,08	0,04	0,06	0,01	0,06	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,32
1981	0,04	0,01	0,22	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,34
1982	0,00	0,02	0,01	0,03	0,06	0,05	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,21
1983	0,01	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,21
1984	0,01	0,01	0,04	0,17	0,10	0,01	0,06	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,45
1985	0,03	0,20	0,21	0,30	0,08	0,06	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,05	1,04
1986	0,04	0,11	0,18	0,13	0,09	0,06	0,07	0,05	0,02	0,01	0,02	0,01	0,81
1987	0,01	0,02	0,10	0,06	0,00	0,04	0,05	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,30
1988	0,01	0,03	0,10	0,08	0,01	0,03	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,04	0,38
1989	0,01	0,00	0,07	0,09	0,12	0,09	0,10	0,02	0,00	0,01	0,02	0,09	0,63
1990	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,04	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,21
1991	0,00	0,01	0,10	0,02	0,05	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,27
												media	0,55

vazão média mensal (m3/s) para o sub-bacia do reservatório de Jataúba

ano/mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1963	0,02	0,01	0,04	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,03	0,17
1964	0,04	0,07	0,02	0,07	0,07	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
1965	0,00	0,00	0,03	0,09	0,08	0,32	0,01	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,58
1966	0,09	0,16	0,02	0,40	0,17	0,22	0,18	0,08	0,12	0,00	0,07	0,03	1,54
1967	0,00	0,02	0,04	0,18	0,22	0,09	0,04	0,03	0,03	0,02	0,00	0,02	0,70
1968	0,43	0,25	0,37	0,28	0,27	0,05	0,12	0,00	0,00	0,00	0,08	0,01	1,88
1969	0,06	0,03	0,05	0,04	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
1970	0,03	0,00	0,04	0,03	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,17
1971	0,01	0,00	0,02	0,09	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
1972	0,00	0,03	0,07	0,03	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,18
1973	0,00	0,00	0,12	0,07	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,30
1974	0,06	0,08	0,19	0,35	0,06	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,04	0,89
1975	0,02	0,04	0,07	0,14	0,06	0,01	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,65
1976	0,02	0,09	0,04	0,13	0,05	0,03	0,02	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,48
1977	0,09	0,03	0,00	0,23	0,05	0,05	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,55
1978	0,00	0,07	0,32	0,08	0,09	0,11	0,04	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,75
1979	0,05	0,03	0,00	0,05	0,03	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,21
1980	0,00	0,07	0,04	0,00	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
1981	0,00	0,00	0,40	0,01	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,03	0,05	0,62
1982	0,04	0,04	0,01	0,05	0,06	0,04	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,28
1983	0,01	0,03	0,04	0,05	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,20
1984	0,01	0,01	0,15	0,13	0,07	0,05	0,03	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,50
1985	0,01	0,23	0,08	0,14	0,03	0,01	0,04	0,03	0,00	0,04	0,00	0,02	0,61
1986	0,01	0,12	0,06	0,07	0,12	0,04	0,02	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,49
1987	0,00	0,01	0,06	0,06	0,00	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,22
1988	0,02	0,04	0,08	0,07	0,02	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,32
1989	0,01	0,01	0,02	0,18	0,09	0,02	0,03	0,02	0,00	0,02	0,01	0,10	0,51
1990	0,01	0,09	0,00	0,04	0,05	0,06	0,03	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,32
1991	0,00	0,05	0,27	0,11	0,20	0,02	0,01	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,71
												média	0,51

vazão média mensal (m3/s) para a sub-bacia do reservatório de Poço Fundo

ano/mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1963	0,02	0,04	0,05	0,04	0,02	0,05	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,08	0,34
1964	0,08	0,08	0,11	0,11	0,10	0,07	0,06	0,03	0,01	0,00	0,01	0,01	0,67
1965	0,02	0,03	0,10	0,17	0,11	0,30	0,03	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	0,87
1966	0,21	0,51	0,27	1,30	0,42	0,74	0,81	0,16	0,28	0,01	0,45	0,10	5,25
1967	0,03	0,17	0,35	0,91	0,86	0,41	0,23	0,13	0,14	0,07	0,00	0,13	3,41
1968	0,19	0,13	0,22	0,16	0,18	0,05	0,09	0,01	0,00	0,00	0,10	0,02	1,15
1969	0,07	0,11	0,37	0,17	0,03	0,14	0,21	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	1,13
1970	0,07	0,01	0,10	0,05	0,02	0,04	0,07	0,02	0,00	0,02	0,00	0,00	0,40
1971	0,01	0,01	0,07	0,24	0,05	0,04	0,07	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,52
1972	0,01	0,11	0,10	0,09	0,07	0,08	0,04	0,08	0,02	0,00	0,00	0,05	0,66
1973	0,01	0,05	0,14	0,09	0,05	0,04	0,02	0,00	0,02	0,01	0,00	0,02	0,46
1974	0,15	0,17	0,52	0,59	0,14	0,11	0,10	0,02	0,01	0,00	0,15	0,11	2,06
1975	0,05	0,06	0,13	0,16	0,08	0,04	0,26	0,00	0,03	0,00	0,00	0,15	0,97
1976	0,01	0,16	0,08	0,12	0,06	0,03	0,02	0,03	0,00	0,04	0,01	0,01	0,57
1977	0,10	0,05	0,06	0,34	0,23	0,17	0,19	0,02	0,02	0,04	0,00	0,02	1,25
1978	0,00	0,16	0,44	0,18	0,18	0,13	0,12	0,05	0,07	0,01	0,03	0,01	1,38
1979	0,06	0,03	0,05	0,07	0,05	0,01	0,03	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,34
1980	0,02	0,12	0,07	0,01	0,00	0,07	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,32
1981	0,03	0,01	0,42	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,04	0,04	0,66
1982	0,02	0,04	0,01	0,09	0,12	0,08	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,46
1983	0,02	0,10	0,08	0,04	0,04	0,03	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
1984	0,01	0,01	0,20	0,41	0,22	0,05	0,09	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00	1,10
1985	0,09	0,45	0,38	0,52	0,10	0,15	0,19	0,12	0,01	0,04	0,00	0,09	2,14
1986	0,06	0,25	0,34	0,28	0,25	0,12	0,14	0,07	0,06	0,01	0,06	0,02	1,68
1987	0,01	0,02	0,13	0,11	0,01	0,09	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43
1988	0,03	0,11	0,19	0,23	0,04	0,08	0,11	0,02	0,01	0,00	0,01	0,07	0,90
1989	0,01	0,01	0,14	0,28	0,28	0,22	0,16	0,02	0,00	0,03	0,02	0,14	1,32
1990	0,00	0,05	0,00	0,06	0,05	0,09	0,06	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,34
1991	0,00	0,03	0,14	0,06	0,13	0,04	0,02	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,50
												media	1,09

vazão média mensal (m3/s) para a sub-bacia compreendida entre o reservatório de Poço Fundo e o ponto H

ano/mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1963	0,36	0,17	1,29	0,51	0,60	0,29	0,05	0,09	0,06	0,00	0,05	0,49	3,95
1964	0,53	1,83	1,20	1,40	1,20	1,23	0,87	0,50	0,26	0,30	0,03	0,03	9,39
1965	0,22	0,22	0,67	1,28	0,64	1,41	0,27	0,12	0,19	0,09	0,01	0,03	5,15
1966	1,49	2,44	0,27	4,43	1,47	3,38	2,57	0,79	0,54	0,00	0,56	0,97	18,90
1967	0,08	1,26	3,84	9,33	6,87	3,12	2,61	4,06	1,06	0,01	0,00	2,35	34,59
1968	0,22	0,24	1,59	1,05	2,51	0,30	0,13	0,03	0,00	0,01	0,11	0,10	6,29
1969	1,33	0,59	4,83	2,31	0,98	2,84	2,19	0,21	0,21	0,00	0,12	0,29	15,89
1970	0,32	0,14	1,89	1,52	0,37	0,55	1,25	1,47	0,19	0,20	0,00	0,00	7,91
1971	0,03	0,13	1,86	1,81	1,12	1,33	1,78	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	8,46
1972	0,00	1,91	0,97	0,39	1,15	1,93	0,84	1,85	0,47	0,00	0,00	0,52	10,02
1973	0,24	0,08	1,13	1,37	0,55	0,78	0,62	0,00	0,00	0,41	0,00	0,08	5,26
1974	1,36	2,25	2,65	4,64	2,49	1,93	1,03	0,11	0,00	0,00	0,05	0,51	17,03
1975	0,50	0,73	1,59	2,11	0,65	0,29	2,71	0,24	0,18	0,00	0,00	0,71	9,72
1976	0,22	1,38	0,99	0,46	0,66	0,08	0,09	0,25	0,00	0,47	0,06	0,33	4,99
1977	1,09	0,61	0,53	7,05	2,27	1,64	2,06	0,36	0,40	0,03	0,03	0,00	16,06
1978	0,00	1,00	2,12	0,61	1,21	0,09	0,19	0,06	0,16	0,00	0,00	0,00	5,43
1979	0,21	0,00	1,47	0,14	0,70	0,40	0,15	0,00	0,26	0,00	0,31	0,00	3,64
1980	0,14	2,01	0,62	0,00	0,21	0,97	0,27	0,10	0,00	0,04	0,02	0,09	4,48
1981	0,73	0,18	6,54	0,28	0,00	0,00	0,14	0,09	0,09	0,00	0,13	0,56	8,74
1982	0,00	0,32	0,07	0,73	1,22	1,19	0,27	0,27	0,00	0,05	0,01	0,07	4,19
1983	0,16	1,15	0,37	0,21	0,50	0,23	0,06	0,48	0,00	0,05	0,00	0,00	3,21
1984	0,00	0,00	1,81	1,83	0,94	0,05	1,14	0,76	0,20	0,01	0,00	0,00	6,76
1985	0,13	4,81	2,38	3,24	0,35	0,33	0,44	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	11,72
1986	0,00	0,05	0,33	0,99	0,07	0,06	0,30	0,48	0,17	0,00	0,26	0,00	2,70
1987	0,03	1,02	0,23	0,28	0,07	0,50	0,16	0,13	0,05	0,04	0,00	0,00	2,51
1988	0,00	0,30	0,83	0,39	0,10	0,25	0,09	0,06	0,00	0,00	0,02	0,06	2,11
1989	0,04	0,00	0,39	0,49	0,52	0,20	0,12	0,15	0,02	0,09	0,15	0,60	2,77
1990	0,06	0,37	0,07	0,27	0,28	0,40	0,53	0,10	0,18	0,04	0,01	0,00	2,31
1991	0,02	0,30	1,68	0,40	0,77	0,21	0,08	0,33	0,01	0,03	0,02	0,01	3,87
												media	8,21

vazão média mensal (m³/s) para a sub-bacia compreendida entre o reservatório de Machado e o ponto H

ano\mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL	
1963	0,46	0,33	0,73	0,23	0,30	1,07	0,63	0,25	0,46	0,00	0,00	0,95	5,41	
1964	1,93	2,30	1,93	0,97	0,90	2,14	1,98	2,78	2,41	0,00	0,00	0,31	17,65	
1965	0,09	0,00	0,15	0,35	0,34	0,57	0,32	0,02	0,09	0,15	0,05	0,00	2,12	
1966	0,92	0,83	0,24	0,97	0,35	0,77	2,00	0,30	0,35	0,04	0,21	0,08	7,06	
1967	0,08	0,17	0,33	0,27	0,29	0,54	0,47	0,41	0,07	0,02	0,00	0,11	2,76	
1968	0,09	0,11	0,17	0,15	0,12	0,08	0,22	0,08	0,02	0,02	0,00	0,03	1,09	
1969	0,12	0,18	0,57	0,33	0,52	0,74	1,14	0,18	0,13	0,05	0,10	0,02	4,09	
1970	0,12	0,12	0,22	0,28	0,18	0,34	0,54	0,25	0,04	0,01	0,00	0,00	2,09	
1971	0,02	0,05	0,04	0,74	0,35	0,25	0,32	0,18	0,13	0,12	0,05	0,00	2,26	
1972	0,02	0,25	0,29	0,09	0,30	0,20	0,29	0,56	0,12	0,06	0,03	0,10	2,31	
1973	0,09	0,04	0,32	0,83	0,19	0,24	0,21	0,18	0,43	0,13	0,06	0,00	2,70	
1974	1,70	3,00	6,16	19,50	6,71	10,53	20,35	2,86	2,79	0,00	0,67	1,48	75,75	
1975	3,62	25,50	19,35	20,46	35,34	17,29	75,76	1,31	5,01	0,00	2,18	7,40	213,24	
1976	0,05	0,79	0,50	0,13	0,40	0,69	1,19	0,33	0,02	0,59	0,34	0,18	5,21	
1977	0,17	0,00	0,15	0,57	3,81	1,82	1,64	0,37	0,64	0,41	0,06	0,38	10,01	
1978	0,00	0,52	0,66	0,63	0,70	0,40	0,67	0,08	0,34	0,00	0,00	0,08	4,09	
1979	0,21	0,09	0,15	0,16	0,33	0,41	0,29	0,07	0,14	0,03	0,10	0,00	1,97	
1980	0,02	0,15	0,20	0,14	0,14	0,34	0,10	0,00	0,12	0,02	0,02	0,06	1,30	
1981	0,15	0,10	0,87	0,09	0,15	0,11	0,10	0,12	0,09	0,00	0,07	0,13	1,96	
1982	0,05	0,11	0,01	0,44	0,21	0,37	0,14	0,27	0,08	0,00	0,00	0,05	1,74	
1983	0,04	0,20	0,12	0,06	0,20	0,12	0,18	0,30	0,00	0,05	0,00	0,00	1,28	
1984	0,00	0,01	0,42	0,39	0,48	0,34	0,49	0,53	0,13	0,00	0,00	0,00	2,80	
1985	0,03	0,79	1,24	1,92	0,17	0,48	1,08	0,52	0,09	0,00	0,10	0,06	6,48	
1986	0,75	1,62	2,44	1,84	1,55	1,98	2,13	1,87	0,88	0,31	0,28	0,18	15,81	
1987	0,02	0,09	0,36	0,25	0,07	0,25	0,26	0,13	0,03	0,01	0,00	0,00	1,47	
1988	0,11	0,24	0,63	0,58	0,30	0,43	0,81	0,18	0,10	0,06	0,11	0,02	3,56	
1989	0,05	0,06	0,18	0,58	0,38	0,33	0,47	0,22	0,07	0,03	0,14	0,32	2,82	
1990	0,00	0,05	0,01	0,21	0,22	0,19	0,14	0,11	0,05	0,03	0,01	0,01	1,02	
1991	0,00	0,01	0,14	0,03	0,10	0,06	0,04	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	
													media	13,81

vazão média mensal (m3/s) para a sub-bacia compreendida entre o reservatório de Tabocas e o ponto I

ano\mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1963	0,01	0,00	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,14
1964	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20
1965	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10
1966	0,04	0,06	0,00	0,01	0,02	0,09	0,08	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,34
1967	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
1968	0,02	0,00	0,05	0,03	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
1969	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
1970	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
1971	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
1972	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07
1973	0,00	0,00	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,11
1974	0,01	0,02	0,05	0,06	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,20
1975	0,00	0,02	0,06	0,03	0,01	0,02	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,03	0,23
1976	0,00	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00	0,09
1977	0,04	0,01	0,01	0,05	0,08	0,05	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,30
1978	0,00	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
1979	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,04
1980	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,07
1981	0,02	0,00	0,06	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10
1982	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
1983	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
1984	0,01	0,00	0,06	0,06	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,25
1985	0,00	0,10	0,10	0,11	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
1986	0,00	0,05	0,07	0,08	0,02	0,04	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,30
1987	0,00	0,01	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
1988	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
1989	0,00	0,00	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,17
1990	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
1991	0,00	0,00	0,07	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
												media	0,15

vazão média mensal (m³/s) para a sub-bacia compreendida entre os pontos H e I.

ano/mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL	
1963	0,17	0,10	0,50	0,19	0,28	0,18	0,01	0,03	0,03	0,00	0,02	0,27	1,79	
1964	0,32	1,05	0,84	0,41	0,94	0,77	0,59	0,29	0,22	0,00	0,00	0,00	5,44	
1965	0,16	0,00	0,36	0,25	0,45	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,58	
1966	1,18	0,99	0,16	1,30	0,33	1,94	0,97	0,55	0,07	0,00	0,29	0,76	8,53	
1967	0,00	0,00	1,53	3,46	3,76	2,03	1,49	4,24	0,69	0,00	0,00	1,10	18,30	
1968	0,12	0,21	0,78	0,23	0,19	0,18	0,06	0,00	0,00	0,01	0,01	0,05	1,83	
1969	0,50	0,38	2,98	0,67	0,62	1,30	0,86	0,26	0,10	0,00	0,02	0,03	7,72	
1970	0,06	0,09	0,91	0,14	0,32	0,38	0,40	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	
1971	0,04	0,11	0,25	1,08	0,96	0,81	1,04	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	4,68	
1972	0,00	1,82	0,26	0,31	1,58	2,04	1,45	2,40	0,64	0,00	0,00	0,59	11,08	
1973	0,12	0,00	0,26	0,86	0,69	0,54	0,41	0,00	0,00	0,43	0,00	0,00	3,31	
1974	0,72	0,87	0,77	1,92	1,59	1,57	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	8,56	
1975	0,34	0,52	0,53	0,64	0,36	0,34	1,33	0,12	0,13	0,00	0,00	0,00	4,30	
1976	0,19	0,36	0,52	0,20	0,29	0,00	0,00	0,15	0,00	0,27	0,00	0,00	1,99	
1977	0,58	0,64	0,39	3,30	1,31	0,85	0,91	0,18	0,35	0,03	0,00	0,00	8,54	
1978	0,00	0,30	0,45	0,28	0,72	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,85	
1979	0,02	0,00	0,07	0,03	0,51	0,12	0,03	0,00	0,18	0,00	0,20	0,00	1,15	
1980	0,01	0,91	0,63	0,00	0,15	0,51	0,11	0,12	0,00	0,04	0,02	0,11	2,62	
1981	0,67	0,09	3,58	0,38	0,00	0,00	0,19	0,12	0,13	0,00	0,00	0,54	5,69	
1982	0,00	0,31	0,08	0,33	1,15	0,41	0,33	0,08	0,00	0,00	0,00	0,08	2,77	
1983	0,18	0,31	0,35	0,13	0,43	0,04	0,06	0,14	0,00	0,06	0,00	0,00	1,70	
1984	0,00	0,00	0,08	0,37	0,49	0,06	0,44	0,31	0,11	0,02	0,00	0,00	1,89	
1985	0,00	1,17	0,87	1,28	0,00	0,02	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52	
1986	0,00	0,05	0,31	0,95	0,06	0,06	0,10	0,06	0,03	0,00	0,08	0,00	1,71	
1987	0,00	0,59	0,19	0,22	0,06	0,40	0,13	0,10	0,04	0,03	0,00	0,00	1,76	
1988	0,00	0,19	0,52	0,25	0,06	0,16	0,06	0,04	0,00	0,00	0,01	0,04	1,32	
1989	0,04	0,00	0,37	0,47	0,49	0,19	0,11	0,14	0,01	0,09	0,03	0,29	2,24	
1990	0,05	0,29	0,06	0,22	0,22	0,33	0,10	0,07	0,05	0,01	0,00	0,00	1,40	
1991	0,02	0,09	0,60	0,12	0,43	0,10	0,03	0,17	0,01	0,01	0,01	0,00	1,59	
													media	4,19

vazão média mensal (m3/s) para a sub-bacia compreendida entre o ponto I e o posto fluviométrico de Toritama.

ano\mês	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	TOTAL
1963	0,04	0,02	0,21	0,06	0,05	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,36	0,81
1964	0,60	1,16	1,47	1,50	1,12	1,62	0,80	0,27	0,43	0,00	0,00	0,00	8,97
1965	0,02	0,00	0,04	0,21	0,09	0,11	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,07	0,56
1966	0,24	0,37	0,00	0,08	0,13	0,52	0,45	0,00	0,10	0,00	0,06	0,00	1,95
1967	0,01	0,05	0,04	0,12	0,08	0,04	0,03	0,09	0,00	0,00	0,00	0,02	0,48
1968	0,13	0,00	0,26	0,19	0,15	0,01	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
1969	0,00	0,08	0,21	0,01	0,06	0,06	0,17	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,63
1970	0,02	0,00	0,10	0,02	0,01	0,06	0,15	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
1971	0,00	0,00	0,08	0,05	0,12	0,09	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,44
1972	0,01	0,08	0,06	0,00	0,08	0,05	0,03	0,06	0,01	0,00	0,00	0,04	0,40
1973	0,01	0,01	0,07	0,21	0,07	0,07	0,06	0,02	0,03	0,04	0,01	0,04	0,65
1974	0,06	0,09	0,27	0,34	0,09	0,08	0,12	0,01	0,08	0,01	0,00	0,01	1,17
1975	0,00	0,09	0,37	0,15	0,05	0,09	0,37	0,00	0,07	0,00	0,00	0,15	1,33
1976	0,00	0,14	0,13	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03	0,00	0,09	0,02	0,02	0,52
1977	0,22	0,07	0,05	0,27	0,44	0,26	0,28	0,02	0,07	0,00	0,00	0,03	1,72
1978	0,00	0,11	0,22	0,20	0,14	0,12	0,21	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	1,03
1979	0,01	0,00	0,04	0,04	0,00	0,07	0,02	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,25
1980	0,01	0,07	0,07	0,00	0,05	0,13	0,02	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,38
1981	0,09	0,01	0,32	0,02	0,00	0,03	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,06	0,57
1982	0,01	0,06	0,00	0,06	0,08	0,13	0,03	0,02	0,01	0,00	0,00	0,01	0,40
1983	0,00	0,07	0,04	0,07	0,06	0,06	0,01	0,08	0,00	0,02	0,00	0,00	0,40
1984	0,03	0,00	0,36	0,37	0,13	0,14	0,16	0,09	0,06	0,05	0,00	0,00	1,40
1985	0,00	0,54	0,56	0,66	0,05	0,06	0,16	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	2,16
1986	0,02	0,27	0,39	0,46	0,13	0,20	0,17	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	1,72
1987	0,03	0,08	0,10	0,11	0,00	0,07	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
1988	0,01	0,01	0,08	0,13	0,06	0,07	0,14	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,53
1989	0,00	0,00	0,13	0,15	0,16	0,09	0,18	0,02	0,01	0,01	0,01	0,22	0,98
1990	0,00	0,00	0,01	0,12	0,07	0,11	0,14	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,45
1991	0,00	0,00	0,38	0,17	0,10	0,08	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83
												media	1,12