

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

**ESTUDO DA OTIMIZAÇÃO DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS DOS AÇUDES
BRUSCAS, CACHOEIRA DOS ALVES, SACO DE NOVA OLINDA, CANOAS E
QUEIMADAS NA BACIA DO RIO PIANCÓ – PB.**

DJALENA MARQUES DE MELO

CAMPINA GRANDE-PB
ABRIL DE 2004

DJALENA MARQUES DE MELO

**ESTUDO DA OTIMIZAÇÃO DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS DOS AÇUDES
BRUSCAS, CACHOEIRA DOS ALVES, SACO DE NOVA OLINDA, CANOAS E
QUEIMADAS NA BACIA DO RIO PIANCÓ – PB.**

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

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS

ORIENTADORES: ROSIRES CATÃO CURI

WILSON FADLO CURI

CAMPINA GRANDE-PB

ABRIL DE 2004



M 528e
2004

Melo, Djalena Marques de

Estudo da otimização do uso dos recursos hídricos dos açudes Bruscas, Cachoeira dos Alves, Saco de Nova Olinda, Canoas e Queimadas na bacia do rio Piancó – PB./ Djalena Marques de Melo. – Campina Grande: UFCG, 2004.

179p.:il.

Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos)
UFCG/CCT/DEC.

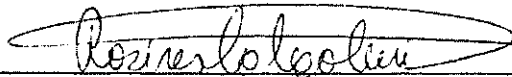
1. Recursos Hídricos – Otimização; 2. Irrigação; 3. Programação Não Linear.

CDU: 556.55

DJALENA MARQUES DE MELO

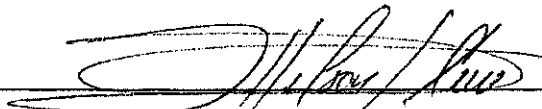
ESTUDO DA OTIMIZAÇÃO DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS DOS AÇUDES
BRUSCAS, CACHOEIRA DOS ALVES, SACO DE NOVA OLINDA, CANOAS E
QUEIMADAS NA BACIA DO RIO PIANCÓ.

APROVADA EM 26/04/2004



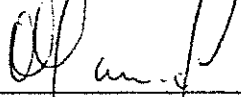
ROSIRES CATÃO CURI (DEC/UFMG)

ORIENTADORA



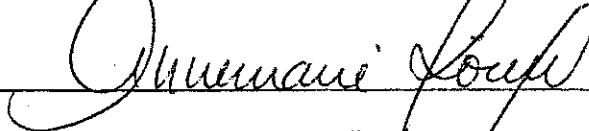
WILSON FADLO CURI (DF/UFMG)

ORIENTADOR



FREDERICO FÁBIO MAUAD (SHS/USP)

EXAMINADOR EXTERNO



ANNEMARIE KÖNIG (DEC/UFMG)

EXAMINADORA INTERNA

CAMPINA GRANDE-PB

ABRIL DE 2004

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Djalma Marques de Melo e Marilena da Costa Melo, e meus irmãos Edgley Marques e Djalma Jr., DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, maior razão de tudo, por me dar força e guiar sempre os meus passos.

Aos meus pais, avô e a meus irmãos pela compreensão, apoio e incentivo em mais uma etapa da minha vida.

Aos professores, Rosires Catão Curi e Wilson Fadlo Curi, pela orientação deste trabalho e minha iniciação na pesquisa.

A todos os professores da Área de Engenharia de Recursos Hídricos, pelos conhecimentos e formação que recebi.

Aos professores Wilton Pereira da Silva e Cleide P. da Silva, do Departamento de Física da UFCG, por disponibilizarem o programa LAB Fit, que foi muito útil para este trabalho.

Aos amigos, Carlos André, Osvalcélcio Mercês, Elton Cruz, Rosinete Santos, Sérgio Farias, Tatiana Máximo, Hérbete Hálam, Aldo Sidney, Walszon Lopes e Leonardo Araújo pela amizade, incentivo e companheirismo compartilhados ao longo do curso.

A Cícero Grangeiro Lima, pelo material fornecido para este trabalho.

A Alcidney Batista, pela força, amizade e sua disposição em ajudar.

Ao LMRS-PB, a COIPI e a SEMARH-PB, que através de Cícero nos forneceu material para realização desta pesquisa.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro durante a vigência do curso.

A secretária de pós-graduação, Jozete e a coordenadora de pós-graduação, a professora Rosires Catão Curi pela dedicação e esforço em nos ajudar.

Aos funcionários do Laboratório de Hidráulica, Vera, Ismael, Raulino, Lindimar, Valdomiro, Alrezinha, dona Alzira, Aroldo e Ronaldo, pelos serviços prestados.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS	xv
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xix
1.0 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivos Gerais	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 Organização do Trabalho	4
2.0 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Introdução	5
2.2 Modelos de Simulação	7
2.3 Modelos de Otimização	8
2.3.1 Programação Linear (PL)	8
2.3.2 Programação Dinâmica (PD)	10
2.3.3 Programação Não Linear (PNL)	12
3.0 DESCRIÇÃO DA REGIÃO EM ESTUDO	15
3.1 Localização	15
3.2 Aspectos Fisiográficos	15
3.2.1 Características da Bacia	15
3.2.2 Cobertura Vegetal e Relevo	16
3.2.3 Geologia e Solos	17
3.2.3.1 Descrição das Classes de Solos	17
3.3 Considerações sobre o Uso dos Solos	20
3.4 Climatologia	20

3.4.1 Temperatura	20
3.4.2 Umidade Relativa a Ar	21
3.4.3 Insolação	21
3.4.4 Velocidade do Vento	21
3.4.5 Evaporação	21
3.5 Pluviometria	22
3.6 Fluviometria	22
4.0 O MODELO DE OTIMIZAÇÃO	24
4.1 Introdução	24
4.2 Aspectos Matemáticos do Modelo	24
4.2.1 Agricultura Irrigada	26
4.2.2 Reservatórios e Seus Componentes	31
4.2.3 Outros Componentes do Sistema	34
4.2.4 Piscicultura	34
4.2.5 Mão de Obra com a Irrigação	35
4.3 Análise de Convergência da Otimização	35
4.4 Fluxograma do Modelo de Otimização	36
5.0 DESCRIÇÃO DO SISTEMA HÍDRICO	38
5.1 Introdução	38
5.2 Os Reservatórios	39
5.3 Dados do Sistema Hídrico	40
5.3.1 Precipitações Pluviométricas	40
5.3.2 Chuva Média Sobre as Sub-Bacias dos Reservatórios	41
5.3.3 Precipitação Direta Sob os Reservatórios	42
5.3.4 Vazões Afluentes Aos Reservatórios	42
5.3.4.1 O Modelo MODHAC	43
5.3.5 Evaporação nos Reservatórios	44
5.3.6 Demandas Hídricas	44
5.3.6.1 Abastecimento Humano	44
5.3.6.2 Irrigação	45
5.3.6.3 Piscicultura	46
5.4 Dados dos Reservatórios	47

5.4.1	As Curvas Cota, Área e Volume	47
5.4.2	Volumes Máximos e Mínimos dos Reservatórios	49
5.4.3	Descarregadores e Vertedouros	49
5.4.4	Vazões Máximas e Mínimas	51
5.5	Características Físicas da Bacia do Piancó	51
6.0	DADOS DOS PERÍMETROS IRRIGADOS E OS CENÁRIOS	52
6.1	Introdução	52
6.2	Os Perímetros Irrigados	52
6.2.1	Projeto Piancó II	52
6.2.2	Projeto Piancó III	53
6.2.3	Perímetros Irrigados de Bruscas, Gravatá e Piancó-Brotas	54
6.3	Dados dos Perímetros Irrigados	55
6.3.1	Dados de Entrada para as Culturas	55
6.4	Coefficiente de Cultivo das Culturas Adotadas nos Perímetros	58
6.5	Cenários Climáticos	60
6.5.1	Generalidades	60
6.5.2	Situações Climáticas	61
6.5.2.1	Cenário Climático Médio	61
6.5.2.2	Cenário Climático Normal	61
6.5.2.3	Cenário Climático Seco	62
6.5.2.4	Cenário Climático Chuvoso	62
6.5.3	Considerações sobre os Cenários	63
7.0	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	65
7.1	Introdução	65
7.2	Análise e Discussões dos Resultados para a Situação Climática Média, Normal, Seca e Chuvosa Obtidas com o Modelo de Otimização	65
7.2.1	Reservatório de Queimadas	65
7.2.2	Reservatório de Cachoeira dos Alves	69
7.2.3	Reservatório de Bruscas	72
7.2.4	Reservatório de Canoas	75
7.2.5	Reservatório de Saco de Nova Olinda	78

7.3 Análises e Discussões dos Resultados para a Situação Climática Média com a Irrigação Desativada, Obtidas com o Modelo de Otimização Usado _____	81
7.4 Análise e Discussões dos Resultados para a Situação Climática Média para os Reservatórios de Menor e Maior Capacidade com a Evaporação Reduzida em 50%, Obtidas com o Modelo de Otimização Usado _____	81
7.5 Resultados Referentes Aos Reservatórios _____	82
7.5.1 Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas _____	83
7.5.2 Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves _____	93
7.5.3 Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas _____	103
7.5.4 Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas _____	113
7.5.5 Resultados Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda _____	123
7.5.6 Resultados Referentes Ao Reservatório de Queimadas Com a Irrigação Desativada (Cenário Médio) _____	130
7.5.7 Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves Com a Irrigação Desativada (Cenário Médio) _____	131
7.5.8 Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas Com a Irrigação Desativada (Cenário Médio) _____	132
7.5.9 Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas Com a Irrigação Desativada (Cenário Médio) _____	133
7.5.10 Resultados Referentes ao Reservatório de S. Nova Olinda Com a Irrigação Desativada (Cenário Médio) _____	134
7.5.11 Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves Com a Evaporação Reduzida em 50% (Cenário Médio) _____	135
7.5.12 Resultados Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda Com a Evaporação Reduzida em 50% (Cenário Médio) _____	137
8.0 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES _____	139
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	142
ANEXOS _____	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Fluxograma para o Modelo de Otimização	37
Figura 5.1 – Sistema Hídrico em Estudo	38
Figura 6.1 – Perímetro Irrigado Piancó II	53
Figura 6.2 – Sistema de Irrigação Utilizado em Piancó II	53
Figura 6.3 – Perímetro Irrigado Piancó III	54
Figura 6.4 – Sistema de Irrigação Utilizado em Piancó III	54
Figura 7.1 – Elementos do Balanço Hídrico (Queimadas Cenário Médio)	83
Figura 7.2 – Áreas Irrigadas com cada Cultura (Queimadas Cenário Médio)	84
Figura 7.3 - Elementos do Balanço Hídrico (Queimadas Cenário Normal)	85
Figura 7.4 – Áreas Irrigadas com cada Cultura (Queimadas Cenário Normal)	86
Figura 7.5 - Elementos do Balanço Hídrico (Queimadas Cenário Seco)	87
Figura 7.6 – Áreas Irrigadas com cada Cultura (Queimadas Cenário Seco)	88
Figura 7.7 - Elementos do Balanço Hídrico (Queimadas Cenário Chuvoso)	89
Figura 7.8 – Áreas Irrigadas com cada Cultura (Queimadas Cenário Chuvoso)	90
Figura 7.9 - Elementos do Balanço Hídrico (Queimadas Cenário Chuvoso2)	91
Figura 7.10 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Queimadas Cenário Chuvoso2)	92
Figura 7.11 - Elementos do Balanço Hídrico (C. dos Alves Cenário Médio)	93
Figura 7.12 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (C. dos Alves Cenário Médio)	94
Figura 7.13 - Elementos do Balanço Hídrico (C. dos Alves Cenário Normal)	95
Figura 7.14 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (C. dos Alves Cenário Normal)	96
Figura 7.15 - Elementos do Balanço Hídrico (C. dos Alves Cenário Seco)	97
Figura 7.16 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (C. dos Alves Cenário Seco)	98
Figura 7.17 - Elementos do Balanço Hídrico (C. dos Alves Cenário Chuvoso)	99
Figura 7.18 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (C. dos Alves Cenário Chuvoso)	100
Figura 7.19 - Elementos do Balanço Hídrico(C. dos Alves Cenário Chuvoso2)	101
Figura 7.20 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (C. dos Alves Cenário Chuvoso2)	102
Figura 7.21 - Elementos do Balanço Hídrico (Bruscas Cenário Médio)	103
Figura 7.22 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Bruscas Cenário Médio)	104
Figura 7.23 - Elementos do Balanço Hídrico (Bruscas Cenário Normal)	105
Figura 7.24 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Bruscas Cenário Normal)	106
Figura 7.25 - Elementos do Balanço Hídrico (Bruscas Cenário Seco)	107
Figura 7.26 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Bruscas Cenário Seco)	108
Figura 7.27 - Elementos do Balanço Hídrico (Bruscas Cenário Chuvoso)	109
Figura 7.28 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Bruscas Cenário Chuvoso)	110
Figura 7.29 - Elementos do Balanço Hídrico (Bruscas Cenário Chuvoso2)	111
Figura 7.30 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Bruscas Cenário Chuvoso2)	112
Figura 7.31 - Elementos do Balanço Hídrico (Canoas Cenário Médio)	113
Figura 7.32 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Canoas Cenário Médio)	114
Figura 7.33 - Elementos do Balanço Hídrico (Canoas Cenário Normal)	115
Figura 7.34 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Canoas Cenário Normal)	116
Figura 7.35 - Elementos do Balanço Hídrico (Canoas Cenário Seco)	117
Figura 7.36 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Canoas Cenário Seco)	118
Figura 7.37 - Elementos do Balanço Hídrico (Canoas Cenário Chuvoso)	119
Figura 7.38 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Canoas Cenário Chuvoso)	120
Figura 7.39 - Elementos do Balanço Hídrico (Canoas Cenário Chuvoso2)	121
Figura 7.40 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (Canoas Cenário Chuvoso2)	122
Figura 7.41- Elementos do Balanço Hídrico (S. de Nova Olinda Cenário Médio)	123
Figura 7.42 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (S. de Nova Olinda Cenário Médio)	124

Figura 7.43 - Elementos do Balanço Hídrico (S. de Nova Olinda Cenário Normal)_____	125
Figura 7.44 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (S. de Nova Olinda Cenário Normal)___	126
Figura 7.45 - Elementos do Balanço Hídrico (S. de Nova Olinda Cenário Seco) _____	127
Figura 7.46 - Áreas Irrigadas com cada Cultura (S. de Nova Olinda Cenário Seco)_____	128
Figura 7.47 - Elementos do Balanço Hídrico com a Irrigação Desativada (Queimadas Cenário Médio) _____	130
Figura 7.48 - Elementos do Balanço Hídrico com a Irrigação Desativada (Cachoeira dos Alves Cenário Médio) _____	131
Figura 7.49 - Elementos do Balanço Hídrico com a Irrigação Desativada (Bruscas Cenário Médio) _____	132
Figura 7.50 - Elementos do Balanço Hídrico com a Irrigação Desativada (Canoas Cenário Médio) _____	133
Figura 7.51 - Elementos do Balanço Hídrico com a Irrigação Desativada (S. de Nova Olinda Cenário Médio) _____	134
Figura 7.52 - Elementos do Balanço Hídrico com a Evaporação Reduzida (C. dos Alves Cenário Médio) _____	135
Figura 7.53 - Áreas Irrigadas com cada Cultura com a Evaporação Reduzida (C. dos Alves Cenário Médio) _____	136
Figura 7.54 - Elementos do Balanço Hídrico com a Evaporação Reduzida (S. de Nova Olinda Cenário Médio) _____	137
Figura 7.55 - Áreas Irrigadas com cada Cultura com a Evaporação Reduzida (S. de Nova Olinda Cenário Médio) _____	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Resumo das Classes de Solos	19
Tabela 3.2 – Resumo dos Dados Climáticos	21
Tabela 3.3 – Dados das Médias Mensais de Evaporação, Precipitação e Vazão para a Bacia do Piancó	23
Tabela 4.1 – Elementos de Entrada para o Modelo de Otimização	25
Tabela 5.1 – Dados dos Postos Pluviométricos Utilizados no Estudo da Pluviometria	41
Tabela 5.2 – Precipitação Média Anual para os Cinco Reservatórios	42
Tabela 5.3 – Postos Escolhidos para Representar a Precipitação Direta Sobre os Reservatórios	42
Tabela 5.4 – Dados de Vazões Médias Mensais Afluentes aos Reservatórios	43
Tabela 5.5 – Dados de Evaporação Média Mensal do Tanque Classe A	44
Tabela 5.6 – Demandas Hídricas para Abastecimento Urbano	45
Tabela 5.7 – Volume do Reservatório a Partir da Cota do Espelho D'Água	48
Tabela 5.8 – Cota do Nível D'Água a Partir do Volume do Reservatório	48
Tabela 5.9 – Área da Bacia Hidráulica a Partir da Cota do Nível D'Água	49
Tabela 5.10 – Volumes Máximos e Mínimos para os Cinco Reservatórios	49
Tabela 5.11 – Dados para Obtenção das Vazões Mensais a Serem Liberadas pelos Reservatórios	50
Tabela 5.12 – Parâmetros Adotados para Estimativa das Vazões Vertentes Máximas	51
Tabela 5.13 – Dados Físicos das Bacias Hidrográficas dos Reservatórios	51
Tabela 6.1 – Dados de Entrada para as Culturas Atualmente Implantadas e para os Sistemas de Irrigação	56
Tabela 6.2 – Dados de Entrada das Culturas Hipotéticas e dos Sistemas de Irrigação	57
Tabela 6.3 – Coeficiente de Cultivo das Culturas Adotadas nos Perímetros (Kc)	58
Tabela 6.4 – Coeficiente de Cultivo das Culturas Hipotéticas	59
Tabela 6.5 – Plano Cultural anual para os Cinco Perímetros com Culturas reais	59
Tabela 6.6 – Plano Cultural para os Cinco Perímetros com Culturas Hipotéticas	60
Tabela 6.7 – Dados de Precipitação (mm) para o Cenário Médio	61
Tabela 6.8 – Dados de Vazão (m ³ /s) para o Cenário Médio	61
Tabela 6.9 - Dados de Precipitação (mm) para o Cenário Normal	62
Tabela 6.10 - Dados de Vazão (m ³ /s) para o Cenário Normal	62
Tabela 6.11- Dados de Precipitação (mm) para o Cenário Seco	62
Tabela 6.12 - Dados de Vazão (m ³ /s) para o Cenário Seco	62
Tabela 6.13- Dados de Precipitação (mm) para o Cenário Chuvoso	63
Tabela 6.14 - Dados de Vazão (m ³ /s) para o Cenário Chuvoso	63
Tabela 7.3.1 Resumo dos Resultados Obtidos para os Cinco Reservatórios Desativando a Irrigação	81
Tabela 7.1 – Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Médio	83
Tabela 7.2 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Médio	83
Tabela 7.3 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Queimadas no Cenário Médio	84
Tabela 7.4 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Queimadas no Cenário Médio	84
Tabela 7.5 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Normal	85

Tabela 7.6 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Normal	85
Tabela 7.7 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Queimadas no Cenário Normal	86
Tabela 7.8 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Queimadas no Cenário Normal	86
Tabela 7.9 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Seco	87
Tabela 7.10 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Seco	87
Tabela 7.11 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Queimadas no Cenário Seco	88
Tabela 7.12 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Queimadas no Cenário Seco	88
Tabela 7.13 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Chuvoso	89
Tabela 7.14 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Chuvoso	89
Tabela 7.15 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Queimadas no Cenário Chuvoso	90
Tabela 7.16 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Queimadas no Cenário Chuvoso	90
Tabela 7.17 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Chuvoso2	91
Tabela 7.18 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Chuvoso2	91
Tabela 7.19 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Queimadas no Cenário Chuvoso2	92
Tabela 7.20 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Queimadas no Cenário Chuvoso2	92
Tabela 7.21 – Resumo dos Resultados dos Quatro Cenários Climáticos para o Reservatório de Queimadas	92
Tabela 7.22 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Médio	93
Tabela 7.23 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Médio	93
Tabela 7.24 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Médio	94
Tabela 7.25 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Médio	94
Tabela 7.26 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Normal	95
Tabela 7.27 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Normal	95
Tabela 7.28 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Normal	96
Tabela 7.29 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Normal	96
Tabela 7.30 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Seco	97

Tabela 7.31 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Seco	97
Tabela 7.32 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Seco	98
Tabela 7.33 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Seco	98
Tabela 7.34 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Chuvoso	99
Tabela 7.35 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Chuvoso	99
Tabela 7.36 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Chuvoso	100
Tabela 7.37 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Chuvoso	100
Tabela 7.38 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Chuvoso2	101
Tabela 7.39 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Chuvoso2	101
Tabela 7.40 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Chuvoso2	102
Tabela 7.41 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Chuvoso2	102
Tabela 7.42 - Resumo dos Resultados dos Quatro Cenários Climáticos para o Reservatório de Cachoeira dos Alves	102
Tabela 7.43 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Médio	103
Tabela 7.44 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Médio	103
Tabela 7.45 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Bruscas no Cenário Médio	104
Tabela 7.46 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Bruscas no Cenário Médio	104
Tabela 7.47 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Normal	105
Tabela 7.48 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Normal	105
Tabela 7.49 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Bruscas no Cenário Normal	106
Tabela 7.50 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Bruscas no Cenário Normal	106
Tabela 7.51 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Seco	107
Tabela 7.52 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Seco	107
Tabela 7.53 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Bruscas no Cenário Seco	108
Tabela 7.54 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Bruscas no Cenário Seco	108
Tabela 7.55 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Chuvoso	109

Tabela 7.56 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Chuvoso	109
Tabela 7.57 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Bruscas no Cenário Chuvoso	110
Tabela 7.58 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Bruscas no Cenário Chuvoso	110
Tabela 7.59 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Chuvoso2	111
Tabela 7.60 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Chuvoso2	111
Tabela 7.61 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Bruscas no Cenário Chuvoso2	112
Tabela 7.62 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Bruscas no Cenário Chuvoso2	112
Tabela 7.63 - Resumo dos Resultados dos Quatro Cenários Climáticos para o Reservatório de Bruscas	112
Tabela 7.64 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Médio	113
Tabela 7.65 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Médio	113
Tabela 7.66 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Canoas no Cenário Médio	114
Tabela 7.67 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Canoas no Cenário Médio	114
Tabela 7.68 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Normal	115
Tabela 7.69 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Normal	115
Tabela 7.70 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Canoas no Cenário Normal	116
Tabela 7.71 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Canoas no Cenário Normal	116
Tabela 7.72 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Seco	117
Tabela 7.73 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Seco	117
Tabela 7.74– Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Canoas no Cenário Seco	118
Tabela 7.75 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Canoas no Cenário Seco	118
Tabela 7.76 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Chuvoso	119
Tabela 7.77 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Chuvoso	119
Tabela 7.78– Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Canoas no Cenário Chuvoso	120
Tabela 7.79 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Canoas no Cenário Chuvoso	120
Tabela 7.80 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Chuvoso2	121

Tabela 7.81 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Chuvoso2	121
Tabela 7.82– Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Canoas no Cenário Chuvoso2	122
Tabela 7.83 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Canoas no Cenário Chuvoso2	122
Tabela 7.84 - Resumo dos Resultados dos Quatro Cenários Climáticos para o Reservatório de Canoas	122
Tabela 7.85 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda para o Cenário Médio	123
Tabela 7.86 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda para o Cenário Médio	123
Tabela 7.87– Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Saco de Nova Olinda no Cenário Médio	124
Tabela 7.88 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Saco de Nova Olinda no Cenário Médio	124
Tabela 7.89 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda para o Cenário Normal	125
Tabela 7.90 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda para o Cenário Normal	125
Tabela 7.91– Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Saco de Nova Olinda no Cenário Normal	126
Tabela 7.92 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Saco de Nova Olinda no Cenário Normal	126
Tabela 7.93 - Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda para o Cenário Seco	127
Tabela 7.94 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda para o Cenário Seco	127
Tabela 7.95– Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Saco de Nova Olinda no Cenário Seco	128
Tabela 7.96 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Saco de Nova Olinda no Cenário Seco	128
Tabela 7.97 - Resumo dos Resultados dos Três Cenários Climáticos para o Reservatório de Saco de Nova Olinda	128
Tabela 7.98 – Resumo dos Resultados dos Cinco Reservatórios para o Cenário Médio	129
Tabela 7.99 – Resumo dos Resultados dos Cinco Reservatórios para o Cenário Normal	129
Tabela 7.100 – Resumo dos Resultados dos Cinco Reservatórios para o Cenário Seco	129
Tabela 7.101 – Resumo dos Resultados dos Cinco Reservatórios para o Cenário Chuvoso	129
Tabela 7.102 – Resumo dos Resultados dos Cinco Reservatórios para o Cenário Chuvoso2	129
Tabela 7.103 – Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	130
Tabela 7.104 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Queimadas para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	130
Tabela 7.105 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Queimadas no Cenário Médio com a Irrigação Desativada	130
Tabela 7.106 – Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	131

Tabela 7.107 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	131
Tabela 7.108 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Médio com a Irrigação Desativada	131
Tabela 7.109 – Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	132
Tabela 7.110 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Bruscas para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	132
Tabela 7.111 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Bruscas no Cenário Médio com a Irrigação Desativada	132
Tabela 7.112 – Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	133
Tabela 7.113 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Canoas para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	133
Tabela 7.114 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Canoas no Cenário Médio com a Irrigação Desativada	133
Tabela 7.115 – Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de S. Nova Olinda para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	134
Tabela 7.116 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de S. Nova Olinda para o Cenário Médio com a Irrigação Desativada	134
Tabela 7.117 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de S. Nova Olinda no Cenário Médio com a Irrigação Desativada	134
Tabela 7.118 – Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Médio com a Evaporação Reduzida	135
Tabela 7.119 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves para o Cenário Médio com a Evaporação Reduzida	135
Tabela 7.120 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Médio com a Evaporação Reduzida	136
Tabela 7.121 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Cachoeira dos Alves no Cenário Médio com a Evaporação Reduzida	136
Tabela 7.122 – Dados Hidrológicos e Resultados Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda para o Cenário Médio com a Evaporação Reduzida	137
Tabela 7.123 – Dados Hidrológicos e Resultados Operacionais Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda para o Cenário Médio com a Evaporação Reduzida	137
Tabela 7.124 – Resultados Referentes às Culturas para o Reservatório de Saco de Nova Olinda no Cenário Médio com a Evaporação Reduzida	138
Tabela 7.125 – Resultados Referentes à Piscicultura para o Reservatório de Saco de Nova Olinda no Cenário Médio com a Evaporação Reduzida	138

LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha(l)$	Índice que representa a α -ézima vazão afluyente do reservatório
$V(l)$	Índice que representa o v -ézimo vertedor do reservatório
α_{jkt}	Coefficiente que indica se uma cultura é plantada ou não
$A_{\text{bacia. hidráulica}}$	Área da bacia hidráulica do reservatório (m^2)
A_c	Área plantada por cultura e perímetro
A_{cmax}	Área máxima plantada de cada cultura por perímetro
A_{cmin}	Área mínima plantada de cada cultura por perímetro
A_f	Área da seção do descarregador de fundo do reservatório
$A_{\text{max irrig.}}$	Área máxima plantada de cada cultura (ha) e área total mensal a ser plantada (ha) em cada mês
A_{pmax}	Limite máximo de área total que pode ser plantada por perímetro
A_{r_t}	Área da bacia hidráulica do reservatório no mês t
B_v	Largura da base do vertedor
c	Índice que indica a calha do rio
C_a	Custo da água anual
C_{al}	Custo de alevinagem por unidade de área
C_{bomb}	Custo anual de bombeamento por hectare
C_f	Coefficiente de vazão do descarregador de fundo do reservatório
C_{man}	Custo anual de manutenção do sistema de irrigação por hectare
C_p	Custo de produção anual da cultura
C_{pmax}	Capacidade máxima permitida no reservatório
C_{prod}	Custo médio de produção anual da cultura
C_{trab}	Custo anual do trabalho para cada tipo de cultura
C_v	Coefficiente de descarga dependente da forma do vertedor do reservatório
dc	Fator de atualização monetária referente a expectativa de crescimento ou decréscimo nos preços
dl	Fator de atualização monetária referente a taxa de inflação da moeda
E_{apl}	Eficiência da aplicação da irrigação
E_{irr}	Eficiência do sistema de irrigação
E_p	Evaporação no perímetro
E_r	Evaporação no reservatório
Er_{rofm}	Erro relativo na função mista
Er_{rofo}	Erro relativo na função objetivo
Er_{rofp}	Erro relativo na função penalidade
E_{sis}	Eficiência do sistema de distribuição de água
E_{to}	Taxa de evapotranspiração de referência
E_{tp}	Taxa de evapotranspiração potencial mensal da cultura
E_v	Taxa de evaporação média mensal
E_{vapor}	Evaporação média mensal em (mm) e (m^3/s)
E_{vr}	Taxa de evaporação sobre o reservatório
$f(l)$	Índice que representa o f -ézimo descarregador de fundo do reservatório
f_m	Função mista
f_o	Função objetivo
f_p	Função penalidade
G	Dotação de água à zona radicular da cultura por capilaridade
g	Aceleração da gravidade
H_{dc}	Trabalho requerido médio por cultura em cada ano

Hf	Cota de jusante da geratriz inferior do descarregador de fundo do reservatório
Hr _t	Cota do nível d'água do reservatório no mês t
Ht	Cota da tomada d'água no reservatório
Hvert	Cota da soleira do vertedor do reservatório
Hvmax	Cota do nível d'água do reservatório que gera a lâmina vertente máxima projetada para o vertedor
j	Índice do tipo de cultura
k	Índice do perímetro irrigado
Kc	Coefficiente de cultivo por cultura
K _{TK}	Coefficiente do tanque evaporimétrico
L	Índice que indica a calha
LR	Necessidade de lixiviação dos sais que acumulam no solo cultivado
min _t Ar _t	Área da superfície líquida mínima entre os meses de despesca no reservatório
MO	Mão de obra necessária para a irrigação
na	Número de anos em estudo
nc	Número de culturas em estudo
ni	Número de perímetros irrigados em estudo
Nl	Necessidade de irrigação líquida da cultura
nm	Número de meses em estudo
\bar{P}	Precipitação média mensal
Pc	Taxa de precipitação no mês
Pce	Taxa de precipitação efetiva no mês
Pdp	Produtividade média do pescado por unidade de área
Pirr	Custo de investimento de implantação do sistema
Pp	Precipitação no perímetro
Pr	Precipitação direta no reservatório
Pra	Preço da água por unidade de volume
Prc	Preço médio unitário da cultura
Precipit.	Valores de precipitação mensal (mm) correspondente a cada cenário
Prmp	Preço médio do pescado na região do reservatório
Prod	Produtividade anual da cultura
\bar{Q}	Vazão média mensal
Qa	Vazão afluyente ao reservatório
Qd	Vazão fixa para abastecimento
Qentra	Vazão de entrada no nó
Qf	Vazão de descarga de fundo no reservatório
Qi	Vazão para irrigação
Qirr	Lâmina mensal de água para irrigação
Qjus	Vazão afluyente a jusante da estação fluviométrica
Qsai	Vazão de saída no nó
Qsb	Vazão da sub-bacia
Qt	Vazão de tomada d'água no reservatório
Qtmax	Vazão máxima de adução na tomada d'água do reservatório
Qtmin	Vazão mínima de adução na tomada d'água do reservatório
Qv	Vazão extravasada do vertedor
Rb	Receita bruta anual
RI	Receita líquida da piscicultura
RL	Receita líquida total

S	Desvio padrão
Sust.	Percentual do volume inicial do reservatório desejado no último mês
t	Indica o mês ou o ano em estudo
t (l)	Índice que representa a t-ésima tomada de água do reservatório
Tam	Taxa anual de amortização do investimento
Tol	Tolerância requerida para a convergência
Vmax	Volume máximo do reservatório no mês
Vmin	Volume mínimo do reservatório no mês
Vo e Vro	Volume do reservatório no mês inicial em (m ³ /s) e (hm ³)
Vr _t	Volume do reservatório no mês t
Vrmax	Volume máximo admitido para o reservatório
Vrmin	Volume mínimo admitido para o reservatório
V _{r_morto(l)}	Volume morto do reservatório
Vutil	Vida útil do sistema de irrigação
W	Reserva de água no solo

RESUMO

Neste trabalho foi desenvolvido um estudo da operação do sistema hídrico composto por cinco reservatórios: Bruscas, Cachoeira dos Alves, Saco de Nova Olinda, canoas e Queimadas e cinco perímetros irrigados: Bruscas (500 ha), Gravatá (934 ha), Piancó II, Piancó III e Piancó Brotas (2.285 ha), localizados na bacia do rio Piancó, no estado da Paraíba. O objetivo do trabalho foi maximizar a receita líquida advinda da agricultura irrigada e da piscicultura extensiva, realizado para quatro distintos cenários climáticos (Médio, Normal, Seco e Chuvoso), para o período de um ano, dando prioridade de uso da água ao abastecimento humano. Para a análise do comportamento dos cinco reservatórios do sistema hídrico e obtenção da solução ótima, foi utilizado um modelo de otimização de base mensal, apoiado em técnicas de programação não linear, desenvolvido por Curi e Curi (2001). Optou-se neste trabalho pelo uso de culturas hipotéticas, com a finalidade de se verificar o potencial dos reservatórios para agricultura irrigada, ou seja, o objetivo deste procedimento foi evitar que pelo fato de uma cultura ter uma receita líquida muito superior às demais, ela seja a única escolhida. Os resultados obtidos mostraram que o sistema hídrico tem condições de atender integralmente as demandas para abastecimento humano e as demandas para irrigação, dependendo da situação climática. Na atividade piscícola foi analisado o número de empregos que poderiam ser gerados bem como, a receita líquida obtida com esta atividade. O modelo utilizado apresenta viabilidade para práticas de tomada de decisão, já que a região estudada (semi-árida) sofre com a escassez temporal e espacial de água e necessita de subsídios que poderão ser utilizados para atender melhor uma população que sofre com a subutilização dos reservatórios.

ABSTRACT

In this work a study was developed for the operation of a five reservoir system, which are named of Bruscas, Cachoeira dos Alves, Saco de Nova Olinda, Canoas and Queimadas, and five irrigated perimeters, which are named of Bruscas (500 ha), Gravata (934 ha), Piencó II, Piencó III and Piencó Brotas (2.285ha), being all of them located in the the Piencó river basin within the semiarid region of Paraíba state. The objective of this work went to maximize the net profit attained from the irrigated agriculture and extensive fish farming for a one year four climatic settings (Medium, Normal, Dry and Rainy), giving priority to the water urban supply. For the analysis of the behavior of the five reservoirs water system and the achievement of the optimal solution, a monthly nonlinear programming optimization model, which was developed by Curi and Curi (2001), was used. Two hypothetical crops were used in order to explore the reservoirs irrigation water use potential and to avoid that only the most profitable culture would have been allocated area by the software. The results obtained showed that the water system has conditions to attend the supply human water demands as well as the demands for irrigation, depending on the climatic situation. The attained number of jobs and net profit for fish farming activity for the optimal solution was also analyzed. The used model showed to be useful as a decision support system, mainly when applied to a semiarid region, which suffers from spatial and temporal water resources and needs analyses that make better use of the local water.

CAPÍTULO I

1.0 - INTRODUÇÃO

A exploração racional e sustentável dos recursos hídricos assume vital importância em regiões que apresentam um desequilíbrio entre a oferta e a demanda de água devido à pluviosidade irregular e/ou altas taxas de evaporação, como é o caso do Nordeste brasileiro (Castro, 2001).

Segundo Vieira (1996), o gerenciamento racional e otimizado da água nas regiões semi-áridas passa a ser absolutamente imprescindível, face às peculiaridades climáticas e ambientais, que condicionam as atividades humanas e o desenvolvimento social da região.

Com o desenvolvimento econômico, os usos múltiplos dos recursos hídricos têm se intensificado trazendo consigo, os conflitos entre os diversos usuários de água, principalmente em regiões com problema de escassez. A adoção de dotações de consumo para uma determinada finalidade, ainda se constitui numa difícil tarefa, visto que, dependem de fatores, tais como: naturais, sociais e econômicos (e as vezes políticas). Em pequenos reservatórios, devido ao pequeno volume disponível, a escolha entre os diversos usos torna-se, sendo quase sempre necessário à escolha por somente um uso, o de maior prioridade, ou seja, o consumo humano e animal. Entretanto, para os grandes reservatórios, deve-se observar se há compatibilidade entre as diversas demandas, de forma a permitir o aproveitamento planejado para os múltiplos usos do reservatório.

A bacia hidrográfica do Rio Piancó é uma das mais importantes do estado da Paraíba por conter a maior reserva hídrica do estado (Sistema Coremas Mãe d'Água), estar localizada numa região semi-árida e por ser foco de importantes demandas hídricas no estado da Paraíba e Rio Grande do Norte.

Como em toda região semi-árida que tem forte carência de água, a bacia do Piancó é fonte de diversos conflitos pelo uso da água, sendo um dos principais problemas da região em estudo a escassez dos recursos hídricos devido a crescente demanda por água e a

multiplicidade de seu uso. Outro grande conflito de uso é com o vizinho estado do Rio Grande do Norte com a questão da vazão liberada pelo sistema para perenização do rio Piranhas-Açu. Tal conflito é gerado porque, o rio Piancó é de domínio estadual, pois, encontra-se totalmente dentro de território paraibano, cabendo, neste caso, ao estado da Paraíba legislar sobre os recursos hídricos. Entretanto, o sistema de reservatórios Coremas Mãe d'Água é de domínio da União, construído pelo DNOCS e, portanto, cabe ao governo federal legislar sobre o uso de águas do sistema.

Na tentativa de amenizar esses conflitos na região, foi criado o comitê integrado da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu que é um órgão colegiado formado por representantes da União e dos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, com objetivo comum de gerenciar, de forma participativa e descentralizada, os recursos hídricos da bacia. Este comitê encontra-se aprovado desde 1997, mas ainda não está instalado. A composição do comitê consta no regimento interno do Comitê de integração da bacia hidrográfica do rio Piranhas – Açu, nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, capítulo III, aprovado em 1997. Segundo o documento, compõem o comitê da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu:

- Três representantes do governo federal;
- Dois representantes do poder público da Paraíba e dois do Rio grande do Norte;
- Dois representantes do conjunto de municípios pertencentes à bacia para cada um dos dois estados;
- Seis representantes de usuários de recursos hídricos da bacia para cada um dos dois estados; e
- Dois representantes da sociedade civil da Paraíba e dois do Rio Grande do Norte.

A montante dos reservatórios Coremas e Mãe d'Água existem doze reservatórios que atualmente servem apenas para abastecimento de pequenos municípios e algumas áreas irrigadas.

Por ser esta bacia importante para o estado da Paraíba e de ser fonte de conflitos de uso da água, torna-se necessária estudá-la, para melhor compreender o potencial de uso das suas águas. Neste sentido, o estudo da disponibilidade hídrica dos seus reservatórios reveste-se da maior importância, no sentido de melhor gerenciar os seus recursos. Além disso, a água acumulada em pequenos e médios reservatórios em regiões de elevada evaporação, tendem a

ficar vulneráveis ao processo de salinização. Portanto, torna-se necessária que suas águas sejam usadas de modo a atender ao abastecimento da população em anos de seca, mas também os reservatórios devem ter uma política de operação com vistas a redução do processo de salinização e de fomento a atividades econômicas geradoras de renda como a irrigação e a piscicultura.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos Gerais

O trabalho tem por objetivo geral, estudar um sistema com cinco reservatórios (Bruscas, Cachoeira dos Alves, Canoas, Queimadas e Saco de Nova Olinda) localizados na bacia do rio Piancó à montante dos reservatórios Coremas e Mãe d'Água, com vista a verificação do potencial de aproveitamento econômico das suas águas com irrigação e piscicultura, preservando o uso prioritário de abastecimento humano.

1.1.2 Objetivos Específicos

Quanto aos Reservatórios:

- Verificar dentre os cinco reservatórios quais poderiam ter disponibilidade de água para irrigação e quais seriam as áreas ótimas cultivadas;
- Verificar o potencial econômico do uso da água para piscicultura e irrigação;
- Avaliar a influência de diferentes cenários hidroclimáticos no desempenho do sistema.

Quanto as Áreas Irrigadas:

- Verificar qual deve ser a área máxima a ser plantada com culturas perenes;
- Verificar o desempenho do sistema medido em termos de melhor uso da água (minimizar as perdas evaporativas e maximizar a receita líquida) para diversos planos culturais.

1.2 Organização do Trabalho

O trabalho será desenvolvido em sete capítulos:

Capítulo I, introdução, neste capítulo encontra-se os objetivos geral e específicos, bem como a descrição de alguns problemas da região;

Capítulo II, revisão bibliográfica, apresenta-se neste capítulo a definição e classificação dos modelos de operação e dimensionamento de reservatórios;

Capítulo III, descrição da região em estudo, descreve-se a região de estudo, as suas características climáticas e hidrológicas;

Capítulo IV, programa de otimização desenvolvido, apresentando o modelo de otimização empregado no estudo;

Capítulo V, descrição do sistema hídrico, neste capítulo são apresentados os dados de entrada nos reservatórios, aplicados no modelo, além de algumas considerações sobre a aquisição e aplicação desses dados;

Capítulo VI, dados dos perímetros irrigados e os cenários, aqui são expostos os dados de entrada necessários às culturas, bem como os dados de precipitação e vazão separados em quatro cenários climáticos: médio, normal, seco e chuvoso;

Capítulo VII, análise e discussão dos resultados, neste capítulo apresenta-se as análises desenvolvidas e os respectivos resultados;

Capítulo VIII, conclusões e recomendações, apresenta-se as idéias conclusivas e as recomendações para futuras pesquisas.

CAPÍTULO II

2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

As necessidades de água para as atividades humanas cada vez mais crescentes por causa dos diferentes usos e os conflitos existentes entre os usuários, vem exigindo cada vez mais, a operação otimizada dos reservatórios de acumulação em especial na região semi-árida do Brasil.

Segundo Barros (2003), a operação de sistemas de reservatórios compreende:

- alocar armazenamento e vazões entre múltiplos usos e usuários;
- minimizar o risco e as conseqüências da falta d'água e das enchentes;
- otimizar o uso da água, da energia e do solo;
- gerenciar o meio ambiente.

Os reservatórios são os elementos mais importantes de um sistema de recursos hídricos, sendo 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 poderá servir para controle de inundação, provisão de água para abastecimento humano nos municípios, usos industrial e agrícola, geração de energia, navegação, recreação, piscicultura, etc. O processo decisório em operação de reservatórios procura estabelecer o valor ótimo do volume de água a ser retirado do reservatório, em cada instante de operação. O valor ótimo será aquele que nos leve a obter a melhor solução de compromisso face ao conflito entre a utilização presente e futura da reserva hídrica ou do espaço de amortecimento do reservatório.

Um raciocínio previamente elaborado de que, para o atendimento a qualquer demanda hídrica é suficiente a construção de um reservatório com capacidade útil suficientemente

grande de acumulação, leva ao risco de chegar-se a conclusões errôneas. Isso, porque, obviamente, a capacidade útil de acumulação de um reservatório poderá ser efetivamente utilizada se houver, durante algum período úmido, água suficiente para enchê-lo. Há ainda, outras complicações tal como: a demanda, que pode ser variável e, mesmo, aleatória, existem as perdas de água, por evaporação, infiltração e vazamentos (Batista *et al.*, 2000).

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 risco 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-se 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; controle de sedimentos; de gerenciamento da bacia; de uso de informações e tecnologias de suporte a 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 Kundzewich, 1998).

Neste estudo, cujo objetivo principal é verificar o potencial de aproveitamento econômico das águas de cinco reservatórios com irrigação e piscicultura, será necessária a utilização de técnicas de análise de sistemas de recursos hídricos que vêm desenvolvendo-se e aprimorando-se nos últimos vinte anos. Vários autores dentre eles Yeh (1985) e Braga Jr. (1987) fornecem uma extensiva revisão dos modelos de otimização para operação de reservatórios, onde os métodos disponíveis são classificados em: modelos de simulação e modelos de otimização (Programação Linear, Programação Não Linear e Programação Dinâmica).

2.2 Modelos de Simulação

Um modelo de simulação tenta reproduzir o comportamento de um sistema através de algoritmos, ou seja, tenta reproduzir as respostas desse sistema aos impulsos de entrada (Tucci, 1987). 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, 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.

Segundo Braga *et al.* (1998), a vantagem das técnicas de simulação está no fato de ser aplicável a sistemas complexos e aceitar quaisquer equações de restrição. Ao contrário dos modelos otimizantes, os modelos de simulação não são capazes de gerar diretamente uma solução ótima a um problema de operação de reservatórios, mas pode ser uma interessante maneira de checar distintas alternativas de decisão e detectar a melhor delas. Ainda, segundo Braga *et al.* (1998), a solução ótima é encontrada iterativamente, processando-se diversas simulações alternativas e comparando seus desempenhos. Sua obtenção depende, geralmente, da experiência e sensibilidade do usuário/operador.

Segundo Simonovic (1992), os primeiros exemplos de simulação aplicada aos recursos hídricos remontam à década de 1950. A primeira publicação documentada sobre a simulação de um sistema de reservatório foi produzida por Harvard Water Program.

Um típico modelo de simulação para um sistema de recursos hídricos é absolutamente um modelo que simula a operação do sistema de intervalo para intervalo especificando as afluências em todas situações durante cada intervalo, as características do sistema e as regras de operação (Yeh, 1985).

Um dos mais tradicionais modelos de simulação para sistemas de recursos hídricos é o HEC-5, que foi desenvolvido para fornecer subsídios no dimensionamento e operação de sistema de reservatórios. Um outro modelo de simulação conhecido é o SIMYLD-II (Texas Water Development Board, 1970), semelhante ao HEC-5, porém com a utilização de algoritmo otimizante, o qual minimiza os desvios em relação a uma meta pré-estabelecida. Existe ainda disponível o modelo ACRES (Sigvaldason, 1976) que é uma extensão dos métodos utilizados no HEC-5 e SIMYLD-II. O modelo ACRES foi transformado em um

sistema computacional sofisticado chamado ARSP-Acres Reservoir Simulation Program que inclui a análise estocástica de vazões. Righetto e Guimarães Filho (2003), apresentaram um estudo preliminar da simulação operacional dos reservatórios de Cruzeta e Armando Ribeiro Gonçalves, RN no sentido de verificar a magnitude de oferta hídrica destes reservatórios quando se dispõe de vazão firme proveniente de fonte exógeno.

Geralmente, modelos de simulação permitem muitos detalhes e representações realistas da complexidade física, econômica e das características sociais de um sistema de reservatório. Os conceitos de base de simulação são fáceis de entender e de se transmitir do que em outros tipos de modelo. Essas são algumas das vantagens que os modelos de simulação tem sobre outros tipos de análises (Simonovic, 1992).

2.3 Modelos de Otimização

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 geral, diz-se que os modelos de otimização consistem na seleção, dentre um conjunto de possíveis alternativas, de uma alternativa que seja ótima de acordo com um dado critério, ou seja, o objetivo básico da otimização é encontrar a melhor solução para um determinado problema.

Para Braga *et al.* (1998), o maior desafio para os analistas de sistemas é a definição da função objetivo e sua quantificação, principalmente quando o objetivo não é puramente econômico. Portanto, a definição da função objetivo é fundamental, uma vez que os resultados obtidos dependem quase que exclusivamente das suas características.

2.3.1 Programação Linear (PL)

Segundo Simonovic (1992), a PL é uma das técnicas de otimização mais amplamente utilizadas no planejamento dos sistemas de recursos hídricos e é considerada, por vários autores, um dos avanços mais importantes da história científica recente, apesar de ser limitada

para resolver um tipo especial de problemas: todas as relações entre as variáveis são lineares, tanto na função objetivo como nas funções de restrição.

Em termos matemáticos formais, a PL foi estabelecida em 1947 por G. B. Dantzig para resolver problemas de logística da Força Aérea Americana. Na área de recursos hídricos, nos Estados Unidos, as primeiras aplicações ocorreram na década de 60, no âmbito dos trabalhos do "Harvard Water Resources Group", onde fez-se uma aplicação da PL a um problema de gerenciamento de água subterrânea (Almeida, 2001).

A aplicação da PL, em estudo de recursos hídricos, varia desde problemas relativamente simples de alocação direta de recursos hídricos até situações complexas de gerenciamento e operação de reservatórios. Sob certas hipóteses, problemas não-lineares podem ser linearizados e resolvidos por iteração ou procedimentos de aproximação (Yeh, 1985).

Loucks *et al.* (1981), apresentaram algumas formulações de problemas de reservatórios utilizando a PL em problemas determinísticos baseado na maximização da produção. Ainda que existam algumas limitações reais para o uso da PL em um meio determinístico. Existem algumas importantes aplicações adiante com técnicas adicionais que estendem e ampliam as utilidades da PL (Houck, 1982; Grygier e Stendinger, 1985; Simonovic e Bum, 1989; Reznicek e Simonovic, 1990).

Vários outros estudos foram desenvolvidos utilizando a PL como: Nishikawa (1998), desenvolveu um modelo de programação linear para o gerenciamento ótimo dos recursos hídricos da cidade de Santa Barbara, Califórnia, para o período de estiagem; Pilar e Lanna (1999), analisaram vários modelos para o planejamento do uso dos recursos hídricos de bacias hidrográficas cujos rios não são regularizados por reservatórios, utilizando técnicas de programação linear; Carvalho *et al.* (2000), selecionaram culturas e os meses de plantio que proporcionassem a maximização da renda do agricultor e da utilização de recursos hídricos do perímetro irrigado do Gorutuba, no município de Nova Porteirinha, norte do Estado de Minas Gerais utilizando-se um modelo de programação linear cuja função-objetivo visou maximizar as receitas líquidas mensais em função da área cultivada com as culturas normalmente utilizadas na região.

Curi e outros desenvolveram vários estudos usando otimização com programação linear para operação de reservatórios para usos e objetivos múltiplos. Dentre eles cita-se:

Oliveira *et al.* (2000), utilizaram a programação linear para estimar uma receita ótima para o perímetro irrigado de Sousa – PB; Curi *et al.* (2000), estudaram a lucratividade de um perímetro irrigado em função da operação de um reservatório e da garantia de sustentabilidade do sistema com o uso da PL; Porto Jr. *et al.* (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.

A PL tem sido extensivamente usada em modelo de operação estocástica de reservatório como uma importante técnica dentro de diferentes aproximações tal como: PL com mudança de restrições, PL estocástica para o processo Markov, Programação estocástica com recurso e Programação de confiança (Simonovic, 1992).

A grande utilização da PL na área de recursos hídricos deve-se as seguintes vantagens:

- (1) sua habilidade para acomodar alto dimensionamento com relativa facilidade;
- (2) são obtidos o ótimo global;
- (3) não são necessárias condições iniciais;
- (4) os códigos computacionais são facilmente disponíveis.

Técnicas de decomposição são necessárias para extensos e complexos sistemas de reservatórios onde os números de variáveis operacionais e restrições são altas. A combinação da PL e PD tem também sido usada para suavizar o problema de dimensionalidade. (Yeh, 1985).

2.3.2 Programação Dinâmica (PD)

A PD é um procedimento para a otimização de processos de decisão em vários estágios, sendo usada extensivamente na otimização de sistemas de recursos hídricos (Yeh, 1985).

Ao contrário da PL, na PD não existe uma formulação matemática padrão para resolução de problemas, sendo necessário desenvolver as equações que se ajustem a cada situação específica. É comum encontrar problemas que podem ser formulados de mais de uma maneira; parte da habilidade, na PD, depende de escolher a formulação mais eficiente para o

problema em questão. É também o caso de se decidir pela formulação regressiva ou progressiva. O procedimento regressivo é conveniente para solucionar os problemas que envolvem o tempo, pois fornece a política ótima em ordem cronológica; é também essencial em problemas estocásticos. O procedimento de solução progressiva é vantajoso quando um problema determinístico tem que ser resolvido várias vezes para diferentes horizontes de planejamento (Braga *et al.*, 1998).

A PD tem uma grande aceitação no planejamento da operação de reservatórios porque, nestes modelos, a tomada de decisão assume uma natureza seqüencial. Além disso, podem ser incorporados aspectos não lineares e estocásticos na formulação do problema (Méllo Jr. e Matos, 1999).

Uma característica importante da PD é que seu processo de solução, a busca de ótimos em estágios gera informações complementares, fornecendo meios para flexibilizar a análise de sistemas complexos. (é importante salientar que estágios não significam necessariamente intervalos de tempo, mas podem representar atividades, localidades, etc). Essa propriedade é útil, por exemplo, em problemas estocásticos, em problemas de múltiplos objetivos, ou seja, em situações onde são necessárias análises envolvendo variáveis aleatórias, objetivos conflitantes, múltiplos decisores e outros elementos que contribuem para dificultar o processo de decisão. (Yeh, 1985).

A popularidade e o sucesso desta técnica podem ser atribuído ao fato de que as naturezas estocásticas e não - lineares, que caracterizam um grande número de sistema 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 (Yeh, 1985). Outra vantagem da PD é que ela pode ser utilizada num grande número de problemas de programação discreta, não necessitando de muita precisão numérica. Este aspecto é interessante para área de recursos hídricos, visto que inúmeros problemas são tratados com este tipo de variável (Barros, 1997).

A maior desvantagem segundo Pilar (1998), é a sua dimensionalidade, em que seu criador Richard Bellman (Bellman, 1957) explica que há enormes requerimentos de memória para problemas com muitas variáveis de estado. Mas, por outro lado, a introdução de restrições não representam problema, pelo contrário, facilitam a sua resolução.

Segundo Mélo Jr. e Mattos (1999), que propuseram um modelo de programação dinâmica estocástica para otimizar o uso da água de um reservatório para fins de regularização, considerando o influxo e a demanda de irrigação como variáveis aleatórias arranjadas em um processo Markoviano de primeira ordem, vários autores sugeriram formulações para otimizar a operação de reservatórios utilizando a programação dinâmica estocástica, podendo-se citar Nemhauser (1966), Heidari *et al.* (1971), Dudley e Burt (1973), Askew (1974), Becker e Yeh (1974), Murray e Yakowitz (1979), Maidment e Chow (1981), Stedinger *et al.* (1984), Yeh (1985), Pereira e Pinto (1985), Mariño e Laiciga (1985), Trezos e Yeh (1987 e 1989), Kelman *et al.* (1989), Paudyal *et al.* (1990), Labadie (1990), Braga *et al.* (1991).

Archibald *et al.* (1997), desenvolveram um método de programação dinâmica estocástica agregando um sistema de 3 a 17 reservatórios e concluiu que a operação determinada é muito fechada para a solução ótima; Ravikumar e Venugopal (1998), desenvolveram um método de programação dinâmica para operação ótima de um sistema de irrigação no sul da Índia, este modelo de simulação é usado para estudar o nível de escassez associado com adoção da operação ótima para diferentes níveis do reservatório no início da safra.

Segundo Albuquerque (2003), a aplicação da PD na operação de reservatórios foi utilizada por diversos autores: Little (1955), Young (1967), Hall *et al.* (1969), Schweig e Cole (1968), Fich *et al.* (1970), Russel (1972), Liu e Tedrow (1973), Araújo e Terry (1974). Para contornar o problema da dimensionalidade, têm surgido diversas variantes da PD: Programação Dinâmica Incremental (PDI), Programação Dinâmica com Aproximações Sucessivas (PDIAS) e Programação Dinâmica Diferencial Discreta (PDDD). Estes tipos de programações dinâmicas não serão abordadas neste trabalho.

2.3.3 Programação Não Linear (PNL)

A PNL é bastante mencionada na literatura, mas não se fez popular na análise de sistemas de recursos hídricos. Os principais motivos são que as técnicas de resolução são iterativas, lentas e consomem muita memória do computador (Simonovic, 1992). O desenvolvimento crescente dos recursos computacionais, embora o artifício da linearização

ainda seja bastante utilizado, vem facilitando a aplicação da PNL na prática de problemas de recursos hídricos. A matemática envolvida nos modelos não lineares é muito mais complexa que nos casos de programação linear. A formulação matemática dos processos físicos que acontecem na prática corrente da engenharia normalmente é composta de fórmulas e equações não lineares.

O nível de complexidade da programação não linear cresce substancialmente quando comparada a programação linear. No entanto, é preferível o uso da PNL ao uso de outras técnicas de programação por ser um caso mais geral que pode representar mais fidedignamente os processos físicos que, em sua maioria, são não lineares.

A PNL caracteriza-se por não possuir um método geral de resolução dos seus problemas, tal qual o método simplex na PL. Ela utiliza métodos numéricos iterativos, gerando soluções a cada passo (são muitos algoritmos e quase sempre voltados para problemas específicos, se prendendo a características diversas tais como continuidade, unimodalidade, diferenciabilidade de primeira ordem e/ou de segunda ordem, etc), e portanto, usualmente requerendo a utilização do computador, o que tornou a PNL bastante mencionada na literatura mas não muito popular na análise de sistemas de recursos hídricos, já que as técnicas de resolução consomem muito tempo do computador.

Cirilo (1997), classifica a PNL em técnicas analíticas e técnicas de busca numérica.

Técnicas analíticas: esses métodos procuram determinar soluções ótimas resolvendo sistemas de equações, com o apoio de derivadas. A otimização pode ser reduzida à procura das raízes desses sistemas. São exemplos clássicos o Método de Cálculo Diferencial, o Método dos Multiplicadores de Lagrange e a Programação Geométrica.

Técnicas de busca numérica: esses métodos usam informações passadas, em um processo iterativo, para gerar melhores soluções no processo de otimização. Esse tipo de técnica de otimização permite ainda o emprego de métodos numéricos para resolver problemas dos quais não se conhece solução analítica.

De acordo com Cirilo (1997), os maiores problemas da PNL relacionam-se à incerteza, em muitos casos, de que a solução ótima obtida é realmente a melhor entre todas as soluções (ótimo local ao invés de ótimo global).

A grande vantagem da PNL é exatamente a sua abrangência. Uma vez elaborado o modelo matemático que descreva o sistema a otimizar, normalmente nenhuma simplificação é necessária em termos de formulação, o que aumenta a precisão nos resultados a serem obtidos.

Dentre alguns autores que desenvolveram trabalhos utilizando a programação não linear (PNL) pode-se citar: Carvalho *et al.* (1997), que desenvolveram um modelo de PNL para a determinação de um padrão de cultivo ótimo na agricultura irrigada e Sinha *et al.* (1999), que fizeram a aplicação de um modelo de otimização não-linear para exame de sistema de reservatórios com múltiplas finalidades, chegando a conclusão que o modelo levou a uma redução no armazenamento de água do sistema e no custo de desenvolvimento.

Curi e outros desenvolveram vários estudos utilizando a PNL para operação de reservatórios para usos e objetivos múltiplos, dentre eles cita-se: Barbosa *et al.* (2001), estudaram o comportamento da operação de um sistema constituído de três reservatórios em paralelo na bacia do rio Capibaribe - PE, o objetivo foi maximizar os benefícios financeiros líquidos advindos da agricultura irrigada e da piscicultura; Andrade *et al.* (2002), usaram a programação não linear para estudar, sob a ótica da otimização o sistema de reservatórios em série, Jucazinho e Carpina - PE, sujeitos a usos complementares e conflitantes, e três perímetros irrigados na região; Albuquerque *et al.* (2003), fizeram uma análise da operação de um sistema de cinco reservatórios do Alto Capibaribe - PE.

Neste trabalho optou-se por usar um modelo de PNL, que representasse mais fidedignamente aspectos do comportamento físico, caracterizados como não-lineares, dos reservatórios e seus componentes, além de permitir considerar os aspectos de sustentabilidade hídrica, demandas fixas e variáveis, agricultura irrigada e piscicultura.

CAPÍTULO III

3.0 - DESCRIÇÃO DA REGIÃO EM ESTUDO

3.1 Localização

A bacia do rio Piancó (Anexo 3.1) corresponde a uma das sete sub-bacias do Rio Piranhas em território paraibano. Localiza-se no sudoeste do Estado da Paraíba, entre os paralelos $6^{\circ}43'51''$ e $7^{\circ}58'15''$ Sul e meridianos $37^{\circ}27'41''$ e $38^{\circ}42'49''$ a oeste de Greenwich. Limita-se a oeste com o estado do Ceará, ao sul com o estado de Pernambuco, ao norte com as sub-bacias do Alto e Médio Piranhas e ao leste com a sub-bacia do Rio Espinharas.

3.2 Aspectos Fisiográficos

3.2.1 Características da Bacia

A área da bacia hidrográfica do rio Piancó (Anexo 3.2), é de 9.228 km^2 e foi delimitada a partir das cartas digitalizadas da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE em escala de 1:100.000. O seu perímetro, comprimento da linha do divisor de águas que a delimita, medido na mesma base cartográfica, é de 540 km.

O rio Piancó apresenta suas nascentes na Serra do Umbuzeiro no município de Santa Inês recebendo significativas contribuições de seis cursos d'água na sua margem esquerda: Riacho Humaitá, Riacho Coelho, Riacho Ortis, Riacho da Cachoeira, Riacho Capim Verde (Aguiar), Riacho do Meio; na sua margem direita: Riacho do Açude Serra Vermelha, Riacho das Canas, Riacho da Fatura, Riacho Santana, Riacho Saco, Riacho Bruscas, Riacho da Cachoeira Grande, Riacho da Vaca Morta, Riacho dos Pilões, Riacho Passagem de Pedra, Riacho do Catolé, Riacho da Goiabeira, Riacho Madruga, Riacho Miguel e Riacho Várzea de Boi, desaguando finalmente no rio Piranhas no município de Pombal. Nesta bacia está inserida a maior reserva hídrica do Estado, o sistema constitui de

dois reservatórios Coremas – Mãe d'Água, com capacidade de acumulação de aproximadamente 1,37 bilhões de m³. À montante desses reservatórios está o sistema hídrico em estudo composto pelos reservatórios: Bruscas, Cachoeira dos Alves, Saco de Nova Olinda, Canoas e Queimadas com a finalidade de abastecimento humano, irrigação e piscicultura. A bacia possui grande potencial agrícola, grande parte da sua área possui terras próprias para o cultivo de lavouras (SCIENTEC, 1997), estando atualmente em implantação diversos projetos de irrigação.

3.2.2 Cobertura Vegetal e Relevo

A vegetação natural ou nativa é do tipo xerófila, pertencente ao bioma caatinga. O caráter xerófilo caracteriza a vegetação nativa, onde recebe a denominação de caatinga hiperxerófila, quando o índice de xerofitismo é elevado; quando este índice baixo, denomina-se de caatinga. O processo de degradação da vegetação do semi-árido é uma constante, principalmente pela interferência do homem através do uso agrícola, pastagens e outros tipos de intervenções. A área de antropismo, concebendo-se como toda e qualquer interferência do homem na natureza, ocupa mais da metade das terras da bacia, imprime um elevado grau de degradação. Essa condição contribui para o processo de aridez mais acentuado na região. O desmatamento e a exploração das florestas nativas, seguidas da expansão agrícola e urbana, são elementos de intervenções antrópicas na bacia. Este impacto negativo alcança uma área de 6.186,88 km² equivalente a 67,4% da área total da bacia.

A capacidade de interceptação das chuvas pela vegetação reduz significativamente o processo de erosão, bem como melhora a capacidade de infiltração nos solos. Segundo dados do PDRH/PB (1997), os solos com cobertura vegetal nativa no semi-árido, apresentam valores de escoamento superficial baixo, sendo da ordem de 8 a 12%, quando comparado com solos desmatados, cujas taxas de escoamento variam entre 16 e 22%.

O relevo tem uma importância primordial na formação do escoamento superficial da bacia. O tempo de concentração da bacia, tempo que leva a gota de chuva para ir do limite mais extremo da bacia até a calha fluvial, é tanto menor quanto maior for a declividade da bacia.

O relevo assume três conformações. As encostas que são divisores de água nas faixas norte, oeste e sul da bacia, são longas e apresentam-se ora côncavas ora convexas. Os altiplanos dos divisores que ocorrem no sul da bacia, nos limites com o Estado de

Pernambuco, são dotados de relevo plano, suave ondulado, ondulado e às vezes forte ondulado. Por último, a depressão central onde se formam as planícies de terrenos aluviais e vales muito abertos em forma de “U”.

3.2.3 Geologia e Solos

A avaliação e distribuição dos solos predominantes na bacia do Rio Piancó, pautam-se nos vários estudos de solos existentes no Estado. Na avaliação de terras das bacias, observa-se a ocorrência de nove classes de solos, elencadas em ordem de abrangência: Litossolos, Bruno Não Cálculo, Podzólicos, Cambissolos, Regossolos, Aluvissolos, Vertissolos, Solonetz Solodizados, Latossolos e Afloramento de Rochas (PDRH-PB, 1997).

3.2.3.1 Descrição das Classes de Solos

- **Latossolo Vermelho Amarelo**

Compreende solos, fortemente ácidos, baixa fertilidade natural, profundos, bem drenados, relevo plano, utilizados na exploração de mandioca, milho e feijão, enquadrando-se na classe IV de capacidade de uso, abrangendo uma área de 175 ha, correspondente a 0,02% da área da bacia do Piancó,

- **Podzólico Vermelho Amarelo**

Estes solos são de fertilidade alta, moderadamente desenvolvidos, susceptíveis a erosão, ocorrendo em relevo suave ondulado, ondulado e forte ondulado, utilizados na pecuária extensiva e em culturas de subsistência. Enquadram-se nas classes III e IV de capacidade de uso.

- **Bruno Não Cálculo**

São solos relativamente rasos, de elevada fertilidade, argila de atividade alta, textura argilosa, susceptíveis a erosão, apresentando ou não pedregosidade, são explorados

com pecuária extensiva e cultura de subsistência, inserem-se no relevo suave ondulado, classificados na classe IV de capacidade de uso.

- **Cambissolo Eutrófico**

São solos que apresentam certo grau de evolução, profundos, acentuadamente a fortemente drenados, moderadamente ácidos, susceptíveis a erosão, relevo forte ondulado a montanhoso, por vezes ocorrendo nos topos de relevo menos acidentado, normalmente explorados com culturas de subsistência, enquadrando-se na classe IV de capacidade de uso.

- **Regossolo Eutrófico**

Os solos desta classe são pouco desenvolvidos, muito porosos, profundos, bem drenados, relevo suave ondulado, susceptíveis à erosão. Potencialmente são solos usados com culturas de agave, milho, feijão, mandioca, palma forrageira, pastagens e frutíferas, classificados como de classe IV e VI.

- **Vertissolo**

Esta classe compreende solos de alto conteúdo de argila 2:1, com presença de fendas, fertilidade natural alta, porém com limitações decorrentes das condições físicas em função da elevada atividade da argila. São poucos profundos, com ocorrência em relevo plano e suave ondulado, predominando no primeiro. Estes solos são explorados em sua maioria com pastagens e culturas de milho, feijão, algodão e pecuária, inserindo-se nas classes IV da capacidade de uso.

- **Solonetz Solodizado**

Compreende solos com alta atividade de argila, rasos a pouco profundo, imperfeitamente ou má drenados, extremamente duros, alcalinos e normalmente de caráter salino, inseridos em relevo plano. As condições físicas e químicas destes solos imprimem a

forte limitações de exploração agrícola, porém são aproveitados com pastagens na pecuária extensiva. Quanto à capacidade de uso, estes solos enquadram-se na classe VII.

- **Aluissolo Eutrófico**

São solos minerais, pouco desenvolvidos, provenientes de deposições fluviais e coluviais recentes e sub-recentes, sem relação genética entre as camadas, permeabilidade variáveis, boa fertilidade, profundos, textura média e argilosa, de caráter vértico e solódico, com drenagem variando de bem à imperfeitamente drenado. A sodicidade imprime ligeira limitações, bem como a drenagem, porém são solos de maior exploração agrícola. Estes ocorrem exclusivamente em relevo plano, inserindo-se na classe III de capacidade de uso.

- **Litossolo Eutrófico**

Os solos que compreendem esta classe, são normalmente rasos, textura arenosa e/ou média, com pedregosidade e rochiosidade, ocorrendo em relevo plano à montanhoso. Devido as fortes limitações, estes solos não se presta para exploração agrícola, mas indicado para a preservação da flora e fauna. Estas terras, em função das fortes limitações foram inseridos nas classes VI, VII e VIII de capacidade de uso.

A Tabela 3.1 apresenta um resumo das classes de solos, destacando a percentagem de cada tipo de solo existente na bacia do Piancó.

Tabela 3.1 – Resumo das Classes de Solos

Tipos de Solos	Classes de Solos	Área (km ²)	Percentual
Litossolo Vermelho Amarelo	IV	1,75	0,02
Podzólico Vermelho Amarelo	III e IV	989,91	10,71
Regossolo Eutrófico	IV e VI	223,05	2,43
Bruno Não Cálcico	IV	915,31	9,96
Cambissolo Eutrófico	IV	310,33	3,38
Aluissolo Eutrófico	III	150,25	1,64
Litossolo Eutrófico	VI, VII, e VIII	6.316,88	68,73
Afloramento de Rocha	—	8,34	0,09
Superfície Líquida	—	279,48	3,04
Soma		9.189,30	100

3.3 Considerações Sobre o Uso dos Solos

A capacidade de uso avalia as possibilidades e limitações que os solos apresentam para exploração, não apresentando danos de maior relevância para o empobrecimento e desgaste, com cultivos anuais, perenes, pastagens, reflorestamentos e vida silvestre.

Na avaliação da capacidade de uso das bacias, foram definidas cinco classes, inseridas em três grupos.

Grupo A - Terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, comportando as classes II a IV.

Grupo B - Terras impróprias para cultivos intensivos mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre, porém cultiváveis em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo, compreendendo as classes V a VII.

Grupo C - Terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamentos, porém apropriados para proteção da flora e fauna, recreação ou armazenamento de água, comportando a classe VIII.

3.4 Climatologia

Os dados climáticos são registrados atualmente em quatro estações climatológicas do Estado da Paraíba, são as estações de Campina Grande, João Pessoa, Monteiro e São Gonçalo e ainda existem dados registrados na estação de Coremas que encontra-se desativada.

Na região das cabeceiras, próximo ao município de Triunfo domina o clima do tipo Awig, isto é clima tropical úmido com inverno seco e variações de temperatura média mensal desprezíveis ao longo do ano, conforme classificação de Köeppen. Enquanto as demais partes da bacia são classificadas como BSw^h, ou seja, quente e úmido com chuvas de verão a outono, onde as maiores precipitações ocorrem nos meses de fevereiro, março e abril e a estação seca vai de maio a dezembro.

3.4.1 Temperatura

A temperatura média anual é superior a 24^o C e a amplitude térmica anual menor que 4^o C. As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses mais secos, ou seja, outubro a

janeiro e as menos elevadas entre abril e julho. Podendo ser observada na Tabela 3.2, para o posto de Coremas.

3.4.2 Umidade Relativa do Ar

A média anual da umidade relativa do ar é de 64% na foz da bacia, enquanto nas cabeceiras chega a 72%. Observa-se na Tabela 3.2 que os meses mais úmidos são março, abril e maio quando a umidade atinge 74% e o mês mais seco é o de outubro, período em que a umidade atinge 56%.

3.4.3 Insolação

A variação da insolação diária durante o ano alcança uma média de 8,7 horas. Na Tabela 3.2 é apresentado o número mensal de horas diárias de insolação para o posto de São Gonçalo.

3.4.4 Velocidade do Vento

Em relação a velocidade média do vento na bacia, os valores médios alcançam 2,8 m/s. Na Tabela 3.2 encontram-se os dados de velocidade do vento medida na estação climática de São Gonçalo, o único representativo e disponível na bacia.

Tabela 3.2 – Resumo dos dados Climáticos

Dados climáticos	Posto	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Média
Temperatura (°C)	Coremas	28,6	27	27,2	26,8	26,6	25,4	25,5	26,3	27,6	28,3	28,8	28,7	27,6
Umid. Relativa (%)	São Gonçalo	62	69	74	74	72	68	62	59	57	56	57	58	64
Insolação (horas)	São Gonçalo	8,7	8,1	7,6	7,9	8,4	8,4	8,8	9,5	9,4	9,7	9	9,1	8,7
Velocid. Vento (m/s)	São Gonçalo	2,6	2,3	2	2	2,5	2,7	3	2,8	3,3	3,3	3,2	3,3	2,7

Fonte: Plano Diretor das bacias do Piancó/Piranhas, 1997

3.4.5 Evaporação

Os dados de evaporação revelam um total anual superior a 2.900 mm, condição, própria das zonas semi-áridas de latitudes tropicais. A Tabela 3.3 apresenta os valores médios de evaporação com base no tanque classe A, instalado em Coremas, onde adota-se

um Coeficiente do Tanque (K_p) igual a 0,75. Este coeficiente depende das características de instalação da estação.

Pode-se verificar ainda na Tabela 3.3 que as maiores taxas de evaporação ocorrem nos meses de setembro a dezembro possuindo, estes meses, uma média em torno de 315,52 mm, representando 10,5% da evaporação total anual que é de 2.993,4 mm.

3.5 Pluviometria

A bacia do Piancó é caracterizada por uma distribuição das chuvas bastante irregular, com média pluviométrica anual em torno de 800 mm. A pluviometria na bacia caracteriza-se por um período chuvoso que vai de janeiro à maio, sendo que nos meses de fevereiro, março e abril a precipitação representa cerca de 60% deste valor, apresentando um coeficiente de variação anual em torno de 40%. Os dados de precipitação média mensal obtida através do método de Thiessen para a bacia do Piancó encontram-se na Tabela 3.3.

3.6 Fluviometria

O regime fluviométrico na bacia é característico de regiões semi-áridas. Os escoamentos são função direta das chuvas e das características físicas da bacia hidrográfica. Conforme as precipitações ocorridas na bacia, observam-se períodos curtos de descargas mais elevadas (meses de fevereiro à abril) e períodos longos de baixos escoamentos (6 a 7 meses de baixa precipitação). A transformação da chuva em vazão é função de diversos fatores, entre eles destacam-se os parâmetros descritivos da conformação morfológica da bacia, a cobertura vegetal, o tipo de solo e o antropismo.

A bacia do Piancó está inserida nas sub-bacias 37 do Atlântico Sul, segundo código específico estabelecido pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), em consonância com a Portaria do Ministério das Minas e Energia, a partir do Decreto Nº 77.410, de 12 de abril de 1976. O extinto DNAEE hoje ANEEL é o único órgão que opera as estações fluviométricas do Estado, através de Convênio com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).

A rede fluviométrica de monitoramento da bacia do Piancó é formada por 9 estações, sendo que, atualmente, apenas 4 continuam operando. Como notórias características dos registros associados a essa rede, assinala-se:

- curta extensão das séries;

- ocorrência de diversas falhas de observação;
- disparidades entre sub-séries medidas nas primeiras décadas desse século e sub-séries mais recentes.

Na Tabela 3.3, encontram-se os dados de fluviometria média mensal (m^3/s) para o posto fluviométrico de Piancó, que localiza-se à montante do açude Coremas no rio Piancó nas coordenadas geográficas $07^{\circ} 12' S$ e $37^{\circ} 56' W$. Este posto opera desde maio de 1962.

Tabela 3.3 – Dados das Médias Mensais de Evaporação, Precipitação e Vazão para a Bacia do Piancó

Dados climáticos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
¹ Evaporação(mm)	272,3	215	204	182	183	182	220	272	300	333	319	311	2993,4
² Precipitação(mm)	83,07	134	220	176	67,6	31,1	17,6	5,78	5,28	9,12	21,4	39,4	809,97
³ Vazão (m^3/s)	6,71	26,2	45,2	67,1	27,7	5,81	2,4	1,43	0,8	0,48	0,41	2,12	186,35

Fonte: ¹Plano Diretor das bacias do Piancó/Piranhas, 1997; ²Câmara, 2000 e ³Oliveira, 1998.

CAPÍTULO IV

4.0 - O MODELO DE OTIMIZAÇÃO

4.1 Introdução

O modelo usado para este estudo, é um programa destinado a dar suporte à decisão com relação aos múltiplos usos dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. Estes múltiplos usos podem incluir benefícios específicos associados com a geração de energia, agricultura irrigada, piscicultura, regularização de vazões, etc...

Este programa de otimização é baseado em técnicas de programação não linear, de base mensal, desenvolvido no ambiente MATLAB, cujo objetivo é a maximização da receita líquida advinda da agricultura irrigada nos perímetros e o retorno financeiro da piscicultura extensiva nos reservatórios.

O modelo atende a demandas fixas para o abastecimento urbano, e busca suprir os demais requerimentos hídricos do sistema como: irrigação, piscicultura e controle de cheias, sem violar as restrições mensais impostas para o seu funcionamento. No 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.

4.2 Aspectos Matemáticos do Modelo

As variáveis envolvidas no modelo são elementos hidroclimáticos, hidroagrícolas, demandas, características físicas, parâmetros comerciais, entre outros. Para estes elementos, definem-se quatro pontos básicos de entradas de dados envolvendo os

reservatórios, demandas de água para o abastecimento doméstico, calha do rio e perímetros, conforme estão indicados na Tabela 4.1.

O modelo opera a nível mensal permitindo observar o comportamento do sistema para situações climáticas média, normal, seca e chuvosa, possibilitando criar cenários para variados volumes de acumulação, e de sustentabilidade hídrica para os reservatórios.

Tabela 4.1-Elementos de entrada para o modelo

<p>a) RESERVATÓRIOS</p> <p>a1) Hidrometeorológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Vazão afluente -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 hídrica <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 entressafra) -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 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
--	--

A seguir será apresentado, matematicamente, os conjuntos das equações do modelo para:

4.2.1 Agricultura Irrigada

O objetivo é calcular a receita líquida **RL** gerada pela escolha apropriada da dimensão de áreas irrigadas para cada tipo de cultura. A **RL** é diferença entre a renda bruta obtida com a venda dos produtos agrícolas e 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 pela equação (4.1).

$$Rb_{jt} = \sum_{K=1}^m Prod_{jt} * Prc_j * Ac_{jk} \quad (4.1)$$

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 Cp_{jt} em R\$/ano/cultura, relativos aos gastos com insumos, mão de obra e máquinas, é dado pela equação (4.2).

$$CP_{jt} = \sum_{K=1}^m Cprod_{jt} * Ac_{jk} \quad (4.2)$$

onde:

- $Cprod_{jt}$ – 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 , Etp_{ijk} em mm/mês, que pode ser estimada, de forma aproximada, em função da taxa de evapotranspiração de referência no mês t no perímetro k , Eto_{kt} em mm/mês, que, por sua vez, pode ser representada por (Gomes, 1999):

$$Eto_{kt} = K_{Tk} * EV_{kt} \quad (4.3)$$

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
- EV_{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:

$$Etp_{jkt} = Kc_{jt} * Eto_{kt} \quad (4.4)$$

onde:

- Kc_{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 agrônomo, 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 , Pce_{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%):

$$Pce_{kt} = 0,8 * P_{Ckt} - 25 \text{ se } P_{Ckt} \geq 75 \text{ mm} \quad (4.5)$$

ou

$$Pce_{kt} = 0,6 * P_{Ckt} - 10 \text{ se } P_{Ckt} < 75 \text{ mm} \quad (4.6)$$

onde:

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

A lâmina de rega, ou seja, a necessidade hídrica suplementar da cultura j, no mês t, cultivada no perímetro k, Nl_{jkt} , que a planta necessita para o seu pleno crescimento vegetativo pode ser avaliado pela equação (4.7) dada por (Gomes, 1999):

$$Nl_{jkt} = Etp_{jkt} - Pce_{kt} - G_{jkt} - W_{kt} \quad (4.7)$$

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, $Eirr_{jk}$ que, por sua vez, é resultado do produto entre a eficiência do sistema de distribuição de água para cada perímetro, $Esis_{jk}$, e da eficiência da aplicação da irrigação por cultura, $Eapl_j$, dada pela equação (4.8):

$$Eirr_{jk} = Eapl_j * Esis_{jk} \quad (4.8)$$

Ela também depende da necessidade de lixiviação dos sais que se acumulam no solo cultivado, obtida em função da fração de água mínima, LR_{jkt} , destinada a lavar esses sais, que depende da qualidade da água de irrigação e da salinidade tolerada pela cultura j no perímetro k no mês t. Rhoades e Merrill (1976), citados por Gomes (1999) propuseram as seguintes equações para se determinar, LR_{jkt} , tanto para os casos de irrigação por inundação ou aspersão de baixa frequência, quanto para irrigações de alta frequência (gotejamento e microaspersão). Nesse trabalho, não se dispo 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 pela equação (4.9):

$$Q_{irr_{jkt}} = \frac{NI_{jkt}}{(1 - LR_{jkt}) * E_{irr_{jk}}} \quad (4.9)$$

O custo da água anual, Ca_{jt} em R\$/ano/cultura, aduzida para os perímetros pode ser obtida pela equação (4.10):

$$Ca_{jt} = \sum_{K=1}^{ni} \sum_{i=12*(t-1)+1}^{12*(t-1)+12 \leq ni} Pr a_k * Q_{irr_{ijk}} * Ac_{jk} \quad (4.10)$$

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 pela equação (4.11):

$$RL = \sum_{t=1}^{na} \prod_{l=1}^t (1 + d_l) \sum_{j=1}^{nc} \left[\prod_{m=1}^t (1 + dc_{jl}) * Rb_{jt} - Cp_{jt} - Ca_{jt} \right] \quad (4.11)$$

em que:

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

$\sum_{l=1}^t \prod (1 + dc_{jl})$ = 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.

Os custos referentes aos gastos fixos e indiretos dos produtores (administração, taxas, etc.), não interferem no 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. Fazem parte das restrições físicas a quantidade de área a ser irrigada em cada perímetro, a capacidade de vazão para este perímetro e a não negatividade das variáveis. Nas restrições operacionais é possível referenciar os critérios agrônômicos 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 pela equação (4.12):

$$\sum_{j=1}^{nc} Q_{irr_{jkt}} * Ac_{jk} \leq Qt \max_k \quad (4.12)$$

onde:

Qt_{\max_k} – capacidade máxima mensal de vazão da adutora ou canal para o perímetro k.

As restrições quanto ao limite máximo mensal da área que pode ser plantada por perímetro em cada mês, são expressas pela equação (4.13):

$$\sum_{j=1}^{nc} \alpha_{jkt} * Ac_{jk} \leq Ap \max_{kt} \quad (4.13)$$

em que:

α_{jkt} – 1 se a cultura j é plantada no mês t no perímetro k, ou

α_{jkt} – 0 se a cultura j não é plantada no mês t no perímetro k,

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

Com relação aos critérios agrônômicos 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 pela equação (4.14):

$$Ac_{\min_{jk}} \leq Ac_{jk} \leq Ac_{\max_{jk}} \quad (4.14)$$

onde;

$Ac_{\min_{jk}}$ – área mínima plantada com a cultura j no perímetro k

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

4.2.2 Reservatórios e Seus Componentes

No modelo usado para este estudo, os reservatórios podem ser conectados, a montante, a um nó do sistema, e, a jusante, a descarregadores de fundo, vertedores e tomadas d'água. A vazão em cada um destes elementos depende de seus parâmetros hidráulicos e do nível de água no reservatório.

Os reservatórios têm vários dados e equações associados a eles. Dentre os dados pode-se ressaltar os de precipitação, evaporação, volume morto, capacidade máxima, volumes operativos, etc... Existem também, relações entre a cota da superfície do espelho líquido, a área desta superfície e o volume. Além disso, tem-se que efetuar, a cada mês, o balanço hídrico do reservatório, que é baseado no princípio de conservação da massa e determina a variação mensal do volume neles armazenados, pode ser expresso pela equação (4.15):

$$V_{r_{l,t+1}} = V_{r_{l,t}} + \sum_{\alpha(l)} Q_{a\alpha(l),t} - \sum_{f(l)} Q_{f_{f(l),t}} - \sum_{t(l)} Q_{t_{t(l),t}} + (P_{r_{l,t}} - E_{v_{r_{l,t}}}) * A_{r_{l,t}} - \sum_{v(l)} Q_{v_{v(l),t}} \quad (4.15)$$

onde:

- $\alpha(l)$ - índice que representa a α -ézima vazão afluyente 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;
- $V_{r_{l,t}}$ - volume do reservatório l no mês t;
- $V_{r_{l,t+1}}$ - 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;
- $P_{r_{l,t}}$ - precipitação direta no reservatório l no mês t;
- $E_{v_{r_{l,t}}}$ - taxa de evaporação sobre o reservatório l no mês t;
- $A_{r_{l,t}}$ - 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 retirada através das tomadas d'água está limitada a sua capacidade máxima e à cota da tomada d'água, o que pode ser descrito, matematicamente, pelas equações (4.16) e (4.17):

$$0 \leq Q_{t(l),t} \leq Q_{tmax_{t(l)}} \quad (4.16)$$

$$Q_{t(l),t} \geq 0 \text{ se } H_{rt} \geq H_{t(l)} \quad (4.17)$$

onde:

- $Q_{tmax_{t(l)}}$ – vazão máxima de adução pela t-ézima tomada d'água do reservatório l;
- $Q_{t(l)}$ – Vazão de adução pela t-ézima tomada d'água do reservatório l;
- H_{rt} – cota do nível d'água do reservatório l no mês t;
- $H_{t(l)}$ – 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 (4.18), referida em Quintela (1981):

$$0 \leq Q_{f(l),t} \leq C_{f(l)} * A_{f(l)} * (2 * g * (H_{rt} - H_{f(l)}))^{0,5} \quad (4.18)$$

onde;

- $C_{f(l)}$ - coeficiente de vazão do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l;
- $Q_{f(l),t}$ - vazão máxima que pode ser aduzida pelo f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l no mês t;
- $A_{f(l)}$ - área da seção transversal do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l;
- $H_{f(l)}$ - cota de jusante da geratriz inferior do f-ézimo descarregador de fundo do reservatório l.
- g - aceleração da gravidade.

As vazões extravasadas através de vertedouros são estimadas pela equação (4.19), referida em Quintela (1981):

$$Q_{V_{v(l)}} = C_{V_{v(l)}} * B_{V_{v(l)}} * (H_{rt} - H_{vert_{v(l)}})^{1,5} \quad (4.19)$$

onde:

$Cv_{v(l)}$ – coeficiente de descarga dependente da forma do v-ézimo vertedor do reservatório l,

$Bv_{v(l)}$ – largura de base do v-ézimo vertedouro do reservatório l e

$Hvert_{v(l)}$ – cota da soleira do v-ézimo vertedouro do reservatório l.

As vazões vertidas serão calculadas se, e somente se, a seguinte condição for satisfeita, equação (4.20):

$$Hvert_{v(l)} \leq Hr_{lt} \leq Hvmax_{v(l)} \quad (4.20)$$

onde:

$Hvmax_{v(l)}$ – cota do nível d'água do reservatório l que gera a lâmina vertente máxima projetada para o v-ézimo vertedouro.

As restrições de ordem física podem ser impostas ao problema como, por exemplo na equação (4.21):

$$Vr_{morto(l)} \leq Vr_{lt} \leq Vrmax_{(l)} \quad (4.21)$$

onde:

$Vr_{morto(l)}$ – é o volume morto e $Vrmax_{(l)}$ é a capacidade máxima, referidos ao reservatório l.

Outras restrições por critérios operacionais podem ser impostas ao problema, que podem ser dados pela equação (4.22):

$$Vrmin_{lt} \leq Vr_{lt} \leq Vrmax_{lt} \quad (4.22)$$

onde:

$Vrmax_{lt}$ – volume máximo admitido para o reservatório l no mês t, e

$Vrmin_{lt}$ – volume mínimo admitido para o reservatório l no mês t.

4.2.3 Outros Componentes do Sistema

Dentre os componentes do sistema hídrico, para o modelo de otimização, estão as calhas dos rios cujas vazões podem estar limitadas por valores inferiores, indicando requerimentos de regularizações e de vazões ecológicas para diluição de águas servidas lançadas no rio, ou superiores, para o controle de cheias, que podem ser descritas matematicamente pela equação (4.23):

$$Q_{c\min_{ct}} \leq Q_{c_{ct}} \leq Q_{c\max_{ct}} \quad (4.23)$$

onde:

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

Além destas restrições, o modelo promove ainda o balanço em cada nó do sistema, dado pela equação (4.24):

$$\sum_i Q_{entra_{i,t}} = \sum_j Q_{sai_{j,t}} \quad (4.24)$$

onde:

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

4.2.4 Piscicultura

A receita líquida (RI) oriunda de atividades piscícolas no reservatório pode ser dada pela equação (4.25):

$$RI = (Prmp_l * Pdp_l - Cal) * (\min_t Ar_{lt}) \quad (4.25)$$

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 .

4.2.5 Mão de Obra com a Irrigação

O número de trabalhadores requeridos para a agricultura irrigada por dia é calculado pela equação (4.26):

$$MO = na * \sum_{K=1}^{ni} \sum_{J=1}^{nc} Tc_j * Ac_{j(k)} \quad (4.26)$$

onde:

MO – mão de obra necessária para a agricultura irrigada por cultura por ano;

na – número de anos;

ni – número de perímetros;

nc – número de culturas;

Tc_j – trabalho requerido por colheita da cultura j;

Ac_{j(k)} – área plantada com a cultura j no perímetro k;

4.3 Análise de Convergência da Otimização

O modelo de otimização 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.

4.4 Fluxograma do Modelo de Otimização

Na Figura 4.1, encontra-se o fluxograma geral do modelo de otimização. 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 afluxos, 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.

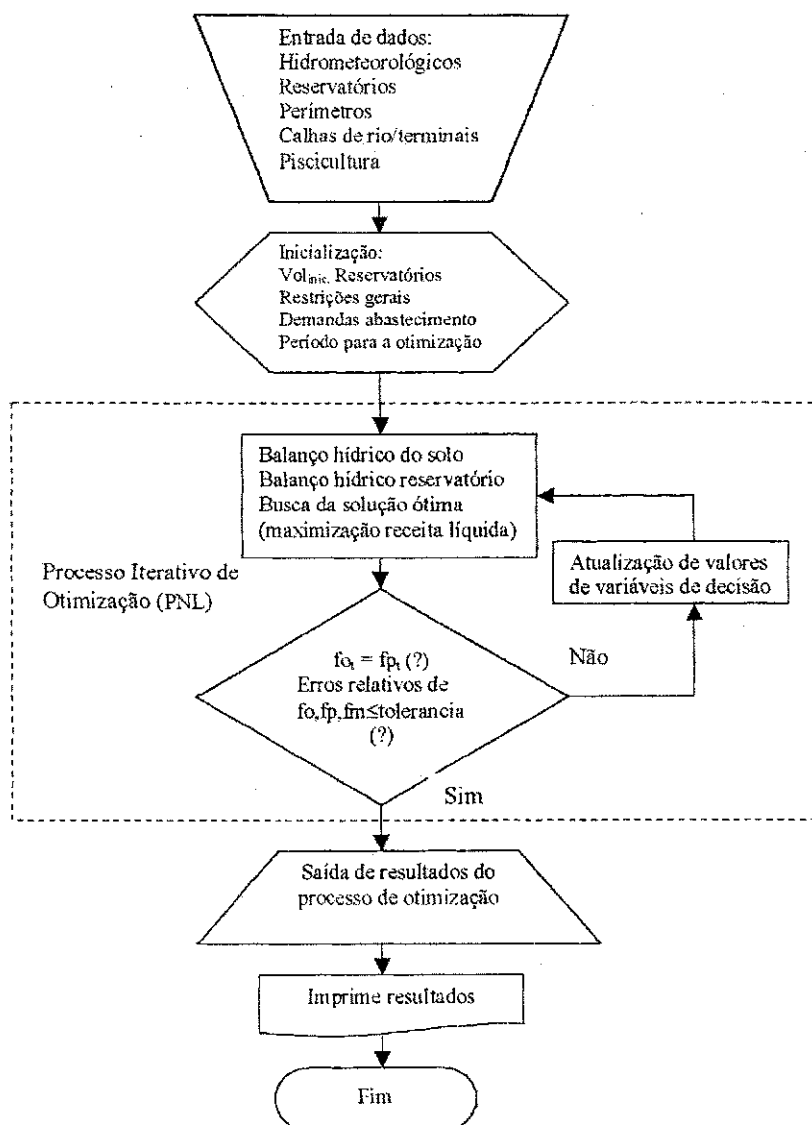


Figura 4.1 – Fluxograma para o modelo de otimização

CAPÍTULO V

5.0 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA HÍDRICO

5.1 Introdução

O sistema em estudo encontra-se detalhado na Figura 5.1. Nele estão indicados os cinco reservatórios a serem otimizados: Bruscas, Cachoeira dos Alves, Saco de Nova Olinda, Canoas e Queimadas, com capacidade total de armazenamento de aproximadamente 270 milhões de metros cúbicos e os cinco perímetros irrigados: Bruscas (500 ha), Gravatá (934 ha), Piancó-Brotas, Piancó II e III (2285 ha) perfazendo uma área total irrigável em torno de 3719 ha. As demandas hídricas estimadas (horizonte de 20 anos) para abastecimento urbano de quatro municípios inseridos no sistema (Curral Velho, Itaporanga, Nova Olinda e Santana dos Garrotes), é aproximadamente, 1,5 milhões de metros cúbicos por ano.

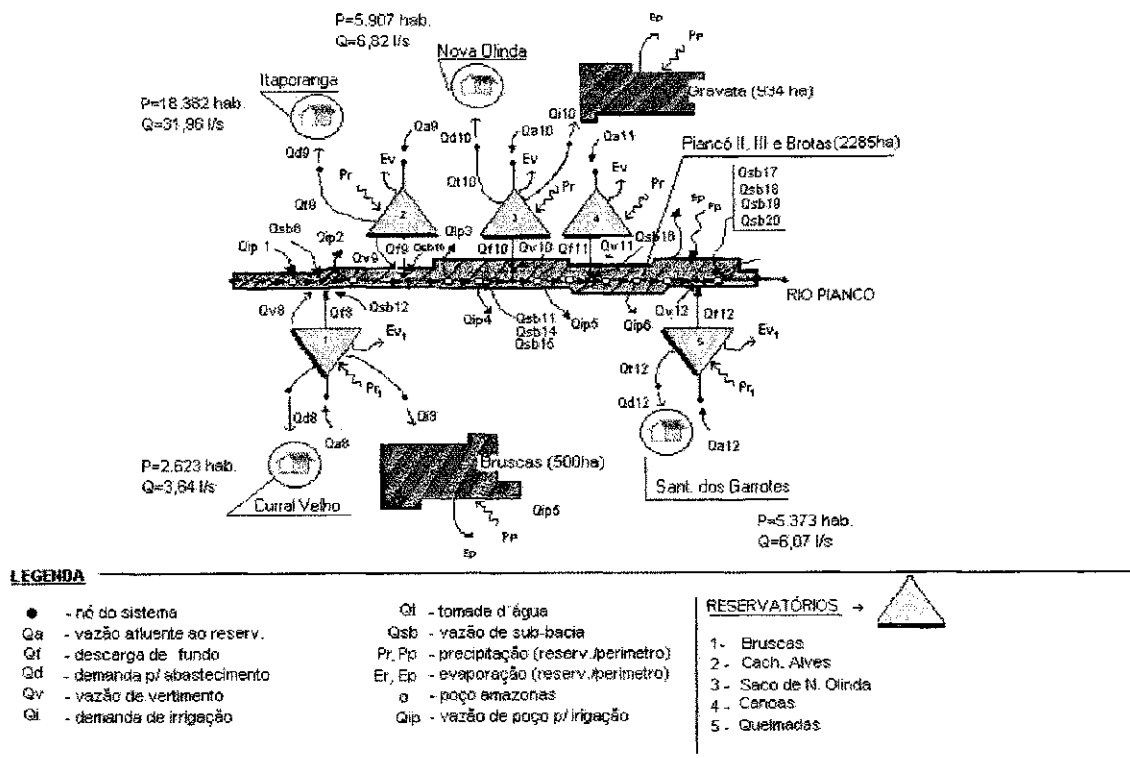


Figura 5.1 – Sistema hídrico em estudo

5.2 Os Reservatórios

Bruscas: o reservatório de Bruscas possui uma capacidade de $38.206.463 \text{ m}^3$ e tem a finalidade de atender o abastecimento doméstico do município de Curral Velho, que tem uma população estimada em 2.623 habitantes com uma demanda de 3,64 l/s e atender o perímetro irrigado de Bruscas (500ha). O açude possui na cota máxima (108m) uma bacia hidráulica de 306,26 ha com uma barragem de 31,50m de altura por 1169 m de comprimento. A bacia hidrográfica de contribuição é de $223,50 \text{ km}^2$.

Cachoeira dos Alves: o açude de Cachoeira dos Alves é o de menor capacidade, algo em torno de $10.611.196 \text{ m}^3$, porém recebe em média 72,3% do seu volume em afluições, ou seja, $7.673.760 \text{ m}^3$. Este reservatório localiza-se no município de Itaporanga, onde atende uma demanda fixa de 31,91 l/s para abastecimento doméstico deste município, que possui uma população de aproximadamente 18.382 habitantes. Cachoeira dos Alves possui na cota máxima (317 m), uma bacia hidráulica de 199 ha e uma barragem com profundidade de 17m por 272m de comprimento. A bacia hidrográfica de contribuição tem $108,9 \text{ km}^2$. Dentre os reservatórios do sistema hídrico em estudo, apenas este tem um projeto de piscicultura no município de Itaporanga.

Saco de Nova Olinda: este reservatório é o de maior capacidade, $97.488.089 \text{ m}^3$, mas recebe em média apenas 28,8% do seu volume em afluições, ou seja, $28.093.320 \text{ m}^3$. Saco de Nova Olinda localiza-se no município de Nova Olinda e sua finalidade é atender a atividade piscícola, irrigação, contenção de cheias e abastecimento doméstico, onde abastece uma população de 5.907 habitantes e atende o perímetro de irrigação de Gravatá (934ha). O açude de Saco possui na cota máxima (377m) uma bacia hidráulica de 640,77 ha e uma barragem com profundidade de 56m por 240m de comprimento. A bacia hidrográfica de contribuição tem 360 km^2 .

Canoas: este reservatório possui uma capacidade de armazenamento de $45.555.443 \text{ m}^3$, localiza-se no município de Nova Olinda e é o único reservatório do sistema hídrico que não possui demanda fixa para abastecimento doméstico. O açude de Canoas possui na cota máxima (380m) uma bacia hidráulica de 237,08 ha e uma barragem com profundidade de 17,5m por 290m de comprimento. A bacia hidrográfica de contribuição tem 264 km^2 .

Queimadas: este reservatório possui uma capacidade de 15.625.338 m³, localiza-se no município de Santana dos Garrotes, onde atende ao abastecimento doméstico deste município, que possui uma população de 5.373 habitantes. Ele tem na cota máxima (240m) uma bacia hidráulica de 240,95 ha, e uma barragem com uma profundidade de 23,27m por 254m de comprimento. A bacia hidrográfica de contribuição tem 123 km².

5.3 Dados do Sistema Hídrico

5.3.1 Precipitações Pluviométricas

A rede pluviométrica do Estado da Paraíba é constituída da rede básica da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste), assim como de outros pluviômetros ou pluviógrafos sob responsabilidade de diversos órgãos. As duas maiores redes de pluviometria do Estado são respectivamente a rede básica da SUDENE e a rede da EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba). A rede pluviométrica da SUDENE é constituída de pluviômetros tipo “Ville de Paris” instalados segundo normas definidas pela Organização Mundial de Meteorologia. A rede da EMATER é formada por pluviômetros de plástico sem que exista instalação padronizada. Do ponto de vista do planejamento dos recursos hídricos, apenas os pluviômetros da SUDENE devem ser utilizados assim como eventualmente outros similares e que possuem critérios idênticos de observação e instalação (UFPB, DNAEE, DNMET, DNOCS,...) (PDRH-PB, 1997).

Para a bacia do rio Piancó e seus arredores, o estudo da pluviometria foi feito a partir de dados oriundos de medições efetuadas pela SUDENE em 33 postos pluviométricos classificados segundo o estudo de qualidade relatado no PDRH-PB (1997), como excelentes e bons. Estes postos estão listados na Tabela 5.1 assim como o período de observação. Nota-se que destes, 24 dispõem de uma série longa (superior a 50 anos) enquanto 12 dispõem de uma série curta (da ordem de 30 anos).

Neste trabalho utilizou-se dados dos postos pluviométricos de Princesa Isabel e Garrotes que encontram-se listados na Tabela 5.1 e dados dos postos de Itaporanga (07°18'S 38°10'O) e Nova Olinda (07°28'S 38°03'O), cujos dados também foram oriundos de medições efetuadas pela SUDENE e tem período de observação de 1911-1982 e 1934-1985 respectivamente.

Tabela 5.1 – Dados dos postos pluviométricos utilizados no estudo da pluviometria

Posto	Código	Longitude	Latitude	Altitude(m)	Período de observação
Coremas Aç.	3844008	37° 58'	7° 01'	220	1933 - 1989
Catingueira	3844279	37° 37'	7° 08'	290	1933 - 1989
Imaculada	3845703	37° 30'	7° 23'	750	1933 - 1989
Água Branca	3854072	37° 39'	7° 31'	710	1933 - 1989
Bonito de Santa Fé	3842698	38° 31'	7° 19'	575	1933 - 1989
Arapuã St.	3842185	38° 35'	7° 04'	500	1933 - 1989
Jati	3851399	39° 01'	7° 41'	470	1933 - 1989
Malta	3834894	37° 32'	6° 54'	340	1933 - 1989
Pombal	3834538	37° 49'	6° 48'	178	1933 - 1989
Conceição	3852197	38° 31'	7° 33'	370	1933 - 1989
Princesa Isabel	3853499	38° 01'	7° 44'	660	1933 - 1989
S. José do Belmonte	3852745	38° 47'	7° 52'	460	1933 - 1989
Afogados da Ingazeira	3854571	37° 39'	7° 45'	525	1933 - 1989
Serra Talhada	3853943	38° 18'	7° 59'	435	1933 - 1989
Engenheiro Ávidos Aç.	3833908	38° 28'	6° 58'	250	1933 - 1989
Sousa	3833554	38° 14'	6° 45'	200	1933 - 1989
Antenor Navarro	3833413	38° 27'	6° 44'	240	1933 - 1989
Cuncas	3842254	38° 44'	7° 06'	480	1933 - 1989
Serra Grande	3843537	38° 19'	7° 15'	585	1933 - 1989
Aguiar	3843166	38° 11'	7° 05'	280	1933 - 1989
Bom Jesus	3843727	38° 22'	7° 21'	470	1933 - 1989
Garrotes	3844703	38° 00'	7° 23'	305	1962 - 1989
Juru	3854036	37° 50'	7° 32'	470	1962 - 1989
Ibiara	3843919	38° 25'	7° 29'	330	1962 - 1989
Sta. Terezinha	3845113	37° 27'	7° 05'	380	1962 - 1989
Quixabinha	3842859	38° 43'	7° 26'	390	1962 - 1989
Poço	3852033	38° 51'	7° 32'	370	1962 - 1989
Carnaíba	3854637	37° 49'	7° 48'	450	1962 - 1989
Bom Nome	3852976	38° 38'	7° 59'	450	1962 - 1989
S. José da Lagoa Tapada	3833869	38° 10'	6° 56'	260	1962 - 1989
Anauá	3842574	38° 38'	7° 15'	600	1962 - 1989
Nazarezinho	3833835	38° 20'	6° 55'	265	1962 - 1989
S. José de Piranhas	3843202	38° 30'	7° 07'	300	1962 - 1989

Fonte: PDRH-PB, (1997).

5.3.2 Chuva Média Sobre as Sub-Bacias dos Reservatórios

De acordo com o PDRH-PB (1997), para a obtenção dos dados de precipitações médias sobre as sub-bacias do Rio Piancó foi utilizado o Método de Thiessen, método clássico e de muito boa aceitação. Este método consiste em traçar sobre um mapa, no qual foram utilizados todos os postos pluviométricos, polígonos a partir das mediatrizes dos segmentos ligando os postos pluviométricos adjacentes. A área de influência (área do polígono dentro da bacia hidrográfica) de cada posto é medida por planimetragem. A precipitação na bacia (ou sub-bacia) é então, calculada pela média ponderada das áreas de influência dos postos pluviométricos. No método, todos os postos devem ter igual período

de observação. Na Tabela 5.2 pode-se observar a precipitação média anual para as cinco sub-bacias do sistema em estudo. Nos Anexos 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3 e 5.1.4, encontram-se as séries históricas de precipitações para as bacias hidrográficas dos cinco reservatórios.

Tabela 5.2 Precipitação média anual para os cinco reservatórios

Sub-bacia do reservatório	Precipitação média anual (mm)	Área (km ²)
Bruscas	856,9	223,5
Cachoeira dos Alves	880,5	108,9
Saco de Nova Olinda	923,2	360
Canoas	923,2	264
Queimadas	683	123

5.3.3 Precipitação Direta Sob os Reservatórios

A precipitação direta sob cada um dos reservatórios foi obtida considerando que seria igual a precipitação do posto pluviométrico mais próximo a eles, como pode ser observado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 Postos escolhidos para representar a precipitação direta sobre os reservatórios

Reservatório	Posto escolhido	código do posto
Bruscas	Princesa Isabel	3853499
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	3843667
Saco de Nova Olinda	Nova Olinda	3843992
Canoas	Nova Olinda	3843992
Queimadas	Garrotes	3844703

5.3.4 Vazões Afluentes Aos Reservatórios

As vazões afluentes aos reservatórios foram obtidas do PDRH-PB (1997), e segundo o mesmo como se dispunha de poucas informações fluviométricas da bacia em estudo, as vazões afluentes aos reservatórios foram geradas utilizando um modelo hidrológico de Chuva x Vazão chamado MODHAC (Modelo Hidrológico Auto Calibrável), já que a área em estudo possui uma relativa disponibilidade de dados pluviométricos, possibilitando assim o estabelecimento de uma série média diária de 57 anos. As séries históricas de vazão para as cinco sub-bacias encontram-se nos Anexos 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4 e 5.2.5, e os dados de vazões médias mensais afluentes aos reservatórios na Tabela 5.4.

Tabela 5.4 Dados de vazões médias mensais afluentes aos reservatórios

Reservatório	Vazões médias mensais (m ³ /s)											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Bruscas	0,14	0,45	1,76	2,76	1,56	0,67	0,17	0,01	0	0	0,02	0,07
Cachoeira dos Alves	0,04	0,26	0,74	1,22	0,67	0,21	0,03	0	0	0	0	0,01
Saco de Nova Olinda	0,2	0,69	2,58	4,04	2,27	0,96	0,24	0,01	0	0	0,03	0,09
Canoas	0,1	0,79	2,07	2,86	1,69	0,73	0,17	0	0	0	0,02	0,06
Queimadas	0,04	0,27	0,85	1,32	0,73	0,31	0,06	0	0	0	0,01	0,02

5.3.4.1 O Modelo MODHAC

O processo de transformação de chuva em vazão tem sido simulado através de modelos matemáticos, denominados modelo hidrológicos. Estes modelos representam de forma matemática os principais componentes do processo aludido. As equações matemáticas utilizadas possuem coeficientes numéricos a serem ajustados, chamados parâmetros de modelo, que dizem respeito às características climato-fisiográficas de cada bacia. Como não existe na ciência hidrológica possibilidade de estimar-se estes parâmetros diretamente das medições destas características, é adotado um procedimento indireto. Neste procedimento, denominado calibração, busca-se atribuir-se aos parâmetros valores tais que farão com que as vazões calculadas aproximem-se das observadas no período de análise, também chamado de período de calibração. Adota-se como correto o conjunto de parâmetros que promova o melhor ajuste.

Para viabilizar este procedimento de calibração é necessário dispor-se de séries observadas no período de calibração das variáveis mais importantes deste processo de transformação de chuva em vazão, a saber: chuvas, vazões e evapotranspirações potenciais. Os valores ótimos dos parâmetros do modelo poderão ser então utilizados em duas situações: 1) a extensão das séries de vazões na estação fluviométrica usada, no período em que existam observações de chuva e de evapotranspirações potenciais; e 2) a geração de séries de vazões em bacias próximas que tenham características climato-fisiográficas similares às da bacia de calibração, e séries de chuvas e evapotranspirações potenciais.

O MODHAC é uma versão aperfeiçoada do MOHTSAR – Modelo Hidrológico para o Trópico do Semi-Árido (Lanna e Marwel, 1986 citado no PDRH-PB, 1997), que se aplica, não só às bacias de regimes semi-árido do Nordeste do Brasil, como também, àqueles de clima temperado úmido. Portanto, este modelo tem obtido grande aceitação no país, particularmente na região Nordeste, pela qualidade dos ajustes obtidos, pela relação

que seus parâmetros tem com as características climato-fisiográficas das bacias e pela facilidade de calibração.

No caso de bacias assentadas em região sedimentar, como é o caso da bacia do Piancó, entram na calibração 10 de um total de 11 parâmetros que compõem a estrutura do modelo. A situação mais comum às bacias do semi-árido é o assentamento sobre formação geológica cristalina, o que elimina da calibração os parâmetros relacionados com o armazenamento subterrâneo, reduzindo de 10 para 8 aqueles a serem calibrados (PDRH-PB, 1997).

5.3.5 Evaporação nos Reservatórios

Para os cinco reservatórios do sistema hídrico em estudo, o volume evaporado a cada mês, é calculado pela multiplicação da área do espelho d'água pela correspondente lâmina evaporada. Por não existirem medições locais de evaporação, pode-se lançar mão do uso de registro existente em regiões próximas aos reservatórios, desde que sejam resguardadas as condições fisiográficas semelhantes. Os dados de evaporação média mensal utilizados neste trabalho para os cinco reservatórios, foram obtidos do posto climatológico de Coremas, mostrados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Dados de evaporação média mensal do Tanque Classe A

Posto	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total Anual
Coremas	272,3	215,4	204,1	182,4	183,1	182,2	219,9	271,9	299,6	332,9	319	311	2993,4

5.3.6 Demandas Hídricas

Neste estudo foram consideradas três tipos de demandas: abastecimento humano, irrigação e piscicultura.

5.3.6.1 Abastecimento Humano

Para se estimar as demandas hídricas para abastecimento humano a serem atendidas pelos reservatórios em estudo é inicialmente necessário fazer-se o cálculo de previsão da população na região. Este estudo foi realizado pelo Plano Diretor da Bacia, estando fixado o horizonte de projeto para o ano de 2013.

O método escolhido para previsão da população foi o que seguiu a melhor tendência histórica de crescimento populacional, bem como as perspectivas de desenvolvimento econômico e social factíveis ao padrão de cada município ou distrito e o comportamento populacional de cada comunidade, tomando-se por base os valores censitários obtidos pela Fundação IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para os anos de 1940, 1950, 1960, 1970, 1980 e 1991, principalmente os quatro últimos censos. Partindo do pressuposto de que o crescimento populacional apresenta três fases distintas (a primeira correspondente a um crescimento acelerado, a segunda a um crescimento retardado e a última a um crescimento tendente à estabilização) e que o método de previsão da curva logística, quando calculado, estabelece esse comportamento, conclui-se que as projeções obtidas por este método representam, com maior segurança, a evolução natural do crescimento populacional dos municípios da bacia hidrográfica do Rio Piancó.

Dos cinco reservatórios em estudo, quatro estão comprometidos com o abastecimento humano: Bruscas, Cachoeira dos Alves, Saco de Nova Olinda e Queimadas. Na Tabela 5.6 estão mostrados os municípios atendidos e seus respectivos reservatórios, as populações estimadas para o horizonte estabelecido no citado plano e também as demandas hídricas de cada localidade a ser abastecida.

Tabela 5.6 – Demandas Hídricas para Abastecimento Urbano

Reservatório	Município abastecido	População estimada (hab)	Demanda hídrica (l/s)
Bruscas	Curral Velho	2.623	3,64
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	18.382	31,91
Saco de Nova Olinda	Nova Olinda	5.907	6,82
Queimadas	Santana dos Garrotes	5.373	6,07

5.3.6.2 Irrigação

A irrigação é a aplicação de água ao solo para compensar as deficiências pluviais, proporcionando teor de umidade suficiente para o crescimento das plantas (Linsley, 1978).

Segundo Testezlaf *et al.* (2002), atualmente o uso da irrigação na produção agrícola tem sofrido sérias críticas, sobretudo por aqueles que a consideram uma das responsáveis, em larga medida, pelo problema de escassez de água e de energia no país. Todavia, deve-se também, levar em consideração a importância da irrigação para a economia agrícola brasileira, o respectivo papel desempenhado no desenvolvimento de diversos países e na

produção mundial de alimentos. Neste estudo foram considerados cinco perímetros irrigados que possuem uma demanda hídrica suplementar para as culturas, variável mensalmente ao longo do ano, cujo cálculo é feito através do balanço hídrico mensal do solo de acordo com o item 4.2.1 do Capítulo IV.

5.3.6.3 Piscicultura

O Brasil, em especial a região Nordeste, dispõe de uma série de condições favoráveis à exploração da piscicultura, como por exemplo:

- condições climáticas excepcionais, que determinam as maiores produtividades do país;
- disponibilidade de terras e água para a criação de várias espécies de organismos aquáticos;
- mão-de-obra abundante.

Dentre os cinco reservatórios estudados neste trabalho, apenas o açude de Cachoeira dos Alves tem um projeto de piscicultura, no município de Itaporanga. Esse projeto é atualmente coordenado pela Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA) e tem as seguintes características:

- Área total do projeto: 25,6 ha;
- Número de viveiros: 30;
- Capacidade de produção: 5 milhões de alevinos por ano;
- Espécies de peixe: carpa, tilápia, tambaqui e curimatá;
- Fonte de abastecimento: açude Cachoeira dos Alves;
- Consumo médio anual de água: 1 milhão de metros cúbicos;
- Área de atuação: todo o estado da Paraíba.

Neste trabalho a prática da piscicultura extensiva será estendida para todos os reservatórios, a fim de se avaliar os acréscimos das receitas advindas dessa atividade e os benefícios sociais que esta trará, através da utilização da mão de obra disponível na região e caracteriza-se por promover modificações mínimas no ambiente aquático, conforme critérios estabelecidos no item 4.2.2.3, do Capítulo IV. De acordo com Albuquerque, (2003), que obteve informações do DNOCS, para a prática da piscicultura extensiva em reservatórios, serão considerados:

- Número de meses para a despesa (nmdp) = 12

- Custo de alevinagem (Cal) = R\$3,00/ha/ano
- Produtividade média de pescado (Pdpp) = 120kg/ha/ano
- Preço médio de venda do pescado (prmp) = R\$1,20/kg
- Despesa média anual por pescador (pdp) = 1500kg/ano pescador/ano

5.4 Dados dos Reservatórios

Serão apresentados nas Tabelas 5.7 a 5.12, os dados estruturais e operacionais referentes aos cinco reservatórios em estudo. Os dados estruturais dizem respeito às relações cota x área x volume, volumes máximos e mínimos permitidos, cotas de tomadas d'água e dados intrínsecos referentes aos vertedouros como coeficiente de descarga, largura, cota da soleira, dados de descarga de fundo para cada reservatório e as vazões máximas. Os dados operacionais são referentes aos volumes máximos e mínimos de armazenamentos e volumes de sustentabilidade hídrica.

5.4.1 As Curvas Cota, Área e Volume

Para se determinar as relações entre Cota, Área e Volume dos cinco reservatórios do sistema hídrico em estudo, utilizou-se o programa Lab Fit (Curve Fitting Software), versão 1999-2003, Silva e Silva (2003). A partir dos dados existentes de cota, área e volume, obtidos junto ao Plano Diretor da Bacia do Piancó, foram analisadas os ajustes das curvas, ou seja, as funções matemáticas pré-definidas no ajuste que melhor se adequavam a esses dados, mediante verificação pelo teste qui-quadrado, em que escolheu-se a função que apresentou o menor qui-quadrado calculado dentre todas as funções verificadas. Os dados de cota, área e volume, assim como as curvas cota, área e volume dos cinco reservatórios encontram-se nos Anexos 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3, 5.3.4, 5.3.5, 5.3.6, 5.3.7, 5.3.8, 5.3.9 e 5.3.10.

Apresentam-se nas Tabelas 5.7, 5.8 e 5.9, todas as funções de cota, área e volume para os cinco reservatórios, usadas no modelo de otimização dos reservatórios.

Tabela 5.7 Volume do reservatório a partir da cota do espelho d' água

Reservatório	Curvas Ajustadas
Açude Bruscas	$Vr_t = 0,2258 \cdot 10^7 \cdot Hr_t - 0,6033 \cdot 10^5 \cdot Hr_t^2 + 0,4016 \cdot 10^3 \cdot Hr_t^3$
Açude Cachoeira dos Alves	$Vr_t = 0,1169 \cdot 10^3 \cdot Hr_t^{(0,6036 \cdot 10^{-2} \cdot Hr_t)} - 0,5370 \cdot 10^7$
Açude Canoas	$Vr_t = 1 / (-0,1948 \cdot 10^4 + 0,2178 \cdot 10^{-1} \cdot Hr_t^2)^{0,3017 \cdot 10^1}$
Açude saco de Nova Olinda	$Vr_t = (-0,4267 \cdot 10^4 + 0,2350 \cdot 10^3 \cdot (\sqrt{Hr_t}))^{0,3233 \cdot 10^1}$
Açude Queimadas	$Vr_t = 1 / (-0,9157 \cdot 10^3 + 0,1980 \cdot 10^{-1} \cdot Hr_t^2)^{0,3139 \cdot 10^1}$

Onde:

Vr_t - Volume do reservatório no mês t (m^3); e

Hr_t - Cota do nível da água do reservatório no mês t (m).

Tabela 5.8 – Cota do nível d'água a partir do volume do reservatório

Reservatório	Curvas Ajustadas
Açude Bruscas	$Hr_t = 0,7812 \cdot 10^3 \cdot \exp(-0,1245 \cdot 10^{-8} \cdot Vr_t + 0,5628 \cdot 10^{-4} \cdot Vr_t^{0,5})$
Açude Cachoeira dos Alves	$Hr_t = 1 / (0,3337 \cdot 10^{-2} - 0,8527 \cdot 10^{-6} \cdot Vr_t^{0,3243})$
Açude Canoas	$Hr_t = 0,2931 \cdot 10^2 \cdot \log(Vr_t + 0,1287 \cdot 10^8) - 0,1603 \cdot 10^3$
Açude saco de Nova Olinda	$Hr_t = 0,3271 \cdot 10^3 \cdot Vr_t^{(0,1391 \cdot 10^{-3} \cdot Vr_t^{0,2181})}$
Açude Queimadas	$Hr_t = (0,2315 \cdot 10^9 + 0,1799 \cdot 10^5 \cdot (\sqrt{Vr_t}))^{0,2800}$

Onde:

Hr_t - Cota do nível da água do reservatório no mês t (m); e

Vr_t - Volume do reservatório no mês t (m^3).

Tabela 5.9 – Área da bacia hidráulica a partir da cota do nível d'água

Reservatório	Curvas ajustadas
Açude Bruscas	$Ar_t = -0,1444 \cdot 10^9 + 0,4691 \cdot 10^7 \cdot Hr_t - 0,5118 \cdot 10^5 \cdot Hr_t^2 + 0,1892 \cdot 10^3 \cdot Hr_t^3$
Açude Cachoeira dos Alves	$Ar_t = 0,2755 \cdot 10^7 \cdot \exp(Hr_t - 0,3205 \cdot 10^3) / (-0,1003 \cdot 10^3)$
Açude Canoas	$Ar_t = 0,7890 \cdot 10^7 \cdot \exp(-0,1889 \cdot 10^5 \cdot \exp(-0,2646 \cdot 10^{-1} \cdot Hr_t))$
Açude saco de Nova Olinda	$Ar_t = 0,3551 \cdot 10^9 - 0,2137 \cdot 10^7 \cdot Hr_t + 0,3215 \cdot 10^4 \cdot Hr_t^2$
Açude Queimadas	$Ar_t = (-0,2192 \cdot 10^3 + Hr_t) / (0,1256 \cdot 10^{-3} - 0,4983 \cdot 10^{-6} \cdot Hr_t)$

Onde:

Ar_t - Área da bacia hidráulica do reservatório no mês t (m^2); e

Hr_t - Cota do nível da água do reservatório no mês t (m).

5.4.2 – Volumes Máximos e Mínimos dos Reservatórios

Na Tabela 5.10 apresentam-se os dados referentes aos volumes máximos e mínimos operacionais, a nível mensal, para os cinco reservatórios do sistema hídrico em estudo, de acordo com o PDRH (1997).

Tabela 5.10 – Volumes máximos e mínimos para os cinco reservatórios

Reservatório	Volume máximo (m^3)	Volume mínimo (m^3)
Bruscas	38.206.463	3.820.646,30
Cachoeira dos Alves	10.611.196	1.061.119,60
Saco de Nova Olinda	97.488.089	9.748.808,90
Canoas	45.555.443	4.555.544,30
Queimadas	15.625.338	1.562.533,80

5.4.3 – Descarregadores e Vertedouros

Observa-se na Tabela 5.11, os dados referentes as tomadas d'água para obtenção das vazões mensais a serem liberadas pelos reservatórios, para o atendimento as demandas de abastecimento e para os cinco perímetros de irrigação, através da equação 4.18 do Capítulo IV, repetida na equação (5.1).

$$Qf_t = Cf \cdot Af \cdot (2 \cdot g \cdot (Hr_t - Hf))^{0,5} \quad (5.1)$$

Onde:

Qf_t – Vazão aduzida pelo descarregador do reservatório no mês t;

Cf – Coeficiente de vazão do descarregador;

Hr_t – Cota do nível d'água do reservatório no mês t;

Hf – Cota de jusante da geratriz inferior do descarregador.

As vazões mensais extravasadas pelos vertedouros, tanto o principal quanto os auxiliares (quando houver), são calculados através da Equação 4.19 do Capítulo IV, repetida na equação (5.2).

$$Qv_t = C_v \cdot B_v \cdot (Hr_t - H_{vert})^{1,5} \quad (5.2)$$

Onde:

Qv_t – Vazão de vertimento;

C_v – Coeficiente de descarga;

B_v – Largura de base do vertedor;

Hr_t – Cota do nível d'água do reservatório no mês t. Serão obtidas a partir das curvas cota x área x volume dos respectivos reservatórios;

H_{vert} – Cota da soleira do vertedor.

As vazões vertidas serão calculadas se, e somente se, for satisfeita a condição $H_{vert} \leq Hr_t \leq H_{v_{MAX}}$, em que $H_{v_{MAX}}$ é a cota do nível d'água do reservatório que geraria as lâminas vertentes máximas projetadas para os vertedouros. Os parâmetros necessários para o cálculo das vazões extravasadas encontram-se na Tabela 5.12.

Tabela 5.11 – Dados para obtenção das vazões mensais a serem liberadas pelos reservatórios

Reservatórios	Coeficiente de vazão (Cf)	Diâmetro do tubo (mm)	Área da seção transversal (m ²)	Cota de tomada d'água (m)
Bruscas	0,8	500	0,196	86
Cachoeira dos Alves	0,8	200	0,031	302
Saco de Nova OLinda	0,8	500	0,2	352
Canoas	0,8	500	0,196	325
Queimadas	0,8	250	0,126	226

Tabela 5.12 – Parâmetros adotados para estimativa das vazões vertentes máximas

Reservatórios	Coef. de descarga do vertedor (Cv)	Largura do vertedor (Bv) (m)	Cota da soleira do vertedor (Hvert) (m)
Bruscas	0,492	235	105,5
Cachoeira dos Alves	0,492	100	315
Saco de Nova Olinda	0,492	45	377
Canoas	0,492	120	365
Queimadas	0,492	80	237

5.4.4 - Vazões Máximas e Mínimas

Neste estudo não foram consideradas vazões mínimas mensais para a calha do rio, tendo em vista que o rio Piancó é perenizado à jusante dos reservatórios Coremas Mãe d'Água, com uma vazão mínima de $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$, para abastecer algumas demandas do Estado do Rio Grande do Norte. Quanto as vazões máximas permitidas, adotou-se um valor de $4 \text{ m}^3/\text{s}$ tanto para irrigação quanto para abastecimento urbano.

5.5 Características Físicas da Bacia do Piancó

A representação numérica das características físicas da bacia, através de índices físicos, permite dar identidade à bacia, possibilitando assim comparações entre diferentes regiões hidrológicas. A Tabela 5.13, apresenta os diferentes componentes fisiográficos das bacias hidrográficas dos cinco reservatórios.

Tabela 5.13 – Dados físicos das bacias hidrográficas dos reservatórios

Reservatório	Área de drenagem (km^2)	Perímetro (km)	Linha de fundo (km)	Largura média (km)	Coefficiente de compacidade	Fator de forma
Bruscas	223,5	100,5	50,0	6,0	1,90	0,10
Cachoeira dos Alves	108,9	56,7	18,0	7,2	1,53	0,34
Saco de Nova Olinda	360,0	106,7	54,4	14,0	1,59	0,12
Canoas	264,0	79,4	27,6	12,0	1,38	0,35
Queimadas	123,0	52,4	20,0	8,0	1,33	0,21

Fonte: PDRH-PB, (1997).

CAPÍTULO VI

6.0 - DADOS DOS PERÍMETROS IRRIGADOS E OS CENÁRIOS

6.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentados os dados de entrada das culturas escolhidas para cinco perímetros irrigados, como: produtividade, preço médio, custo médio, trabalho requerido, custo atual do trabalho, dados dos sistemas de irrigação e distribuição dos coeficientes de cultivo, assim como os cenários separados em quatro situações climáticas distintas: média, normal, seca e chuvosa.

6.2 Os Perímetros Irrigados

Os cinco perímetros irrigados considerados neste estudo são: Bruscas (500ha), Gravatá (934ha), Piancó-Brotas e Piancó II e III (2.285ha), perfazendo uma área total irrigável em torno de 3.719 ha.

6.2.1 Projeto Piancó II

O perímetro irrigado de Piancó II (Figura 6.1) possui uma área total de 1.000 ha, abrangendo os municípios de Diamante, Boa Ventura e Itaporanga. Apenas 30% da sua área está sendo cultivada, com as culturas de algodão (variedade CNPA 8H), feijão macassar e melancia, através dos sistemas de irrigação por aspersão convencional (Figura 6.2) e dois pivôs centrais (3ha e 5ha), com duração do período de irrigação de 4 meses, de agosto a dezembro. Durante o período chuvoso na região (fevereiro a maio), é comum o plantio das culturas de subsistência (milho, feijão e arroz) e também da cultura do algodão herbáceo. A água para irrigação é captada no rio Piancó através das estações de bombeamento e aduzidas para os lotes, localizados ao longo do mesmo rio.

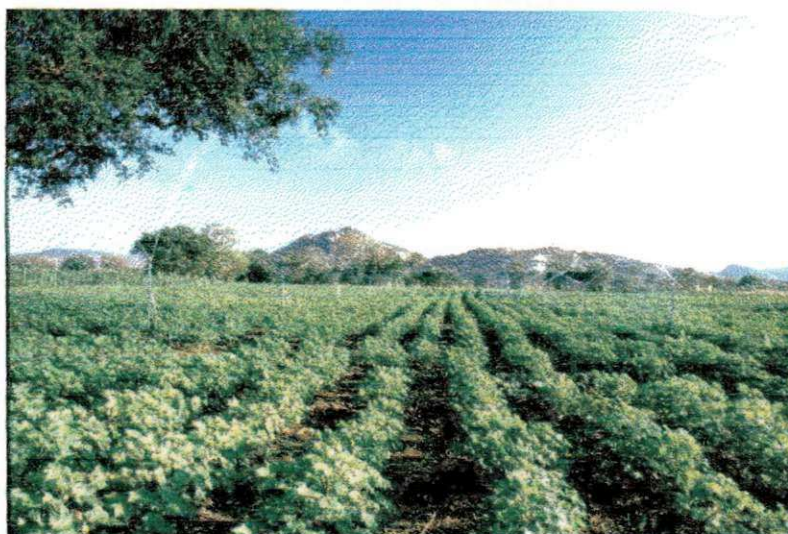


Figura 6.1 - Perímetro irrigado Piancó II



Figura 6.2 – Sistema de irrigação utilizado em Piancó II
Fonte: Semarh - PB, 2003

6.2.2 Projeto Piancó III

O Projeto Piancó III, (Figura 6.3) com uma área total prevista de 1.000 ha está sendo implantado e atenderá ao município de Itaporanga, beneficiando 15.000 habitantes. O consumo total de água previsto para este projeto será em torno de 19,5 milhões de metros cúbicos por ano, onde está prevista a irrigação, segundo os estudos de aptidão agrícola, de 400 hectares utilizando o sistema de irrigação localizado através da microaspersão, para as culturas frutíferas perenes (manga, coco, graviola, mamão, maracujá e limão) e de 600 hectares para plantio de culturas temporárias (algodão, feijão, melão, melancia, pimentão e abóbora), que terá o sistema de irrigação através de aspersão convencional (Figura 6.4). A água para irrigação é captada no rio Piancó através das estações de bombeamento e aduzidas para os lotes, localizados ao longo do mesmo rio.

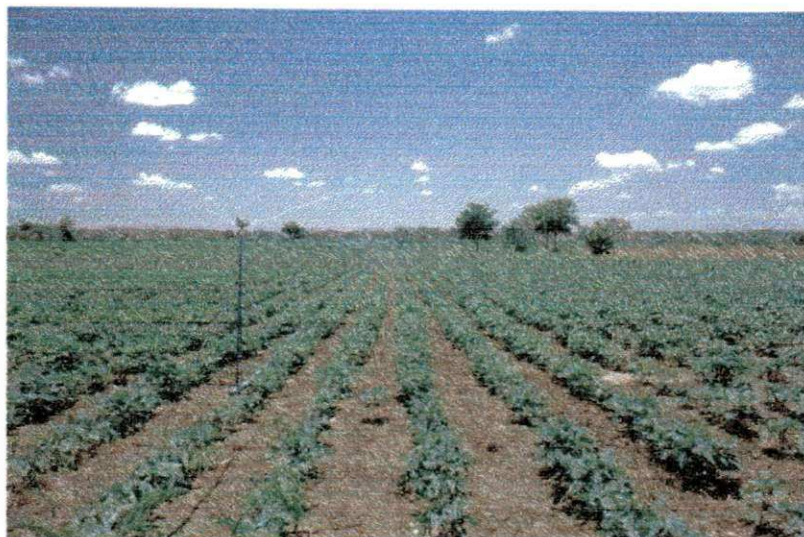


Figura 6.3 - Perímetro irrigado Piancó III

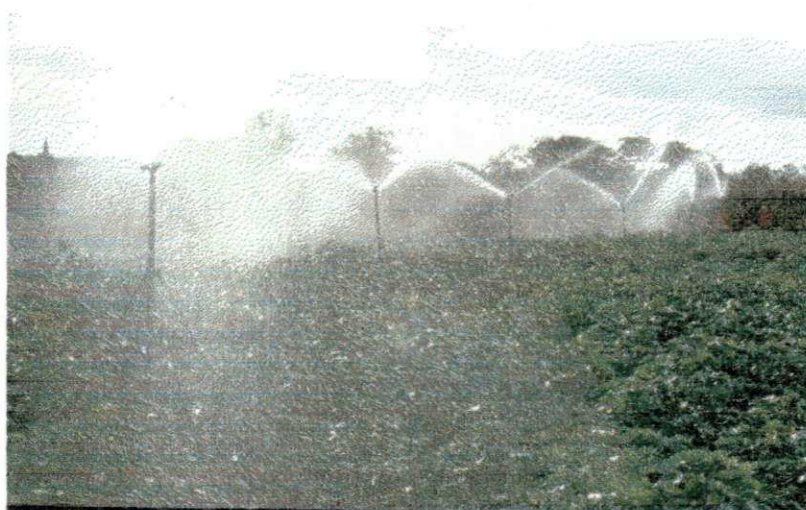


Figura 6.4 - Sistema de irrigação utilizado em Piancó III
Fonte: Semarh – PB, 2003

6.2.3 Perímetros Irrigados de Bruscas, Gravatá e Piancó – Brotas

Nos perímetros irrigados de Bruscas (500ha), Gravatá (934ha) e Piancó-Brotas (285ha) estão sendo plantadas as culturas de arroz e algodão de sequeiro. Entretanto, no perímetro de irrigação Gravatá encontra-se atualmente irrigada uma área de 5,0 ha por microaspersão, implantada com recursos próprios, por um produtor particular, onde se irriga as culturas manga, graviola e goiaba. Os projetos, Bruscas e Gravatá serão abastecidos pelos reservatórios diretamente ligados a estes, ou seja, Bruscas e Saco de Nova Olinda, respectivamente.

As fontes dos perímetros irrigados de Piancó II, Piancó III e Piancó-Brotas têm, atualmente, seus sistemas de captações através de poços amazonas construídos ao longo do leito do rio Piancó que será perenizado por sete reservatórios situados à montante dos

perímetros (Santa Inês, Condado, Serra Vermelha I, Piranhas, Víde, Vazante e Poço Redondo) e por cinco reservatórios ao longo dos mesmos (Bruscas, Cachoeira dos Alves, Saco de Nova Olinda, Canoas e Queimadas).

6.3 Dados dos Perímetros Irrigados

Será realizada nesta etapa o estudo dos perímetros irrigados, descrevendo de forma mais detalhada os dados de entrada para as culturas e os planos culturais para os cinco perímetros de irrigação.

6.3.1 Dados de Entrada para as Culturas

Inicialmente, no estudo dos perímetros irrigados foram estabelecidos planos culturais anuais fixos em cada reservatório, de acordo com as aptidões agrícolas definidas a partir dos estudos pedológicos, sendo adotadas vinte e três tipos de culturas compatíveis com os estudos de viabilidade estabelecidos para cada perímetro, considerando o escoamento da produção, custo, mercado consumidor, preço das culturas e os sistemas de irrigação existentes. As culturas escolhidas foram: algodão (safra-s), algodão (entre safras), feijão (s), feijão (es), milho (s), milho (es), arroz (s), tomate (s), tomate (es), melancia (s), melancia (es), cebola (s), cebola (es), melão (s), melão (es), banana, graviola, coco, mamão goiaba, manga, maracujá e pinha. O modelo considera distintas as culturas de safra (s) e entressafra (es), devido as variações de preço de venda. Os dados hidrológicos, assim como os resultados referentes aos reservatórios e seus componentes, para o Cenário Médio dos cinco reservatórios, obtidos com o modelo de otimização para as vinte e três culturas, encontram-se nos Anexos 6.1 à 6.5.

A partir das vinte e três culturas utilizadas neste estudo, percebeu-se que algumas delas geravam receita líquida negativa, então resolveu-se fazer uma análise com base na receita líquida de cada cultura, ou seja, das vinte e três culturas selecionou-se as que obtiveram receita positiva, restando apenas quinze culturas: milho (es), tomate (s), tomate (es), melancia (es), cebola (es), melão (s), melão (es), banana, graviola, coco, mamão, goiaba, maracujá e pinha. Essas quinze culturas foram divididas em dois grupos: culturas perenes e culturas sazonais e finalmente foi realizada uma média com as características culturais dessas culturas como: (produtividade, preço médio, custo médio de produção, trabalho requerido médio, custo atual do trabalho, dados dos sistemas de irrigação e

coeficiente de cultivo). Explicando de forma mais detalhada, foi feita uma média de todas as características exigíveis para o cultivo das culturas perenes para formar uma cultura hipotética perene e procedendo-se da mesma maneira para as culturas sazonais, só que a cultura hipotética sazonal foi distribuída de forma escalonada, para aproveitamento integral da água, formando doze culturas sazonais (como pode ser observado na Tabela 6.6).

A finalidade deste procedimento é evitar que, pelo fato de uma cultura ter uma receita líquida muito superior às demais, ela seja a única escolhida. Com o procedimento acima descrito, procura-se averiguar o potencial hídrico dos açudes para agricultura irrigada, tanto no caso das culturas perenes, como no caso das sazonais. Para certificar-se que o aproveitamento hídrico seria o melhor possível, fez-se os dados de cultivo da cultura hipotética sazonal varrer todos os meses do ano. Assim o modelo, dentro de um processo de otimização, alocaria água para a cultura hipotética numa quantidade tal que viesse a otimizar seus recursos hídricos.

Nas Tabelas 6.1 e 6.2 serão detalhados os dados de entrada e os dados dos sistemas de irrigação para as 23 culturas atualmente implantadas nos perímetros e para as 13 culturas hipotéticas respectivamente.

Tabela 6.1 Dados de entrada para as culturas atualmente implantadas e dos sistemas de irrigação

Cultura	Prod	Prc	Cprod	Hdc	Ctrab	Sistema de irrig.	Esis	Eapl	Cman	Pirr	Vutil	Tam	Cbomb
algodão(s)	1200	0,70	972,00	104	5,00	aspersão	90	70	41	2000	10	8	201,10
algodão (es)	1200	1,20	1268,00	104	5,00	aspersão	90	70	41	2000	10	8	201,10
feijão (s)	800	0,67	513,00	31	8,00	aspersão	90	70	41	2000	10	8	134,10
feijão (es)	800	1,00	908,00	31	8,00	aspersão	90	70	41	2000	10	8	134,10
milho (s)	1500	0,50	543,00	55	8,00	aspersão	90	70	41	2000	10	8	188,40
milho (es)	1500	0,70	1017,40	55	8,00	aspersão	90	70	41	2000	10	8	188,40
arroz(s)	1500	0,40	763,00	66	8,00	aspersão	90	70	54	2000	10	8	314,00
tomate (s)	24000	0,34	2860,00	212	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	279,30
tomate (es)	24000	0,57	3596,00	212	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	279,30
melancia (s)	15000	0,15	1435,00	90	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	178,80
melancia (es)	15000	0,26	1814,00	90	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	178,80
cebola (s)	9000	0,22	2273,00	100	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	520,00
cebola (es)	9000	0,36	3113,00	100	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	520,00
melão (s)	15000	0,30	2046,00	112	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	176,00
melão (es)	15000	0,50	2422,00	112	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	176,00
banana	26500	0,40	3185,00	198	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	670,40
graviola	6500	1,50	2060,00	113	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	502,80
coco	32500	0,37	1317,00	105	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	607,50
mamão	18500	0,45	2718,00	163	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	544,70
goiaba	20000	0,36	2359,00	120	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	580,00
manga	7500	0,18	2131,00	103	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	586,60
maracujá	11000	0,63	3730,00	189	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	544,70
pinha	6500	0,87	2060,00	113	8,00	microaspersão	90	90	54	3500	10	8	502,80

Tabela 6.2 Dados de entrada das culturas hipotéticas e dos sistemas de irrigação

Cultura	Prod	Prc	Cprod	Hdc	Ctrab	Sistema de irrig.	Esis	Eapl	Cman	Pirr	Vutil	Tam	Cbomb
Cult. perene	17357,14	0,65	2489,86	143	8,00	microaspersão	90	90	54,00	3500	10	8	564,70
Cult. Saz.1	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.2	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.3	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.4	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.5	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.6	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.7	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.8	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.9	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.10	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.11	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86
Cult. Saz.12	18000	0,53	2267,05	144	8,00	aspersão	90	85	50,75	3125	10	8	249,86

Onde:

Prod – produtividade anual da cultura em (kg/ha/cultura), de acordo com o Manual de Orçamentos Agropecuários do Banco do Nordeste (1997);

Prc – é o preço médio unitário da cultura em (R\$/kg/cultura), de acordo com a EMPASA – Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (2003);

Cprod – custo médio da produção anual da cultura em (R\$/ha/cultura) (mão de obra, energia, insumos, etc), de acordo com o Manual de Orçamentos Agropecuários do Banco do Nordeste (2003);

Hdc – trabalho requerido médio por cultura em cada ano em (homens dia/ano/cultura/ha), de acordo com o Manual de Orçamentos Agropecuários do Banco do Nordeste (2003);

Ctrab – custo atual do trabalho para cada tipo de cultura em (R\$/homem dia/cultura), de acordo com o Manual de Orçamentos Agropecuários do Banco do Nordeste (2003);

Esis (%) – valor percentual da eficiência do sistema de distribuição (canais e tubulações) para irrigação por cultura de acordo com a COIPI – Cooperativa Agropecuária dos Irrigantes do Projeto Piancó (2003);

Eapl (%) – valor percentual da eficiência da aplicação da irrigação por cultura, de acordo com a COIPI (2003);

Cman – custo anual de manutenção do sistema de irrigação por hectare em (R\$/ano/ha), de acordo com a COIPI (2003);

Pirr – custo do investimento de implantação do sistema em (R\$/ha), de acordo com a COIPI (2003);

Vutil – vida útil do sistema de irrigação em anos, de acordo com a COIPI (2003);

Tam – taxa anual de amortização do investimento em (%/ano), de acordo com a COIPI (2003);

Cbomb – custo anual de bombeamento por hectare em (R\$/ano), de acordo com a COIPI (2003);

6.4 Coeficiente de Cultivo das Culturas Adotadas nos Perímetros

Para o cálculo da evapotranspiração potencial Etp, em mm/mês, das culturas selecionadas para o estudo, foram adotados coeficientes de cultivo Kc, segundo o ciclo fenológico da cada uma delas, conforme será mostrado nas Tabelas 6.3 e 6.4. Nas Tabelas 6.5 e 6.6 encontram-se os planos culturais das culturas implantadas nos perímetros e das culturas hipotéticas respectivamente.

Tabela 6.3 – Coeficiente de cultivo das culturas adotadas nos perímetros (Kc)

Culturas	Meses											
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
algodão(s)	0,00	0,45	0,75	1,15	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
algodão (es)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,75	1,15	0,75	0,00
feijão (s)	0,00	0,75	1,15	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
feijão (es)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,15	0,80	0,00	0,00
milho (s)	0,00	0,75	1,07	1,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
milho (es)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	1,07	1,00	0,70	0,00
arroz(s)	0,00	1,10	1,10	1,10	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
tomate (s)	0,00	0,00	0,00	0,45	0,75	1,15	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
tomate (es)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,75	1,15	0,80
melancia (s)	0,00	0,00	0,00	0,67	0,91	0,98	0,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
melancia (es)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,91	0,98	0,82
cebola (s)	0,00	0,00	0,00	0,72	0,95	0,98	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
cebola (es)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,95	0,98	0,87
melão (s)	0,00	0,00	0,00	0,45	0,75	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
melão (es)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,75	1,00	0,75
banana	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
graviola	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
coco	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
mamão	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
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
manga	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
maracujá	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
pinha	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65

Fonte: Gomes, 1999

Tabela 6.6 – Plano cultural para os cinco perímetros com culturas hipotéticas

Culturas	Meses											
	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Cult. perene	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cult. Saz.1	x	x	x	x								
Cult. Saz.2		x	x	x	x							
Cult. Saz.3			x	x	x	x						
Cult. Saz.4				x	x	x	x					
Cult. Saz.5					x	x	x	x				
Cult. Saz.6						x	x	x	x			
Cult. Saz.7							x	x	x	x		
Cult. Saz.8								x	x	x	x	
Cult. Saz.9									x	x	x	x
Cult. Saz.10	x									x	x	x
Cult. Saz.11	x	x									x	x
Cult. Saz.12	x	x	x									x

Neste estudo adotaram-se áreas iguais tanto para a área máxima plantada com cada cultura como para a área total mensal, conforme pode ser observado em cada planilha de resultados no Capítulo VII. O modelo permite fixar uma área mínima para cada cultura e aqui neste trabalho, considerou-se uma área mínima de zero (0 ha) em todos os cenários.

6.5 Cenários Climáticos

6.5.1 Generalidades

Nesta etapa do trabalho serão apresentados os dados de entrada usados no modelo de otimização, como precipitação e vazão, separados em quatro cenários climáticos: Cenário Climático Médio, Cenário Climático Normal, Cenário Climático Seco e Cenário Climático Chuvoso, objetivando uma melhor avaliação do comportamento do sistema a nível mensal, quando submetido a um conjunto de condições variáveis no tempo.

A principal finalidade de se distribuir os dados climáticos em cenários é torná-los representativos, através da divisão em situações climáticas distintas e assim obter informações mais precisas de cada ano climático (extremo, médio e normal da série pluviométrica e fluviométrica), como por exemplo as suas características e a sua influência no comportamento dos reservatórios.

6.5.2 Situações Climáticas

Neste estudo optou-se por definir os cenários climáticos a partir dos dados de fluviometria, porém, tendo-se detectado que em alguns postos havia discordância entre os anos de menor e maior fluviometria com os anos de menor e maior pluviometria, decidiu-se, então, seguir o mesmo padrão de escolha tanto para o ano climático fluviométrico quanto para o ano climático pluviométrico, ou seja, das séries de dados mensais de pluviometria e fluviometria, retirou-se as médias mensais de toda série, bem como a média anual e o desvio padrão da série histórica em cada sub-bacia (Anexos 5.1.1 a 5.1.4 e 5.2.1 a 5.2.5), caracterizando assim os cenários climáticos.

6.5.2.1 Cenário Climático Médio: foi obtido com a média referente a série hidrológica das precipitações médias mensais e das vazões médias mensais para cada sub-bacia ($Q = \bar{Q}$; $P = \bar{P}$). Esses dados podem ser observados nas Tabelas 6.7 e 6.8.

Tabela 6.7 – Dados de precipitação (mm) para o Cenário Médio

Reservatório	Posto	Meses												total
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Bruscas	Princesa Isabel	88,7	134,7	206,9	161,1	79,8	39,8	24,0	8,0	10,1	9,4	34,9	59,6	857,0
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	79,6	153,3	229,2	186,1	72,3	39,3	17,3	5,7	12,0	12,2	25,3	48,4	880,7
Saco de Nova Olinda	Nova Olinda	102,7	171,7	255,4	187,8	62,6	29,4	17,1	5,4	7,8	12,0	23,6	57,3	932,8
Canoas	Nova Olinda	102,7	171,7	255,4	187,8	62,6	29,4	17,1	5,4	7,8	12,0	23,6	57,3	932,8
Queimadas	Garrotes	84,1	115,4	161,8	161,8	54,8	27,6	15,4	7,0	5,8	6,2	12,0	31,6	683,5

Tabela 6.8 – Dados de vazão (m³/s) para o Cenário Médio

Reservatório	Meses												total
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
Bruscas	0,12	0,44	1,76	2,69	1,42	0,66	0,17	0,01	0,00	0,00	0,03	0,06	7,4
Cachoeira dos Alves	0,03	0,21	0,72	1,09	0,63	0,20	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,9
Saco de Nova Olinda	0,17	0,68	2,55	3,92	2,06	0,94	0,23	0,01	0,00	0,00	0,04	0,09	10,7
Canoas	0,10	0,82	2,15	2,87	1,52	0,71	0,16	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	8,4
Queimadas	0,03	0,41	0,78	1,50	0,74	0,31	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,9

6.5.2.2 Cenário Climático Normal: foi obtido a partir dos dados de pluviometria e fluviometria total anual, da série de 57 anos de vazões, que mais se aproximaram da média anual da série histórica. Os dados de precipitação e vazão para as cinco sub-bacias encontram-se nas Tabelas 6.9 e 6.10.

Tabela 6.9 – Dados de precipitação (mm) para o Cenário Normal

Reservatório	Posto	Meses												total	Ano
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Bruscas	Princesa Isabel	104,0	37,0	162,6	287,4	39,5	135,7	4,3	14,0	0,0	27,7	15,3	38,2	865,7	1965
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	126,7	69,3	146,6	285,7	137,9	28,3	60,1	4,5	5,2	0,0	7,1	16,4	887,8	1969
Saco de Nova Olinda	Nova Olinda	111,7	88,7	496,4	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	124,8	917,9	1981
Canoas	Nova Olinda	111,7	88,7	496,4	79,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,5	124,8	917,9	1981
Queimadas	Garrotes	67,0	0,0	197,1	302,6	59,0	6,6	5,1	10,4	0,0	10,4	4,9	10,1	673,2	1984

Tabela 6.10 – Dados de vazão (m³/s) para o Cenário Normal

Reservatório	Meses												total	Ano
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Bruscas	0,04	0,05	0,15	2,15	2,43	1,53	0,92	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	7,29	1965
Cachoeira dos Alves	0,02	0,22	0,69	1,15	0,56	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,71	1961
Saco de Nova Olinda	0,02	0,01	0,70	4,63	3,37	1,51	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	10,34	1938
Canoas	0,01	0,15	0,58	2,23	2,13	2,13	0,81	0,01	0,00	0,00	0,00	0,39	8,44	1945
Queimadas	0,03	0,03	0,62	1,01	1,25	0,72	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,75	1968

6.5.2.3 Cenário Climático Seco: os dados de precipitação e vazão para este cenário foram definidos como sendo o menor valor da precipitação e vazão anual dessas séries históricas. Esses dados estão mostrados nas Tabelas 6.11 e 6.12.

Tabela 6.11 - Dados de precipitação (mm) para o Cenário Seco

Reservatório	Posto	Meses												total	Ano
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Bruscas	Princesa Isabel	27,0	56,0	58,0	94,0	23,0	64,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0	356,7	1936
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	2,4	79,0	172,0	18,0	79,2	5,7	49,4	2,2	0,0	0,0	0,0	38,0	445,9	1958
Saco de Nova Olinda	Nova Olinda	7,0	92,5	63,0	137,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	0,0	47,2	367,9	1942
Canoas	Nova Olinda	7,0	92,5	63,0	137,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,1	0,0	47,2	367,9	1942
Queimadas	Garrotes	34,2	37,4	13,0	30,8	58,8	5,3	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	195,7	1968

Tabela 6.12 – Dados de vazão (m³/s) para o Cenário Seco

Reservatório	Meses												total	Ano
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Bruscas	0,07	0,06	0,03	0,16	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,40	1958
Cachoeira dos Alves	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	1966
Saco de Nova Olinda	0,10	0,09	0,04	0,23	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,58	1958
Canoas	0,07	0,07	0,03	0,17	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,43	1958
Queimadas	0,00	0,03	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,30	1976

6.5.2.4 Cenário Climático Chuvoso: os dados de precipitação e vazão para este cenário, foram obtidos utilizando a média e o desvio padrão da série histórica, ou seja, considerou-se como ano chuvoso qualquer ano cuja precipitação e vazão fossem maiores que a média da amostra mais o desvio padrão dividido por dois.

$$(P > \bar{P} + \delta/2; \quad Q > \bar{Q} + \delta/2).$$

Onde:

δ - é o desvio padrão da amostra; e

\bar{P} e \bar{Q} - são as médias anuais de precipitação e vazão respectivamente.

Escolheu-se então, como ano chuvoso representativo, o de menor vazão e pluviometria dentre os chuvosos. Os dados de precipitação e vazão para este cenário encontram-se nas Tabelas 6.13 e 6.14 respectivamente.

Tabela 6.13 - Dados de precipitação (mm) para o Cenário Chuvoso

Reservatório	Posto	Meses												total	Ano
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
Bruscas	Princesa Isabel	123,3	95,7	561,3	101,7	78,3	13,7	16,4	0,0	0,0	0,0	26,0	48,4	1064,8	1968
Cachoeira dos Alves	Itaporanga	78,1	106,6	411,2	224,0	87,6	48,5	26,0	4,8	4,3	3,6	5,5	51,1	1051,3	1940
Saco de Nova Olinda	Nova Olinda	19,1	217,4	570,9	199,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	116,3	60,8	1184,4	1947
Canoas	Nova Olinda	19,1	217,4	570,9	199,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	116,3	60,8	1184,4	1947
Queimadas	Garrotes	17,6	183,5	214,6	283,0	127,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	38,0	865,7	1967

Tabela 6.14 - Dados de vazão (m³/s) para o Cenário Chuvoso

Reservatório	Meses												total	Ano	
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez			
Bruscas	0,04	0,02	0,93	8,45	2,54	0,84	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,83	1950
Cachoeira dos Alves	0,27	0,57	1,29	1,18	0,77	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	4,39	1974
Saco de Nova Olinda	1,96	1,95	3,74	3,31	3,71	2,35	0,69	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	17,72	1964
Canoas	0,00	0,00	0,91	6,16	3,82	1,88	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,17	1984
Queimadas	0,00	0,08	0,63	3,93	1,55	0,66	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,91	1967

6.5.3 Nestes Cenários São Levados em Consideração:

- A sustentabilidade hídrica do reservatório: o volume final do reservatório após o período temporal de um ano usado nos estudos de otimização deve ser maior ou igual ao volume inicial, garantindo assim a sustentabilidade hídrica, ou seja, a possibilidade de repetição do processo. Na situação climática seca, a sustentabilidade hídrica foi reduzida, devido a reduzida vazão afluyente e a impossibilidade de atendimento de 100% da sustentabilidade, por falta de região viável para a solução do problema;
- Foi considerado, para todos os cenários, uma restrição de volume mínimo mensal correspondente a 10% da capacidade máxima dos reservatórios;

- O período inicial considerado para otimização dos reservatórios foi o mês de agosto, pois é o final do período chuvoso, época em que os reservatórios encontram-se com boa quantidade de água acumulada;
- O intervalo de tempo para 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 quatro situações climáticas distintas.
- Inicialmente em todos os reservatórios optou-se por começar a otimização com o volume inicial igual a 40% do volume máximo, pois de acordo com a série histórica de onde têm-se informação (Semarh, 2003), os reservatórios atingem no mês de agosto um volume de aproximadamente 40% de suas capacidades máximas, e também vale ressaltar que como não existem dados para todos os reservatórios do sistema hídrico em estudo estendeu-se esse valor para todos os reservatórios.

CAPÍTULO VII

7.0 - ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 Introdução

Neste capítulo serão analisados e discutidos os resultados da otimização do sistema hídrico em estudo, através do modelo de programação não linear ORNAP de base mensal. Este estudo refere-se as condições de operação ótima dos vários sistemas considerando os reservatórios, a agricultura irrigada, a piscicultura, o atendimento das restrições e a maximização da receita líquida.

Para um melhor entendimento do comportamento dos sistemas, foram estabelecidos quatro cenários climáticos distintos para cada reservatório a partir das séries de fluviometria e pluviometria como já foi descrito no Capítulo VI.

7.2 Análises e Discussões dos Resultados para a Situação Climática Média, Normal, Seca e Chuvosa Obtidos com o Modelo de Otimização

7.2.1 Reservatório de Queimadas

Cenário Climático Médio (Tabelas 7.1 a 7.4 e Figuras 7.1 e 7.2)

Analisando os resultados obtidos com o modelo de otimização usado aplicado ao reservatório de Queimadas, para o cenário climático médio com o volume inicial de 40% da capacidade do reservatório, pode-se observar na Tabela 7.1 que o reservatório apresentou um excelente comportamento, em termos da utilização da água, pois o volume no final da otimização foi exatamente igual ao volume inicial. Os resultados referentes a este cenário estão sumarizados nas Tabelas 7.1 a 7.4 e nas Figuras 7.1 a 7.2

Os valores de evaporação da Tabela 7.2, terceira coluna, são referentes a máxima evaporação que ocorreria caso o reservatório fosse mantido cheio e sem utilização das suas

águas. Este valor foi obtido da seguinte maneira: $\text{Evaporação (m}^3/\text{s)} = \text{Ev(mm)} \times 10^{-3} \times \text{área da bacia hidráulica na cota máxima (m}^2\text{) / intervalo de tempo mensal (seg.)}$. As demais colunas da Tabela 7.2, como o volume do reservatório, vazão de descarga, vazão de tomada d'água para abastecimento e irrigação, vazão de vertimento e vazões terminais representam os resultados obtidos para o reservatório otimizado e estão representados em m^3/s para fins de comparação com as vazões afluentes, este procedimento foi usado para a apresentação dos resultados de todos os reservatórios.

Um fator importante que deve ser observado na Tabela 7.2 é que a evaporação média do reservatório ($1,075 \text{ m}^3/\text{s}$) é 39,2% do total que poderia ser evaporado ($2,745 \text{ m}^3/\text{s}$), caso este fosse mantido cheio.

Pode-se observar ainda no cenário médio, Tabela 7.3, que entre as treze culturas, a sazonal² apresentou a maior receita líquida R\$5.265.440,00 com uma área cultivada de 956,23 ha. Isso deve-se ao fato do plano cultural desta cultura coincidir com o final do período chuvoso (setembro a dezembro) em que o reservatório encontra-se ainda com uma grande quantidade de água acumulada. Analisando-se a receita líquida das culturas sazonais por ha, pode-se verificar que ela será igual para todas, já que essas culturas possuem as mesmas características culturais, sendo portanto a cultura perene a de maior receita líquida por ha, R\$6.678,25, enquanto que cada cultura sazonal tem receita líquida de R\$ 5.506,49/ha.

Para este cenário, o reservatório não chegou a atingir o volume mínimo e observa-se ainda que não houve descarga nem vertimento (Tabela 7.2). Portanto, para esta condição climática média a área total passível de ser irrigada é de 1401,36 ha, dos quais 6,62 ha com culturas perenes e 1394,74 ha com as sazonais. Apesar da receita líquida por ha da cultura perene ser maior que a das culturas sazonais a área alocada para ela foi pequena provavelmente em razão da alta demanda hídrica associada a mesma, já que ela requer água o ano inteiro, enquanto que as sazonais só requerem água por quatro meses. Com relação a geração de empregos, observa-se o grande volume de diárias necessárias para ativar a economia agrícola onde a irrigação de 1401,36 ha resultaria em 201.791 diárias que poderia empregar permanentemente 705 trabalhadores.

No cenário médio a atividade de piscicultura extensiva seria capaz de gerar renda para 6 pescadores sem comprometer a água para irrigação e caso fosse utilizado de piscicultura intensiva, a produção piscícola seria bem maior, com possibilidade da água utilizada na piscicultura ser também aproveitada para irrigação. A receita líquida obtida com esta atividade foi de R\$9.929,90 por ano.

O reservatório de Queimadas atende a uma demanda fixa de 6,07 l/s para o abastecimento humano do município de Santana dos Garrotes que possui uma população abastecida de 2.975 habitantes.

Cenário Climático Normal (Tabelas 7.5 a 7.8 e Figuras 7.3 e 7.4)

Os resultados obtidos para o cenário climático normal com o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório e critério de sustentabilidade de que o volume final do reservatório seja maior ou igual ao volume inicial, mostraram uma utilização plena da água, pois no final da otimização a diferença entre o volume do reservatório e o volume inicial foi de apenas 0,005 hm³ (Tabela 7.5).

Na Tabela 7.6 observa-se que é grande a diferença entre a perda evaporativa de 2,745 m³/s, antes da otimização do reservatório, e o volume evaporado de 1,007 m³/s após a otimização do reservatório, uma redução de 63,3% nas perdas evaporativas.

Dentre as treze culturas adotadas neste estudo (Tabela 7.7), as culturas sazonais 2, 3, e 4, mantiveram um equilíbrio com relação a distribuição das áreas irrigadas, para que o reservatório pudesse recuperar-se hidricamente a fim de atender a sustentabilidade hídrica. Sendo, portanto, o período de setembro a fevereiro a melhor época para se irrigar. Semelhante ao cenário médio, neste cenário também não houve vertimento nem descarga. Portanto, a área total passível de ser irrigada é de 1.169,79 ha, dos quais 5 ha com culturas perenes, e 1.164,79 ha com culturas sazonais, dando uma receita líquida total anual de R\$ 6.447.250,00.

Comparando-se os cenários Médio e Normal, observa-se que apesar de ambos iniciarem com mesmo volume inicial e possuírem vazões afluentes e precipitações médias muito semelhantes houve uma alocação de área irrigada 16,5% maior para o cenário médio, ou seja, a comparação destes cenários demonstra a importância que uma melhor distribuição das vazões e precipitações mensais tem no desempenho do reservatório, pois para o cenário normal houve dois meses com precipitações nulas contra nenhum mês para o cenário médio, e cinco meses de afluições nulas contra quatro meses para o cenário médio. Além disso, no cenário normal o reservatório trabalhou até o extremo, atingindo o volume mínimo no mês de fevereiro. Portanto, verifica-se que nesse cenário houve uma redução de 30,4% na receita líquida da atividade piscícola em razão do nível mínimo do

reservatório ter sido atingido no cenário normal. As perdas evaporativas foram menores em razão do volume do reservatório manter-se em média 8,2% menor que no cenário médio.

O aproveitamento com a piscicultura apresentou neste cenário uma receita líquida anual de R\$ 6.912,85, 30,4% menor que a obtida no cenário médio.

Cenário Climático Seco (Tabelas 7.9 a 7.12 e Figuras 7.5 e 7.6)

Para o cenário seco não houve região viável para volumes de sustentabilidade iguais ao inicial como pode-se observar nas Tabelas (7.9 a 7.12) e nas Figuras (7.5 a 7.6). Dos cenários de sustentabilidade testados o de melhor desempenho foi o de volume inicial de 39% da capacidade máxima e volume de sustentabilidade de 65% do volume inicial do reservatório.

O reservatório de Queimadas atende a uma demanda fixa de 6,07 l/s para abastecimento humano, isto equivale a 1,21% da capacidade máxima do reservatório, sendo importante observar que as aflúncias no ano seco correspondem apenas a 5,05% do volume máximo do reservatório. Apesar de ter-se reduzido a sustentabilidade para 65% da capacidade máxima do reservatório, a fim de criar uma região viável, a área total irrigada foi de apenas 2,38ha. Isto significa que, para um ano seco, não há praticamente condições para irrigação, demonstrando que a política de irrigação na região não deve priorizar culturas perenes.

A vazão média para irrigação de 0,001 m³/s não seria suficiente para manutenção de culturas perenes, portanto este reservatório não é adequado para o provimento hídrico de culturas perenes.

Com relação a atividade piscícola, no cenário seco houve um aumento de 16,3% em relação ao cenário médio já que, durante esse período, o reservatório teve dificuldades em atender as demandas para irrigação, uso altamente consuntivo, então ele opta pela prática da piscicultura que é uma atividade de uso não consuntivo. Por outro lado, caso o critério de sustentabilidade hídrica fosse afrouxado e fosse permitido ao reservatório terminar com o volume mínimo, então o resultado deveria proporcionar um aumento na área irrigada e redução na piscicultura.

Cenário Climático Chuvoso (Tabelas 7.13 a 7.20 e Figuras 7.7 a 7.10)

Para o cenário chuvoso, houve problema de convergência para um volume inicial de 40% do volume máximo do reservatório, após testar-se várias condições próxima dos 40% obteve-se convergência para um valor de 42,5%. Diante disto é importante ressaltar que sobrou água nos últimos quatro meses (Tabela 7.13). No entanto o cenário chuvoso apresentou um comportamento semelhante ao cenário médio com relação a área total irrigada e conseqüentemente a receita líquida.

Para evitar a sobra de água nos meses finais decidiu-se mudar o mês inicial da otimização para abril (período chuvoso) e o volume inicial para 25% da capacidade máxima do reservatório, referente ao volume do reservatório no mês de março para o cenário médio. Observa-se na Tabela 7.17 que o reservatório apresentou um ótimo comportamento não havendo sobra de água com relação ao volume inicial no final do processo.

A área total passível de ser irrigada foi de 3904,12 ha, 64,1% maior que a área total irrigada para o cenário médio, considerando um aumento de 44% das vazões afluentes.

7.2.2 Reservatório de Cachoeira dos Alves

Cenário Climático Médio (Tabelas 7.22 a 7.25 e Figuras 7.11 e 7.12)

No cenário médio os resultados obtidos com o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório, apresentou um ótimo comportamento do reservatório, em termos da utilização da água, como pode ser observado na Tabela 7.22, pois o volume no final da otimização foi bem próximo do volume inicial. Observa-se ainda que o reservatório ficou bem próximo de atingir o volume mínimo no mês de janeiro.

Na Tabela 7.23 percebe-se que no mês de abril, por se tratar de um mês com maior afluência, houve uma pequena descarga mas o reservatório não verteu água em nenhum mês. A vazão de tomada d'água para irrigação equivale a 38% das afluências do reservatório e é capaz de irrigar uma área de 650,08 ha (Tabela 7.24), apenas com culturas sazonais o que resulta numa receita líquida de R\$3.282.250, gerando 85.833 diárias capaz de empregar 300 trabalhadores. Dentre estas culturas, a sazonal 5 foi a que apresentou maior área irrigada, cerca de 493,13 ha, correspondendo a um cultivo no período de (dezembro a março) quando inicia-se as entradas de afluências no reservatório.

Pode-se ainda observar na Tabela 7.23, que o total evaporado caso o reservatório fosse mantido cheio e sem uso de suas águas é 59% maior que o volume evaporado com o uso da irrigação otimizada.

O reservatório de Cachoeira dos Alves atende a uma demanda anual fixa de 0,396 m³/s o que representa 6,37% das aflúncias e 10% da capacidade máxima do reservatório.

Na Tabela 7.25 apresenta-se a receita líquida total com piscicultura de R\$ 6.283,77 o que geraria renda para quatro pescadores sem comprometer a água para irrigação.

Cenário Climático Normal (Tabelas 7.26 a 7.29 e Figuras 7.13 e 7.14)

Neste cenário o reservatório teve um comportamento bastante semelhante ao cenário médio. Os resultados obtidos com o volume inicial de 40% da capacidade do reservatório podem ser observados inicialmente na Tabela 7.26, onde é visível que o reservatório atingiu a sustentabilidade das demandas pois no final da otimização o volume do reservatório foi exatamente igual ao volume inicial. Observa-se ainda nesta Tabela que o reservatório atingiu o volume mínimo no mês de fevereiro.

Na Tabela 7.27 observa-se que praticamente não houve descarga no reservatório. Portanto, nestas condições a vazão liberada para irrigação foi de 1,608 m³/s, equivalente a 40,7% das aflúncias, e suficiente para irrigar uma área de 777,71 ha totalmente com culturas sazonais o que resulta numa receita líquida de R\$ 4.282.470. Neste cenário houve uma melhor distribuição das culturas com relação as áreas irrigadas gerando 111.992 diárias que poderia empregar permanentemente 391 trabalhadores. Nota-se que o total evaporado caso o reservatório fosse mantido cheio e sem uso das suas águas seria 59,1% maior do que o volume evaporado aplicando-se a otimização. Ainda com relação a Tabela 7.27 pode-se verificar que o único mês em que não foi necessário captar água do açude para irrigação foi o de abril, cuja pluviometria foi de 285,7 mm o que em geral ocorre em apenas um mês do ano.

A atividade piscícola (Tabela 7.29) produziu uma receita líquida de R\$5.951,64, uma redução de 5,3% com relação ao cenário médio, o que seria capaz de gerar renda para quatro pescadores sem comprometer a água para irrigação.

Comparando-se os cenários médio e normal, novamente pode-se observar que, apesar de ambos iniciarem a otimização com o mesmo volume inicial e possuírem vazões afluentes e precipitações médias muito semelhantes, houve uma alocação de área irrigada

16,4% maior para o cenário normal. No entanto, na distribuição das precipitações verifica-se que o cenário normal apresentou um mês com precipitação nula contra nenhum para o cenário médio e ambos apresentaram quatro meses de afluências nulas. Com relação as perdas evaporativas, verifica-se que quase não houve diferença, apesar do volume total do reservatório no cenário médio ser 5% maior que a do cenário normal.

Cenário Climático Seco (Tabelas 7.30 a 7.33 e Figuras 7.15 e 7.16)

Para este cenário não houve região viável para volumes de sustentabilidade iguais ao inicial. Dos cenários de sustentabilidade testados o de melhor desempenho foi o de volume inicial de 60% da capacidade máxima e volume de sustentabilidade 40% do volume inicial do reservatório. Obtendo-se uma área total irrigada de apenas 5,93 ha, bem inferior a área obtida no cenário médio, e uma receita líquida de R\$ 32.670 em função da demanda fixa representar 86% das afluências.

A atividade piscícola obteve a maior receita líquida dentre os quatro cenários, algo em torno de R\$10.801,65, 41,8% acima da obtida no cenário médio capaz de gerar renda para seis pescadores.

Ainda com relação ao cenário seco pode-se observar na Tabela 7.30, que as vazões afluentes foram 98% menores que as ocorridas no cenário médio, assim como a precipitação média (Tabela 7.30, coluna 3) foi metade da ocorrida no cenário médio.

Cenário Climático Chuvoso (Tabelas 7.34 a 7.41 e Figuras 7.17 e 7.20)

Para o cenário chuvoso novamente houve problema de convergência para o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório, após testar-se várias condições o mais próximo possível dos 40% obteve-se convergência para um valor de 38%. Porém houve sobra d'água nos últimos quatro meses (Tabela 7.34). O reservatório alocou uma área irrigada 40,1% maior do que a alocada para o cenário médio (Tabela 7.36) e foi o único cenário que irrigou culturas perenes.

Mais uma vez buscando-se evitar a sobra de água nos meses finais, decidiu-se mudar o mês inicial da otimização para junho (final do período chuvoso) e o volume inicial para 6853000 m³, correspondente ao volume no mês de maio para o cenário médio, observa-se na Tabela 7.38 que o reservatório apresentou um ótimo comportamento, não havendo sobra de água no final do processo com relação ao volume inicial e obtendo uma

área irrigada de 1897,17 ha, 65,7% maior que a área alocada para o cenário médio, para um aumento de 33,5% das afluências. Na Tabela 7.39 verifica-se que o único mês em que não foi necessário captar água do açude para irrigação foi o de março, cuja pluviometria foi de 411,2 mm o que em geral ocorre em apenas um mês do ano.

A atividade piscícola (Tabela 7.41) obteve receita líquida muito semelhante a encontrada no Cenário Normal, cerca de R\$ 5.962,95 capaz de gerar renda para 3 pescadores, em função do volume do reservatório ter ficado bem próximo do volume mínimo no mês de janeiro. Isso acontecendo em razão da possibilidade de atendimento da sustentabilidade hídrica e devido as altas afluências, já que a produção piscícola é calculada com base no menor espelho líquido apresentado.

7.2.3 Reservatório de Bruscas

Cenário Climático Médio (Tabelas 7.43 a 7.46 e Figuras 7.21 e 7.22)

Os resultados obtidos para o cenário climático médio com o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório e o critério de sustentabilidade de que o volume final do reservatório seja maior ou igual ao volume inicial estão apresentados nas Tabelas 7.43 a 7.46 e nas Figuras 7.21 e 7.22. Observa-se na Tabela 7.43 que a utilização da água pelo reservatório foi excelente, pois o volume no final do reservatório foi bem próximo ao volume inicial, ou seja, o reservatório atendeu as suas demandas sem violar o critério de sustentabilidade hídrica. O modelo tende a utilizar inicialmente a água acumulada no reservatório nos primeiros meses e, com isso, espera-se que no final da otimização não fique tanta água acumulada.

Na Tabela 7.44, terceira coluna, nota-se que o total evaporado de 3,488 m³/s, valor evaporado caso o reservatório fosse mantido cheio e sem utilização das suas águas é 65% maior do que o volume evaporado de 1,211 m³/s, depois de finalizada a otimização. É importante observar na Tabela 7.44 que, para o mês de março, não foi necessário captar água do reservatório para irrigação, cuja pluviometria foi de 206,9 mm.

Ainda com relação à Tabela 7.44 verifica-se que a vazão total para irrigação corresponde a 83,5% da vazão afluente total e este reservatório atende a uma demanda fixa de 4 l/s para o abastecimento humano do município de Curral Velho que possui uma população abastecida de 2.623 habitantes.

Observa-se na Tabela 7.45 que as culturas sazonais 2, 3 e 4 mantiveram um equilíbrio com relação a distribuição das áreas irrigadas, sendo, portanto, o período de setembro a fevereiro (período seco) a melhor época para se irrigar, já que o reservatório vai tentar aproveitar ao máximo a água acumulada no período chuvoso. Neste Cenário, é importante observar que houve descarga (Tabela 7.44, coluna 6) e, portanto, a área total passível de ser irrigada foi de 4.744,07 ha, dos quais apenas 0,2 ha com culturas perenes, o que fornece uma receita líquida total anual de R\$ 26.123.170. Com relação a geração de empregos, observa-se que 683.144 diárias são necessárias para ativar a economia agrícola de 4.744,07 ha que poderia empregar permanentemente 2.388 trabalhadores.

Neste cenário a atividade piscícola seria capaz de gerar renda para 8 pescadores, sem comprometer a água para irrigação o que daria uma receita líquida de R\$13.907,67.

Cenário Climático Normal (Tabelas 7.47 a 7.50 e Figuras 7.23 e 7.24)

Para o cenário climático normal houve um problema de convergência para o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório, após testar-se várias condições o mais próximo possível dos 40% obteve-se convergência para um valor de 48%. Os resultados para este cenário podem ser observados nas Tabelas 7.47 e 7.50 e nas Figuras 7.23 e 7.24. Na Tabela 7.47, observa-se que o reservatório atendeu as suas demandas, apresentando um ótimo comportamento com relação a utilização da água, pois o volume no final da otimização foi bem próximo do volume inicial.

Na Tabela 7.48, verifica-se que o total evaporado de 3,488 m³/s, valor evaporado caso o reservatório fosse mantido cheio e sem utilização de suas águas é 65% maior que o volume evaporado depois de finalizada a otimização. Pode-se observar ainda que o único mês em que não foi necessário captar água do açude para irrigação foi o de abril, cuja pluviometria atingiu 287,4mm, a maior pluviometria do ano. A vazão total demandada para irrigação foi bem semelhante a obtida no cenário médio, apenas 2,9% maior, porém alocou uma área total 31,3% menor que a alocada no cenário médio, em razão de no cenário médio ter havido um aumento da área irrigada com cultura perene.

Neste cenário o reservatório não chegou a atingir o volume mínimo e observa-se na Tabela 7.48, que houve uma pequena descarga, mas o reservatório não verteu água. Para esta condição climática, pode-se observar na Tabela 7.49, que a área total passível de ser irrigada é de 3.260,20ha, dos quais 7,33ha com culturas perenes. Isso seria capaz de gerar

469.461 diárias que poderia empregar permanentemente 1.641 trabalhadores/ano, obtendo uma receita líquida de R\$17.960.750, 31,3% menor que a gerada no cenário médio.

Na Tabela 7.50, apresenta-se o aproveitamento com a piscicultura que apresentou uma receita líquida de R\$13.480,49, apenas 3% menor que a obtida no cenário médio. Portanto, para o cenário normal a atividade piscícola seria capaz de gerar renda para 8 pescadores, sem comprometer a água para irrigação.

Comparando-se os cenários médio e normal pode-se observar que as perdas evaporativas foram praticamente as mesmas em razão do volume do reservatório manter-se aproximadamente quase que igual, apenas 1,3% maior para o cenário médio. Portanto, houve uma alocação de área irrigada 31,3% maior para o cenário médio.

A comparação destes cenários mostra a importância que uma regular distribuição das vazões e precipitações mensais tem no desempenho do reservatório, pois para o cenário médio houve dois meses de vazões afluentes nulas contra três meses no cenário normal e nenhum mês de precipitação nula no cenário médio contra apenas um mês no cenário normal.

Cenário Climático Seco (Tabelas 7.51 a 7.54 e Figuras 7.25 e 7.26)

Para este cenário não houve região viável para volumes de sustentabilidade iguais ao inicial. Dos cenários de sustentabilidade testados o de melhor desempenho foi o de volume inicial de 40% da capacidade máxima e volume de sustentabilidade 75% do volume inicial do reservatório.

Observa-se na Tabela 7.52, que a demanda para irrigação total é 37% maior que a vazão afluente total. Portanto, neste cenário não há praticamente condições para irrigação. O reservatório atende a uma demanda fixa de 4 l/s isto equivale a 12% da vazão afluente e representa 2,75% da capacidade máxima do reservatório.

A atividade piscícola teve um aumento de 30% em relação ao cenário médio o que seria capaz de gerar emprego para 11 pescadores, obtendo uma receita líquida de R\$19.866,38.

Cenário Climático Chuvoso (Tabelas 7.55 a 7.62 e Figuras 7.27 e 7.30)

Para o cenário chuvoso os resultados também foram obtidos para o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório. Contudo, observa-se na Tabela 7.55, que houve sobra d'água no reservatório nos últimos quatro meses.

Através da Tabela 7.57, pode-se observar que a área total irrigada foi 43,9% menor que a alocada para o cenário médio, havendo também portanto redução na receita líquida, no entanto este resultado não é válido, não constituindo nem um ótimo local.

Objetivando evitar a sobra d'água nos meses finais e melhorar o desempenho do reservatório com relação a área total irrigada, optou-se por mudar o mês inicial da otimização para abril (período chuvoso) e o volume inicial para aproximadamente 30% da capacidade máxima do reservatório. Pode-se observar na Tabela 7.59, que o reservatório atendeu a sustentabilidade das demandas, pois no final da otimização ele chegou bem próximo do volume inicial.

Na Tabela 7.60 verifica-se que para o mês de março não foi necessário captar água do reservatório para irrigação, já que a pluviometria chegou a 561,3 mm.

Como já era esperado, neste cenário o reservatório apresentou uma demanda para irrigação 29,5% maior do que a obtida no cenário médio e uma área passível de se irrigar de 5.219,81 ha, 9,1% maior do que a alocada para o cenário médio.

Com relação a atividade piscícola, observa-se na Tabela 7.62 que o cenário chuvoso obteve uma receita líquida 21,3% maior que a encontrada para o cenário médio o que seria capaz de empregar 10 pescadores.

7.2.4 Reservatório de Canoas

Cenário Climático Médio (Tabelas 7.64 a 7.67 e Figuras 7.31 e 7.32)

No cenário médio houve um problema de convergência para o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório, após testar-se várias condições o mais próximo possível dos 40% obteve-se convergência para um valor de 45% da capacidade máxima. Os resultados obtidos podem ser observados nas Tabelas 7.64 a 7.67 e nas Figuras 7.31 e 7.32. Observa-se na Tabela 7.64, que o reservatório conseguiu atender a sustentabilidade das suas demandas, pois no final da otimização o volume do reservatório foi igual ao volume inicial.

Na Tabela 7.65, observa-se que a demanda para irrigação é apenas 13,2% menor do que a vazão afluente. No entanto, é importante verificar que este reservatório não atende a

nenhuma demanda fixa. Outro fator importante que deve ser observado é que a perda evaporativa de $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$, valor evaporado caso o reservatório permanecesse cheio e sem uso de suas águas, é 72,7% maior do que o volume evaporado depois de finalizada a otimização.

Ainda com relação a Tabela 7.65, observa-se que durante os meses de março e abril não foi necessário captar água do açude para irrigação, pois a pluviometria atingiu 255,4 e 187,8 mm respectivamente.

Para este cenário, o reservatório não chegou a atingir o volume mínimo e observa-se ainda que houve descarga, porém o reservatório não verteu água. Logo, para esta condição climática a área total passível de ser irrigada é de 4463,97 ha (Tabela 7.66), dos quais 182,14 ha com culturas perenes. Com relação a geração de empregos, verifica-se o grande volume de diárias necessárias para ativar a economia agrícola, onde a irrigação de 4463,97 ha resultaria em 642.629 diárias que poderia empregar permanentemente 2247 trabalhadores.

A atividade piscícola seria capaz de gerar renda para 3 pescadores, sem comprometer a água para irrigação e obtendo uma receita líquida de R\$5.485,95.

Cenário Climático Normal (Tabelas 7.68 a 7.71 e Figuras 7.33 e 7.34)

Para o cenário climático normal obteve-se os resultados com o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório. Nota-se que o reservatório apresentou um ótimo comportamento, com utilização plena da água, pois no final da otimização a diferença entre o volume do reservatório e o volume inicial foi de apenas $0,016 \text{ hm}^3$. Os resultados referentes a este cenário estão sumarizados nas Tabelas 7.68 a 7.71 e nas Figuras 7.33 a 7.34.

Na Tabela 7.69 observa-se que o total evaporado de $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$, valor evaporado caso o reservatório fosse mantido cheio e sem utilização das suas águas, é 77,0% maior que o volume evaporado depois de finalizada a otimização. Analisando-se ainda os resultados da Tabela 7.69, verifica-se que praticamente não houve descarga no reservatório. Portanto, nestas condições a vazão liberada para irrigação foi de $7,943 \text{ m}^3/\text{s}$ equivalente a 94,1% das afluições, passível para irrigar uma área de 4.196,05 ha (Tabela 7.70), dos quais apenas 5,81 ha com culturas perenes, resultando numa receita líquida de R\$23.112.220 e 604.226 diárias, capaz de gerar renda para 2.113 trabalhadores. Observa-se na Tabela 7.70, que apesar da receita líquida por ha da cultura perene ser maior que a receita das culturas

sazonais, a área alocada para ela foi pequena provavelmente em razão da alta demanda hídrica associada a mesma, pois a cultura perene requer água o ano inteiro, enquanto que as sazonais só requerem água por quatro meses.

A atividade piscícola seria capaz de gerar renda para 3 pescadores, sem comprometer a água para irrigação, obtendo uma receita líquida de R\$5.761,51.

Comparando-se os cenários médio e normal, observa-se que apesar de ambos possuírem vazões afluentes e precipitações médias muito semelhantes houve uma alocação de área irrigada 6,4% maior para o cenário médio. Mais uma vez a comparação destes cenários demonstra a importância que uma melhor distribuição das vazões e precipitações mensais tem no desempenho do reservatório, já que no cenário normal tiveram seis meses com precipitações nulas contra nenhum para o cenário médio e três meses de aflúncias nulas tanto para o cenário médio quanto para o normal.

As perdas evaporativas no cenário médio foram 15,8% maiores do que as perdas no cenário normal em razão do volume do reservatório no cenário médio manter-se 19,4% maior que o apresentado no cenário normal.

A atividade piscícola teve um comportamento semelhante nos dois cenários, sendo que a receita líquida no cenário médio foi 4,8% menor que a apresentada no cenário normal.

Cenário Climático Seco (Tabelas 7.72 a 7.75 e Figuras 7.35 e 7.36)

O cenário seco não apresentou região viável para volumes de sustentabilidade iguais ao inicial. Dos cenários de sustentabilidade testados o de melhor desempenho foi o de volume inicial de 40% da capacidade máxima e volume de sustentabilidade 75% do volume inicial do reservatório. Obtendo-se uma área total irrigada de 775,47ha, 82,6% menor do que a encontrada no cenário médio, obtendo uma receita líquida de R\$4.270.110.

A atividade piscícola obteve a maior receita líquida entre os quatro cenários, algo em torno de R\$11.102.690, 50,6% maior que a encontrada no cenário médio.

Cenário Climático Chuvoso (Tabelas 7.76 a 7.83 e Figuras 7.37 e 7.40)

Os resultados obtidos para o cenário chuvoso, com o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório estão sumarizados nas Tabelas 7.76 a 7.83 e nas

Figuras 7.37 a 7.40. Observa-se na Tabela 7.76, que houve sobra d'água no reservatório nos últimos quatro meses e o reservatório atingiu o volume mínimo no mês de fevereiro.

Para evitar a sobra de água nos meses finais decidiu-se mudar o mês inicial da otimização para abril (período chuvoso) e após testar-se várias condições próximas dos 40%, obteve-se convergência para um volume inicial de 45% do volume máximo do reservatório e o critério de sustentabilidade de 100%. Com isso verifica-se que o reservatório apresentou um ótimo comportamento, sobrando apenas 0,070 hm³ (Tabela 7.80).

Na Tabela 7.81, encontra-se os dados hidrológicos e os resultados operacionais deste cenário, onde pode-se observar que para o mês de março não foi necessário captar água do açude para irrigação pois a pluviometria atingiu 612mm, sendo considerado um mês atípico em relação aos demais dados pluviométricos do ano.

Ao contrário do cenário médio, observa-se neste cenário que praticamente não houve alocação de área para a cultura perene, porém a área total irrigada foi de 5190,30 ha, 14% maior que a obtida no cenário médio. Isso seria capaz de gerar 747.402 diárias e dar empregos a 2.613 trabalhadores, gerando uma receita líquida de R\$28.580.170.

A atividade piscícola seria capaz de obter empregos para 8 pescadores e gerar uma receita líquida de R\$14.151,8; 61,2% maior que a encontrada no cenário médio.

7.2.5 Reservatório de Saco de Nova Olinda

Cenário Climático Médio (Tabelas 7.85 a 7.88 e Figuras 7.41 e 7.42)

Neste cenário os resultados foram obtidos com o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório, conforme podem ser observados nas Tabelas 7.85 a 7.88 e nas Figuras 7.41 e 7.42.

Observa-se na Tabela 7.85, que a utilização da água pelo reservatório foi excelente pois, o volume final do reservatório foi igual ao volume inicial, ou seja, o reservatório atendeu as suas demandas sem violar o critério de sustentabilidade hídrica.

Na Tabela 7.86, pode-se verificar que a evaporação média do reservatório (0,608 m³/s) é 37,7% do total que poderia ser evaporado (0,229 m³/s), caso este fosse mantido cheio e sem uso de suas águas. Verifica-se também que a demanda para irrigação corresponde a 77,5% das afluências, no entanto nos meses de março e abril não foi necessário captar água do açude para irrigação, já que a pluviometria atingiu 255,4 e 187,8

mm respectivamente. Ainda pode-se notar que o reservatório descarregou cerca de 0,483 m³/s porém, não houve vertimento. Para esta condição climática a área total passível de ser irrigada é de 5.794,59 ha (Tabela 7.87), dos quais 99,02 ha com cultura perene. A receita líquida total obtida foi de R\$32.023.620.

Com relação a geração de empregos, obteve-se para esse cenário climático 834.321 diárias que poderia empregar permanentemente 2.917 trabalhadores por ano.

Na Tabela 7.88, apresenta-se os resultados referentes a piscicultura que seria capaz de gerar renda para 19 pescadores, obtendo uma receita líquida de R\$33.788,16.

Cenário Climático Normal (Tabelas 7.89 a 7.92 e Figuras 7.43 e 7.44)

Neste cenário, houve um problema de convergência para o volume inicial de 40% da capacidade máxima do reservatório, após testar-se várias condições o mais próximo possível dos 40%, obteve-se convergência para um valor de 42%. Esses resultados podem ser vistos nas Tabelas 7.89 a 7.92 e nas Figuras 7.43 a 7.44.

Na Tabela 7.89, os resultados indicam que o reservatório teve um ótimo comportamento, atendendo as suas demandas sem violar o critério de sustentabilidade.

Observa-se na Tabela 7.90, que semelhante ao cenário médio a demanda para irrigação representa 78% da vazão afluente e para o mês de março não foi necessário captar água do açude para irrigação, pois o índice de pluviometria para este mês foi de 496,4mm.

Analisando-se ainda os resultados obtidos na Tabela 7.90, verifica-se que o total evaporado de 7,299 m³/s, caso em que o reservatório é mantido cheio e sem utilização de suas águas é 61% maior do que o volume evaporado depois de finalizada a otimização e bem semelhante ao valor evaporado no cenário médio.

Neste cenário o reservatório não chegou a atingir o volume mínimo e observa-se na Tabela 7.90, que houve descarga apenas no mês de agosto, porém o reservatório não verteu água. Logo, para esta condição climática, observa-se na Tabela 7.91, que a área total passível de ser irrigada foi de 5.372,09 ha, 7,3% menor que a área alocada no cenário médio, em razão das aflúncias neste cenário terem uma diminuição de 3,3% com relação ao cenário médio, mas é importante ressaltar que não foi alocada área para a cultura perene. O número total de diárias geradas neste cenário foi de 773.581, que poderia empregar permanentemente 2.705 trabalhadores, 3,3% menor que o número de empregos

obtidos no cenário médio. A receita líquida gerada neste cenário foi de R\$29.581.230 apenas 7,6% menor que a receita obtida no cenário médio.

A atividade piscícola seria capaz de gerar renda para 20 trabalhadores, obtendo uma receita líquida de R\$35.270,56, apenas 4,2% maior que a gerada no cenário médio.

Fazendo-se uma comparação entre os cenários médio e normal, observa-se que apesar dos resultados obtidos serem bastante semelhantes, é importante verificar a distribuição das vazões e das precipitações mensais sobre o desempenho do reservatório, pois no cenário normal houve seis meses de precipitações nulas contra nenhum mês para o cenário médio, já com relação às afluições no cenário médio tiveram dois meses com afluições nulas contra quatro meses para o cenário normal.

As perdas evaporativas no cenário normal foram 3,6% maiores do que o volume evaporado no cenário médio, em razão do volume do reservatório no cenário normal manter-se 3,6% maior.

Cenário Climático Seco (Tabelas 7.93 a 7.96 e Figuras 7.45 e 7.46)

Neste cenário não foi possível encontrar região viável para volumes de sustentabilidade iguais ao inicial. Dos cenários de sustentabilidade testados o de melhor desempenho foi o de volume inicial de 30,9% da capacidade máxima do reservatório e volume de sustentabilidade de 50% do volume inicial.

Observa-se na Tabela 7.95, que a área total passível de ser irrigada é de 2.853,28 ha, 50,6% menor que a alocada no cenário médio, gerando uma receita líquida de R\$15.737.200.

A atividade piscícola obteve uma receita líquida de R\$26.012,18 capaz de gerar emprego para 15 pescadores.

Cenário Climático Chuvoso

Para este reservatório, não foi possível obter convergência para o cenário climático chuvoso. Apesar de várias tentativas, não se conseguiu encontrar resultado ótimo mesmo mudando o mês inicial da otimização, como foi feito para o cenário chuvoso dos demais reservatórios.

7.3 – Análises e Discussões dos Resultados para a Situação Climática Média com a Irrigação Desativada, Obtidas com o Modelo de Otimização Usado

Este estudo foi desenvolvido com a finalidade de se verificar o desempenho do sistema medido em termos de melhor uso da água.

Os resultados obtidos encontram-se sumarizados nas Tabelas 7.112 a 7.117 e nas Figuras 7.50 a 7.51. Em todos os resultados ficou evidente que quando o reservatório é mantido cheio e sem uso de suas águas, o volume médio evaporado é bem maior do que o volume evaporado quando é aplicado a otimização, conforme a Tabela 7.3.1.

Tabela – 7.3.1 – Resumo dos resultados obtidos para os cinco reservatórios desativando a irrigação

Reservatórios	Volume total evaporado (m ³ /s)	Volume total evaporado (m ³ /s)	Diferença Vol.tot. evap e Vol. tot. evap.
Queimadas	1,075	1,445	74,40%
Cachoeira dos Alves	0,931	1,258	74,00%
Bruscas	1,211	1,651	73,30%
canoas	0,736	1,237	59,50%
Saco de Nova Olinda	2,78	3,385	82,10%

Onde:

- * - Volume evaporado quando é aplicado a otimização do reservatório (com irrigação);
- ** - Volume evaporado quando o reservatório é mantido cheio e sem uso de suas águas (sem irrigação).

7.4 - Análises e Discussões dos Resultados para a Situação Climática Média para os Reservatórios de Menor e Maior Capacidade com a Evaporação Reduzida em 50%, Obtidas com o Modelo de Otimização Usado

A principal finalidade desse estudo é verificar o desempenho dos reservatórios de menor e maior capacidade, em termos de melhor uso da água (maximizar a receita líquida da agricultura irrigada).

No reservatório de Cachoeira dos Alves, o de menor capacidade, quando reduzi-se a evaporação em 50% houve um aumento na receita líquida de 44,3% em razão da demanda para irrigação ter tido um aumento de 80,4%. Os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas 7.118 a 7.125 e nas Figuras 7.52 a 7.55.

No reservatório de Saco de Nova Olinda, o de maior capacidade, quando reduziu-se a evaporação em 50% ocorreu uma diminuição na demanda requerida para irrigação em

77,4%, em razão do reservatório descarregar uma vazão 99,7% maior do que a descarregada no cenário Médio. Apesar disso, a receita líquida obtida quando reduziu-se a evaporação teve um aumento de 55,6%.

7.5 Resultados Referentes aos Reservatórios

Apresentam-se a seguir os resultados referentes aos cinco reservatórios do sistema hídrico em estudo.

Onde:

Vazões afluentes (m^3/s) – valores de vazões afluentes mensais correspondente a cada cenário;

Precipit. (mm) - valores de precipitação mensal correspondente a cada cenário;

Evapor – evaporação média mensal em (mm) e (m^3/s);

Volume reservat. – volume do reservatório a cada mês otimizado em (hm^3) e (m^3/s);

Volume evapor. – volume evaporado do reservatório a cada mês otimizado em (hm^3) e (m^3/s);

Diferença Vres. e Vro (hm^3) – diferença entre o volume do reservatório a cada mês e o volume do reservatório no mês inicial;

Vmax (m^3) – volume máximo do reservatório;

Vmin (m^3) – volume mínimo do reservatório;

Vo e Vro – volume do reservatório no mês inicial em (m^3/s) e (hm^3);

A_{bacia. hidráulica} (m^2) – área da bacia hidráulica do reservatório;

A_{max irrig.} – área máxima plantada de cada cultura (ha) e área total a ser plantada (ha) em cada mês;

Sust. – percentual do volume inicial do reservatório desejado no último mês;

Vazão de descarga (m^3/s) – vazões mensais de descarga dos reservatórios;

Vazão tom. d'água irrig. (m^3/s) – vazões mensais de tomada d'água para irrigação;

Vazão tom. d'água abast. (m^3/s) – vazões mensais de tomadas de água dos reservatórios para abastecimento público;

Vazão de vertimento (m^3/s) – vazões mensais vertidas;

Vazões terminais (m^3/s) – vazões mensais terminais de calhas dos rios.

Nas Tabelas 7.98 a 7.102, encontra-se para cada cenário climático e cada reservatório um resumo dos principais resultados.

7.5.1 Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas

Cenário Médio (Tabelas 7.1 a 7.4 e Figuras 7.1 a 7.2)

Tabela 7.1 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	7	271,9	5,614	0,287	-0,636
setembro	0	5,8	299,6	5,005	0,293	-1,245
outubro	0	6,2	332,9	4,555	0,306	-1,695
novembro	0	12	319	4,14	0,276	-2,110
dezembro	0,01	31,6	310,6	3,553	0,244	-2,697
janeiro	0,03	84,1	272,3	3,007	0,193	-3,243
fevereiro	0,41	115,4	215,4	2,962	0,152	-3,288
março	0,78	161,8	204,1	3,902	0,17	-2,348
abril	1,5	161,8	182,4	6,625	0,216	0,375
maio	0,74	54,8	183,1	6,633	0,217	0,383
junho	0,31	27,6	182,2	6,821	0,22	0,571
julho	0,07	15,4	219,9	6,25	0,25	0,000
total	3,850	683,500	2993,400	59,067	2,824	
média	0,321	56,958	249,450	4,922	0,235	

$V_{max} = \text{capacid. do Reser.} = 15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$
 $V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 6,250 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 240,95 \text{ ha} = 2,4095 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. irrig.}} = 3000 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 2409500$
 $\text{tempo(s)} = 2628000$
 $V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 6250135,2$
 $V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 6,250$
 $\text{Sust.} = 100\%$

Tabela 7.2 - Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			2,378						
agosto	0	0,249	2,136	0,109	0	0,123	0,006	0	0
setembro	0	0,275	1,904	0,111	0	0,109	0,006	0	0
outubro	0	0,305	1,733	0,116	0	0,044	0,006	0	0
novembro	0	0,292	1,575	0,105	0	0,045	0,006	0	0
dezembro	0,01	0,285	1,352	0,093	0	0,137	0,006	0	0
janeiro	0,03	0,250	1,144	0,073	0	0,178	0,006	0	0
fevereiro	0,41	0,197	1,127	0,058	0	0,394	0,006	0	0
março	0,78	0,187	1,485	0,065	0	0,4	0,006	0	0
abril	1,5	0,167	2,521	0,082	0	0,437	0,006	0	0
maio	0,74	0,168	2,524	0,083	0	0,672	0,006	0	0
junho	0,31	0,167	2,596	0,084	0	0,161	0,006	0	0
julho	0,07	0,202	2,378	0,095	0	0,189	0,006	0	0
total	3,850	2,745	22,476	1,075	0,000	2,889	0,072	0,000	0,000
média	0,321	0,229	1,873	0,090	0,000	0,241	0,006	0,000	0,000

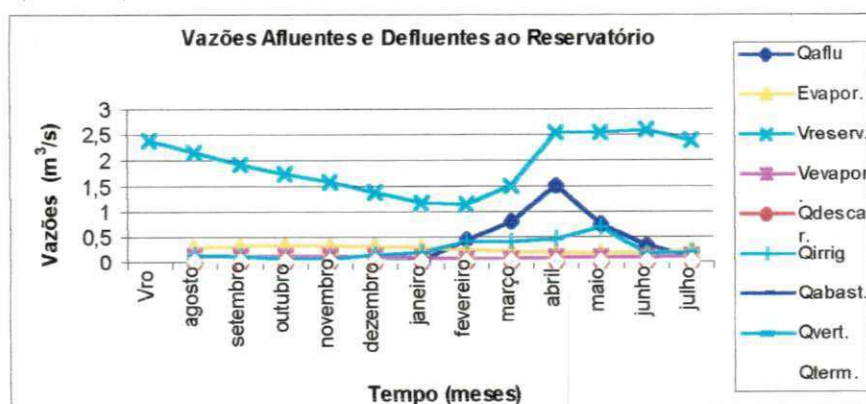


Figura 7.1 – Elementos do balanço hídrico (Queimadas Cenário Médio)

Tabela 7.3-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	947	44,21	6,62	todo ano
sazonal1	11097	424,33	77,06	ago - nov
sazonal2	137697	5265,44	956,23	set - dez
sazonal3	828	31,65	5,75	out - jan
sazonal4	17835	681,98	123,85	nov - fev
sazonal5	1364	52,15	9,47	dez - mar
sazonal6	9369	358,25	65,06	jan - abr
sazonal7	1221	46,69	8,48	fev - mai
sazonal8	730	27,92	5,07	mar - jun
sazonal9	1005	38,44	6,98	abr - jul
sazonal10	1094	41,85	7,6	mai - ago
sazonal11	1560	59,63	10,83	jun - set
sazonal12	17044	651,75	118,36	jul - out
total	201791	7724,29	1401,36	
média	15522,38	594,18	107,80	

Tabela 7.4- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km2)	0,704
produção firme (t)	8,45
mão de obra (pesc.)	6
receita líquida (R\$)	9929,9

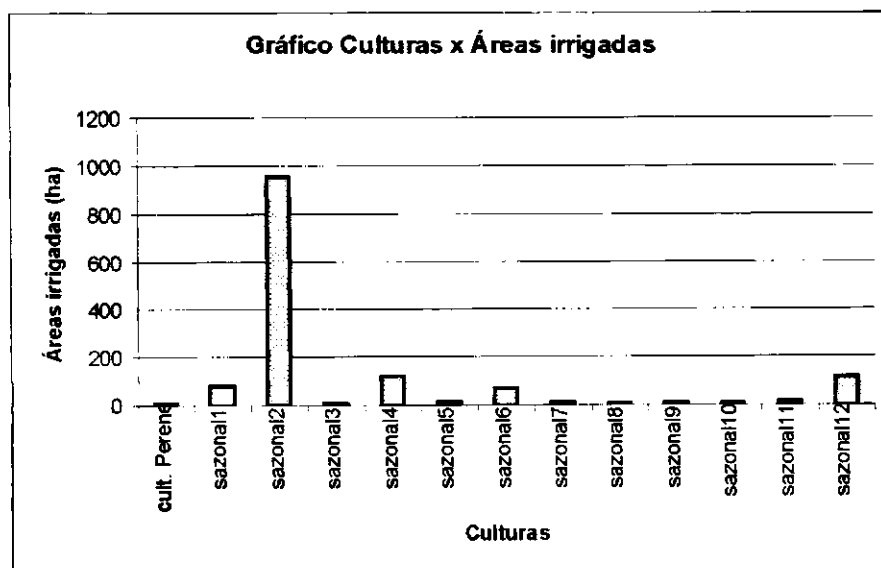


Figura 7.2 – Áreas irrigadas com cada cultura (Queimadas Cenário Médio)

Cenário Normal (Tabelas 7.5 a 7.8 e Figuras 7.3 a 7.4)

Tabela 7.5 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	10,4	271,9	5,124	0,27	-1,126
setembro	0	0	299,6	4,474	0,272	-1,776
outubro	0	10,4	332,9	4,081	0,285	-2,169
novembro	0	4,9	319	3,715	0,258	-2,535
dezembro	0	10,1	310,6	3,197	0,229	-3,053
janeiro	0,03	67	272,3	2,608	0,178	-3,642
fevereiro	0,03	0	215,4	1,563	0,106	-4,687
março	0,62	197,1	204,1	2,849	0,14	-3,401
abril	1,01	302,6	182,4	5,534	0,191	-0,716
maio	1,25	59	183,1	7,291	0,232	1,041
junho	0,72	6,6	182,2	7,521	0,236	1,271
julho	0,09	5,1	219,9	6,255	0,25	0,005
total	3,750	673,200	2993,400	54,212	2,647	
média	0,313	56,100	249,450	4,518	0,221	

$V_{max} = \text{capacid. do Reservat.} = 15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$

$V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 6,250 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$A_{\text{bacia hidráulica}} = 240,95 \text{ ha} = 2,4095 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

$A_{\text{máx. irrig.}} = 3000 \text{ (ha)}$

$A_{\text{bacia}} = 2409500$

$\text{tempo(s)} = 2628000$

$V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 6250135,2$

$V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 6,2501352$

Sust. 100%

Tabela 7.6 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			2,378						
agosto	0	0,249	1,950	0,103	0	0,314	0,006	0	0
setembro	0	0,275	1,702	0,104	0	0,13	0,006	0	0
outubro	0	0,305	1,553	0,108	0	0,033	0,006	0	0
novembro	0	0,292	1,414	0,098	0	0,031	0,006	0	0
dezembro	0	0,285	1,217	0,087	0	0,1	0,006	0	0
janeiro	0,03	0,250	0,992	0,068	0	0,193	0,006	0	0
fevereiro	0,03	0,197	0,595	0,040	0	0,373	0,006	0	0
março	0,62	0,187	1,084	0,053	0	0,116	0,006	0	0
abril	1,01	0,167	2,106	0,073	0	0	0,006	0	0
maio	1,25	0,168	2,774	0,088	0	0,516	0,006	0	0
junho	0,72	0,167	2,862	0,090	0	0,54	0,006	0	0
julho	0,09	0,202	2,380	0,095	0	0,465	0,006	0	0
total	3,750	2,745	20,629	1,007	0,000	2,811	0,072	0,000	0,000
média	0,313	0,229	1,719	0,084	0,000	0,234	0,006	0,000	0,000

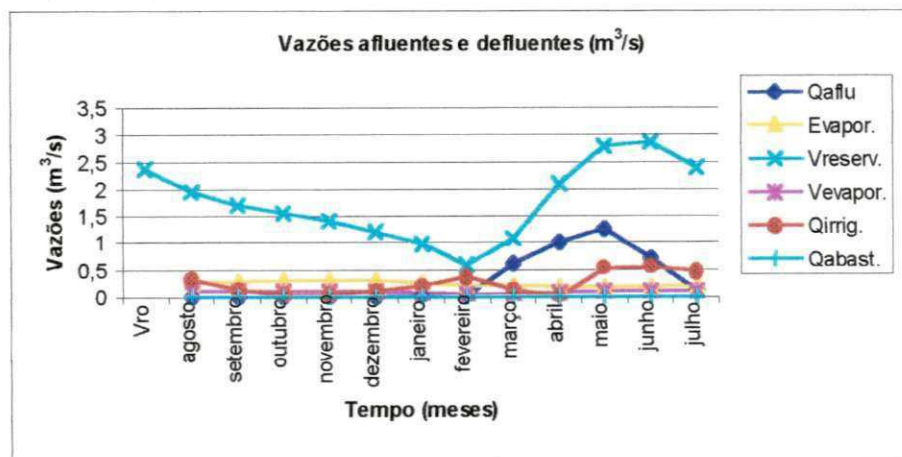


Figura 7.3 – Elementos do balanço hídrico (Queimadas Cenário Normal)

Tabela 7.7-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	715	33,39	5	todo ano
sazonal1	21938	838,89	152,35	ago - nov
sazonal2	30871	1180,48	214,38	set - dez
sazonal3	31592	1208,05	219,39	out - jan
sazonal4	31490	1204,16	218,68	nov - fev
sazonal5	22884	875,06	158,91	dez - mar
sazonal6	12986	496,56	90,18	jan - abr
sazonal7	720	27,54	5	fev - mai
sazonal8	720	27,53	5	mar - jun
sazonal9	720	27,53	5	abr - jul
sazonal10	720	27,53	5	mai - ago
sazonal11	720	27,53	5	jun - set
sazonal12	12370	473	85,9	jul - out
total	168446	6447,25	1169,79	
média	12957,38	495,94	89,98	

Tabela 7.8- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km2)	0,49
produção firme (t)	5,88
mão de obra (pesc.)	4
receita líquida (R\$)	6912,85

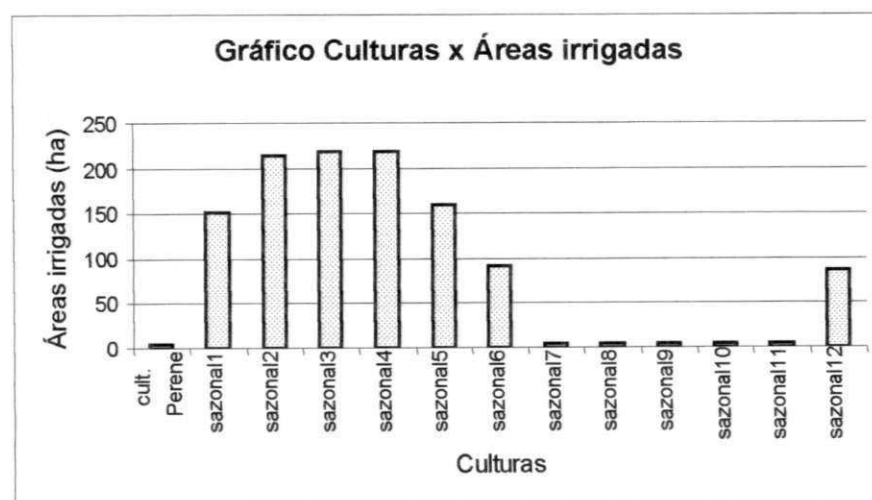


Figura 7.4 – Áreas irrigadas com cada cultura (Queimadas Cenário Normal)

Cenário Seco (Tabelas 7.9 a 7.12 e Figuras 7.5 a 7.6)

Tabela 7.9 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões	Precipit.	Evapor.	Volume	Volume	Diferença
	afluentes (m ³ /s)	(mm)	(mm)	Reservat. (hm ³)	Evapor. (hm ³)	Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	0	271,9	5,772	0,292	-0,322
setembro	0,01	0	299,6	5,458	0,31	-0,636
outubro	0	0	332,9	5,095	0,329	-0,999
novembro	0	0	319	4,761	0,302	-1,333
dezembro	0	10,2	310,6	4,459	0,282	-1,635
janeiro	0	34,2	272,3	4,226	0,239	-1,868
fevereiro	0,03	37,4	215,4	4,131	0,186	-1,963
março	0,13	13	204,1	4,285	0,18	-1,809
abril	0,13	30,8	182,4	4,471	0,166	-1,623
maio	0	58,8	183,1	4,341	0,163	-1,753
junho	0	5,3	182,2	4,165	0,158	-1,929
julho	0	6	219,9	3,961	0,185	-2,133
total	0,300	195,700	2993,400	55,125	2,792	
média	0,025	16,308	249,450	4,594	0,233	

$V_{max} = \text{capacid. do Reservat.} = 15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$

$V_0 = 0,39 \cdot V_{max} = 6,094 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$A_{\text{bacia hidráulica}} = 240,95 \text{ ha} = 2,4095 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

$A_{\text{máx. irrig.}} = 3000 \text{ (ha)}$

$A_{\text{bacia}} = 2409500$

tempo(s) = 2628000

$V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 6093881,82$

$V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 6,09388182$

Sust. 65%

Tabela 7.10 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões	Evapor.	Volume	Volume	Vazão de	Vazão tom.	Vazão tom.	Vazão de	Vazões
	afluentes (m ³ /s)	(m ³ /s)	Reservat. (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	descarga (m ³ /s)	irrig.(m ³ /s)	d'água abast.(m ³ /s)	vertimento (m ³ /s)	terminais (m ³ /s)
Vro			2,319						
agosto	0	0,249	2,196	0,111	0	0,001	0,006	0	0
setembro	0,01	0,275	2,077	0,118	0	0,001	0,006	0	0
outubro	0	0,305	1,939	0,125	0	0,001	0,006	0	0
novembro	0	0,292	1,812	0,115	0	0,001	0,006	0	0
dezembro	0	0,285	1,697	0,107	0	0,001	0,006	0	0
janeiro	0	0,250	1,608	0,091	0	0,001	0,006	0	0
fevereiro	0,03	0,197	1,572	0,071	0	0,001	0,006	0	0
março	0,13	0,187	1,631	0,068	0	0,001	0,006	0	0
abril	0,13	0,167	1,701	0,063	0	0,001	0,006	0	0
maio	0	0,168	1,652	0,062	0	0,001	0,006	0	0
junho	0	0,167	1,585	0,060	0	0,001	0,006	0	0
julho	0	0,202	1,507	0,070	0	0,001	0,006	0	0
total	0,300	2,745	20,976	1,062	0,000	0,012	0,072	0,000	0,000
média	0,025	0,229	1,748	0,089	0,000	0,001	0,006	0,000	0,000

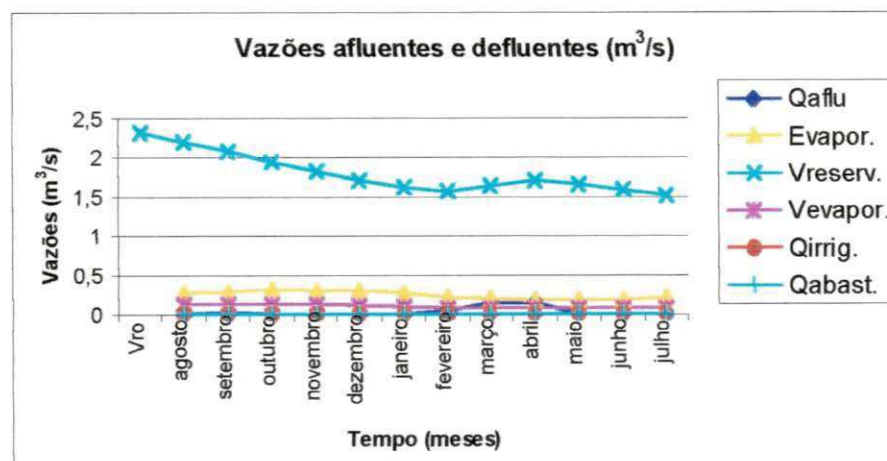


Figura 7.5 – Elementos do balanço hídrico (Queimadas Cenário Seco)

Tabela 7.11-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	24	1,14	0,17	todo ano
sazonal1	21	0,79	0,14	ago - nov
sazonal2	21	0,82	0,15	set - dez
sazonal3	21	0,8	0,15	out - jan
sazonal4	74	2,81	0,51	nov - fev
sazonal5	21	0,79	0,14	dez - mar
sazonal6	41	1,57	0,26	jan - abr
sazonal7	20	0,77	0,14	fev - mai
sazonal8	21	0,79	0,14	mar - jun
sazonal9	20	0,77	0,14	abr - jul
sazonal10	20	0,78	0,14	mai - ago
sazonal11	20	0,77	0,14	jun - set
sazonal12	21	0,79	0,14	jul - out
total	345	13,39	2,38	
média	26,54	1,03	0,18	

Tabela 7.12- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km2)	0,841
produção firme (t)	10,09
mão de obra (pesc.)	7
receita líquida (R\$)	11859,82

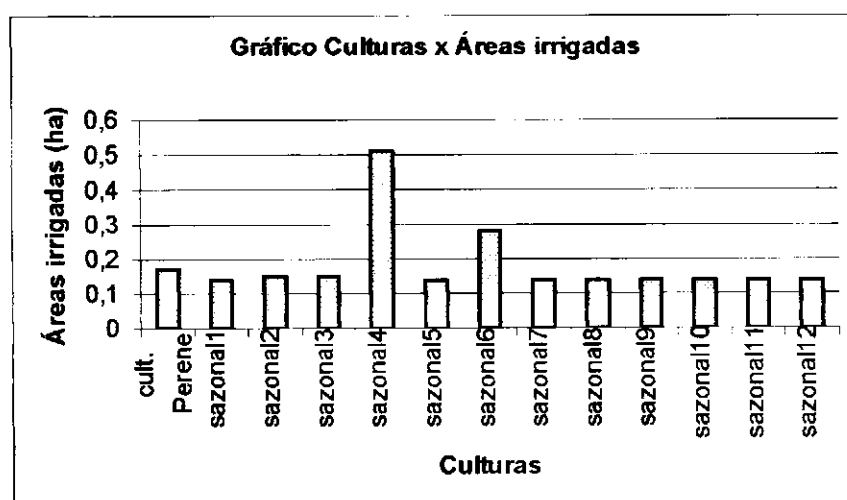


Figura 7.6 – Áreas irrigadas com cada cultura (Queimadas Cenário Seco)

Cenário Chuvoso (Tabelas 7.13 a 7.16 e Figuras 7.7 a 7.8)

Tabela 7.13 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	0	271,9	5,285	0,276	-1,356
setembro	0	2	299,6	4,677	0,28	-1,964
outubro	0	0	332,9	3,998	0,282	-2,643
novembro	0	0	319	3,311	0,24	-3,330
dezembro	0	38	310,6	2,631	0,204	-4,010
janeiro	0	17,6	272,3	1,655	0,138	-4,986
fevereiro	0,08	183,5	215,4	1,563	0,106	-5,078
março	0,63	214,6	204,1	2,977	0,144	-3,664
abril	3,93	283	182,4	12,35	0,35	5,709
maio	1,55	127	183,1	14,186	0,397	7,545
junho	0,66	0	182,2	12,375	0,35	5,734
julho	0,06	0	219,9	9,499	0,34	2,858
total	6,910	865,700	2993,400	74,507	3,107	
média	0,576	72,142	249,450	6,209	0,259	

$V_{max} = \text{capacid. do Reservat.} = 15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$
 $V_0 = 0,425 \cdot V_{max} = 6,641 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidraulica}} = 240,95 \text{ ha} = 2,4095 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. iriq.}} = 3000 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 2409500$
 $\text{tempo(s)} = 2628000$
 $V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 6640768,65$
 $V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 6,64076865$
 $\text{Sust.} = 100\%$

Tabela 7.14 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			2,627						
agosto	0	0,249	2,011	0,105	0,007	0,385	0,006	0	0,007
setembro	0	0,275	1,780	0,107	0,004	0,108	0,006	0	0,004
outubro	0	0,305	1,521	0,107	0,008	0,128	0,006	0	0,008
novembro	0	0,292	1,260	0,091	0,003	0,152	0,006	0	0,003
dezembro	0	0,285	1,001	0,078	0,006	0,171	0,006	0	0,006
janeiro	0	0,250	0,630	0,053	0	0,306	0,006	0	0
fevereiro	0,08	0,197	0,595	0,040	0,003	0,1	0,006	0	0,003
março	0,63	0,187	1,133	0,055	0	0,08	0,006	0	0
abril	3,93	0,167	4,699	0,133	0,335	0	0,006	0	0,335
maio	1,55	0,168	5,398	0,151	0,448	0,346	0,006	0	0,448
junho	0,66	0,167	4,709	0,133	0,233	0,968	0,006	0	0,233
julho	0,06	0,202	3,615	0,129	0,001	1	0,006	0	0,001
total	6,910	2,745	28,351	1,182	1,048	3,744	0,072	0,000	1,048
média	0,576	0,229	2,363	0,099	0,087	0,312	0,006	0,000	0,087

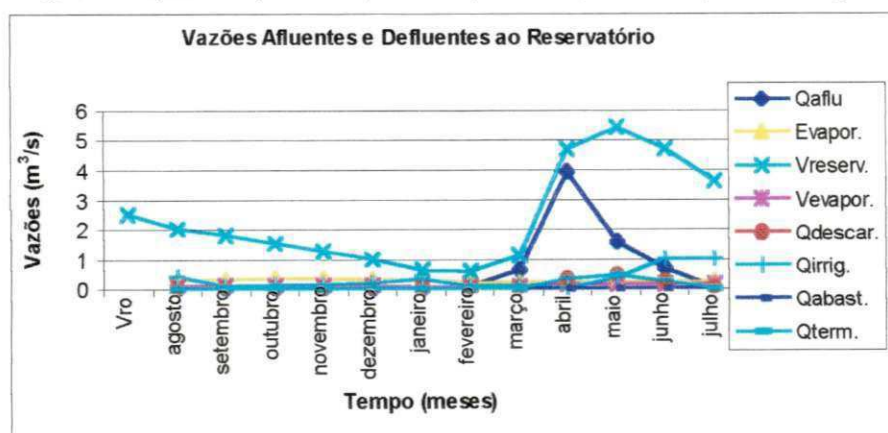


Figura 7.7 – Elementos do balanço hídrico (Queimadas Cenário Chuvoso)

Tabela 7.15-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	2111	98,58	14,76	todo ano
sazonal1	31830	1217,16	221,04	ago - nov
sazonal2	1935	73,99	13,44	set - dez
sazonal3	5709	218,31	39,65	out - jan
sazonal4	103378	3953,09	717,9	nov - fev
sazonal5	41536	1588,32	288,45	dez - mar
sazonal6	4208	160,91	29,22	jan - abr
sazonal7	1163	44,47	8,08	fev - mai
sazonal8	2258	86,34	15,68	mar - jun
sazonal9	4490	171,69	31,18	abr - jul
sazonal10	4592	175,61	31,89	mai - ago
sazonal11	3329	127,31	23,12	jun - set
sazonal12	7369	281,78	51,17	jul - out
total	213908	8197,56	1485,58	
média	16454,46	630,58	114,28	

Tabela 7.16- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km2)	0,49
produção firme (t)	5,88
mão de obra (pesc.)	4
receita líquida (R\$)	6912,83

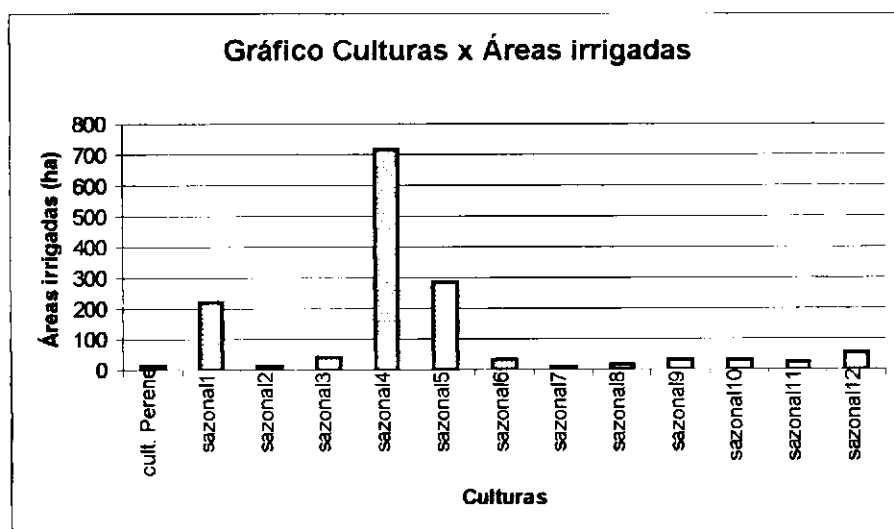


Figura 7.8 – Áreas irrigadas com cada cultura (Queimadas Cenário Chuvoso)

Cenário Chuvoso2 (Tabelas 7.17 a 7.20 e Figuras 7.9 a 7.10)

Tabela 7.17 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
abril	3,93	283	182,4	14,157	0,395	10,255
maio	1,55	127	183,1	15,446	0,43	11,544
junho	0,66	0	182,2	14,523	0,403	10,621
julho	0,06	0	219,9	12,152	0,416	8,250
agosto	0	0	271,9	10,203	0,445	6,301
setembro	0	2	299,6	8,881	0,44	4,979
outubro	0	0	332,9	8,155	0,458	4,253
novembro	0	0	319	7,476	0,412	3,574
dezembro	0	38	310,6	6,302	0,355	2,400
janeiro	0	17,6	272,3	3,992	0,23	0,090
fevereiro	0,08	183,5	215,4	3,378	0,164	-0,524
março	0,63	214,6	204,1	3,902	0,17	0,000
total	6,910	865,700	2993,400	108,567	4,318	
média	0,576	72,142	249,450	9,047	0,360	

$V_{max} = \text{capacid. do Reservat.} = 15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$

$V_0 = 3902000 \text{ m}^3$ (Vreserv.padrão mês 3)

$A_{\text{bacia hidráulica}} = 240,95 \text{ ha} = 2,4095 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

$A_{\text{máx. irig.}} = 4000 \text{ (ha)}$

$A_{\text{bacia}} = 2409500$

tempo(s) = 2628000

$V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 3902000$

$V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 3,902$

Sust. 100%

Tabela 7.18 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			1,485						
abril	3,93	0,167	5,387	0,150	0	0	0,006	0	0
maio	1,55	0,168	5,877	0,164	0	1	0,006	0	0
junho	0,66	0,167	5,526	0,153	0	0,845	0,006	0	0
julho	0,06	0,202	4,624	0,158	0	0,781	0,006	0	0
agosto	0	0,249	3,882	0,169	0	0,548	0,006	0	0
setembro	0	0,275	3,379	0,167	0	0,316	0,006	0	0
outubro	0	0,305	3,103	0,174	0	0,085	0,006	0	0
novembro	0	0,292	2,845	0,157	0	0,087	0,006	0	0
dezembro	0	0,285	2,398	0,135	0	0,311	0,006	0	0
janeiro	0	0,250	1,519	0,088	0	0,773	0,006	0	0
fevereiro	0,08	0,197	1,285	0,062	0	0,3	0,006	0	0
março	0,63	0,187	1,485	0,065	0	0,425	0,006	0	0
total	6,910	2,745	41,312	1,643	0,000	5,471	0,072	0,000	0,000
média	0,576	0,229	3,443	0,137	0,000	0,456	0,006	0,000	0,000

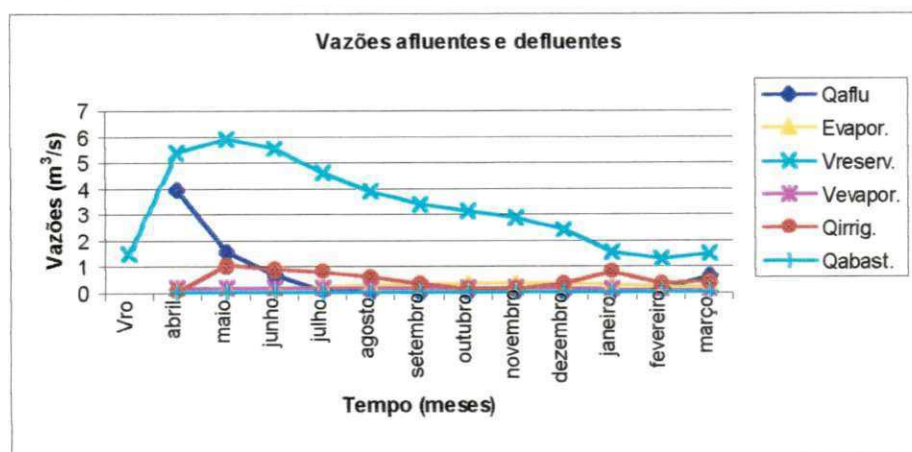


Figura 7.9 – Elementos do balanço hídrico (Queimadas Cenário Chuvoso2)

Tabela 7.19- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	715	33,39	5	todo ano
sazonal1	69799	2669,08	484,72	abr - jul
sazonal2	280015	10707,6	1944,55	mai - ago
sazonal3	42240	1615,21	293,33	jun - set
sazonal4	57250	2189,2	397,57	jul - out
sazonal5	27793	1062,79	193,01	ago -nov
sazonal6	28270	1081,03	196,32	set - dez
sazonal7	6029	230,56	41,87	out - jan
sazonal8	1071	40,97	7,44	nov - fev
sazonal9	720	27,53	5	dez -mar
sazonal10	753	28,8	5,23	jan - abr
sazonal11	9200	351,81	63,89	fev - mai
sazonal12	38332	1465,77	266,19	mar - jun
total	562187	21503,74	3904,12	
média	43245,15	1654,13	300,32	

Tabela 7.20- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km2)	0,762
produção firme (t)	9,15
mão de obra (pesc.)	6
receita líquida (R\$)	10747,69

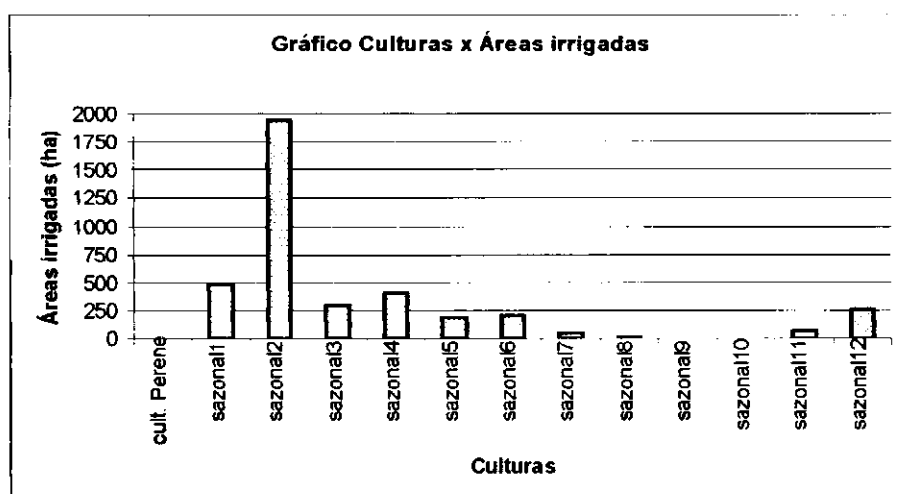


Figura 7.10 – Áreas irrigadas com cada cultura (Queimadas Cenário Chuvoso2)

Tabela 7.21 - Resumo dos resultados dos quatro cenários climáticos para o reservatório de Queimadas

Cenários	Área irrig.total (ha)	Receita liq.total (mil reais)	Vazão afl total (m ³ /s)	Volume res. Méd. (m ³ /s)	Volume evap.total (m ³ /s)	Vazão desc.tot. (m ³ /s)	Vazão irrig.total (m ³ /s)	Vazão abas.total (m ³ /s)	Vazão vert.total (m ³ /s)	M. obra irrig.total (diárias)	M. obra p/ piscic. (pescad.)	Produção piscicula (t)	Receita liq.pisc. (R\$)
Médio	1401,36	7724,29	3,85	1,873	1,075	0	2,889	0,072	0	201791	6	8,45	9929,9
Normal	1169,79	6447,25	3,75	1,719	1,007	0	2,811	0,072	0	168446	4	5,88	6912,85
Seco	2,38	13,39	0,3	1,748	1,062	0	0,012	0,072	0	345	7	10,09	11859,8
Chuv.	1485,58	8197,56	6,91	2,363	1,182	1,048	3,744	0,072	0	213908	4	5,88	6912,83
Chuv.2	3904,12	21503,74	6,91	3,443	1,643	0	5,471	0,072	0	562187	6	9,15	10747,7

7.5.2. Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves

Cenário Médio (Tabelas 7.22 a 7.25 e Figuras 7.11 a 7.12)

Tabela 7.22 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	Vazões afluentas (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	5,7	271,9	2,645	0,214	-1,599
setembro	0	12	299,6	2,329	0,215	-1,915
outubro	0	12,2	332,9	1,97	0,213	-2,274
novembro	0	25,3	319	1,631	0,179	-2,613
dezembro	0,01	48,4	310,6	1,331	0,152	-2,913
janeiro	0,03	79,6	272,3	1,154	0,121	-3,090
fevereiro	0,21	153,3	215,4	1,557	0,117	-2,687
março	0,72	229,2	204,1	3,344	0,19	-0,900
abril	1,09	186,1	182,4	6,051	0,259	1,807
maio	0,63	72,3	183,1	6,853	0,284	2,609
junho	0,2	39,3	182,2	6,047	0,259	1,803
julho	0,03	17,3	219,9	4,252	0,244	0,008
total	2,920	880,700	2993,400	39,164	2,447	
média	0,243	73,392	249,450	3,264	0,204	

Vmax=capacid. do Reserv.=10,61*10⁶m³

Vmin=10% do Vmax=1,061*10⁶m³

V0=0,4*Vmax=4244478,4m³

A_{bacia hidráulica}=199,00ha=1,99*10⁶m²

A max. irrig. =1950 (ha)

A bacia= 1990000

tempo (s)= 2628000

Vro(m³/s)= 4244478,4

Vro(hm³)= 4,244

sust= 100%

Tabela 7.23 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	vazões afluentas (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			1,615						
agosto	0	0,206	1,006	0,081	0	0,471	0,033	0	0
setembro	0	0,227	0,886	0,082	0	0,001	0,033	0	0
outubro	0	0,252	0,750	0,081	0	0,017	0,033	0	0
novembro	0	0,242	0,621	0,068	0	0,025	0,033	0	0
dezembro	0,01	0,235	0,506	0,058	0	0,036	0,033	0	0
janeiro	0,03	0,206	0,439	0,046	0	0,029	0,033	0	0
fevereiro	0,21	0,163	0,592	0,045	0	0,011	0,033	0	0
março	0,72	0,155	1,272	0,072	0	0,003	0,033	0	0
abril	1,09	0,138	2,303	0,099	0,002	0,012	0,033	0	0,002
maio	0,63	0,139	2,608	0,108	0	0,227	0,033	0	0
junho	0,2	0,138	2,301	0,099	0	0,393	0,033	0	0
julho	0,03	0,167	1,618	0,093	0	0,578	0,033	0	0
total	2,920	2,267	14,903	0,931	0,002	1,803	0,396	0,000	0,002
média	0,243	0,189	1,242	0,078	0,000	0,150	0,033	0,000	0,000

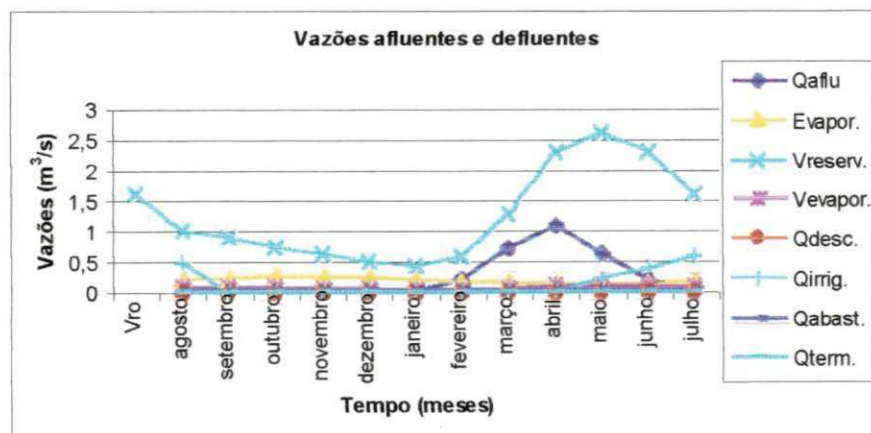


Figura 7.11 – Elementos do balanço hídrico (C.dos Alves Cenário Médio)

Tabela 7.24-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	0	0	0	ano todo
sazonal1	633	24,22	4,4	ago - nov
sazonal2	3459	132,27	24,02	set - dez
sazonal3	3065	117,18	21,28	out - jan
sazonal4	11233	429,56	78,01	nov - fev
sazonal5	63234	2418,04	493,13	dez - mar
sazonal6	64	2,46	0,45	jan - abr
sazonal7	30	1,16	0,21	fev - mai
sazonal8	0	0	0	mar - jun
sazonal9	77	2,95	0,54	abr - jul
sazonal10	2438	93,24	16,93	mai - ago
sazonal11	316	12,07	2,19	jun - set
sazonal12	1284	49,1	8,92	jul - out
total	85833	3282,25	650,08	
média	6602,54	252,48	50,01	

Tabela 7.25- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	0,446
produção firme (t)	5,35
mão de obra (pesc.)	4
receita líquida (R\$)	6283,77

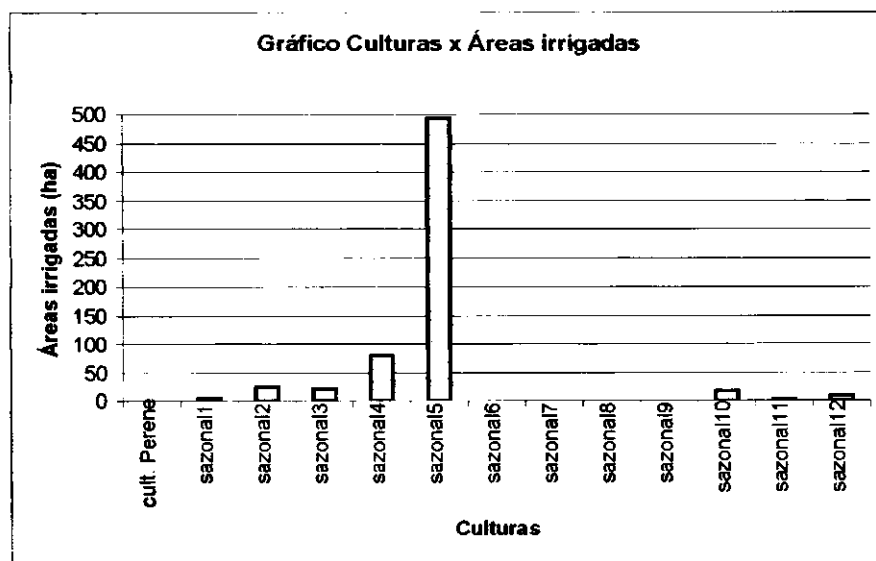


Figura 7.12 – Áreas irrigadas com cada cultura (C. dos Alves Cenário Médio)

Cenário Normal (Tabelas 7.26 a 7.29 e Figuras 7.13 a 7.14)

Tabela 7.26 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	4,5	271,9	3,385	0,255	-0,859
setembro	0	5,2	299,6	2,757	0,243	-1,487
outubro	0	0	332,9	2,316	0,238	-1,928
novembro	0	7,1	319	1,952	0,203	-2,292
dezembro	0,01	16,4	310,6	1,495	0,164	-2,749
janeiro	0,02	126,7	272,3	1,117	0,119	-3,127
fevereiro	0,22	69,3	215,4	1,061	0,091	-3,183
março	0,69	146,6	204,1	2,379	0,149	-1,865
abril	1,15	285,7	182,4	5,349	0,238	1,105
maio	0,56	137,9	183,1	6,123	0,263	1,879
junho	0,05	28,3	182,2	5,044	0,228	0,800
julho	0,01	60,1	219,9	4,244	0,243	0,000
total	2,710	887,800	2993,400	37,222	2,434	
média	0,226	73,983	249,450	3,102	0,203	

$V_{max} = \text{capacid. do Reserv.} = 10,61 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 1,061 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 4244478,4 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 199,00 \text{ ha} = 1,99 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A \text{ máx. irrig.} = 1950 \text{ (ha)}$
 $A \text{ bacia} = 1990000$
 $\text{tempo (s)} = 2628000$
 $V_{ro} (\text{m}^3) = 4244478,4$
 $V_{ro} (\text{hm}^3) = 4,244$
 $\text{sust} = 100\%$

Tabela 7.27 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			1,615						
agosto	0	0,206	1,288	0,097	0	0,184	0,033	0	0
setembro	0	0,227	1,049	0,092	0	0,102	0,033	0	0
outubro	0	0,252	0,881	0,091	0	0,033	0,033	0	0
novembro	0	0,242	0,743	0,077	0,001	0,02	0,033	0	0,001
dezembro	0,01	0,235	0,569	0,062	0	0,081	0,033	0	0
janeiro	0,02	0,206	0,425	0,045	0	0,103	0,033	0	0
fevereiro	0,22	0,163	0,404	0,035	0	0,184	0,033	0	0
março	0,69	0,155	0,905	0,057	0	0,139	0,033	0	0
abril	1,15	0,138	2,035	0,091	0	0	0,033	0	0
maio	0,56	0,139	2,330	0,100	0	0,206	0,033	0	0
junho	0,05	0,138	1,919	0,087	0	0,348	0,033	0	0
julho	0,01	0,167	1,615	0,092	0	0,208	0,033	0	0
total	2,710	2,267	14,164	0,926	0,001	1,608	0,396	0,000	0,001
média	0,226	0,189	1,180	0,077	0,000	0,134	0,033	0,000	0,000

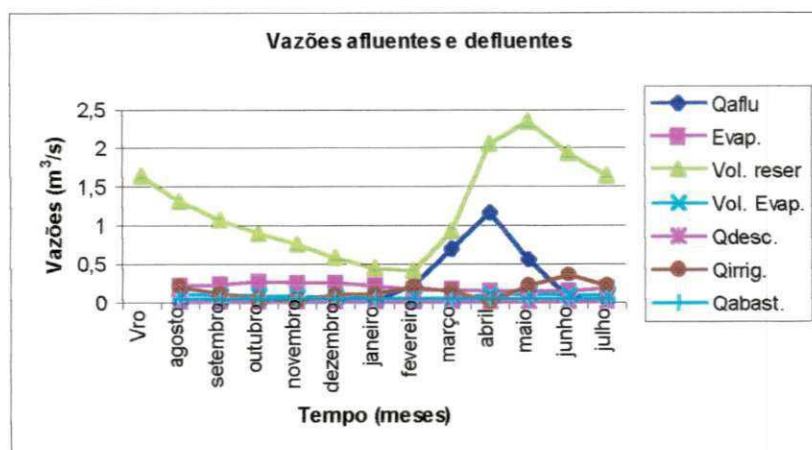


Figura 7.13 – Elementos do balanço hídrico (C. dos Alves Cenário Normal)

Tabela 7.28- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	0	0	0	ano todo
sazonal1	12896	493,12	89,55	ago - nov
sazonal2	14069	537,97	97,7	set - dez
sazonal3	36103	1380,55	250,71	out - jan
sazonal4	15160	579,72	105,28	nov - fev
sazonal5	10705	409,36	74,34	dez - mar
sazonal6	7579	289,82	52,63	jan - abr
sazonal7	3648	139,48	25,33	fev - mai
sazonal8	0	0	0	mar - jun
sazonal9	0	0	0	abr - jul
sazonal10	0	0	0	mai - ago
sazonal11	3313	126,69	23,01	jun - set
sazonal12	8519	325,76	59,16	jul - out
total	111992	4282,47	777,71	
média	8614,77	329,42	59,82	

Tabela 7.29- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km2)	0,422
produção firme (t)	5,07
mão de obra (pesc.)	3
receita líquida (R\$)	5951,64

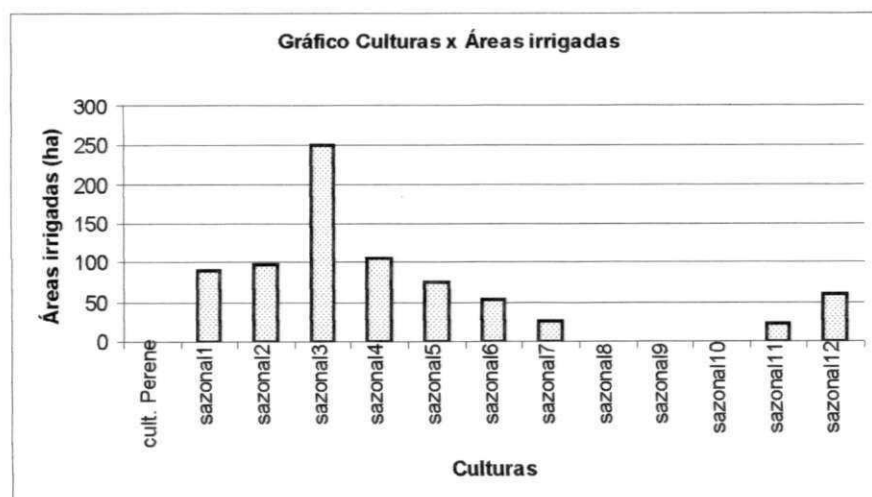


Figura 7.14 – Áreas irrigadas com cada cultura (C. dos Alves Cenário Normal)

Cenário Seco (Tabelas 7.30 a 7.33 e Figuras 7.15 a 7.16)

Tabela 7.30 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Cachoeira dos Alves

Meses	Vazões	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume		Diferença Vres e Vro (hm ³)	
	afuentes (m ³ /s)			Reserv. (hm ³)	Evapor. (hm ³)		
agosto	0	2,2	271,9	5,882	0,379	-0,485	Vmax=capacid. do Reserv.=10,61*10 ⁶ m ³ Vmin=10% do Vmax=1,061*10 ⁶ m ³ V0=0,6*Vmax=6366717,6 m ³ Abacia hidráulica=199,00ha=1,99*10 ⁶ m ² A máx. irrig. = 1950 (ha) A bacia= 1990000 tempo (s)= 2628000 Vro(m ³)= 6366717,6 Vro(hm ³)= 6,3667176 sust= 40%
setembro	0	0	299,6	5,378	0,392	-0,989	
outubro	0	0	332,9	4,856	0,405	-1,511	
novembro	0	0	319	4,382	0,361	-1,985	
dezembro	0	38	310,6	3,987	0,328	-2,380	
janeiro	0	2,4	272,3	3,607	0,268	-2,760	
fevereiro	0	79	215,4	3,379	0,202	-2,988	
março	0,01	172	204,1	3,284	0,188	-3,083	
abril	0,05	18	182,4	3,167	0,163	-3,200	
maio	0	79,2	183,1	2,987	0,157	-3,380	
junho	0,01	5,7	182,2	2,773	0,148	-3,594	
julho	0	49,4	219,9	2,547	0,168	-3,820	
total	0,070	445,900	2993,400	46,229	3,159		
média	0,006	37,158	249,450	3,852	0,263		

Tabela 7.31 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de C. dos Alves

Meses	vazões	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
	afuentes (m ³ /s)								
agosto	0	0,206	2,238	0,144	0	0,001	0,033	0	0
setembro	0	0,227	2,046	0,149	0	0	0,033	0	0
outubro	0	0,252	1,848	0,154	0	0	0,033	0	0
novembro	0	0,242	1,667	0,137	0	0	0,033	0	0
dezembro	0	0,235	1,517	0,125	0	0	0,033	0	0
janeiro	0	0,206	1,373	0,102	0	0,003	0,033	0	0
fevereiro	0	0,163	1,286	0,077	0	0,003	0,033	0	0
março	0,01	0,155	1,250	0,072	0	0,002	0,033	0	0
abril	0,05	0,138	1,205	0,062	0	0,004	0,033	0	0
maio	0	0,139	1,137	0,060	0	0,001	0,033	0	0
junho	0,01	0,138	1,055	0,056	0	0,001	0,033	0	0
julho	0	0,167	0,969	0,064	0	0,001	0,033	0	0
total	0,070	2,267	17,591	1,202	0,000	0,016	0,396	0,000	0,000
média	0,006	0,189	1,466	0,100	0,000	0,001	0,033	0,000	0,000

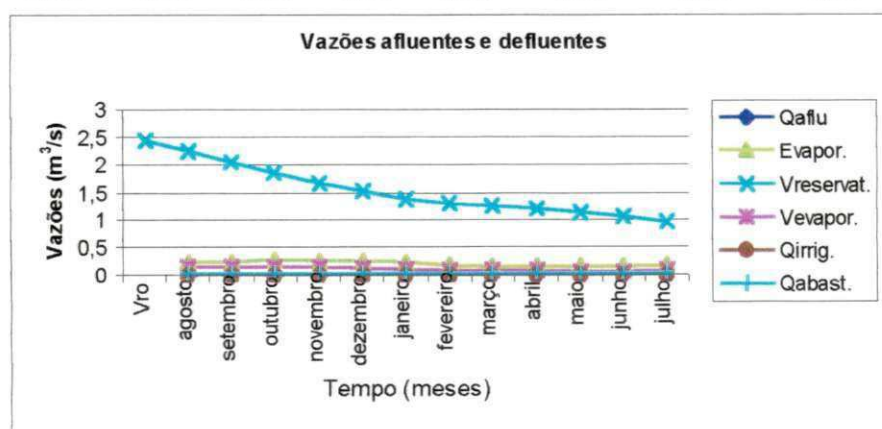


Figura 7.15 – Elementos do balanço hídrico (C. dos Alves Cenário Seco)

Tabela 7.32-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	0	0	0	ano todo
sazonal1	633	24,2	4,39	ago - nov
sazonal2	8	0,31	0,06	set - dez
sazonal3	75	2,85	0,52	out - jan
sazonal4	8	0,32	0,06	nov - fev
sazonal5	94	3,6	0,65	dez - mar
sazonal6	4	0,17	0,03	jan - abr
sazonal7	13	0,5	0,09	fev - mai
sazonal8	5	0,2	0,04	mar - jun
sazonal9	0	0	0	abr - jul
sazonal10	0	0	0	mai - ago
sazonal11	6	0,24	0,04	jun - set
sazonal12	7	0,28	0,05	jul - out
total	853	32,67	5,93	
média	65,62	2,51	0,46	

Tabela 7.33- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	0,766
produção firme (t)	9,19
mão de obra (pesc.)	6
receita líquida (R\$)	10801,65

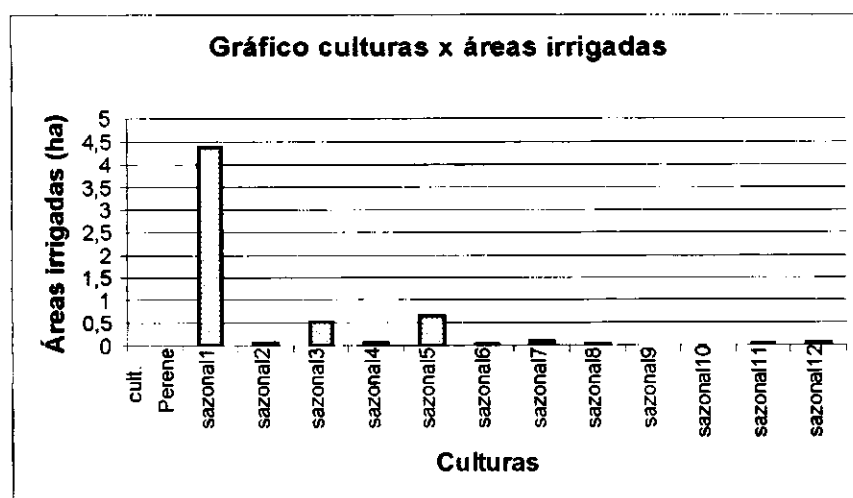


Figura 7.16 – Áreas irrigadas com cada cultura (C. dos Alves Cenário Seco)

Cenário Chuvoso (Tabelas 7.34 a 7.37 e Figuras 7.17 a 7.18)

Tabela 7.34 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	4,8	271,9	2,887	0,228	-1,145
setembro	0	4,3	299,6	2,4	0,22	-1,632
outubro	0	3,6	332,9	1,904	0,208	-2,128
novembro	0,02	5,5	319	1,512	0,17	-2,520
dezembro	0	51,1	310,6	1,144	0,138	-2,888
janeiro	0,27	78,1	272,3	1,061	0,115	-2,971
fevereiro	0,57	106,6	215,4	1,648	0,122	-2,384
março	1,29	411,2	204,1	5,023	0,255	0,991
abril	1,18	224	182,4	7,943	0,311	3,911
maio	0,77	87,6	183,1	8,868	0,335	4,836
junho	0,29	48,5	182,2	8,479	0,324	4,447
julho	0	26	219,9	7,167	0,351	3,135
total	4,390	1051,300	2993,400	50,036	2,777	
média	0,366	87,608	249,450	4,170	0,231	

$V_{max} = \text{capacid. do Reserv.} = 10,61 \cdot 10^5 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 1,061 \cdot 10^5 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,38 \cdot V_{max} = 4032254,48 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 199,00 \text{ ha} = 1,99 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. irrig.}} = 1950 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 1990000$
 $\text{tempo (s)} = 2628000$
 $V_{ro}(\text{m}^3) = 4032254,48$
 $V_{ro}(\text{hm}^3) = 4,03225448$
 $\text{sust} = 100\%$

Tabela 7.35 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			1,534						
agosto	0	0,206	1,099	0,087	0	0,299	0,033	0	0
setembro	0	0,227	0,913	0,084	0,001	0,059	0,033	0	0,001
outubro	0	0,252	0,725	0,079	0	0,065	0,033	0	0
novembro	0,02	0,242	0,575	0,065	0	0,063	0,033	0	0
dezembro	0	0,235	0,435	0,053	0	0,056	0,033	0	0
janeiro	0,27	0,206	0,404	0,044	0	0,236	0,033	0	0
fevereiro	0,57	0,163	0,627	0,046	0	0,293	0,033	0	0
março	1,29	0,155	1,911	0,097	0	0	0,033	0	0
abril	1,18	0,138	3,022	0,118	0	0,04	0,033	0	0
maio	0,77	0,139	3,374	0,127	0	0,317	0,033	0	0
junho	0,29	0,138	3,226	0,123	0,001	0,312	0,033	0	0,001
julho	0	0,167	2,727	0,134	0	0,34	0,033	0	0
total	4,390	2,267	19,040	1,057	0,002	2,080	0,396	0,000	0,002
média	0,366	0,189	1,587	0,088	0,000	0,173	0,033	0,000	0,000

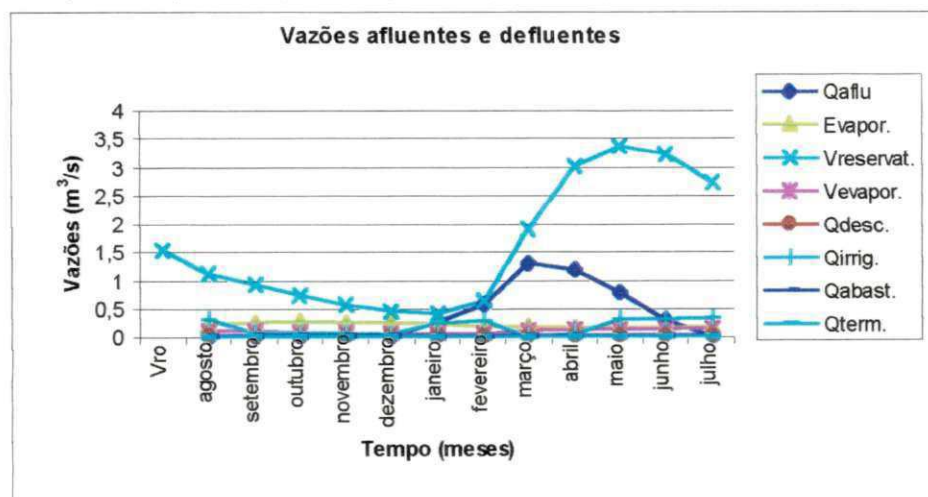


Figura 7.17 – Elementos do balanço hídrico (C. dos Alves Cenário Chuvoso)

Tabela 7.36-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	1430	66,78	10	ano todo
sazonal1	50142	1917,39	348,21	ago - nov
sazonal2	30684	1173,34	213,08	set - dez
sazonal3	21533	823,41	149,53	out - jan
sazonal4	7935	303,42	55,1	nov - fev
sazonal5	34439	1316,92	239,16	dez - mar
sazonal6	1445	55,26	10,04	jan - abr
sazonal7	1440	55,06	10	fev - mai
sazonal8	1440	55,06	10	mar - jun
sazonal9	1440	55,06	10	abr - jul
sazonal10	1440	55,06	10	mai - ago
sazonal11	1440	55,06	10	jun - set
sazonal12	1441	55,12	10,01	jul - out
total	156249	5986,94	1085,13	
média	12019,15	460,53	83,47	

Tabela 7.37- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	0,422
produção firme (t)	5,07
mão de obra (pesc.)	3
receita líquida (R\$)	5951,57

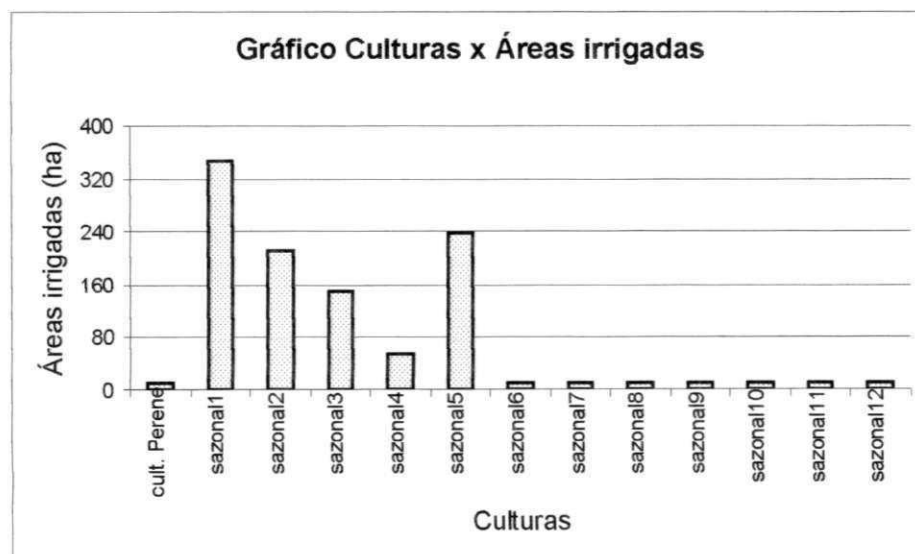


Figura 7.18 – Áreas irrigadas com cada cultura (C. dos Alves Cenário Chuvoso)

Cenário Chuvoso2 (Tabelas 7.38 a 7.41 e Figuras 7.19 a 7.20)

Tabela 7.38 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
junho	0,29	48,5	182,2	5,803	0,252	-1,050
julho	0	26	219,9	5,027	0,275	-1,826
agosto	0	4,8	271,9	4,18	0,297	-2,673
setembro	0	4,3	299,6	3,386	0,282	-3,467
outubro	0	3,6	332,9	2,609	0,259	-4,244
novembro	0,02	5,5	319	1,897	0,199	-4,956
dezembro	0	51,1	310,6	1,123	0,136	-5,730
janeiro	0,27	78,1	272,3	1,064	0,115	-5,789
fevereiro	0,57	106,6	215,4	1,499	0,114	-5,354
março	1,29	411,2	204,1	4,867	0,249	-1,986
abril	1,18	224	182,4	7,561	0,302	0,708
maio	0,77	87,6	183,1	6,853	0,284	0,000
total	4,390	1051,300	2993,400	45,869	2,764	
média	0,366	87,608	249,450	3,822	0,230	

$V_{max} = \text{capacid. do Reserv.} = 10,61 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 1,061 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 6853000 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 199,00 \text{ ha} = 1,99 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A \text{ máx. irrig.} = 1950 \text{ (ha)}$
 $A \text{ bacia} = 1990000$
 $\text{tempo (s)} = 2628000$
 $V_{ro} (\text{m}^3) = 6853000$
 $V_{ro} (\text{hm}^3) = 6,853$
 $\text{sust} = 100\%$

Tabela 7.39 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			2,608						
junho	0,29	0,138	2,208	0,096	0,004	0,578	0,033	0	0,004
julho	0	0,167	1,913	0,105	0	0,163	0,033	0	0
agosto	0	0,206	1,591	0,113	0	0,165	0,033	0	0
setembro	0	0,227	1,288	0,107	0,001	0,147	0,033	0	0,001
outubro	0	0,252	0,993	0,099	0	0,147	0,033	0	0
novembro	0,02	0,242	0,722	0,076	0	0,167	0,033	0	0
dezembro	0	0,235	0,427	0,052	0	0,203	0,033	0	0
janeiro	0,27	0,206	0,405	0,044	0,001	0,226	0,033	0	0,001
fevereiro	0,57	0,163	0,570	0,043	0	0,352	0,033	0	0
março	1,29	0,155	1,852	0,095	0	0	0,033	0	0
abril	1,18	0,138	2,877	0,115	0	0,127	0,033	0	0
maio	0,77	0,139	2,608	0,108	0	0,949	0,033	0	0
total	4,390	2,267	17,454	1,052	0,006	3,224	0,396	0,000	0,006
média	0,366	0,189	1,454	0,088	0,001	0,269	0,033	0,000	0,001

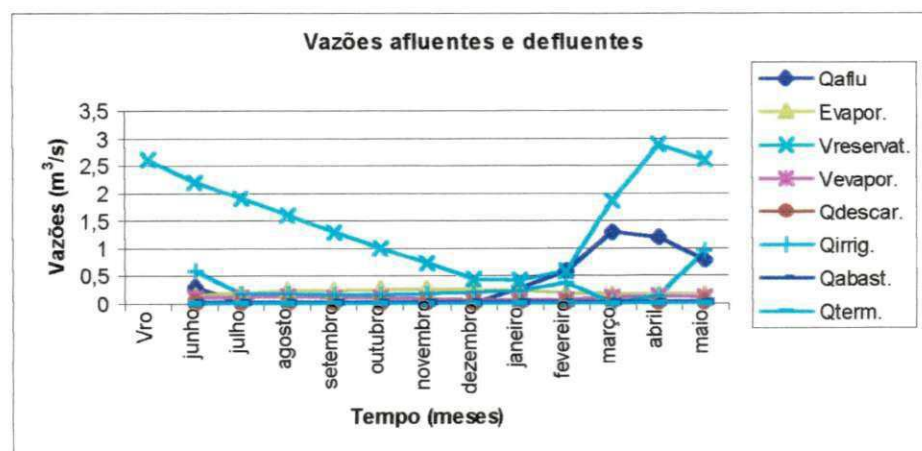


Figura 7.19 – Elementos do balanço hídrico (C. dos Alves Cenário Chuvoso2)

Tabela 7.40-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	3042	142,06	21,27	ano todo
sazonal1	11292	431,82	78,42	jun - set
sazonal2	97307	3720,96	675,74	jul - out
sazonal3	108920	4165,03	756,39	ago - nov
sazonal4	8522	325,86	59,18	set - dez
sazonal5	6973	266,63	48,42	out - jan
sazonal6	4621	176,69	32,09	nov - fev
sazonal7	3599	137,62	24,99	dez - mar
sazonal8	3594	137,45	24,96	jan - abr
sazonal9	2880	110,13	20	fev - mai
sazonal10	2880	110,13	20	mar - jun
sazonal11	8504	325,19	59,06	abr - jul
sazonal12	11037	422,05	76,65	mai - ago
total	273171	10471,62	1897,17	
média	21013,15	805,51	145,94	

Tabela 7.41- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	0,422
produção firme (t)	5,07
mão de obra (pesc.)	3
receita líquida (R\$)	5951,57



Figura 7.20 – Áreas irrigadas com cada cultura (C. dos Alves Cenário Chuvoso2)

Tabela 7.42 - Resumo dos resultados dos quatro cenários climáticos para o reservatório de Cachoeira dos Alves

Cenários	Área irrig.total (ha)	Receita liq.total (mil reais)	Vazão afl.total (m ³ /s)	Volume res. Méd. (m ³ /s)	Volume evap.total (m ³ /s)	Vazão desc.tot. (m ³ /s)	Vazão irrig.total (m ³ /s)	Vazão abas.total (m ³ /s)	Vazão vert.total (m ³ /s)	M. obra irrig.total (diárias)	M. obra p/ pisc. (pescad.)	Produção piscicultura (t)	Receita liq.pisc. (R\$)
Médio	650,08	3282,25	2,92	1,242	0,931	0,002	1,803	0,396	0	85833	4	5,35	6283,77
Normal	777,71	4282,47	2,71	1,18	0,926	0,001	1,608	0,396	0	111992	3	5,07	5951,64
Seco	5,93	32,67	0,07	1,466	1,202	0	0,016	0,396	0	853	6	9,19	10801,7
Chuv.	1085,13	5986,94	4,39	1,587	1,057	0,002	2,08	0,396	0	156249	3	5,07	5951,63
Chuv.2	1897,17	10471,6	4,39	1,454	1,052	0,006	3,224	0,396	0	273171	3	5,07	5962,95

7.5.3 Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas

Cenário Médio (Tabelas 7.43 a 7.46 e Figuras 7.21 a 7.22)

Tabela 7.43 · Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0,01	8	271,9	13,232	0,327	-2,051
setembro	0	10,1	299,6	11,075	0,333	-4,208
outubro	0	9,4	332,9	8,339	0,328	-6,944
novembro	0,03	34,9	319	6,835	0,291	-8,448
dezembro	0,06	59,6	310,6	5,895	0,268	-9,388
janeiro	0,12	88,7	272,3	4,666	0,215	-10,617
fevereiro	0,44	134,7	215,4	4,943	0,174	-10,340
março	1,76	206,9	204,1	9,538	0,213	-5,745
abril	2,69	161,1	182,4	16,337	0,244	1,054
maio	1,42	79,8	183,1	17,839	0,257	2,556
junho	0,66	39,8	182,2	17,081	0,249	1,798
julho	0,17	24	219,9	15,287	0,284	0,004
total	7,360	857,000	2993,400	131,067	3,183	
média	0,613	71,417	249,450	10,922	0,265	

Vmax=capacid. do Reservat.=38,2*10⁶m³

Vmin=10% do Vmax

V0=0,4*Vmax=15282585,2m³

A_{bacia hidráulica}=306,26ha=3,0626*10⁶m²

A máx. irrig. = 3000 (ha)

A_{bacia}= 3062600

tempo(s)= 2628000

Vro (m³) = 15282585,2

Vro (hm³) = 15,283

Sust. = 100%

Tabela 7.44 · Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			5,815						
agosto	0,01	0,317	5,035	0,124	0	0,667	0,004	0	0
setembro	0	0,349	4,214	0,127	0,043	0,652	0,004	0	0,043
outubro	0	0,388	3,173	0,125	0,197	0,717	0,004	0	0,197
novembro	0,03	0,372	2,601	0,111	0,077	0,424	0,004	0	0,077
dezembro	0,06	0,362	2,243	0,102	0	0,336	0,004	0	0
janeiro	0,12	0,317	1,775	0,082	0	0,537	0,004	0	0
fevereiro	0,44	0,251	1,881	0,066	0	0,314	0,004	0	0
março	1,76	0,238	3,629	0,081	0	0	0,004	0	0
abril	2,69	0,213	6,217	0,093	0	0,071	0,004	0	0
maio	1,42	0,213	6,788	0,098	0	0,793	0,004	0	0
junho	0,66	0,212	6,500	0,095	0	0,877	0,004	0	0
julho	0,17	0,256	5,817	0,108	0	0,758	0,004	0	0
total	7,360	3,488	49,873	1,211	0,317	6,146	0,048	0,000	0,317
média	0,613	0,291	4,156	0,101	0,026	0,512	0,004	0,000	0,026

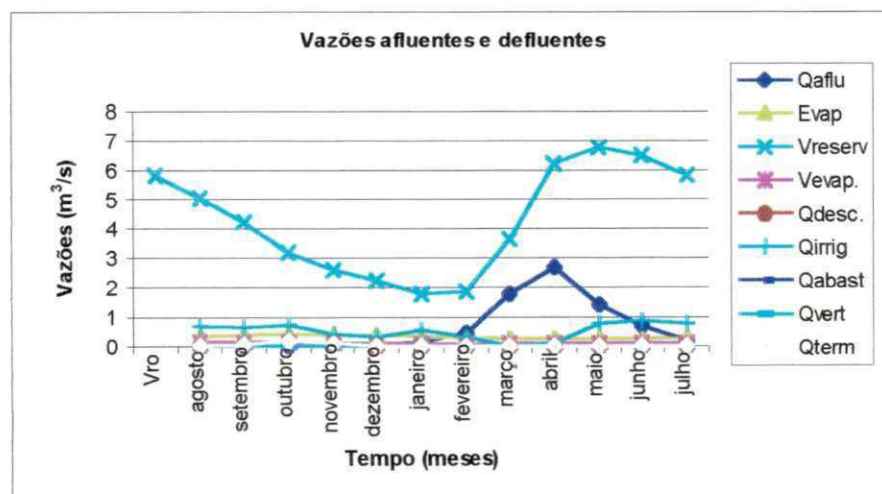


Figura 7.21 – Elementos do balanço hídrico (Bruscas Cenário Médio)

Tabela 7.45 - Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	29	1,35	0,2	todo ano
sazonal 1	97357	3722,87	676,09	ago - nov
sazonal 2	107759	4120,63	748,33	set - dez
sazonal 3	109065	4170,57	757,39	out - jan
sazonal 4	112116	4287,26	778,59	nov - fev
sazonal 5	43720	1671,83	303,61	dez - mar
sazonal 6	15592	596,23	108,28	jan - abr
sazonal 7	24429	934,13	169,64	fev - mai
sazonal 8	69788	2668,64	484,64	mar - jun
sazonal 9	1148	43,92	7,98	abr - jul
sazonal10	5033	192,46	34,95	mai - ago
sazonal11	6975	266,74	48,44	jun - set
sazonal12	90133	3446,64	625,93	jul - out
total	683144	26123,27	4744,07	
média	52549,54	2009,48	364,93	

Tabela 7.46- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,986
produção firme (t)	11,84
mão de obra (pesc.)	8
receita líquida (R\$)	13907,67

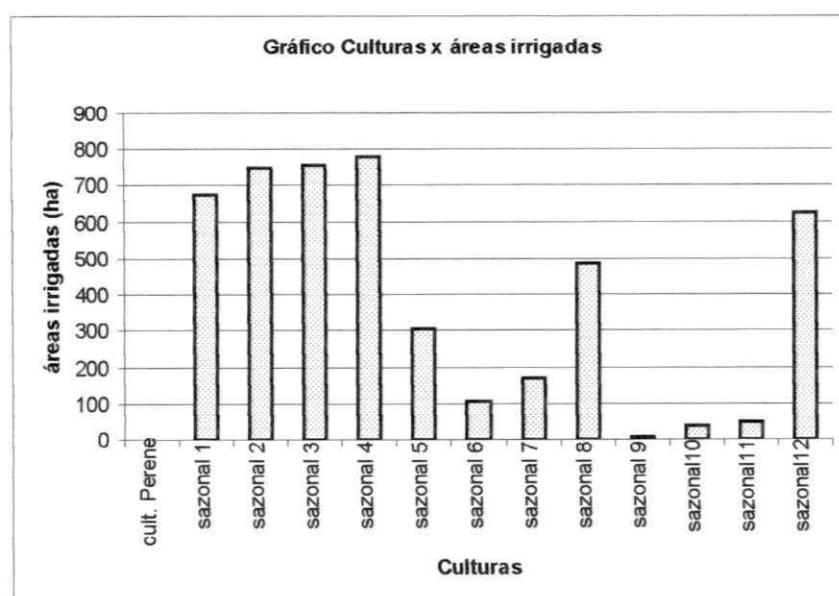


Figura 7.22 – Áreas irrigadas com cada cultura (Bruscas Cenário Médio)

Cenário Normal (Tabelas 7.47 a 7.50 e Figuras 7.23 a 7.24)

Tabela 7.47 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0,01	14	271,9	15,515	0,354	-2,824
setembro	0	0	299,6	12,868	0,356	-5,471
outubro	0	27,7	332,9	10,008	0,354	-8,331
novembro	0	15,3	319	8,071	0,31	-10,268
dezembro	0,01	38,2	310,6	6,284	0,274	-12,055
janeiro	0,04	104	272,3	5,438	0,228	-12,901
fevereiro	0,05	37	215,4	4,291	0,165	-14,048
março	0,15	162,6	204,1	4,547	0,16	-13,792
abril	2,15	287,4	182,4	10,231	0,196	-8,108
maio	2,43	39,5	183,1	15,044	0,235	-3,295
junho	1,53	135,7	182,2	18,662	0,262	0,323
julho	0,92	4,3	219,9	18,38	0,313	0,041
total	7,290	865,700	2993,400	129,339	3,207	
média	0,608	72,142	249,450	10,778	0,267	

$V_{max} = \text{capac. do Reser.} = 38,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$
 $V_0 = 0,48 \cdot V_{max} = 18339102,24 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 306,26 \text{ ha} = 3,0626 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. irrig.}} = 3000 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 3062600$
 $\text{tempo(s)} = 2628000$
 $V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 18339102$
 $V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 18,339$
 $\text{Sust.} = 100\%$

Tabela 7.48 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			6,978						
agosto	0,01	0,317	5,904	0,135	0	0,956	0,004	0	0
setembro	0	0,349	4,896	0,135	0,009	0,858	0,004	0	0,009
outubro	0	0,388	3,808	0,135	0	0,963	0,004	0	0
novembro	0	0,372	3,071	0,118	0	0,62	0,004	0	0
dezembro	0,01	0,362	2,391	0,104	0,001	0,596	0,004	0	0,001
janeiro	0,04	0,317	2,069	0,087	0	0,313	0,004	0	0
fevereiro	0,05	0,251	1,633	0,063	0	0,434	0,004	0	0
março	0,15	0,238	1,730	0,061	0	0,047	0,004	0	0
abril	2,15	0,213	3,893	0,075	0,006	0	0,004	0	0,006
maio	2,43	0,213	5,725	0,089	0,002	0,512	0,004	0	0,002
junho	1,53	0,212	7,101	0,100	0,002	0,122	0,004	0	0,002
julho	0,92	0,256	6,994	0,119	0	0,906	0,004	0	0
total	7,290	3,488	49,216	1,220	0,020	6,327	0,048	0,000	0,020
média	0,608	0,291	4,101	0,102	0,002	0,527	0,004	0,000	0,002

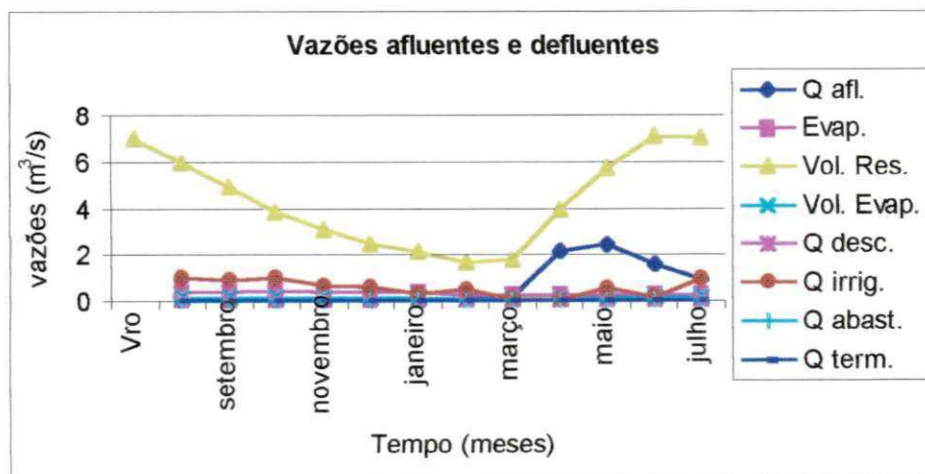


Figura 7.23 – Elementos do balanço hídrico (Bruscas Cenário Normal)

Tabela 7.49-Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	periodo de plantação
cult. Perene	1048	48,94	7,33	todo ano
sazonal1	33000	1261,91	229,17	ago - nov
sazonal2	60904	2328,91	422,94	set - dez
sazonal3	7706	294,67	53,51	out - jan
sazonal4	60139	2299,68	417,63	nov - fev
sazonal5	76196	2913,67	529,14	dez - mar
sazonal6	15048	575,43	104,5	jan - abr
sazonal7	79201	3028,59	550,01	fev - mai
sazonal8	26146	999,82	181,57	mar - jun
sazonal9	18554	709,5	128,85	abr - jul
sazonal10	52772	2017,95	366,47	mai - ago
sazonal11	3277	125,33	22,76	jun - set
sazonal12	35470	1356,35	246,32	jul - out
total	469461	17960,75	3260,2	
média	36112,38	1381,60	250,78	

Tabela 7.50- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,956
produção firme (t)	11,47
mão de obra (pesc.)	8
receita líquida (R\$)	13480,49

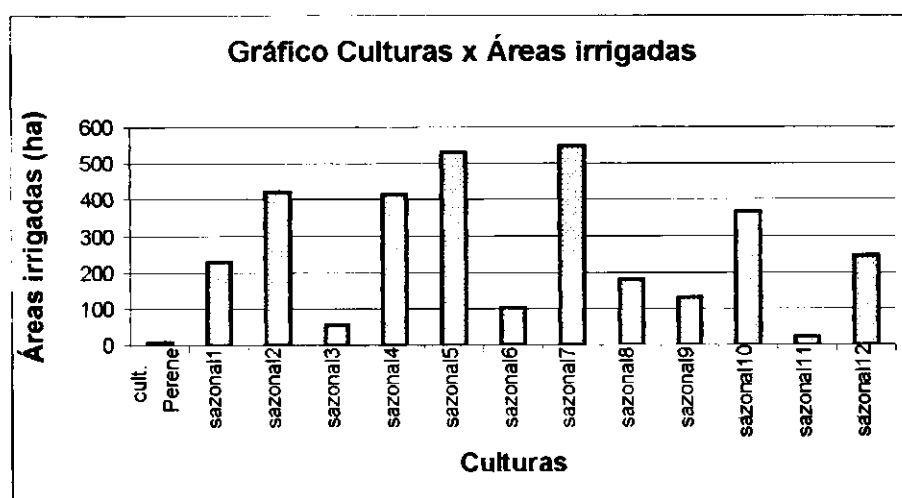


Figura 7.24 – Áreas irrigadas com cada cultura (Bruscas Cenário Normal)

Cenário Seco (Tabelas 7.51 a 7.54 e Figuras 7.25 a 7.26)

Tabela 7.51 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
	afluentes (m ³ /s)					
agosto	0	0	271,9	14,748	0,345	-0,5345852
setembro	0	0	299,6	14,177	0,373	-1,1055852
outubro	0	0	332,9	13,552	0,405	-1,7305852
novembro	0	0	319	12,964	0,38	-2,3185852
dezembro	0,04	34	310,6	12,565	0,365	-2,7175852
janeiro	0,07	27	272,3	12,284	0,317	-2,9985852
fevereiro	0,06	56	215,4	12,152	0,249	-3,1305852
março	0,03	58	204,1	11,971	0,235	-3,3115852
abril	0,16	94	182,4	12,251	0,212	-3,0315852
maio	0,03	23	183,1	12,039	0,211	-3,2435852
junho	0	64,7	182,2	11,837	0,208	-3,4455852
julho	0,01	0	219,9	11,462	0,248	-3,8205852
total	0,400	356,700	2993,400	152,002	3,548	
média	0,033	29,725	249,450	12,667	0,296	

Vmax=capacid. do reservat.=38,2*10⁶m³

Vmin=10% do Vmax

V0=0,4*Vmax=15282585,2m³

Abacia hidráulica=306,26ha=3,0626*10⁶m²

A máx. irrig. = 2000 (ha)

A bacia= 3062600

tempo(s)= 2628000

Vro(m³)= 15282585,2

Vro(hm³)= 15,2825852

Sust. 75%

Tabela 7.52 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
	afluentes (m ³ /s)								
Vro			5,815						
agosto	0	0,317	5,612	0,131	0	0,067	0,004	0	0
setembro	0	0,349	5,395	0,142	0	0,07	0,004	0	0
outubro	0	0,388	5,157	0,154	0	0,077	0,004	0	0
novembro	0	0,372	4,933	0,145	0	0,073	0,004	0	0
dezembro	0,04	0,362	4,781	0,139	0	0,067	0,004	0	0
janeiro	0,07	0,317	4,674	0,121	0	0,066	0,004	0	0
fevereiro	0,06	0,251	4,624	0,095	0	0,042	0,004	0	0
março	0,03	0,238	4,555	0,089	0	0,037	0,004	0	0
abril	0,16	0,213	4,662	0,081	0	0,019	0,004	0	0
maio	0,03	0,213	4,581	0,080	0	0,038	0,004	0	0
junho	0	0,212	4,504	0,079	0	0,029	0,004	0	0
julho	0,01	0,256	4,361	0,094	0	0,054	0,004	0	0
total	0,400	3,488	57,839	1,350	0,000	0,639	0,048	0,000	0,000
média	0,033	0,291	4,820	0,113	0,000	0,053	0,004	0,000	0,000

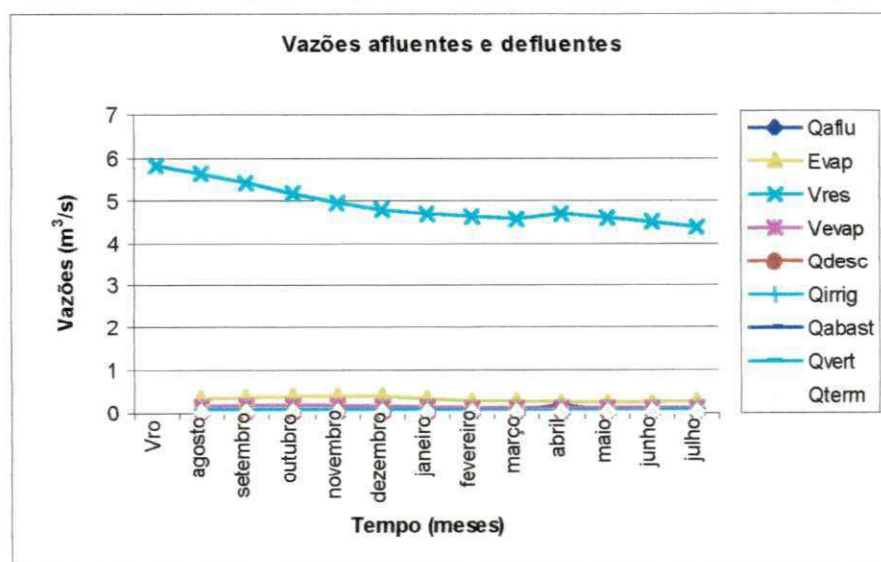


Figura 7.25 – Elementos do balanço hídrico (Bruscas Cenário Seco)

Tabela 7.53- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	0	0	0	todo ano
sazonal1	4048	154,8	28,11	ago - nov
sazonal2	3065	117,22	21,29	set - dez
sazonal3	2510	95,97	17,43	out - jan
sazonal4	3381	129,29	23,48	nov - fev
sazonal5	3482	133,13	24,18	dez - mar
sazonal6	3134	119,82	21,76	jan - abr
sazonal7	3587	137,16	24,91	fev - mai
sazonal8	3488	133,37	24,22	mar - jun
sazonal9	2286	87,42	15,88	abr - jul
sazonal10	3604	137,81	25,03	mai - ago
sazonal11	3694	141,25	25,65	jun - set
sazonal12	2878	110,04	19,98	jul - out
total	39157	1497,28	271,92	
média	3012,08	115,18	20,92	

Tabela 7.54- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	1,409
produção firme (t)	16,91
mão de obra (pesc.)	11
receita líquida (R\$)	19866,38

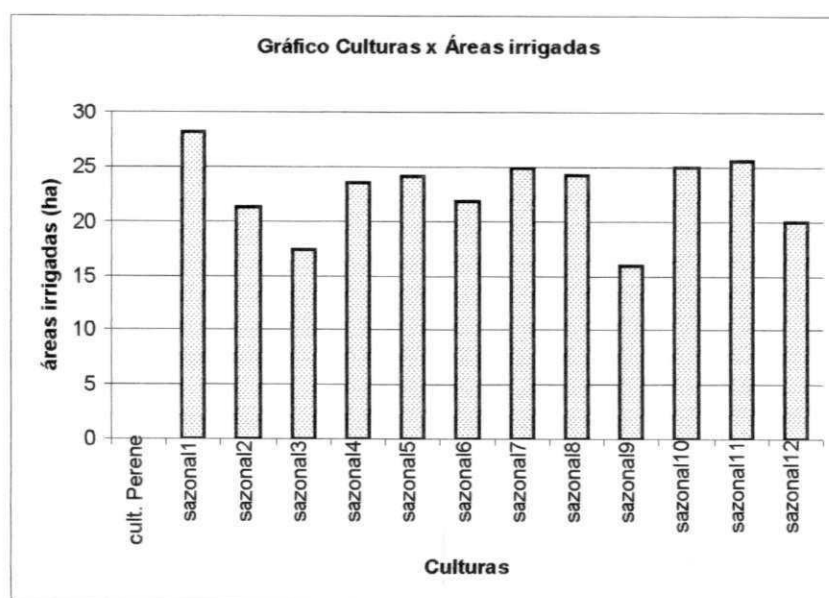


Figura 7.26 – Áreas irrigadas com cada cultura (Bruscas Cenário Seco)

Cenário Chuvoso (Tabelas 7.55 a 7.58 e Figuras 7.27 a 7.28)

Tabela 7.55 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	0	271,9	13,352	0,329	-1,931
setembro	0	0	299,6	11,202	0,334	-4,081
outubro	0	0	332,9	8,3	0,328	-6,983
novembro	0	26	319	6,002	0,277	-9,281
dezembro	0	48,4	310,6	5,281	0,257	-10,002
janeiro	0,04	123,3	272,3	4,977	0,22	-10,306
fevereiro	0,02	95,7	215,4	4,622	0,169	-10,661
março	0,93	561,3	204,1	7,411	0,192	-7,872
abril	8,45	101,7	182,4	27,556	0,337	12,273
maio	2,54	78,3	183,1	31,26	0,373	15,977
junho	0,84	13,7	182,2	30,039	0,36	14,756
julho	0,01	16,4	219,9	28,475	0,417	13,192
total	12,830	1064,800	2993,400	178,477	3,593	
média	1,069	88,733	249,450	14,873	0,299	

$$V_{max} = \text{capacid. do Reservat.} = 38,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$$

$$V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 15282585,2 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{bacia hidráulica}} = 306,26 \text{ ha} = 3,0626 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{máx. iriq.}} = 3000 \text{ (ha)}$$

$$A_{\text{bacia}} = 3062600$$

$$\text{tempo(s)} = 2628000$$

$$V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 15282585,2$$

$$V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 15,283$$

$$\text{Sust.} = 100\%$$

Tabela 7.56 - Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			5,816						
agosto	0	0,317	5,081	0,125	0	0,606	0,004	0	0
setembro	0	0,349	4,263	0,127	0,005	0,68	0,004	0	0,005
outubro	0	0,388	3,158	0,125	0	0,972	0,004	0	0
novembro	0	0,372	2,284	0,105	0	0,774	0,004	0	0
dezembro	0	0,362	2,010	0,098	0	0,19	0,004	0	0
janeiro	0,04	0,317	1,894	0,084	0	0,116	0,004	0	0
fevereiro	0,02	0,251	1,759	0,064	0	0,123	0,004	0	0
março	0,93	0,238	2,820	0,073	0,001	0	0,004	0	0,001
abril	8,45	0,213	10,486	0,128	0,393	0,261	0,004	0	0,393
maio	2,54	0,213	11,895	0,142	0,586	0,46	0,004	0	0,586
junho	0,84	0,212	11,430	0,137	0,586	0,591	0,004	0	0,586
julho	0,01	0,256	10,835	0,159	0	0,458	0,004	0	0
total	12,830	3,488	67,914	1,367	1,571	5,231	0,048	0,000	1,571
média	1,069	0,291	5,659	0,114	0,131	0,436	0,004	0,000	0,131

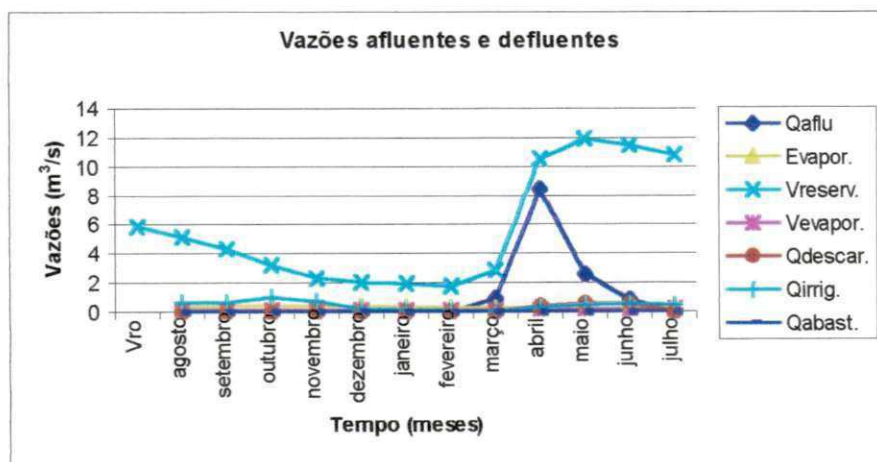


Figura 7.27 – Elementos do balanço hídrico (Bruscas Cenário Chuvoso)

Tabela 7.57- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	3272	152,78	22,88	todo ano
sazonal1	11572	442,5	80,36	ago - nov
sazonal2	61703	2359,48	428,49	set - dez
sazonal3	58015	2218,44	402,88	out - jan
sazonal4	59705	2283,1	414,62	nov - fev
sazonal5	40415	1545,43	280,66	dez - mar
sazonal6	968	37,02	6,72	jan - abr
sazonal7	1486	56,82	10,32	fev - mai
sazonal8	115200	4405,17	800	mar - jun
sazonal9	0	0	0	abr - jul
sazonal10	10865	415,47	75,45	mai - ago
sazonal11	20236	773,82	140,53	jun - set
sazonal12	0	0	0	jul - out
total	383437	14690,03	2662,91	
média	29495,15	1130,00	204,84	

Tabela 7.58- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km²)	0,983
produção firme (t)	11,8
mão de obra (pesc.)	8
receita líquida (R\$)	13859,17

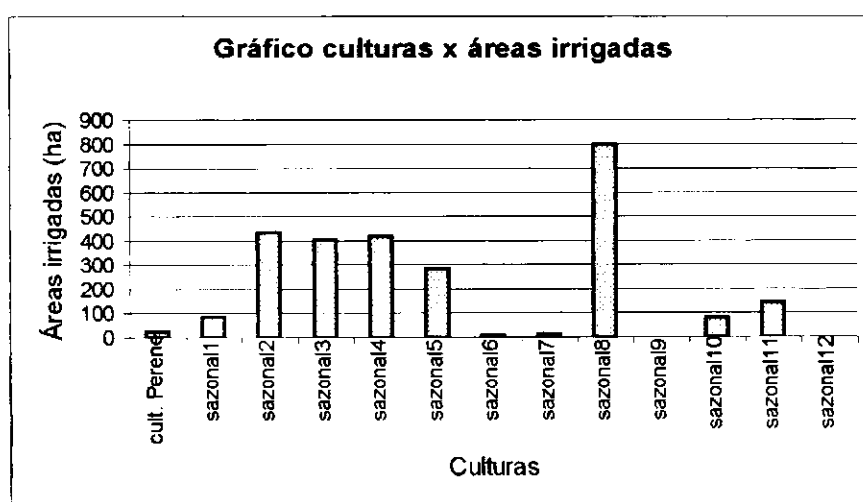


Figura 7.28 – Áreas irrigadas com cada cultura (Bruscas Cenário Chuvoso)

Cenário Chuvoso2 (Tabelas 7.59 a 7.62 e Figuras 7.29 a 7.30)

Tabela 7.59. Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
abril	8,45	101,7	182,4	28,617	0,347	17,036
maio	2,54	78,3	183,1	29,783	0,359	18,202
junho	0,84	13,7	182,2	29,312	0,353	17,731
julho	0,01	16,4	219,9	26,401	0,394	14,820
agosto	0	0	271,9	23,494	0,45	11,913
setembro	0	0	299,6	20,612	0,456	9,031
outubro	0	0	332,9	17,618	0,463	6,037
novembro	0	26	319	14,689	0,404	3,108
dezembro	0	48,4	310,6	12,423	0,363	0,842
janeiro	0,04	123,3	272,3	10,71	0,298	-0,871
fevereiro	0,02	95,7	215,4	8,69	0,216	-2,891
março	0,93	561,3	204,1	11,589	0,231	0,008
total	12,830	1064,800	2993,400	233,938	4,334	
média	1,069	88,733	249,450	19,495	0,361	

$V_{max} = \text{capacid. do Reservat.} = 38,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$

$V_0 = 11581000 \text{ m}^3$

$A_{\text{bacia hidráulica}} = 306,26 \text{ ha} = 3,0626 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

$A_{\text{máx. irrig.}} = 3000 \text{ (ha)}$

$A_{\text{bacia}} = 3062600$

tempo(s) = 2628000

$V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 11581000$

$V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 11,581$

Sust. 100%

Tabela 7.60. Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminalis (m ³ /s)
Vro			4,407						
abril	8,45	0,213	10,889	0,132	1,36	0,49	0,004	0	1,36
maio	2,54	0,213	11,333	0,137	1,357	0,666	0,004	0	1,357
junho	0,84	0,212	11,154	0,134	0	0,898	0,004	0	0
julho	0,01	0,256	10,046	0,150	0,226	0,754	0,004	0	0,226
agosto	0	0,317	8,940	0,171	0	0,929	0,004	0	0
setembro	0	0,349	7,843	0,174	0	0,917	0,004	0	0
outubro	0	0,388	6,704	0,176	0,002	0,954	0,004	0	0,002
novembro	0	0,372	5,589	0,154	0,004	0,969	0,004	0	0,004
dezembro	0	0,362	4,727	0,138	0	0,748	0,004	0	0
janeiro	0,04	0,317	4,075	0,113	0	0,643	0,004	0	0
fevereiro	0,02	0,251	3,307	0,082	0,001	0,753	0,004	0	0,001
março	0,93	0,238	4,410	0,088	0	0	0,004	0	0
total	12,830	3,488	89,018	1,649	2,950	8,721	0,048	0,000	2,950
média	1,069	0,291	7,418	0,137	0,246	0,727	0,004	0,000	0,246

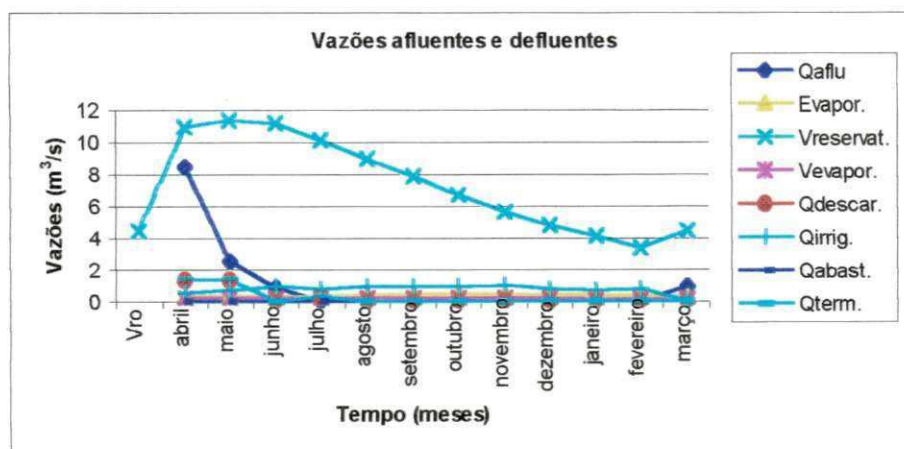


Figura 7.29 – Elementos do balanço hídrico (Bruscas Cenário Chuvoso2)

Tabela 7.61- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	13	0,62	0,09	todo ano
sazonal1	94265	3604,62	654,62	abr - jul
sazonal2	95212	3640,86	661,2	mai - ago
sazonal3	90889	3475,52	631,17	jun - set
sazonal4	78187	2989,83	542,97	jul - out
sazonal5	51714	1977,51	359,12	ago -nov
sazonal6	40205	1537,42	279,2	set - dez
sazonal7	7100	271,51	49,31	out - jan
sazonal8	116243	4445,05	807,24	nov - fev
sazonal9	70	2,68	0,49	dez -mar
sazonal10	234	8,96	1,63	jan - abr
sazonal11	91366	3493,78	634,49	fev - mai
sazonal12	86152	3294,41	598,28	mar - jun
total	751650	28742,77	5219,81	
média	57819,23	2210,98	401,52	

Tabela 7.62- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	1,253
produção firme (t)	15,04
mão de obra (pesc.)	10
receita líquida (R\$)	17671,75

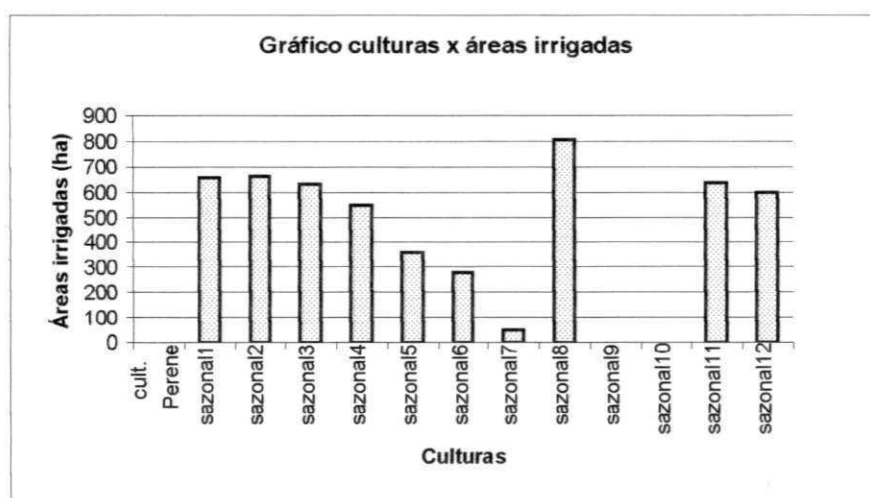


Figura 7.30 – Áreas irrigadas com cada cultura (Bruscas Cenário Chuvoso2)

Tabela 7.63 - Resumo dos resultados dos quatro cenários climáticos para o reservatório de Bruscas

Cenários	Área irrig.total (ha)	Receita liq.total (mil reais)	Vazão afl.total (m ³ /s)	Volume res. Méd. (m ³ /s)	Volume evap.total (m ³ /s)	Vazão desc.tot. (m ³ /s)	Vazão irrig.total (m ³ /s)	Vazão abas.total (m ³ /s)	Vazão vert.total (m ³ /s)	M. obra irrig.total (diárias)	M. obra p/ piscic. (pescad.)	Produção piscicultura (t)	Receita líq.pisc. (R\$)
Médio	4744,07	26123,3	7,36	4,156	1,211	0,317	6,146	0,048	0	683144	8	11,84	13907,7
Normal	3260,2	17960,8	7,29	4,101	1,22	0,02	6,327	0,048	0	469461	8	11,47	13480,5
Seco	271,92	1497,28	0,4	4,82	1,35	0	0,639	0,048	0	39157	11	16,91	19866,4
Chuv.	2662,91	14690	12,83	5,659	1,367	1,571	5,231	0,048	0	383437	8	11,8	13859,2
Chuv.2	5219,81	28742,8	12,83	7,418	1,649	2,95	8,721	0,048	0	751650	10	15,04	17671,8

7.5.4 Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas

Cenário Médio (Tabelas 7.64 a 7.67 e Figuras 7.31 a 7.32)

Tabela 7.64 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença VRes. e Vro (hm ³)
agosto	0	5,4	271,9	17,665	0,217	-2,835
setembro	0	7,8	299,6	14,957	0,205	-5,543
outubro	0	12	332,9	12,708	0,196	-7,792
novembro	0,02	23,6	319	10,605	0,16	-9,895
dezembro	0,06	57,3	310,6	8,013	0,122	-12,487
janeiro	0,1	102,7	272,3	5,938	0,085	-14,562
fevereiro	0,82	171,7	215,4	7,628	0,081	-12,872
março	2,15	255,4	204,1	13,243	0,125	-7,257
abril	2,87	187,8	182,4	20,713	0,169	0,213
maio	1,52	62,6	183,1	23,618	0,191	3,118
junho	0,71	29,4	182,2	22,388	0,181	1,888
julho	0,16	17,1	219,9	20,5	0,202	0,000
total	8,410	932,800	2993,400	177,976	1,934	
média	0,701	77,733	249,450	14,831	0,161	

$V_{max} = \text{capacid. do Reserv.} = 45,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 4,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,45 \cdot V_{max} = 20499949,35 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 237,08 \text{ ha} = 2,3708 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. irrig.}} = 2500 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 2370800$
 $\text{tempo(s)} = 2628000$
 $V_{ro}(\text{m}^3) = 20499949,35$
 $V_{ro}(\text{hm}^3) = 20,500$
 $\text{Sust.} = 100\%$

Tabela 7.65 - Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Canoas

Meses	vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			7,801						
agosto	0	0,245	6,722	0,083	0	1	0	0	0
setembro	0	0,270	5,691	0,078	0	0,955	0	0	0
outubro	0	0,300	4,836	0,075	0,001	0,783	0	0	0,001
novembro	0,02	0,288	4,035	0,061	0,002	0,764	0	0	0,002
dezembro	0,06	0,280	3,049	0,046	0,019	0,994	0	0	0,019
janeiro	0,1	0,246	2,260	0,032	0	0,879	0	0	0
fevereiro	0,82	0,194	2,903	0,031	0	0,168	0	0	0
março	2,15	0,184	5,039	0,048	0	0	0	0	0
abril	2,87	0,165	7,882	0,064	0	0	0	0	0
maio	1,52	0,165	8,987	0,073	0	0,362	0	0	0
junho	0,71	0,164	8,519	0,069	0	0,586	0	0	0
julho	0,16	0,198	7,801	0,077	0,004	0,808	0	0	0,004
total	8,410	2,700	67,723	0,736	0,026	7,299	0,000	0,000	0,026
média	0,701	0,225	5,644	0,061	0,002	0,608	0,000	0,000	0,002

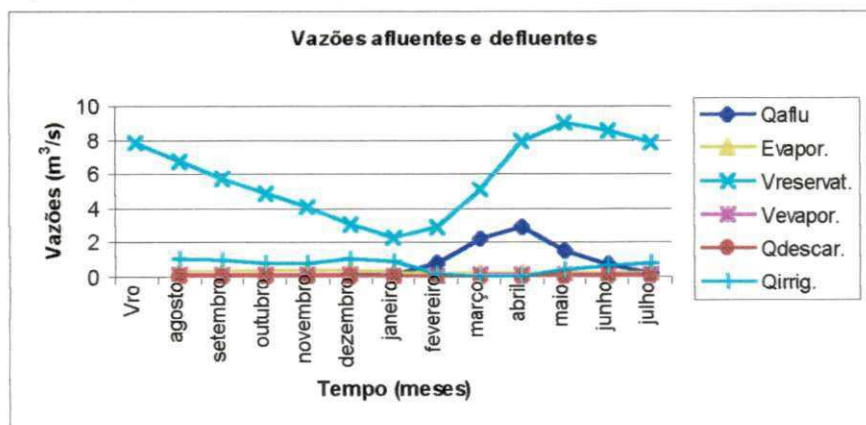


Figura 7.31 – Elementos do balanço hídrico (Canoas Cenário Médio)

Tabela 7.66- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur. (ha)	período de plantação
cult. Perene	26046	1216,31	182,14	todo ano
sazonal1	127962	4893,18	888,62	ago - nov
sazonal2	25044	957,68	173,92	set - dez
sazonal3	36416	1392,52	252,89	out - jan
sazonal4	36037	1378,02	250,26	nov - fev
sazonal5	35872	1371,73	249,11	dez - mar
sazonal6	78844	3014,93	547,53	jan - abr
sazonal7	26820	1025,59	186,25	fev - mai
sazonal8	24005	917,93	166,7	mar - jun
sazonal9	27021	1033,27	187,65	abr - jul
sazonal10	33593	1284,57	233,28	mai - ago
sazonal11	30616	1170,73	212,61	jun - set
sazonal12	134353	5137,58	933,01	jul - out
total	642629	24794,04	4463,97	
média	49433,00	1907,23	343,38	

Tabela 7.67- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,389
produção firme (t)	4,67
mão de obra (pesc.)	3
receita líquida (R\$)	5485,95

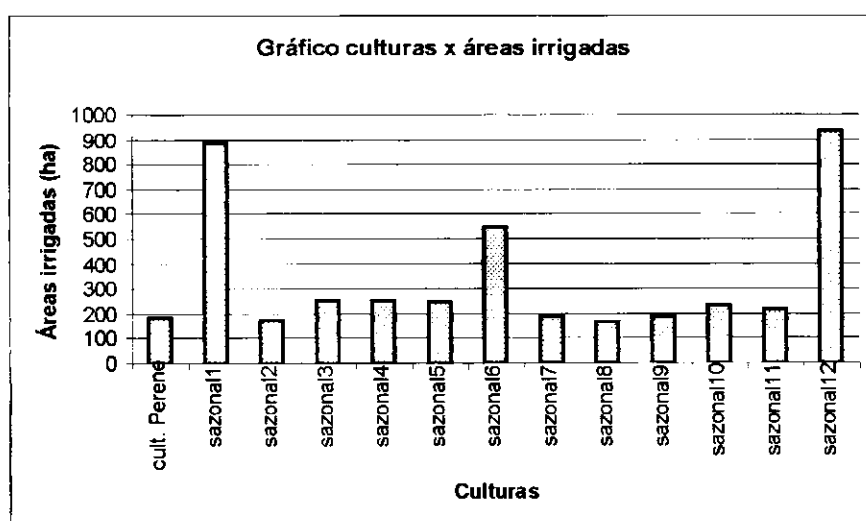


Figura 7.32 – Áreas irrigadas com cada cultura (Canoas Cenário Médio)

Cenário Normal (Tabelas 7.68 a 7.71 e Figuras 7.33 a 7.34)

Tabela 7.68 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões	Precipit.	Evapor.	Volume	Volume	Diferença
	afluentes (m ³ /s)	(mm)	(mm)	Reservat. (hm ³)	Evapor. (hm ³)	VRes. e Vro (hm ³)
agosto	0,01	0	271,9	15,753	0,195	-2,469
setembro	0	0	299,6	13,319	0,184	-4,903
outubro	0	0	332,9	11,021	0,172	-7,201
novembro	0	16,5	319	8,704	0,135	-9,518
dezembro	0,39	124,8	310,6	8,497	0,128	-9,725
janeiro	0,01	111,7	272,3	7,211	0,098	-11,011
fevereiro	0,15	88,7	215,4	6,341	0,07	-11,881
março	0,58	496,4	204,1	7,98	0,08	-10,242
abril	2,23	79,8	182,4	12,414	0,105	-5,808
maio	2,13	0	183,1	15,448	0,129	-2,774
junho	2,13	0	182,2	18,561	0,152	0,339
julho	0,81	0	219,9	18,238	0,181	0,016
total	8,440	917,900	2993,400	143,487	1,629	
média	0,703	76,492	249,450	11,957	0,136	

$V_{max} = \text{capacid. do Reser.} = 45,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 4,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 18222177,2 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 237,08 \text{ ha} = 2,3708 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. irrig.}} = 2500 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 2370800$
 $\text{tempo (s)} = 2628000$
 $V_{ro} (\text{m}^3) = 18222177,2$
 $V_{ro} (\text{hm}^3) = 18,222$
 $\text{Sust.} = 100\%$

Tabela 7.69 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões	Evapor.	Volume	Volume	Vazão de	Vazão tom.	Vazão tom.	Vazão de	Vazões
	afluentes (m ³ /s)	(m ³ /s)	Reservat. (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	descarga (m ³ /s)	d'água irrig.(m ³ /s)	d'água abast.(m ³ /s)	vertimento (m ³ /s)	terminais (m ³ /s)
Vro			6,934						
agosto	0,01	0,245	5,994	0,074	0	0,876	0	0	0
setembro	0	0,270	5,068	0,070	0	0,856	0	0	0
outubro	0	0,300	4,194	0,065	0	0,808	0	0	0
novembro	0	0,288	3,312	0,051	0	0,834	0	0	0
dezembro	0,39	0,280	3,233	0,049	0	0,445	0	0	0
janeiro	0,01	0,246	2,744	0,037	0	0,485	0	0	0
fevereiro	0,15	0,194	2,413	0,027	0	0,471	0	0	0
março	0,58	0,184	3,037	0,030	0	0	0	0	0
abril	2,23	0,165	4,724	0,040	0	0,507	0	0	0
maio	2,13	0,165	5,878	0,049	0,001	0,918	0	0	0,001
junho	2,13	0,164	7,063	0,058	0	0,879	0	0	0
julho	0,81	0,198	6,940	0,069	0	0,864	0	0	0
total	8,440	2,700	54,599	0,620	0,001	7,943	0,000	0,000	0,001
média	0,703	0,225	4,550	0,052	0,000	0,662	0,000	0,000	0,000

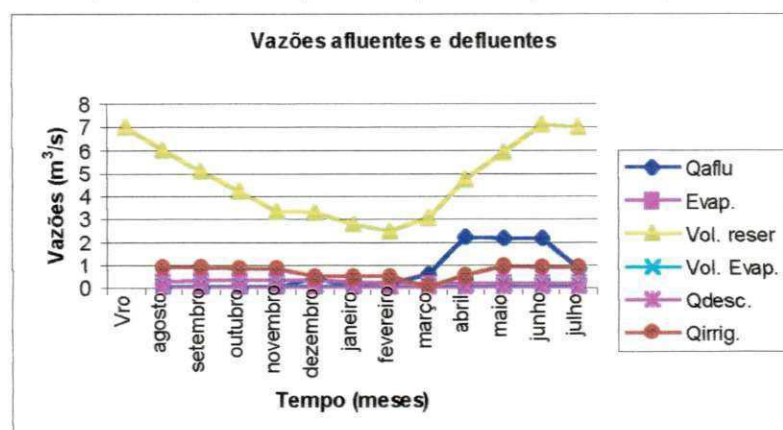


Figura 7.33 – Elementos do balanço hídrico (Canoas Cenário Normal)

Tabela 7.70- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	835	39	5,84	todo ano
sazonal1	48408	1851,08	336,17	ago - nov
sazonal2	63075	2411,95	438,02	set - dez
sazonal3	77189	2951,66	536,04	out - jan
sazonal4	81027	3098,4	562,68	nov - fev
sazonal5	45144	1726,26	313,5	dez - mar
sazonal6	57295	2190,93	397,88	jan - abr
sazonal7	29005	1109,12	201,42	fev - mai
sazonal8	42671	1631,72	296,33	mar - jun
sazonal9	28980	1108,18	201,25	abr - jul
sazonal10	28914	1105,64	200,79	mai - ago
sazonal11	51089	1953,6	354,78	jun - set
sazonal12	50594	1934,68	351,35	jul - out
total	604226	23112,22	4196,05	
média	46478,92	1777,86	322,77	

Tabela 7.71- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,409
produção firme (t)	4,9
mão de obra (pesc.)	3
receita líquida (R\$)	5761,51

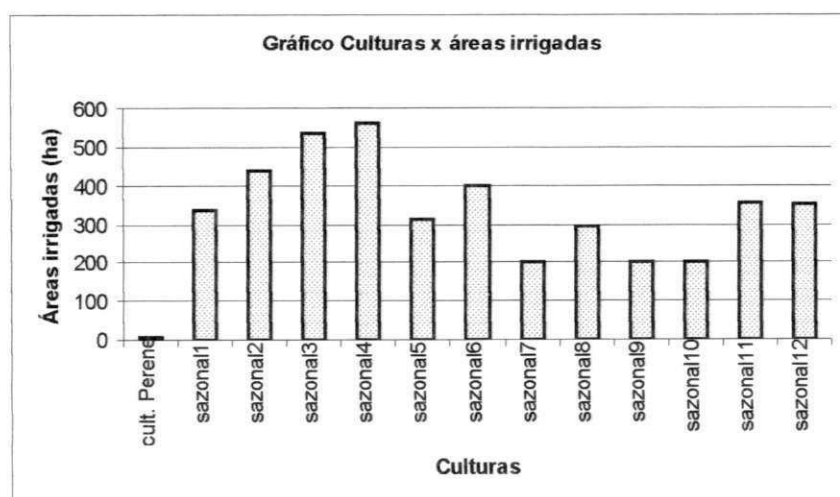


Figura 7.34 – Áreas irrigadas com cada cultura (Canoas Cenário Normal)

Cenário Seco (Tabelas 7.72 a 7.75 e Figuras 7.35 a 7.36)

Tabela 7.72. Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões	Precipit.	Evapor.	Volume	Volume	Diferença
	afluentes (m ³ /s)	(mm)	(mm)	Reservat. (hm ³)	Evapor. (hm ³)	VRes. e Vro (hm ³)
agosto	0	0	271,9	17,859	0,219	-0,363
setembro	0	0	299,6	17,617	0,239	-0,605
outubro	0	21,1	332,9	17,373	0,262	-0,849
novembro	0	0	319	17,121	0,248	-1,101
dezembro	0,04	47,2	310,6	16,528	0,233	-1,694
janeiro	0,07	7	272,3	15,704	0,195	-2,518
fevereiro	0,07	92,5	215,4	15,282	0,15	-2,940
março	0,03	63	204,1	14,761	0,138	-3,461
abril	0,17	137,1	182,4	15,162	0,126	-3,060
maio	0,04	0	183,1	14,668	0,123	-3,554
junho	0	0	182,2	14,087	0,118	-4,135
julho	0,01	0	219,9	13,667	0,139	-4,555
total	0,430	367,900	2993,400	189,829	2,190	
média	0,036	30,658	249,450	15,819	0,183	

$V_{max} = \text{capacid. do Reser.} = 45,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 4,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 18222177,2 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 237,08 \text{ ha} = 2,3708 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx irrig.}} = 2500 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 2370800$
 $\text{tempo (s)} = 2628000$
 $V_{ro} (\text{m}^3) = 18222177,2$
 $V_{ro} (\text{hm}^3) = 18,222$
 $\text{sust} = 75\%$

Tabela 7.73. Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões	Evapor.	Volume	Volume	Vazão de	Vazão tom.	Vazão tom.	Vazão de	Vazões
	afluentes (m ³ /s)	(m ³ /s)	Reservat. (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	descarga (m ³ /s)	d'água irrig.(m ³ /s)	d'água abast.(m ³ /s)	vertimento (m ³ /s)	terminais (m ³ /s)
Vro			6,934						
agosto	0	0,245	6,796	0,083	0	0,054	0	0	0
setembro	0	0,270	6,704	0,091	0	0	0	0	0
outubro	0	0,300	6,611	0,100	0	0	0	0	0
novembro	0	0,288	6,515	0,094	0	0	0	0	0
dezembro	0,04	0,280	6,289	0,089	0	0,194	0	0	0
janeiro	0,07	0,246	5,976	0,074	0	0,312	0	0	0
fevereiro	0,07	0,194	5,815	0,057	0	0,205	0	0	0
março	0,03	0,184	5,617	0,053	0	0,197	0	0	0
abril	0,17	0,165	5,769	0,048	0	0,013	0	0	0
maio	0,04	0,165	5,581	0,047	0	0,181	0	0	0
junho	0	0,164	5,360	0,045	0	0,177	0	0	0
julho	0,01	0,198	5,201	0,053	0	0,117	0	0	0
total	0,430	2,700	72,233	0,833	0,000	1,450	0,000	0,000	0,000
média	0,036	0,225	6,019	0,069	0,000	0,121	0,000	0,000	0,000

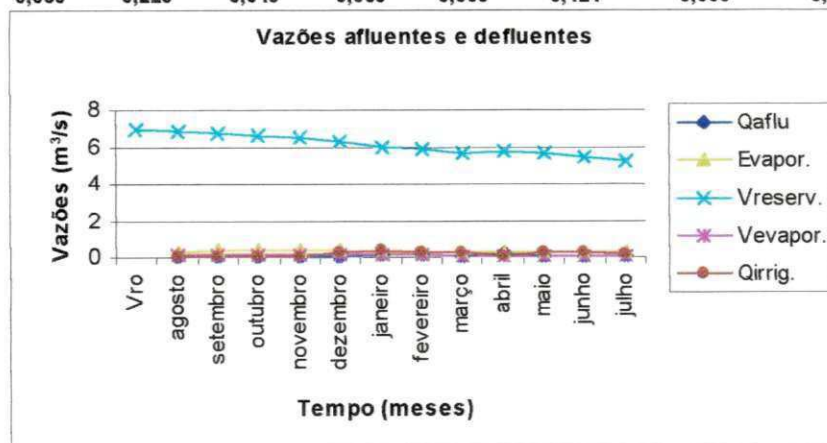


Figura 7.35 – Elementos do balanço hídrico (Canoas Cenário Seco)

Tabela 7.74- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	0	0	0	todo ano
sazonal1	5	0,17	0,03	ago - nov
sazonal2	1401	53,59	9,73	set - dez
sazonal3	22968	878,3	159,5	out - jan
sazonal4	15160	579,7	105,28	nov - fev
sazonal5	11360	434,39	78,89	dez - mar
sazonal6	0	0	0	jan - abr
sazonal7	0	0	0	fev - mai
sazonal8	0	0	0	mar - jun
sazonal9	0	0	0	abr - jul
sazonal10	0	0	0	mai - ago
sazonal11	16	0,63	0,11	jun - set
sazonal12	60758	2323,33	421,93	jul - out
total	111668	4270,11	775,47	
média	8589,85	328,47	59,65	

Tabela 7.75- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,787
produção firme (t)	9,45
mão de obra (pesc.)	6
receita líquida (R\$)	11102,69

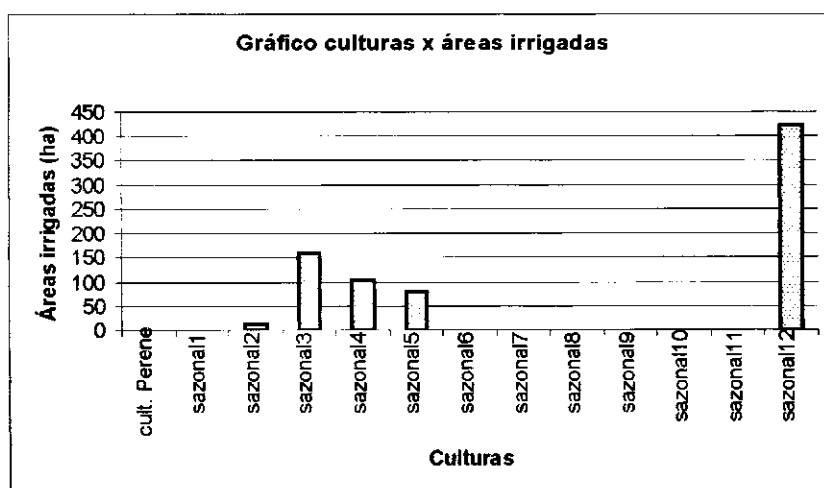


Figura 7.36 – Áreas irrigadas com cada cultura (Canoas Cenário Seco)

Cenário Chuvoso (Tabelas 7.76 a 7.79 e Figuras 7.37 a 7.38)

Tabela 7.76 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença VRes. e Vro (hm ³)
agosto	0	19,1	271,9	16,466	0,204	-1,756
setembro	0	217,4	299,6	14,721	0,202	-3,501
outubro	0	570,9	332,9	12,184	0,189	-6,038
novembro	0	199,9	319	9,026	0,139	-9,196
dezembro	0	0	310,6	5,828	0,095	-12,394
janeiro	0	0	272,3	5,256	0,078	-12,966
fevereiro	0	0	215,4	4,562	0,056	-13,660
março	0,91	0	204,1	5,341	0,059	-12,881
abril	6,16	0	182,4	18,877	0,155	0,655
maio	3,82	0	183,1	27,978	0,222	9,756
junho	1,88	116,3	182,2	31,855	0,247	13,633
julho	0,4	60,8	219,9	31,8	0,298	13,578
total	13,170	1184,400	2993,400	183,894	1,944	
média	1,098	98,700	249,450	15,325	0,162	

$V_{max} = \text{capacid. do Reserv.} = 45,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 4,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 18222177,2 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 237,08 \text{ ha} = 2,3708 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. iriq.}} = 20000 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 2370800$
 tempo (s) = 2628000
 $V_{ro} (\text{m}^3) = 18222177,2$
 $V_{ro} (\text{hm}^3) = 18,222$
 Sust = 100%

Tabela 7.77 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			6,934						
agosto	0	0,245	6,266	0,078	0,197	0,394	0	0	0,197
setembro	0	0,270	5,602	0,077	0,157	0,43	0	0	0,157
outubro	0	0,300	4,636	0,072	0	0,892	0	0	0
novembro	0	0,288	3,435	0,053	0,161	0,987	0	0	0,161
dezembro	0	0,280	2,218	0,036	0,182	1	0	0	0,182
janeiro	0	0,246	2,000	0,030	0,2	0,017	0	0	0,2
fevereiro	0	0,194	1,736	0,021	0,273	0	0	0	0,273
março	0,91	0,184	2,032	0,022	0,666	0	0	0	0,666
abril	6,16	0,165	7,183	0,059	0,746	0,175	0	0	0,746
maio	3,82	0,165	10,646	0,084	0,057	0,2	0	0	0,057
junho	1,88	0,164	12,121	0,094	0,058	0,244	0	0	0,058
julho	0,4	0,198	12,100	0,113	0,047	0,282	0	0	0,047
total	13,170	2,700	69,975	0,740	2,744	4,621	0,000	0,000	2,744
média	1,098	0,225	5,831	0,062	0,229	0,385	0,000	0,000	0,229

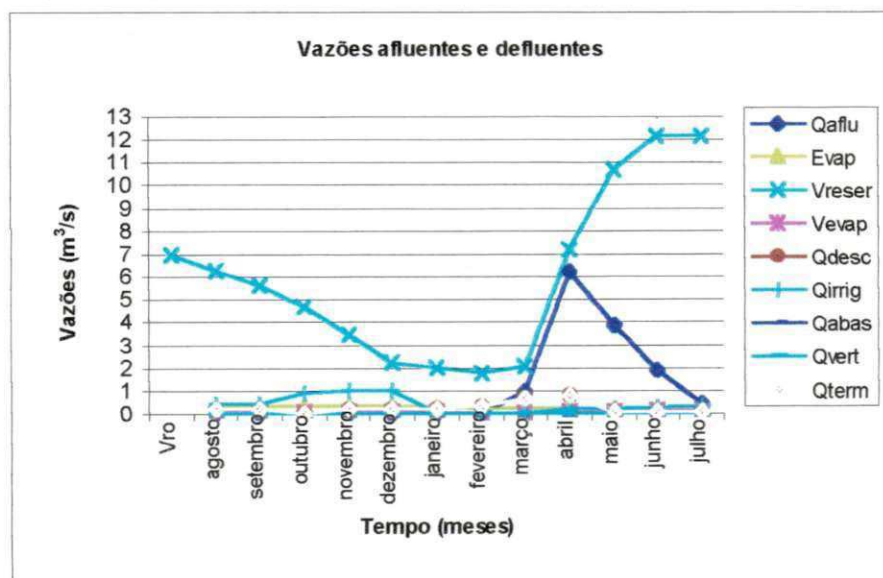


Figura 7.37 – Elementos do balanço hídrico (Canoas Cenário Chuvoso)

Tabela 7.78- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	25148	1174,37	175,86	todo ano
sazonal1	10632	406,55	73,83	ago - nov
sazonal2	4942	188,99	34,32	set - dez
sazonal3	6018	230,13	41,79	out - jan
sazonal4	19674	752,31	136,62	nov - fev
sazonal5	11188	427,81	77,69	dez - mar
sazonal6	14560	556,78	101,11	jan - abr
sazonal7	12531	479,18	87,02	fev - mai
sazonal8	23758	908,47	164,98	mar - jun
sazonal9	4729	180,82	32,84	abr - jul
sazonal10	116176	4442,48	806,78	mai - ago
sazonal11	33	1,25	0,23	jun - set
sazonal12	1744	66,69	12,11	jul - out
total	251133	9815,83	1745,18	
média	19317,92	755,06	134,24	

Tabela 7.79- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,324
produção firme (t)	3,89
mão de obra (pesc.)	3
receita líquida (R\$)	4569,95

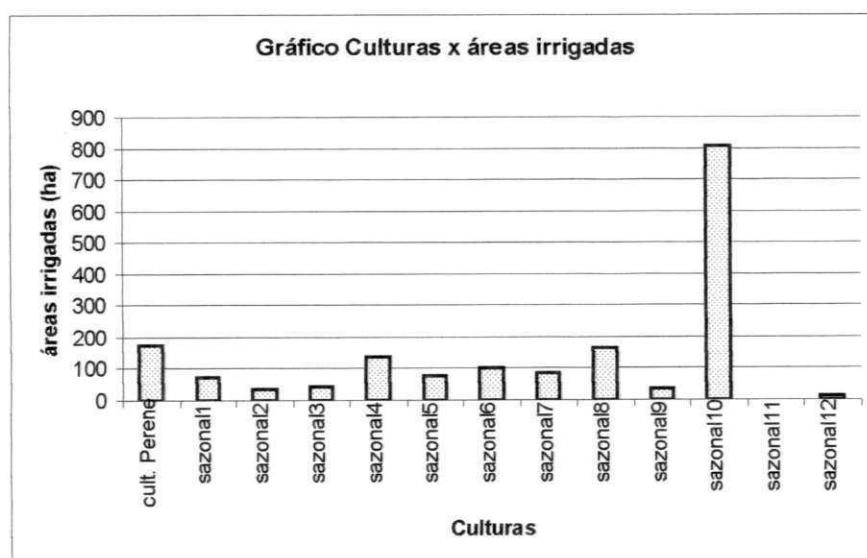


Figura 7.38 – Áreas irrigadas com cada cultura (Canoas Cenário Chuvoso)

Cenário Chuvoso2 (Tabelas 7.80 a 7.83 e Figuras 7.39 a 7.40)

Tabela 7.80 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões	Precipit.	Evapor.	Volume	Volume	Diferença
	afluentes (m ³ /s)	(mm)	(mm)	Reservat. (hm ³)	Evapor. (hm ³)	VRes. e Vro (hm ³)
abril	6,16	19,1	182,4	29,512	0,232	9,012
maio	3,82	217,4	183,1	36,767	0,28	16,267
junho	1,88	570,9	182,2	33,42	0,257	12,920
julho	0,4	199,9	219,9	30,029	0,284	9,529
agosto	0	0	271,9	27,61	0,326	7,110
setembro	0	0	299,6	26,11	0,342	5,610
outubro	0	0	332,9	23,915	0,351	3,415
novembro	0	0	319	21,632	0,307	1,132
dezembro	0	0	310,6	18,522	0,259	-1,978
janeiro	0	0	272,3	17,974	0,221	-2,526
fevereiro	0	116,3	215,4	17,761	0,173	-2,739
março	0,91	60,8	204,1	20,57	0,188	0,070
total	13,170	1184,400	2993,400	303,822	3,220	
média	1,098	98,700	249,450	25,319	0,268	

$V_{max} = \text{capacid. do Reserv.} = 45,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 4,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,45 \cdot V_{max} = 20499949,35 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 237,08 \text{ ha} = 2,3708 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. irrig.}} = 3500 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} = 2370800$
 $\text{tempo (s)} = 2628000$
 $V_{ro} (\text{m}^3) = 20499949,4$
 $V_{ro} (\text{hm}^3) = 20,500$
 $\text{Sust} = 100\%$

Tabela 7.81 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões	Precipit.	Evapor.	Volume	Volume	Vazão de	Vazão tom.	Vazão tom.	Vazão de	Vazões
	afluentes (m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	Reserv. (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	descarga (m ³ /s)	d'água irrig.(m ³ /s)	d'água abast.(m ³ /s)	vertimento (m ³ /s)	terminais (m ³ /s)
Vro				7,801						
abril	6,16	0,017	0,165	11,230	0,088	1,631	1	0	0	1,631
maio	3,82	0,196	0,165	13,990	0,107	0,079	0,865	0	0	0,079
junho	1,88	0,515	0,164	12,717	0,098	2,089	0,978	0	0	2,089
julho	0,4	0,180	0,198	11,427	0,108	0,649	0,963	0	0	0,649
agosto	0	0,000	0,245	10,506	0,124	0,008	0,79	0	0	0,008
setembro	0	0,000	0,270	9,935	0,130	0	0,44	0	0	0
outubro	0	0,000	0,300	9,100	0,134	0	0,7	0	0	0
novembro	0	0,000	0,288	8,231	0,117	0,024	0,728	0	0	0,024
dezembro	0	0,000	0,280	7,048	0,099	0,085	1	0	0	0,085
janeiro	0	0,000	0,246	6,839	0,084	0,084	0,118	0	0	0,084
fevereiro	0	0,105	0,194	6,758	0,066	0,084	0,012	0	0	0,084
março	0,91	0,055	0,184	7,827	0,072	0	0	0	0	0
total	13,170	1,068	2,700	115,610	1,225	4,733	7,594	0,000	0,000	4,733
média	1,098	0,089	0,225	9,634	0,102	0,394	0,633	0,000	0,000	0,394

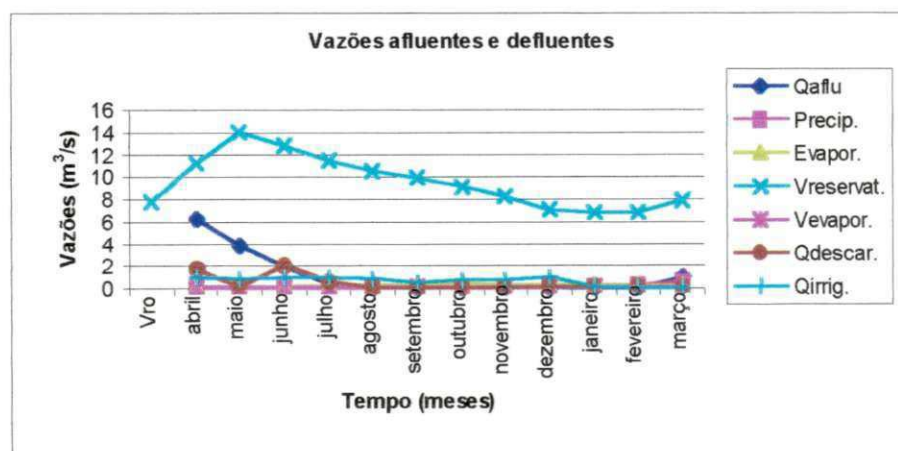


Figura 7.39 – Elementos do balanço hídrico (Canoas Cenário Chuvoso2)

Tabela 7.82- Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	1	0,07	0,01	todo ano
sazonal1	174422	6669,79	1211,27	abr - jul
sazonal2	37959	1451,53	263,6	mai - ago
sazonal3	28113	1075,02	195,23	jun - set
sazonal4	116224	4444,33	807,11	jul - out
sazonal5	107252	4101,25	744,81	ago -nov
sazonal6	10078	385,38	69,99	set - dez
sazonal7	1744	66,68	12,11	out - jan
sazonal8	61612	2356	427,86	nov - fev
sazonal9	7487	286,28	51,99	dez -mar
sazonal10	39067	1493,89	271,3	jan - abr
sazonal11	23676	905,36	164,42	fev - mai
sazonal12	139767	5344,59	970,6	mar - jun
total	747402	28580,17	5190,3	
média	57492,46	2198,47	399,25	

Tabela 7.83- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	1,004
produção firme (t)	12,04
mão de obra (pesc.)	8
receita líquida (R\$)	14151,8

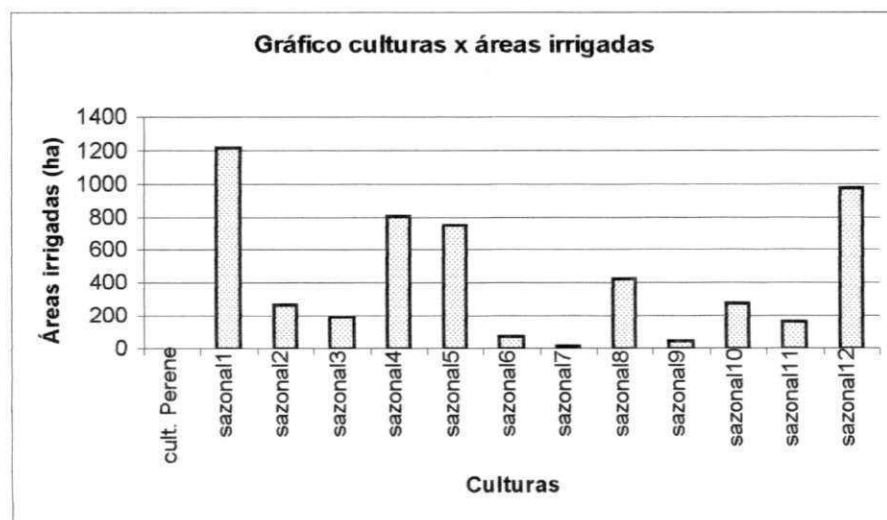


Figura 7.40 – Áreas irrigadas com cada cultura (Canoas Cenário Chuvoso2)

Tabela 7.84 - Resumo dos resultados dos quatro cenários climáticos para o reservatório de Canoas

Cenários	Área irrig.total (ha)	Receita líq.total (mil reais)	Vazão afl.total (m ³ /s)	Volume res. Méd. (m ³ /s)	Volume evap.total (m ³ /s)	Vazão desc.tot. (m ³ /s)	Vazão irrig.total (m ³ /s)	Vazão abas.total (m ³ /s)	Vazão vert.total (m ³ /s)	M. obra irrig.total (diárias)	M. obra p/ piscic. (pescad.)	Produção piscicultura (t)	Receita líq.pisc. (R\$)
Médio	4463,97	24794	8,41	5,644	0,736	0,026	7,299	0	0	642629	3	4,67	5485,95
Normal	4196,05	23112,2	8,44	4,55	0,62	0,001	7,943	0	0	604226	3	4,9	5761,51
Seco	775,47	4270,11	0,43	6,019	0,833	0	1,45	0	0	111668	6	9,45	11102,7
Chuv.	1745,18	9815,83	13,17	5,831	0,74	2,744	4,621	0	0	251133	3	3,89	4569,95
Chuv.2	5190,3	28580,2	13,17	9,634	1,225	4,733	7,594	0	0	747402	8	12,04	14151,8

7.5.5 Resultados Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda

Cenário Médio (Tabelas 7.85 a 7.88 e Figuras 7.41 a 7.42)

Tabela 7.85 Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)	
agosto	0,01	5,4	271,9	35,675	0,719	-3,320	Vmax=capacid. do Reserv.=97,49*10 ⁶ m ³ Vmin=10% do Vmax=9,749*10 ⁶ m ³ V0=0,4*Vmax=38995235,6m ³ Abacia hidráulica=640,77ha=6,4077*10 ⁶ m ² A máx. irrig. = 10000 (ha) Abacia(m ²)= 6407700 tempo (s)= 2628000 Vro(m ³)= 38995235,6 Vro(hm ³)= 38,995 Sust= 100%
setembro	0	7,8	299,6	32,404	0,743	-6,591	
outubro	0	12	332,9	30,048	0,785	-8,947	
novembro	0,04	23,6	319	27,1	0,702	-11,895	
dezembro	0,09	57,3	310,6	24,202	0,633	-14,793	
janeiro	0,17	102,7	272,3	22,127	0,522	-16,868	
fevereiro	0,68	171,7	215,4	23,247	0,427	-15,748	
março	2,55	255,4	204,1	29,809	0,479	-9,186	
abril	3,92	187,8	182,4	39,817	0,519	0,822	
maio	2,06	62,6	183,1	42,12	0,541	3,125	
junho	0,94	29,4	182,2	41,546	0,533	2,551	
julho	0,23	17,1	219,9	38,995	0,617	0,000	
total	10,690	932,800	2993,400	387,090	7,220		
média	0,891	77,733	249,450	32,258	0,602		

Tabela 7.86 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			14,838						
agosto	0,01	0,663	13,575	0,274	0	0,997	0,007	0	0
setembro	0	0,730	12,330	0,283	0	0,959	0,007	0	0
outubro	0	0,812	11,434	0,299	0	0,598	0,007	0	0
novembro	0,04	0,778	10,312	0,267	0	0,907	0,007	0	0
dezembro	0,09	0,757	9,209	0,241	0	0,999	0,007	0	0
janeiro	0,17	0,664	8,420	0,199	0	0,851	0,007	0	0
fevereiro	0,68	0,525	8,846	0,162	0,113	0,127	0,007	0	0,113
março	2,55	0,498	11,343	0,182	0,1	0	0,007	0	0,1
abril	3,92	0,445	15,151	0,197	0,099	0	0,007	0	0,099
maio	2,06	0,446	16,027	0,206	0,113	0,937	0,007	0	0,113
junho	0,94	0,444	15,809	0,203	0,035	0,954	0,007	0	0,035
julho	0,23	0,536	14,838	0,235	0,023	0,96	0,007	0	0,023
total	10,690	7,299	147,295	2,747	0,483	8,289	0,084	0,000	0,483
média	0,891	0,608	12,275	0,229	0,040	0,691	0,007	0,000	0,040

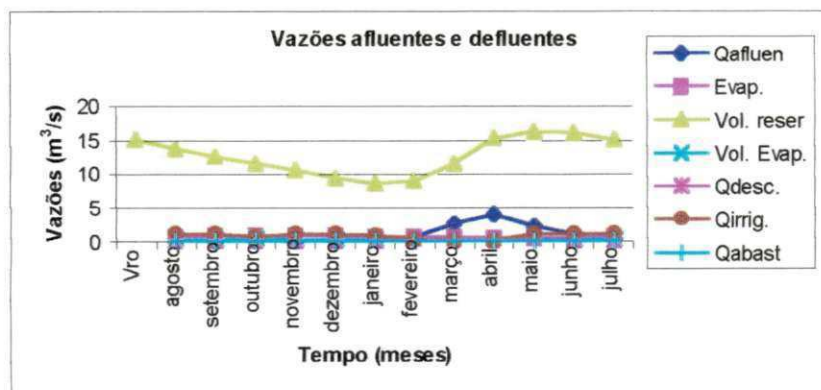


Figura 7.41 – Elementos do balanço hídrico (S. de Nova Olinda Cenário Médio)

Tabela 7.87 - Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	14160	661,23	99,02	todo ano
sazonal1	99685	3811,9	692,26	ago - nov
sazonal2	108681	4155,88	754,73	set - dez
sazonal3	117953	4510,44	819,12	out - jan
sazonal4	75953	2904,38	527,45	nov - fev
sazonal5	65816	2516,76	457,06	dez - mar
sazonal6	30593	1169,85	212,45	jan - abr
sazonal7	57610	2202,97	400,07	fev - mai
sazonal8	40329	1542,16	280,06	mar - jun
sazonal9	27409	1048,1	190,34	abr - jul
sazonal10	30153	1153,04	209,4	mai - ago
sazonal11	64188	2454,49	445,75	jun - set
sazonal12	101791	3892,42	706,88	jul - out
total	834321	32023,62	5794,59	
média	64178,54	2463,36	445,74	

Tabela 7.88- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	2,396
produção firme (t)	28,76
mão de obra (pesc.)	19
receita líquida (R\$)	33788,16

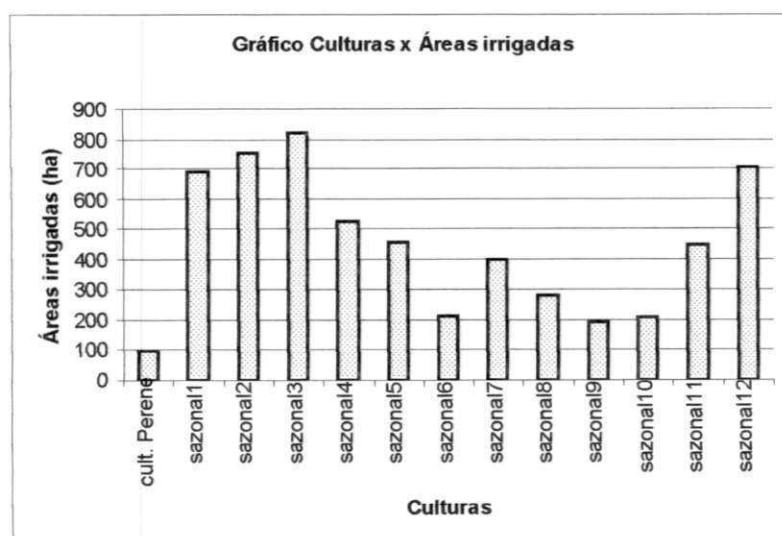


Figura 7.42 – Áreas irrigadas com cada cultura (S. de Nova Olinda Cenário Médio)

Cenário Normal (Tabelas 7.89 a 7.92 e Figuras 7.43 a 7.44)

Tabela 7.89 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	Vazões	Precip.	Evapor.	Volume	Volume	Diferença
	afluentes (m ³ /s)	(mm)	(mm)	Reservat. (hm ³)	Evapor. (hm ³)	Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	0	271,9	38,564	0,758	-2,381
setembro	0	0	299,6	36,039	0,798	-4,906
outubro	0	0	332,9	32,718	0,831	-8,227
novembro	0	16,5	319	29,62	0,745	-11,325
dezembro	0,02	124,8	310,6	28,16	0,701	-12,785
janeiro	0,02	111,7	272,3	26,375	0,588	-14,570
fevereiro	0,01	88,7	215,4	23,569	0,431	-17,376
março	0,7	496,4	204,1	26,199	0,439	-14,746
abril	4,63	79,8	182,4	35,457	0,481	-5,488
maio	3,37	0	183,1	41,107	0,532	0,162
junho	1,51	0	182,2	42,941	0,545	1,996
julho	0,08	0	219,9	40,964	0,638	0,019
total	10,340	917,900	2993,400	401,713	7,487	
média	0,862	76,492	249,450	33,476	0,624	

$V_{max} = \text{capacit. do Reservat.} = 97,49 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max}$

$V_0 = 0,42 \cdot V_{max} = 40944997,38 \text{ m}^3$

$A_{\text{bacia hidráulica}} = 640,77 \text{ ha} = 6,4077 \cdot 10^6 \text{ m}^2$

$A_{\text{máx. irrig.}} = 10000 \text{ (ha)}$

$A_{\text{bacia}} = 6407700$

tempo(s) = 2628000

$V_{ro} \text{ (m}^3\text{)} = 40944997$

$V_{ro} \text{ (hm}^3\text{)} = 40,945$

Sust. 100%

Tabela 7.90 - Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	Vazões	Evapor.	Volume	Volume	Vazão de	Vazão tom.	Vazão tom.	Vazão de	Vazões
	afluentes (m ³ /s)	(m ³ /s)	Reservat. (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	descarga (m ³ /s)	d'água irrig.(m ³ /s)	d'água abast.(m ³ /s)	vertimento (m ³ /s)	terminais (m ³ /s)
Vro			16,580						
agosto	0	0,663	14,674	0,288	0,099	0,509	0,007	0	0,099
setembro	0	0,730	13,713	0,304	0	0,645	0,007	0	0
outubro	0	0,812	12,450	0,316	0	0,932	0,007	0	0
novembro	0	0,778	11,271	0,283	0	0,901	0,007	0	0
dezembro	0,02	0,757	10,715	0,267	0	0,437	0,007	0	0
janeiro	0,02	0,664	10,036	0,224	0	0,586	0,007	0	0
fevereiro	0,01	0,525	8,968	0,164	0	0,999	0,007	0	0
março	0,7	0,498	9,969	0,167	0	0	0,007	0	0
abril	4,63	0,445	13,492	0,183	0	0,983	0,007	0	0
maio	3,37	0,446	15,642	0,202	0	0,997	0,007	0	0
junho	1,51	0,444	16,340	0,207	0	0,591	0,007	0	0
julho	0,08	0,536	15,588	0,243	0	0,582	0,007	0	0
total	10,340	7,299	152,859	2,849	0,099	8,162	0,084	0,000	0,099
média	0,862	0,608	12,738	0,237	0,008	0,680	0,007	0,000	0,008

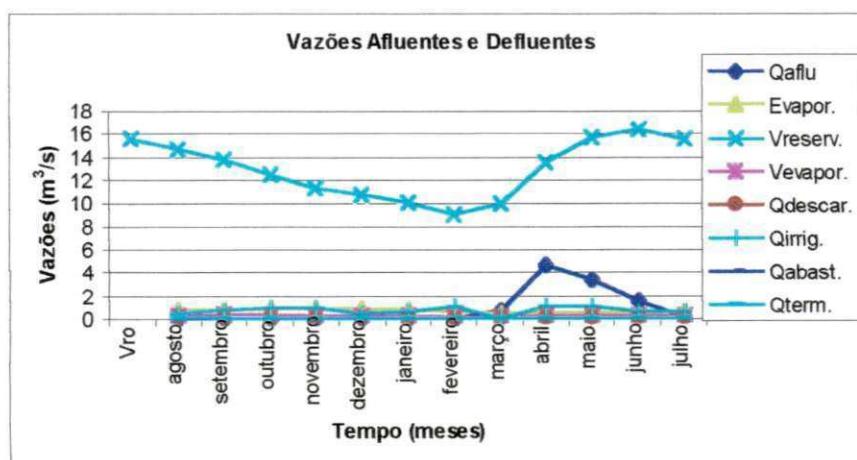


Figura 7.43 – Elementos do balanço hídrico (S. de Nova Olinda Cenário Normal)

Tabela 7.91 - Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	0	0	0	todo ano
sazonal1	206341	7890,34	1432,92	ago - nov
sazonal2	160799	6148,84	1116,66	set - dez
sazonal3	33231	1270,72	230,77	out - jan
sazonal4	73437	2808,2	509,98	nov - fev
sazonal5	38122	1457,76	264,74	dez - mar
sazonal6	17697	676,7	122,89	jan - abr
sazonal7	10650	407,26	73,96	fev - mai
sazonal8	47610	1820,58	330,63	mar - jun
sazonal9	56491	2160,19	392,3	abr - jul
sazonal10	34936	1335,94	242,61	mai - ago
sazonal11	378	14,44	2,62	jun - set
sazonal12	93889	3590,26	652,01	jul - out
total	773581	29581,23	5372,09	
média	59506,23	2275,48	413,24	

Tabela 7.92- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	2,501
produção firme (t)	30,02
mão de obra (pesc.)	20
receita líquida (R\$)	35270,56

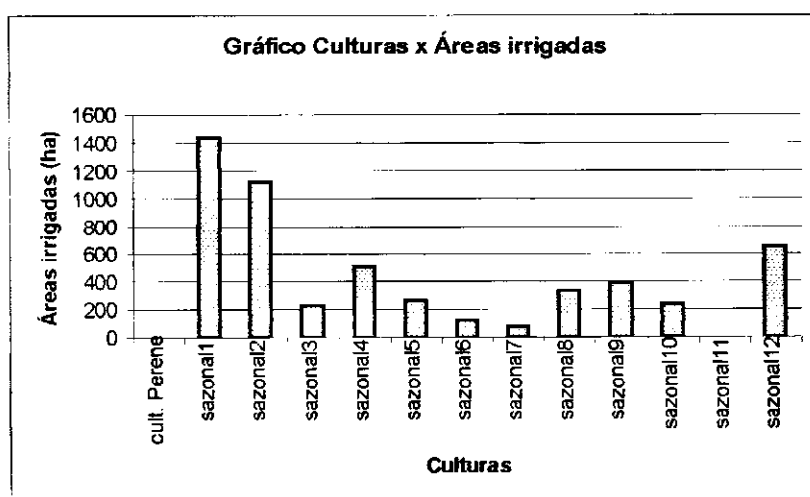


Figura 7.44 – Áreas irrigadas com cada cultura (S. de Nova Olinda Cenário Normal)

Cenário Seco (Tabelas 7.93 a 7.96 e Figuras 7.45 a 7.46)

Tabela 7.93 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	0	271,9	29,359	0,631	-0,765
setembro	0	0	299,6	28,419	0,68	-1,705
outubro	0	21,1	332,9	27,491	0,739	-2,633
novembro	0	0	319	26,588	0,693	-3,536
dezembro	0,06	47,2	310,6	26,062	0,665	-4,062
janeiro	0,1	7	272,3	24,248	0,556	-5,876
fevereiro	0,09	92,5	215,4	23,216	0,427	-6,908
março	0,04	63	204,1	20,492	0,371	-9,632
abril	0,23	137,1	182,4	20,646	0,334	-9,478
maio	0,05	0	183,1	17,835	0,303	-12,289
junho	0	0	182,2	15,627	0,275	-14,497
julho	0,01	0	219,9	15,121	0,325	-15,003
total	0,580	367,900	2993,400	275,104	5,999	
média	0,048	30,658	249,450	22,925	0,500	

Vmax=capacid. do reserv.=97,49*10⁶m³

Vmin=10% do Vmax=9,749*10⁶m³

V0=0,309*Vmax=30123819,5m³

A_{bacia hidráulica}=640,77ha=6,4077*10⁶m²

A máx. irrig. = 10000 (ha)

A_{bacia}= 6407700

tempo(s)= 2628000

Vro(m³)= 30123819,5

Vro(hm³)= 30,1238195

sust= 50%

Tabela 7.94 - Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			11,463						
agosto	0	0,663	11,172	0,240	0	0,041	0,007	0	0
setembro	0	0,730	10,814	0,259	0,024	0,063	0,007	0	0,024
outubro	0	0,812	10,461	0,281	0,004	0,079	0,007	0	0,004
novembro	0	0,778	10,117	0,264	0,003	0,065	0,007	0	0,003
dezembro	0,06	0,757	9,917	0,253	0	0,045	0,007	0	0
janeiro	0,1	0,664	9,227	0,212	0,011	0,564	0,007	0	0,011
fevereiro	0,09	0,525	8,834	0,162	0,001	0,402	0,007	0	0,001
março	0,04	0,498	7,798	0,141	0	0,988	0,007	0	0
abril	0,23	0,445	7,856	0,127	0	0,155	0,007	0	0
maio	0,05	0,446	6,787	0,115	0,004	0,994	0,007	0	0,004
junho	0	0,444	5,946	0,105	0,011	0,718	0,007	0	0,011
julho	0,01	0,536	5,754	0,124	0	0,07	0,007	0	0
total	0,580	7,299	104,682	2,283	0,058	4,184	0,084	0,000	0,058
média	0,048	0,608	8,723	0,190	0,005	0,349	0,007	0,000	0,005

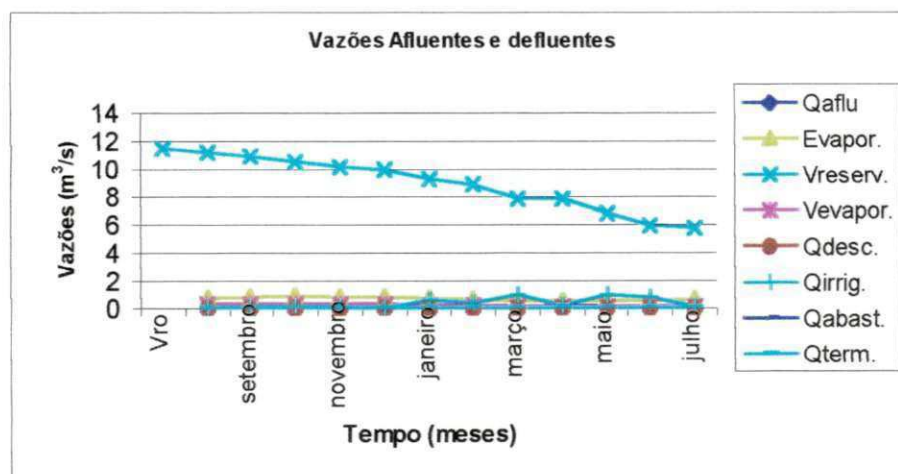


Figura 7.45 – Elementos do balanço hídrico (S. de Nova Olinda Cenário Seco)

Tabela 7.95 - Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	3129	146,14	21,88	todo ano
sazonal1	158643	6066,41	1101,69	ago - nov
sazonal2	18152	694,13	126,06	set - dez
sazonal3	204784	7830,82	1422,11	out - jan
sazonal4	12485	477,44	86,7	nov - fev
sazonal5	840	32,12	5,83	dez - mar
sazonal6	85	3,25	0,59	jan - abr
sazonal7	2649	101,28	18,39	fev - mai
sazonal8	2892	110,57	20,08	mar - jun
sazonal9	3729	142,6	25,9	abr - jul
sazonal10	670	25,61	4,65	mai - ago
sazonal11	556	21,26	3,86	jun - set
sazonal12	2238	85,57	15,54	jul - out
total	410852	15737,2	2853,28	
média	31604,00	1210,55	219,48	

Tabela 7.96- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	1,845
produção firme (t)	22,14
mão de obra (pesc.)	15
receita líquida (R\$)	26012,18

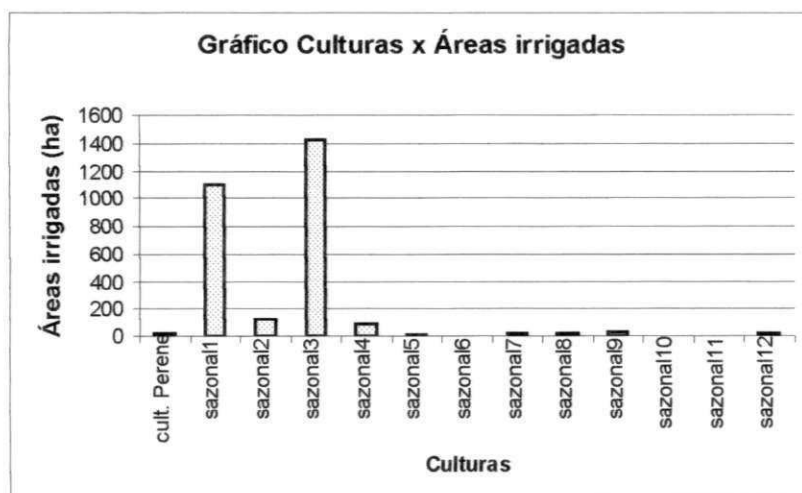


Figura 7.46 – Áreas irrigadas com cada cultura (S. de Nova Olinda Cenário Seco)

Tabela 7.97 - Resumo dos resultados dos três cenários climáticos para o reservatório de Saco de Nova Olinda

Cenários	Área irrig.total (ha)	Receita líq.total (mil reais)	Vazão afl.total (m ³ /s)	Volume res. Méd. (m ³ /s)	Volume evap.total (m ³ /s)	Vazão desc.tot. (m ³ /s)	Vazão irrig.total (m ³ /s)	Vazão abas.total (m ³ /s)	Vazão vert.total (m ³ /s)	M. obra irrig.total (diárias)	M. obra p/ piscic. (pescad.)	Produção piscicultura (t)	Receita líq.pisc. (R\$)
Médio	5794,59	32023,6	10,69	12,275	2,747	0,483	8,289	0,084	0	834321	19	28,76	33788,2
Normal	5372,09	29581,2	10,34	12,738	2,849	0,099	8,162	0,084	0	773581	20	30,02	35270,6
Seco	2853,28	15737,2	0,58	8,723	2,283	0,058	4,184	0,084	0	410852	15	22,14	26012,2

Tabela 7.98 - Resumo dos resultados dos cinco reservatórios para o Cenário Médio

Reservatório	Capac. máx. res.	Volume inicial	Área irrig.	Receita liq. total	Vazão afl. tot.	Volume res. Méd.	Volume evap.	Vazão desc. tot.	Vazão irrig. total	Vazão abas. tot.	Vazão vert. tot.	M. obra irrig. total	M. obra piscic.	Prod. pisc.	Receita liq. pisc.
	$\times 10^6(m^3)$	$\times 10^6(m^3)$	tot. (ha)	(mil reais)	(m^3/s)	(m^3/s)	tot. (m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(diárias)	(pesc.)	(t)	(R\$)
Bruscas	38,206	3,826	4744,07	26123,27	7,36	4,156	1,211	0,317	6,146	0,048	0	683144	8	11,84	13907,7
Cac. Alves	10,612	1,061	650,08	3282,25	2,92	1,242	0,931	0,002	1,803	0,396	0	85833	4	5,35	6283,77
S. N. Olinda	97,488	9,749	5794,59	32023,62	10,69	12,275	2,747	0,483	8,289	0,084	0	834321	19	28,76	33788,2
Canoas	45,555	4,555	4463,97	24794,04	8,41	5,644	0,736	0,026	7,299	0	0	642629	3	4,67	5485,95
Queimadas	15,625	1,563	1401,36	7724,29	3,85	1,873	1,075	0	2,889	0,072	0	201791	6	8,45	9929,9

Tabela 7.99 - Resumo dos resultados dos cinco reservatórios para o Cenário Normal

Reservatório	Capac. máx. res.	Volume inicial	Área irrig.	Receita liq. total	Vazão afl. tot.	Volume res. Méd.	Volume evap.	Vazão desc. tot.	Vazão irrig. total	Vazão abas. tot.	Vazão vert. tot.	M. obra irrig. total	M. obra piscic.	Prod. pisc.	Receita liq. pisc.
	$\times 10^6(m^3)$	$\times 10^6(m^3)$	tot. (ha)	(mil reais)	(m^3/s)	(m^3/s)	tot. (m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(diárias)	(pesc.)	(t)	(R\$)
Bruscas	38,206	3,826	3260,2	17960,75	7,29	4,101	1,22	0,02	6,327	0,048	0	469461	8	11,47	13480,5
Cac. Alves	10,612	1,061	777,71	4282,47	2,71	1,18	0,926	0,001	1,608	0,396	0	111992	3	5,07	5951,64
S. N. Olinda	97,488	9,749	5372,09	29581,23	10,34	12,738	2,849	0,099	8,162	0,084	0	773581	20	30,02	35270,6
Canoas	45,555	4,555	4196,05	23112,22	8,44	4,55	0,62	0,001	7,943	0	0	604226	3	4,9	5761,51
Queimadas	15,625	1,563	1169,79	6447,25	3,75	1,719	1,007	0	2,811	0,072	0	168446	4	5,88	6912,85

Tabela 7.100 - Resumo dos resultados dos cinco reservatórios para o Cenário Seco

Reservatório	Capac. máx. res.	Volume inicial	Área irrig.	Receita liq. total	Vazão afl. tot.	Volume res. Méd.	Volume evap.	Vazão desc. tot.	Vazão irrig. total	Vazão abas. tot.	Vazão vert. tot.	M. obra irrig. total	M. obra piscic.	Prod. pisc.	Receita liq. pisc.
	$\times 10^6(m^3)$	$\times 10^6(m^3)$	tot. (ha)	(mil reais)	(m^3/s)	(m^3/s)	tot. (m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(diárias)	(pesc.)	(t)	(R\$)
Bruscas	38,206	3,826	271,92	1497,28	0,4	4,82	1,35	0	0,639	0,048	0	39157	11	16,91	19866,4
Cac. Alves	10,612	1,061	5,93	32,67	0,07	1,466	1,202	0	0,016	0,396	0	853	6	9,19	10801,7
S. N. Olinda	97,488	9,749	2853,28	15737,2	0,58	8,723	2,283	0,058	4,184	0,084	0	410852	15	22,14	26012,2
Canoas	45,555	4,555	775,47	4270,11	0,43	6,019	0,833	0	1,45	0	0	111668	6	9,45	11102,7
Queimadas	15,625	1,563	2,38	13,39	0,3	1,748	1,062	0	0,012	0,072	0	345	7	10,09	11859,8

Tabela 7.101 - Resumo dos resultados dos quatro reservatórios para o Cenário Chuvoso

Reservatório	Capac. máx. res.	Volume inicial	Área irrig.	Receita liq. total	Vazão afl. tot.	Volume res. Méd.	Volume evap.	Vazão desc. tot.	Vazão irrig. total	Vazão abas. tot.	Vazão vert. tot.	M. obra irrig. total	M. obra piscic.	Prod. pisc.	Receita liq. pisc.
	$\times 10^6(m^3)$	$\times 10^6(m^3)$	tot. (ha)	(mil reais)	(m^3/s)	(m^3/s)	tot. (m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(diárias)	(pesc.)	(t)	(R\$)
Bruscas	38,206	3,826	2662,91	14690,03	12,83	5,659	1,367	1,571	5,231	0,048	0	383437	8	11,8	13859,2
Cac. Alves	10,612	1,061	1085,13	5986,94	4,39	1,587	1,057	0,002	2,08	0,396	0	156249	3	5,07	5951,63
Canoas	45,555	4,555	1745,18	9815,83	13,17	5,831	0,74	2,744	4,621	0	0	251133	3	3,89	4569,95
Queimadas	15,625	1,563	1485,58	8197,56	6,91	2,363	1,182	1,048	3,744	0,072	0	213908	4	5,88	6912,83

Tabela 7.102 - Resumo dos resultados dos quatro reservatórios para o Cenário Chuvoso2

Reservatório	Capac. máx. res.	Volume inicial	Área irrig.	Receita liq. total	Vazão afl. tot.	Volume res. Méd.	Volume evap.	Vazão desc. tot.	Vazão irrig. total	Vazão abas. tot.	Vazão vert. tot.	M. obra irrig. total	M. obra piscic.	Prod. pisc.	Receita liq. pisc.
	$\times 10^6(m^3)$	$\times 10^6(m^3)$	tot. (ha)	(mil reais)	(m^3/s)	(m^3/s)	tot. (m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(diárias)	(pesc.)	(t)	(R\$)
Bruscas	38,206	3,826	5219,81	28742,77	12,83	7,418	1,649	2,95	8,721	0,048	0	751650	10	15,04	17671,8
Cac. Alves	10,612	1,061	1897,17	10471,62	4,39	1,454	1,052	0,006	3,224	0,396	0	273171	3	5,07	5962,95
Canoas	45,555	4,555	5190,3	28580,17	13,17	9,634	1,225	4,733	7,594	0	0	747402	8	12,04	14151,8
Queimadas	15,625	1,563	3904,12	21503,74	6,91	3,443	1,643	0	5,471	0,072	0	562187	6	9,15	10747,7

7.5.6 – Resultados Referentes ao Reservatório de Queimadas com a Irrigação Desativada (Cenário Médio)

Tabela 7.103 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	7	271,9	5,934	0,298	-0,316
setembro	0	5,8	299,6	5,596	0,316	-0,654
outubro	0	6,2	332,9	5,236	0,335	-1,014
novembro	0	12	319	4,912	0,308	-1,338
dezembro	0,01	31,6	310,6	4,653	0,29	-1,597
janeiro	0,03	84,1	272,3	4,539	0,25	-1,711
fevereiro	0,41	115,4	215,4	5,495	0,224	-0,755
março	0,78	161,8	204,1	7,457	0,263	1,207
abril	1,5	161,8	182,4	11,303	0,324	5,053
maio	0,74	54,8	183,1	12,977	0,366	6,727
junho	0,31	27,6	182,2	13,456	0,376	7,206
julho	0,07	15,4	219,9	13,199	0,447	6,949
total	3,850	683,500	2993,400	94,757	3,797	
média	0,321	56,958	249,450	7,896	0,316	

Vmax=capacid. do Reser.=15,6*10⁶m³
 Vmin=10% do Vmax
 V0=0,4*Vmax=6,250*10⁶m³
 Abacia hidráulica=240,95ha=2,4095*10⁶m²

 A bacia= 2409500
 tempo(s)= 2628000
 Vro (m³) = 6250135,2
 Vro (hm³) = 6,250
 Sust. 100%

Tabela 7.104 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertim. (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			2,378						
agosto	0	0,249	2,258	0,113	0	0	0,006	0	0
setembro	0	0,275	2,129	0,120	0	0	0,006	0	0
outubro	0	0,305	1,992	0,127	0	0	0,006	0	0
novembro	0	0,292	1,869	0,117	0	0	0,006	0	0
dezembro	0,01	0,285	1,771	0,110	0	0	0,006	0	0
janeiro	0,03	0,250	1,727	0,095	0	0	0,006	0	0
fevereiro	0,41	0,197	2,091	0,085	0	0	0,006	0	0
março	0,78	0,187	2,838	0,100	0	0	0,006	0	0
abril	1,5	0,167	4,301	0,123	0	0	0,006	0	0
maio	0,74	0,168	4,938	0,139	0	0	0,006	0	0
junho	0,31	0,167	5,120	0,143	0	0	0,006	0	0
julho	0,07	0,202	5,022	0,170	0	0	0,006	0	0
total	3,850	2,745	36,057	1,445	0,000	0,000	0,072	0,000	0,000
média	0,321	0,229	3,005	0,120	0,000	0,000	0,006	0,000	0,000

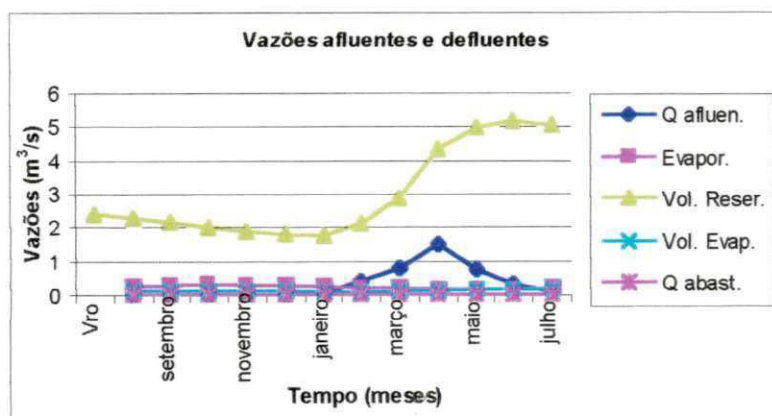


Figura 7.47 – Elementos do balanço hídrico com a irrigação desativada (Queimadas Cenário Médio)

Tabela 7.105- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	0,917
produção firme (t)	11,01
mão de obra (pesc.)	7
receita líquida (R\$)	12934,52

7.5.7 – Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves com a Irrigação Desativada (Cenário Médio)

Tabela 7.106 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Cachoeira

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	VOLUME Reserv. (hm ³)	VOLUME Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	5,7	271,9	3,864	0,281	-0,380
setembro	0	12	299,6	3,482	0,287	-0,762
outubro	0	12,2	332,9	3,088	0,293	-1,156
novembro	0	25,3	319	2,745	0,258	-1,499
dezembro	0,01	48,4	310,6	2,473	0,233	-1,771
janeiro	0,03	79,6	272,3	2,321	0,195	-1,923
fevereiro	0,21	153,3	215,4	2,735	0,174	-1,509
março	0,72	229,2	204,1	4,536	0,237	0,292
abril	1,09	186,1	182,4	7,28	0,294	3,036
maio	0,63	72,3	183,1	8,649	0,33	4,405
junho	0,2	39,3	182,2	8,824	0,333	4,580
julho	0,03	17,3	219,9	8,446	0,391	4,202
total	2,920	880,700	2993,400	58,443	3,306	
média	0,243	73,392	249,450	4,870	0,276	

$V_{max}=10.611.196m^3$
 $V_{max}=capac.do Res.=10,61*10^6m^3$
 $V_{min}=10\% do V_{max}=1,061*10^6m^3$
 $V_0=0,4*V_{max}=4244478,4m^3$
 $A_{bacia\ hidraulica}=199,00ha=1,99*10^6m^2$
 A bacia= 1990000
 tempo (s)= 2628000
 $V_{ro}(m^3/s)= 4244478,4$
 $V_{ro}(hm^3/s)= 4,244$
 sust= 100%

Tabela 7.107 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Cachoeira dos Alves

Meses	vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	VOLUME Reserv. (m ³ /s)	VOLUME Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			1,615						
agosto	0	0,206	1,470	0,107	0	0	0,033	0	0
setembro	0	0,227	1,325	0,109	0	0	0,033	0	0
outubro	0	0,252	1,175	0,111	0	0	0,033	0	0
novembro	0	0,242	1,045	0,098	0	0	0,033	0	0
dezembro	0,01	0,235	0,941	0,089	0	0	0,033	0	0
janeiro	0,03	0,206	0,883	0,074	0	0	0,033	0	0
fevereiro	0,21	0,163	1,041	0,066	0	0	0,033	0	0
março	0,72	0,155	1,726	0,090	0	0	0,033	0	0
abril	1,09	0,138	2,770	0,112	0	0	0,033	0	0
maio	0,63	0,139	3,291	0,126	0	0	0,033	0	0
junho	0,2	0,138	3,358	0,127	0	0	0,033	0	0
julho	0,03	0,167	3,214	0,149	0	0	0,033	0	0
total	2,920	2,267	22,239	1,258	0,000	0,000	0,396	0,000	0,000
média	0,243	0,189	1,853	0,105	0,000	0,000	0,033	0,000	0,000

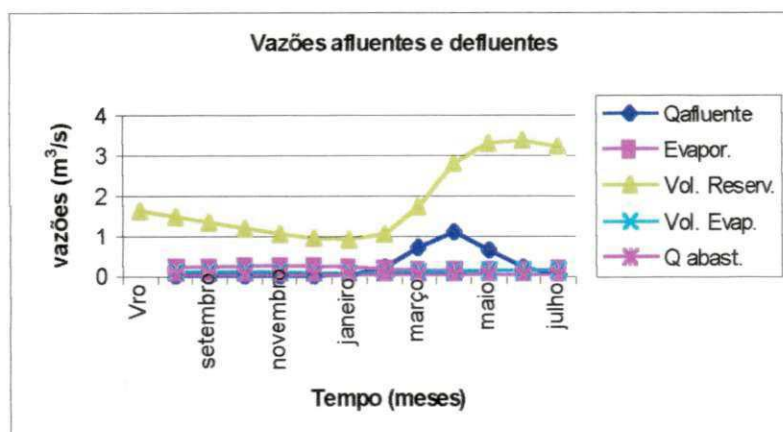


Tabela 7.108- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	0,717
produção firme (t)	8,61
mão de obra (pesc.)	6
receita líquida (R\$)	10111,51

Figura 7.48 – Elementos do balanço hídrico com a irrigação desativada (Cachoeira dos Alves Cenário Médio)

7.5.8 – Resultados Referentes ao Reservatório de Bruscas com a Irrigação Desativada (Cenário Médio)

Tabela 7.109 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0,01	8	271,9	14,96	0,347	-0,323
setembro	0	10,1	299,6	14,583	0,378	-0,700
outubro	0	9,4	332,9	14,168	0,414	-1,115
novembro	0,03	34,9	319	13,892	0,393	-1,391
dezembro	0,06	59,6	310,6	13,747	0,381	-1,536
janeiro	0,12	88,7	272,3	13,85	0,335	-1,433
fevereiro	0,44	134,7	215,4	14,922	0,275	-0,361
março	1,76	206,9	204,1	19,543	0,301	4,260
abril	2,69	161,1	182,4	26,533	0,328	11,250
maio	1,42	79,8	183,1	30,053	0,362	14,770
junho	0,66	39,8	182,2	31,492	0,373	16,209
julho	0,17	24	219,9	31,533	0,451	16,250
total	7,360	857,000	2993,400	239,276	4,338	
média	0,613	71,417	249,450	19,940	0,362	

Vmax=capac. do Reser.=38,206*10⁶m³
 Vmin=10% do Vmax
 V0=0,4*Vmax=15282585,2m³
 Abacia hidráulica=306,26ha=3,0626*10⁶m²
 A bacia= 3062600
 tempo(s)= 2628000
 Vro (m³) = 15282585
 Vro (hm³) = 15,283
 Sust. = 100%

Tabela 110 - Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertim. (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			6,816						
agosto	0,01	0,317	5,693	0,132	0	0	0,004	0	0
setembro	0	0,349	5,549	0,144	0	0	0,004	0	0
outubro	0	0,388	5,391	0,158	0	0	0,004	0	0
novembro	0,03	0,372	5,286	0,150	0	0	0,004	0	0
dezembro	0,06	0,362	5,231	0,145	0	0	0,004	0	0
janeiro	0,12	0,317	5,270	0,127	0	0	0,004	0	0
fevereiro	0,44	0,251	5,678	0,105	0	0	0,004	0	0
março	1,76	0,238	7,436	0,115	0	0	0,004	0	0
abril	2,69	0,213	10,096	0,125	0	0	0,004	0	0
maio	1,42	0,213	11,436	0,138	0	0	0,004	0	0
junho	0,66	0,212	11,983	0,142	0	0	0,004	0	0
julho	0,17	0,256	11,999	0,172	0	0	0,004	0	0
total	7,360	3,488	91,049	1,651	0,000	0,000	0,048	0,000	0,000
média	0,613	0,291	7,587	0,138	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000

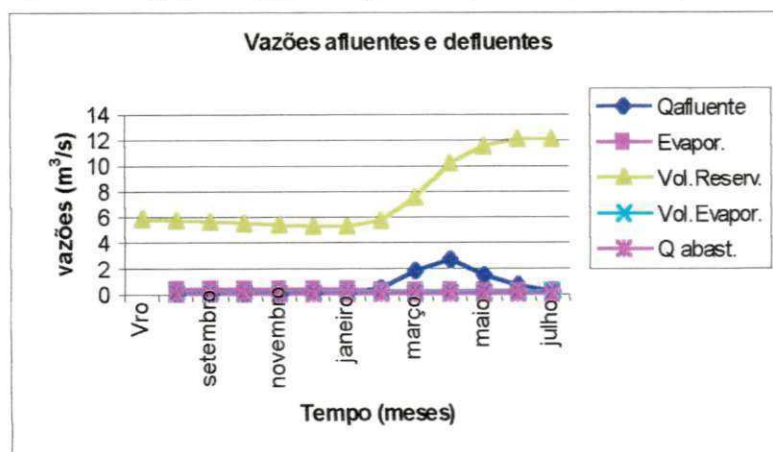


Figura 7.49 – Elementos do balanço hídrico com a irrigação desativada (Bruscas Cenário Médio)

Tabela 7.111- Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	1,532
produção firme (t)	18,38
mão de obra (pesc.)	12
receita líquida (R\$)	21601,55

7.5.9 – Resultados Referentes ao Reservatório de Canoas com a Irrigação Desativada (Cenário Médio)

Tabela 7.112 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença VRes. e Vro (hm ³)
	afluentes (m ³ /s)					
agosto	0	5,4	271,9	20,257	0,247	-0,243
setembro	0	7,8	299,6	19,994	0,268	-0,506
outubro	0	12	332,9	19,709	0,294	-0,791
novembro	0,02	23,6	319	19,505	0,279	-0,995
dezembro	0,06	57,3	310,6	19,451	0,271	-1,049
janeiro	0,1	102,7	272,3	19,585	0,239	-0,915
fevereiro	0,82	171,7	215,4	21,71	0,208	1,210
março	2,15	255,4	204,1	27,394	0,243	6,894
abril	2,87	187,8	182,4	34,895	0,267	14,395
maio	1,52	62,6	183,1	38,681	0,292	18,181
junho	0,71	29,4	182,2	38,89	0,291	18,390
julho	0,16	17,1	219,9	38,988	0,352	18,488
total	8,410	932,800	2993,400	319,059	3,251	
média	0,701	77,733	249,450	26,588	0,271	

$V_{max} = \text{capac. do Res.} = 45,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 4,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,45 \cdot V_{max} = 20499949,35 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 237,08 \text{ ha} = 2,3708 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{bacia}} = 2370800$
 $\text{tempo(s)} = 2628000$
 $V_{ro}(\text{m}^3) = 20499949$
 $V_{ro}(\text{hm}^3) = 20,500$
 $\text{Sust.} = 100\%$

Tabela 113 - Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Canoas

Meses	vazões	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertim. (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
	afluentes (m ³ /s)								
Vro			7,801						
agosto	0	0,245	7,708	0,094	0	0	0	0	0
setembro	0	0,270	7,608	0,102	0	0	0	0	0
outubro	0	0,300	7,500	0,112	0	0	0	0	0
novembro	0,02	0,288	7,422	0,106	0	0	0	0	0
dezembro	0,06	0,280	7,401	0,103	0	0	0	0	0
janeiro	0,1	0,246	7,452	0,091	0	0	0	0	0
fevereiro	0,82	0,194	8,261	0,079	0	0	0	0	0
março	2,15	0,184	10,424	0,092	0	0	0	0	0
abril	2,87	0,165	13,278	0,102	0	0	0	0	0
maio	1,52	0,165	14,719	0,111	0	0	0	0	0
junho	0,71	0,164	14,798	0,111	0	0	0	0	0
julho	0,16	0,198	14,836	0,134	0	0	0	0	0
total	8,410	2,700	121,408	1,237	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
média	0,701	0,225	10,117	0,103	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

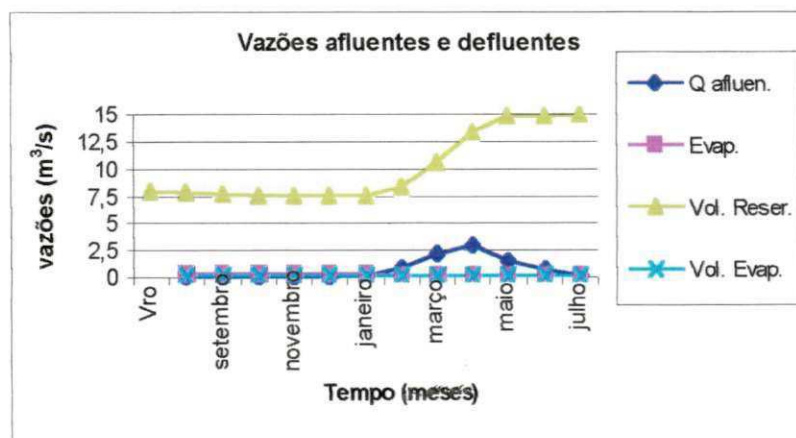


Figura 7.50 – Elementos do balanço hídrico com a irrigação desativada (Canoas Cenário Médio)

Tabela 7.114 - Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	1,092
produção firme (t)	13,1
mão de obra (pesc.)	9
receita líquida (R\$)	15393,47

7.5.10 – Resultados Referentes ao Reservatório de S. Nova Olinda com a Irrigação Desativada (Cenário Médio)

Tabela 7.115 - Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de S. Nova Olinda

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0,01	5,4	271,9	38,259	0,754	-0,736
setembro	0	7,8	299,6	37,438	0,819	-1,557
outubro	0	12	332,9	36,552	0,895	-2,443
novembro	0,04	23,6	319	35,86	0,847	-3,135
dezembro	0,09	57,3	310,6	35,441	0,818	-3,554
janeiro	0,17	102,7	272,3	35,485	0,718	-3,510
fevereiro	0,68	171,7	215,4	37,228	0,586	-1,767
março	2,55	255,4	204,1	44,133	0,622	5,138
abril	3,92	187,8	182,4	54,436	0,639	15,441
maio	2,06	62,6	183,1	59,39	0,679	20,395
junho	0,94	29,4	182,2	61,27	0,689	22,275
julho	0,23	17,1	219,9	61,097	0,831	22,102
total	10,690	932,800	2993,400	536,589	8,897	
média	0,891	77,733	249,450	44,716	0,741	

Vmax=capac. do Res.=97,49*10⁶m³
 Vmin=10% do Vmax=9,749*10⁶m³
 V0=0,4*Vmax=38995235,6m³
 Abacia hidráulica=640,77ha=6,4077*10⁶m²

A bacia(m²)= 6407700
 tempo (s)= 2628000
 Vro(m³)= 38995235,6
 Vro(hm³)= 38,995

Tabela 7.116 Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de S. Nova Olinda

Meses	vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			14,838						
agosto	0,01	0,663	14,558	0,287	0	0	0,007	0	0
setembro	0	0,730	14,246	0,312	0	0	0,007	0	0
outubro	0	0,812	13,909	0,341	0	0	0,007	0	0
novembro	0,04	0,778	13,645	0,322	0	0	0,007	0	0
dezembro	0,09	0,757	13,486	0,311	0	0	0,007	0	0
janeiro	0,17	0,664	13,503	0,273	0	0	0,007	0	0
fevereiro	0,68	0,525	14,166	0,223	0	0	0,007	0	0
março	2,55	0,498	16,793	0,237	0	0	0,007	0	0
abril	3,92	0,445	20,714	0,243	0	0	0,007	0	0
maio	2,06	0,446	22,599	0,258	0	0	0,007	0	0
junho	0,94	0,444	23,314	0,262	0	0	0,007	0	0
julho	0,23	0,536	23,248	0,316	0	0	0,007	0	0
total	10,690	7,299	204,182	3,385	0,000	0,000	0,084	0,000	0,000
média	0,891	0,608	17,015	0,282	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000

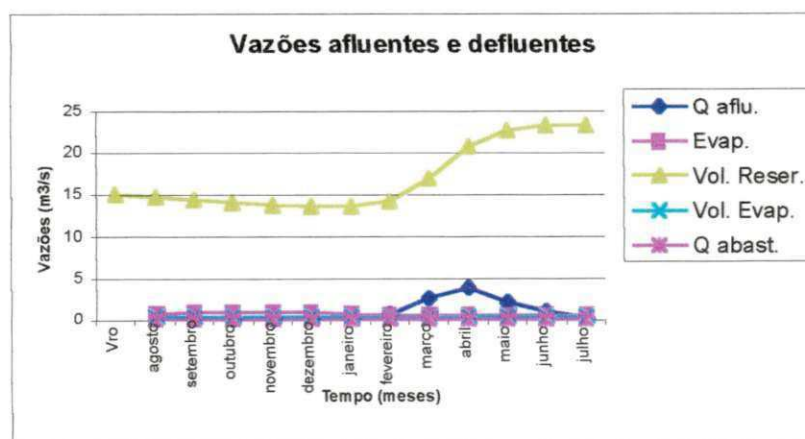


Tabela 7.117 - Resultados referentes à piscicultura

área mínima (km ²)	3,292
produção firme (t)	39,51
mão de obra (pesc.)	26
receita líquida (R\$)	46422,43

Figura 7.51 – Elementos do balanço hídrico com a irrigação desativada (S. de Nova Olinda Cenário Médio)

7.5.11 – Resultados Referentes ao Reservatório de Cachoeira dos Alves com a Evaporação Reduzida em 50% (Cenário Médio)

Tabela 7.118 · Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Cachoeira dos Alves

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	5,7	135,95	4,149	0,148	-0,944
setembro	0	12	149,8	3,419	0,142	-1,674
outubro	0	12,2	166,45	2,638	0,131	-2,455
novembro	0	25,3	159,5	1,944	0,101	-3,149
dezembro	0,01	48,4	155,3	1,392	0,078	-3,701
janeiro	0,03	79,6	136,15	1,084	0,058	-4,009
fevereiro	0,21	153,3	107,7	1,562	0,059	-3,531
março	0,72	229,2	102,05	3,412	0,096	-1,681
abril	1,09	186,1	91,2	6,242	0,132	1,149
maio	0,63	72,3	91,55	7,117	0,145	2,024
junho	0,2	39,3	91,1	6,403	0,135	1,310
julho	0,03	17,3	109,95	5,093	0,139	0,000
total	2,920	880,700	1496,700	44,455	1,364	
média	0,243	73,392	124,725	3,705	0,114	

Vmax=capacid. do Reserv.=10,61*10⁶m³
 Vmin=10% do Vmax=1,061*10⁶m³
 V0=0,48*Vmax=5093374,08m³
 Abacia hidráulica=199,00ha=1,99*10⁶m²
 A máx. irrig. =1950 (ha)
 A bacia= 1990000
 tempo (s)= 2628000
 Vro(m³)= 5093374,1
 Vro(hm³)= 5,093
 sust= 100%

Tabela 7.119 · Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Cachoeira dos Alves

Meses	vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			1,938						
agosto	0	0,103	1,579	0,056	0	0,268	0,033	0	0
setembro	0	0,113	1,301	0,054	0	0,191	0,033	0	0
outubro	0	0,126	1,004	0,050	0	0,212	0,033	0	0
novembro	0	0,121	0,740	0,038	0	0,194	0,033	0	0
dezembro	0,01	0,118	0,530	0,030	0	0,164	0,033	0	0
janeiro	0,03	0,103	0,412	0,022	0	0,104	0,033	0	0
fevereiro	0,21	0,082	0,594	0,022	0	0	0,033	0	0
março	0,72	0,077	1,298	0,037	0	0	0,033	0	0
abril	1,09	0,069	2,375	0,050	0	0	0,033	0	0
maio	0,63	0,069	2,708	0,055	0	0,249	0,033	0	0
junho	0,2	0,069	2,436	0,051	0	0,411	0,033	0	0
julho	0,03	0,083	1,938	0,053	0	0,449	0,033	0	0
total	2,920	1,133	16,916	0,519	0,000	2,242	0,396	0,000	0,000
média	0,243	0,094	1,410	0,043	0,000	0,187	0,033	0,000	0,000

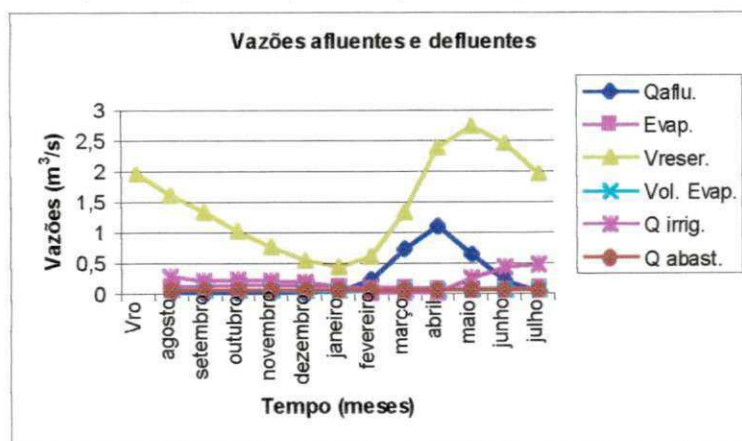


Figura 7.52 – Elementos do balanço hídrico com a evaporação reduzida (C. dos Alves Cenário Médio)

Tabela 7.120 - Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	53849	2514,63	376,57	ano todo
sazonal1	126	4,82	0,88	ago - nov
sazonal2	1436	54,93	9,98	set - dez
sazonal3	31456	1202,85	218,44	out - jan
sazonal4	69349	2651,87	481,59	nov - fev
sazonal5	25495	974,91	177,05	dez - mar
sazonal6	9	0,34	0,06	jan - abr
sazonal7	8	0,3	0,06	fev - mai
sazonal8	1	0,05	0,01	mar - jun
sazonal9	3	0,13	0,02	abr - jul
sazonal10	1	0,04	0,01	mai - ago
sazonal11	9	0,35	0,06	jun - set
sazonal12	0	0,01	0	jul - out
total	181742	7405,23	1264,73	
média	13980,15	569,63	97,29	

Tabela 7.121- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,428
produção firme (t)	5,14
mão de obra (pesc.)	3
receita líquida (R\$)	6034,18

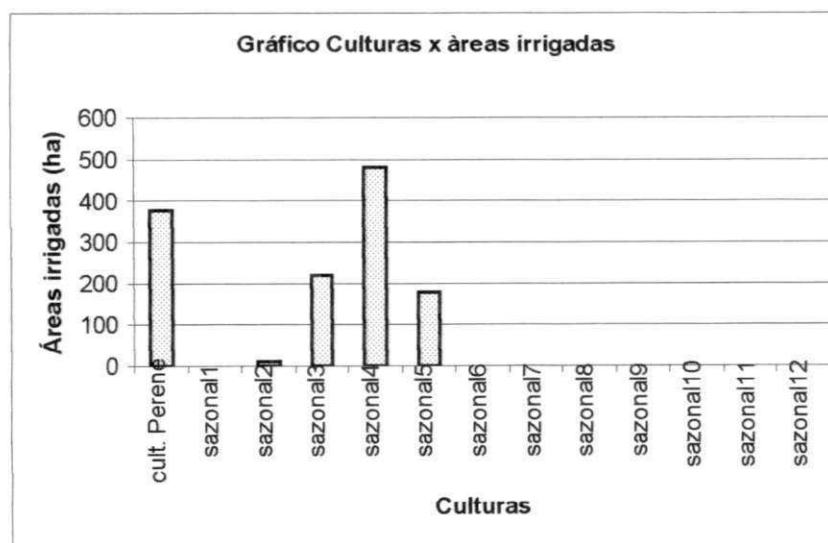


Figura 7.53 – Áreas irrigadas com cada cultura com a evaporação reduzida (C. dos Alves Cenário Médio)

7.5.12 – Resultados Referentes ao Reservatório de Saco de Nova Olinda com a Evaporação Reduzida em 50% (Cenário Médio)

Tabela 7.122 · Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volum Reserv. (hm ³)	Volum Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0,01	5,4	135,95	47,037	0,432	-6,581
setembro	0	7,8	149,8	42,199	0,443	-11,419
outubro	0	12	166,45	39,001	0,467	-14,617
novembro	0,04	23,6	159,5	34,669	0,414	-18,949
dezembro	0,09	57,3	155,3	32,3	0,384	-21,318
janeiro	0,17	102,7	136,15	32,09	0,336	-21,528
fevereiro	0,68	171,7	107,7	34,096	0,276	-19,522
março	2,55	255,4	102,05	41,245	0,297	-12,373
abril	3,92	187,8	91,2	51,806	0,309	-1,812
maio	2,06	62,6	91,55	55,896	0,326	2,278
junho	0,94	29,4	91,1	55,945	0,325	2,327
julho	0,23	17,1	109,95	53,619	0,381	0,001
total	10,690	932,800	1496,700	519,903	4,390	
média	0,891	77,733	124,725	43,325	0,366	

Vmax=capacid. do Reserv.=97,49*10⁶m³
 Vmin=10% do Vmax=9,749*10⁶m³
 V0=0,55*Vmax=53618448,95 m³
 Abacia hidráulica=640,77ha=6,4077*10⁶m²
 A máx. irrig. = 10000 (ha)
 Abacia(m²)= 6407700
 tempo (s)= 2628000
 Vro(m³)= 53618449
 Vro(hm³)= 53,618
 Sust= 100%

Tabela 7.123 · Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volum Reserv. (m ³ /s)	Volum Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			20,403						
agosto	0,01	0,331	17,898	0,164	1,426	0,943	0,007	0	1,426
setembro	0	0,365	16,057	0,169	0,894	0,794	0,007	0	0,894
outubro	0	0,406	14,841	0,178	0,905	0,149	0,007	0	0,905
novembro	0,04	0,389	13,192	0,158	0,564	1	0,007	0	0,564
dezembro	0,09	0,379	12,291	0,146	0,03	0,883	0,007	0	0,03
janeiro	0,17	0,332	12,211	0,128	0,001	0,236	0,007	0	0,001
fevereiro	0,68	0,263	12,974	0,105	0,001	0	0,007	0	0,001
março	2,55	0,249	15,694	0,113	0	0	0,007	0	0
abril	3,92	0,222	19,713	0,118	0	0	0,007	0	0
maio	2,06	0,223	21,269	0,124	0	0,458	0,007	0	0
junho	0,94	0,222	21,288	0,124	0	0,84	0,007	0	0
julho	0,23	0,268	20,403	0,145	0	0,999	0,007	0	0
total	10,690	3,649	197,832	1,670	3,821	6,302	0,084	0,000	3,821
média	0,891	0,304	16,486	0,139	0,318	0,525	0,007	0,000	0,318

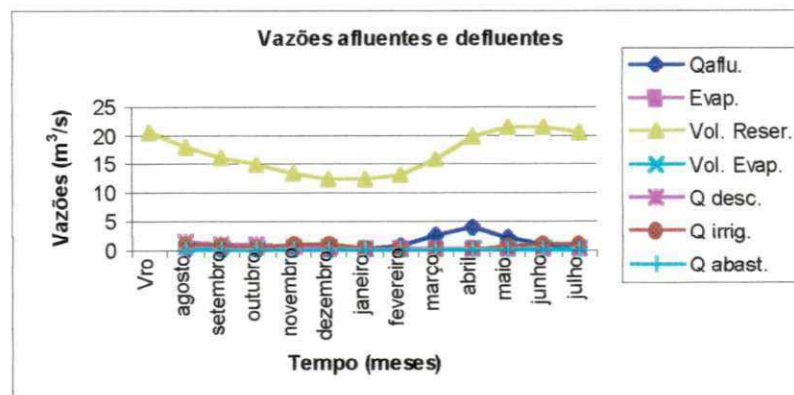


Figura 7.54 – Elementos do balanço hídrico com a evaporação reduzida (S. de Nova Olinda Cenário Médio)

Tabela 7.124 - Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
cult. Perene	58932	2752,02	412,11	todo ano
sazonal1	160334	6131,07	1113,43	ago - nov
sazonal2	159910	6114,84	1110,48	set - dez
sazonal3	159886	6113,92	1110,32	out - jan
sazonal4	150517	5755,66	1045,26	nov - fev
sazonal5	148851	5691,97	1033,69	dez - mar
sazonal6	74479	2848,04	517,22	jan - abr
sazonal7	56473	2159,48	392,17	fev - mai
sazonal8	50987	1949,71	354,08	mar - jun
sazonal9	66260	2533,72	460,14	abr - jul
sazonal10	123244	4712,78	855,86	mai - ago
sazonal11	76802	2936,86	533,35	jun - set
sazonal12	155680	5953,11	1081,11	jul - out
total	1442355	55653,18	10019,22	
média	110950,38	4281,01	770,71	

Tabela 7.125- Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	3,081
produção firme (t)	36,97
mão de obra (pesc.)	25
receita líquida (R\$)	43436,16

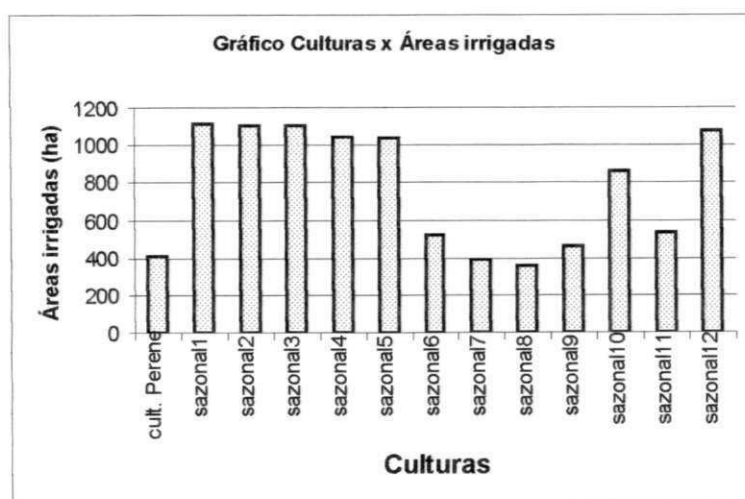


Figura 7.55 – Áreas irrigadas com cada cultura com evaporação reduzida (S. de Nova Olinda Cenário Médio)

CAPÍTULO VIII

8.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os objetivos deste trabalho e com os resultados obtidos da otimização do sistema hídrico em estudo, pode-se observar que é de vital importância a otimização dos reservatórios apresentados neste trabalho pois, ficou evidente em todos os resultados que a evaporação média do reservatório, quando este é mantido cheio e sem uso de suas águas é bem superior ao volume evaporado com o uso da irrigação otimizada.

Observa-se também que em todos os reservatórios em mais de um cenário climático, em pelo menos um mês não houve necessidade de se irrigar, ocorrendo isso geralmente, nos meses de março e abril (período chuvoso), em que a pluviometria obteve em média 341,6mm. Porém, a maioria dos reservatórios tendem a usar a água acumulada no período chuvoso o mais rápido possível, ou seja, irrigam mais no período seco, por isso as culturas sazonais que começam de agosto a novembro têm, normalmente, maior área alocada, principalmente nos cenários seco, médio e normal. Verifica-se também nos cenários médio e normal que a distribuição das vazões e precipitações nulas no desempenho do reservatório influencia na área a ser irrigada, normalmente observou-se que quanto menor a ocorrência de vazões e precipitações nulas, maior seria a área total irrigada e portanto, maior a receita líquida, conforme pode ser observado no reservatório de Canoas para o cenário médio, em que não foi necessário captar água do açude para irrigação no mês de março cuja pluviometria foi de apenas 187,8mm. Porém, para esse cenário não houve nenhum mês com precipitação nula. Normalmente, nos reservatórios do sistema hídrico em estudo, apenas para precipitações acima de 200mm não foi necessário captar água do reservatório para irrigação.

Na maioria dos cenários a área alocada para a cultura perene foi pequena provavelmente em razão da alta demanda hídrica associada a ela uma vez que a cultura perene requer água o ano inteiro, enquanto que as sazonais só requerem água por quatro meses. No entanto, cabe ressaltar que no cenário médio para os reservatórios de Canoas e Saco de Nova Olinda a área total irrigada com cultura perene foi significativa em relação

aos demais reservatórios, alocando área de 182,14 e 99,02 ha respectivamente, talvez em razão das altas afluições e da área da bacia hidráulica.

Ao contrário dos outros cenários, no cenário chuvoso não houve convergência de solução ótima para o mês inicial da otimização em agosto, ou seja, no cenário chuvoso os reservatórios geralmente atendem a sustentabilidade hídrica quando inicia-se a otimização com o reservatório ainda no período chuvoso (normalmente, no mês de abril período em que eles estão com boa quantidade de água acumulada) então eles aproveitam toda água para alocar maior área irrigada nesse período (abril a setembro). Verificou-se que no cenário chuvoso o reservatório de menor capacidade, Cachoeira dos Alves, conseguiu convergir para uma solução ótima quando a otimização foi iniciada com o reservatório cheio (mês de junho, 45,3% da capacidade máxima do reservatório). Já para o reservatório de Saco de Nova Olinda, o de maior capacidade, o reservatório não chegou a convergir apesar de várias tentativas.

Para anos considerados secos os reservatórios trabalharam em condições bastante precárias, não sendo possível encontrar região viável para irrigação, principalmente para culturas perenes, com o critério de sustentabilidade de que o volume final seja igual ou superior ao inicial.

O modelo utilizado neste estudo mostrou-se ferramenta eficaz para um planejamento ótimo de reservatórios em bacias hidrográficas, apesar de requerer muito tempo de processamento para obter a solução ótima.

Foi necessário executar o modelo de forma individual devido a grande quantidade de variáveis envolvidas na entrada de dados do modelo pois, trabalhando-se de forma integrada poderia haver erros na entrada de dados e portanto, iria ser mais difícil encontrar esses erros.

Optou-se por trabalhar com culturas hipotéticas com a finalidade de se avaliar o potencial hídrico de cada reservatório, já que conforme pode ser visto nos resultados obtidos com as vinte e três culturas (Anexo 6.1 à 6.5), em que é concedido liberdade para o modelo alocar áreas para culturas de maior rentabilidade o que seria necessário fazer uma análise mais rígida no mercado e limitar a área máxima de algumas culturas como por exemplo o tomate que atinge áreas irrigadas muito elevadas.

Os resultados obtidos com a irrigação desativada, mostraram que houve grandes aumentos no volume evaporado, indicando mais uma vez que quando o reservatório é mantido cheio e sem uso das suas águas, aumentam-se as perdas evaporativas.

Para os resultados obtidos com a evaporação reduzida em 50%, concluiu-se que nos dois reservatórios analisados, tanto o de maior como o de menor capacidade, houve um aumento considerável da receita líquida advinda da agricultura irrigada quando comparado ao cenário médio.

Com relação a atividade piscícola, pode-se observar que em todos os cenários houve demanda suficiente para atender esta atividade, sendo que a maior receita líquida obtida foi normalmente, para o cenário seco já que, neste cenário geralmente, o reservatório tem dificuldades em atender as demandas para irrigação, que é um uso altamente consuntivo, então ele opta pela prática da piscicultura que é uma atividade de uso não consuntivo. Cabe ainda ressaltar, que a produção piscícola é calculada com base no menor espelho líquido apresentado.

Recomendações:

- Verificar a influência de diferentes volumes iniciais e diferentes critérios de sustentabilidade hídrica no desempenho do sistema;
- Caracterizar os reservatórios quanto a sua capacidade atual de acumulação (relação vazões afluentes anuais/capacidade do reservatório) para verificação da influência das captações à montante no desempenho do reservatório;
- Verificar as diferenças em termos de volume de água disponível para a curva de garantia tradicional e a curva de garantia com base em modelos de otimização;
- Estabelecer uma metodologia para o cálculo da curva de garantia para o reservatório com um modelo de otimização;
- Verificar a influência em termos de economia de água para diferentes sistemas de irrigação;
- Adequar o modelo de otimização para que ele encontre o melhor mês para iniciar o processo de otimização;
- Fazer um estudo mais detalhado dos cenários chuvosos de todos os reservatórios deste sistema hídrico, já que, encontrou-se grandes dificuldades na convergência destes cenários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. S. O. (2003). *Operação ótima e integrada do sistema hídrico composto pelos reservatórios do Alto Capibaribe*. 172 p. Dissertação (Mestrado). UFCG - Campina Grande: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração: Recursos Hídricos.

ALBUQUERQUE, A. S. O.; ANDRADE, P. R. G. S.; CURI, R. C. & CURI, W. F. (2003). Uma análise da operação de um sistema de cinco reservatórios do Alto Capibaribe, Pernambuco. *Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Curitiba-PR.

ALMEIDA, M. A. (2001). *Estimativa da receita líquida e empregos com uso da água otimizado de um reservatório no semi-árido paraibano*. 117 p. Dissertação (Mestrado) UFPB - Campina Grande: – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração: Recursos Hídricos.

ANDRADE, P. R. G. S de (2000). *Operação integrada ótima do sistema hídrico Jucazinho - Carpina, para múltiplos usos - rio Capibaribe - PE*. 226 p. Dissertação (Mestrado) UFPB - Campina Grande: – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração: Recursos Hídricos.

ANDRADE, P. R. G. S., CURI, W. F. & CURI, R. C. (2002). ORNAP na otimização de três perímetros irrigados abastecidos por dois reservatórios conectados em série. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*. Jaboticabal, SP. vol. 22, nº 1.

ARCHIBALD, T. W., MCKINNON, K. I. M. e THOMAS, L. C. (1997). An aggregate stochastic dynamic programming model of multireservoir systems. *Water Resources Research*, vol. 33, nº2.

BARBOSA, D. L., CURI, R. C. & CURI, W. F. (2001), Um estudo de caso da operação integrada ótima de três reservatórios em paralelo com usos múltiplos. *Anais V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*. Aracajú, SE. p. 1-20.

BARROS, M. T. L. (1997). A programação dinâmica aplicada à engenharia de recursos hídricos. Em: Porto, R. L. L... [et al.]. *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos*, p. 238. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

BARROS, M. T. L. (2003). Modelos de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. Conceitos básicos. [comunicação via internet: www.fcth.br/Cursos/cursos/phd5029/aulasistema.pdf].

BATISTA, J. A. N., ANDRADE, E. G. C. & MATTOS, A. (2000). Estudo de comparação entre os métodos de Rippl e do Eng. Francisco Aguiar: Uma análise do aproveitamento da sub-bacia do açude Pau dos Ferros/RN. *Anais V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Natal, RN. p. 517-529.

BELLMAN, R. E. (1957). *Dynamic programming*. Princeton University Press, Princeton, N.J., USA.

BRAGA, B., BARBOSA, P. S. F. & NAKAYAMA, P. T. (1998). Sistema de suporte à decisão em recursos hídricos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol. 3, nº 3.

BRAGA Jr., B. P. F. (1987). Técnicas de otimização e simulação aplicadas em sistemas de recursos hídricos. Em: Barth, F. T... [et al.]. *Modelos para gerenciamento de recursos hídricos*, p. 427. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

CÂMARA, E. P. (2000). *Otimização da água do reservatório Coremas/Mãe d'Água para múltiplos usos*. 240 p. Dissertação (Mestrado). UFPB – Campina Grande: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração: Recursos Hídricos.

CARVALHO, D. F. C., SOARES, A. A., RIBEIRO, C. A. A. S., SEDIYAMA, G. C. e PRUSKI, F. F. (2000). Otimização do uso da água no perímetro irrigado do Gorutuba, utilizando-se a técnica da programação linear. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH)*, vol. 4, nº2: 203-209.

CARVALHO, H. O., HOLZAPFEL, E. A., LOPEZ, M. A. e MARÍÑO, M. A. (1998). Irrigated cropping optimization. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 124, nº2.

CASTRO, M. A H. (2001). Águas subterrâneas. Em: Campos, J. N. B. e Studart, T. M. C. *Gestão de Águas: Princípios e Práticas*, Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

CIRILO, J. A. (1997). Programação não linear aplicada a recursos hídricos. Em: Porto, R. L. L... [et al.]. *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos*, p.305. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

CURI, W. F. & CURI, R. C. (2001). “ORNAP - Optimal Reservoir Network Analysis Program”, *Anais em CD-ROM do V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa*, Aracaju, SE.

CURI, R. C., CURI, W. F. & CUNHA, R. G. L. (2000). *Lucratividade de um perímetro irrigado em função da operação de um reservatório e da garantia de sustentabilidade do sistema*. In: XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Fortaleza, CE.

GOMES, H. P. (1999). *Engenharia de irrigação hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento*. Editora Universitária – UFPB, Campina Grande.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, SEMARH. (2003). [Comunicação via internet: <http://www.semarh.pb.gov.br>].

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA,EMPASA. (2003). [Comunicação via internet: www.empasa.pb.gov.br].

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. (1997). *Plano diretor de recursos hídricos das bacias do rio Piancó e do Alto Piranhas – PDRH – PB*. SCIENTEC, João Pessoa.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. (1997). *Diagnóstico do plano diretor das bacias hidrográficas do Piancó e do Alto Piranhas*. SCIENTEC, João Pessoa.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. (2003). *Manual de orçamentos agropecuários, CENOP – CDE- COVAT/Banco do Nordeste – Campina Grande*.

LANNA, A. E. L. & MARWELL, P. (1986). *Mohtsar – Modelo hidrológico para o trópico do semi-árido*, IPH.

LINSLEY, R. K. & FRANZINI, J. B. (1978). *Engenharia de recursos hídricos – Tradução e Adaptação: Luiz Américo Pastorino, Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP*.

LOUKS, D. P., STEDINGER, J. R. & HAITH, D. A. (1981). *Water resources systems planning and analysis*. New Jersey, Prentice Hall.

MELLO Jr., A V. & MATTOS, L. N. (1999). Otimização da operação de um reservatório pela programação dinâmica em um processo de decisão Markoviano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol. 4, nº3: 5-15.

NISHIKAWA, T. (1998). Water-resources optimization model for Santa Barbara, California. *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 124, nº5.

OLIVEIRA, E. F. C. C. (1998). *Simulação da operação e estimativa dos benefícios sócio-econômicos do reservatório Coremas - Mãe D'água sujeito a múltiplos usos*. 171p. Dissertação (Mestrado). UFPB – Campina Grande: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Área de concentração: Recursos Hídricos.

OLIVEIRA, M. B. A., CURI, R. C. & CURI, W. F. (2000). *Estimativa de uma receita ótima para o perímetro irrigado de Sousa – PB com uso do CISDERGO*. In: XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Fortaleza, CE.

PICCARDI, C., SESSA, R. S. (1991). Stochastic dynamic programming for reservoir optimal control: dense discretization and inflow correlation assumption made possible by parallel computing. *Water Resources Research*, vol. 27, nº5.

PILAR, J. V. (1998). *Otimização de um sistema de recursos hídricos sem regulação. Caso analisado: bacia do rio Paracatu*. 118p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Curso de Pós-Graduação em Engenharia, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

PILAR, J. V., LANNA, A. E. (1999). Planejamento por otimização linear de um sistema de recursos hídricos sem regularização: bacia do rio Paracatu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH)*, vol. 4, n°2: 61-72.

PORTO JR., J. F., CELESTE, A. B., CURI, R. C. & CURI, W. F. (2002). *Uso do modelo CISDERGO 2.0 para a otimização e simulação no planejamento de dois perímetros irrigados no semi-árido paraibano*. In: XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA. Salvador, BA.

QUINTELA, A. C. (1981). *Hidráulica, fundação Calouste Gulbenkian*. Lisboa.

RAVIKUMAR, V., VENUGOPAL, K. (1998). Optimal operation of south Indian irrigation systems. *Jornal of Water Resources Planning and Management*, vol. 124, n°5.

RIGHETTO, A. M., GUIMARÃES FILHO, J. A. (2003). Utilização ótima dos recursos hídricos superficiais do Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH)*, vol. 8, n°2: 19-29.

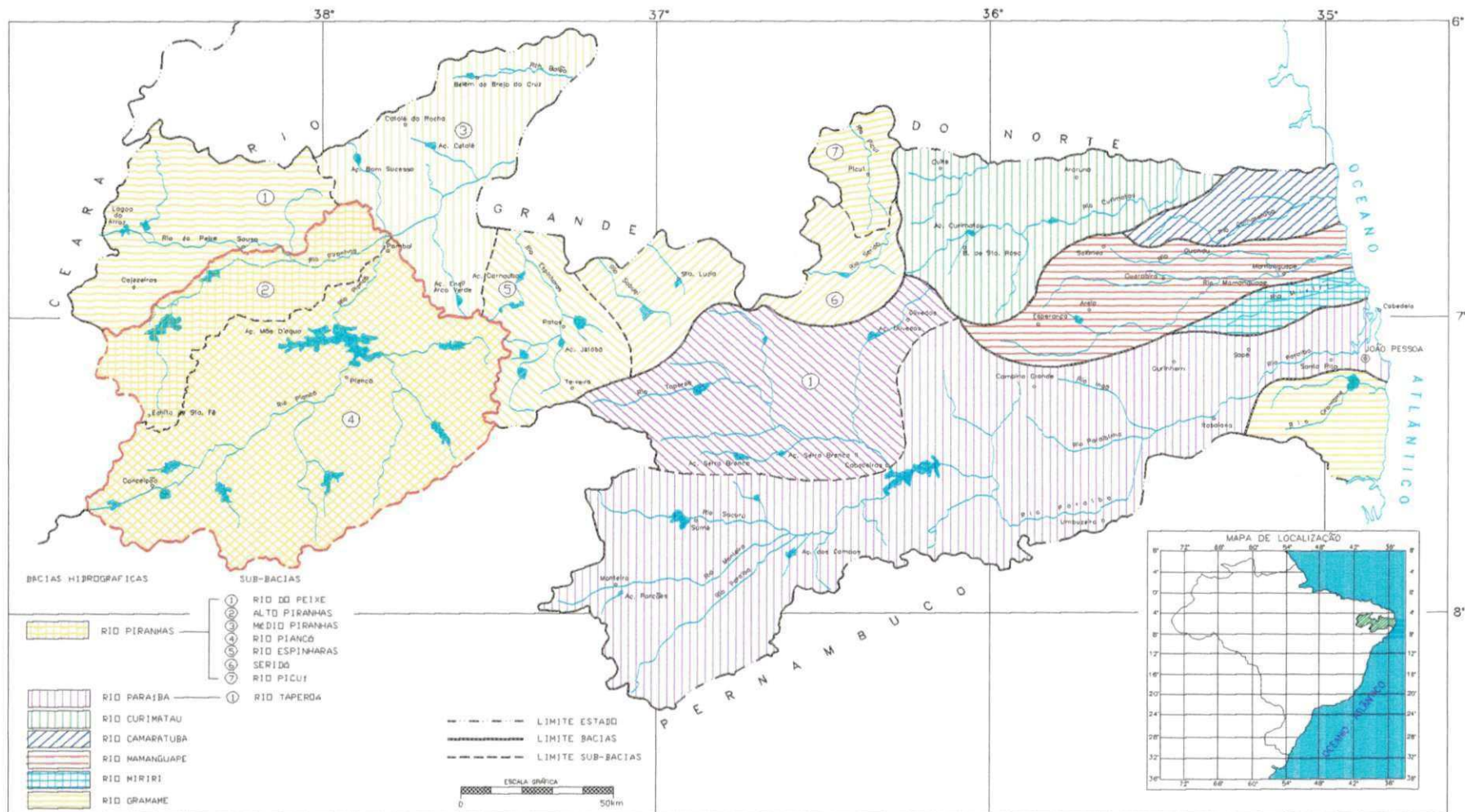
SCIENTEC. (1997). *Associação para desenvolvimento da ciência e tecnologia*. Plano diretor de recursos hídricos da Paraíba: bacias do rio Piancó e do Alto Piranhas. SEPLAN.

SIGVALDASON, O. T. (1976). A Simulation model for operating a multi-purpose multi-reservoir system. *Water Resources Research*, Vol. 12, n° 2.

SILVA, W. P. & SILVA, C. P. (2003). *LAB FIT Curve Fitting Software*. Versão 7.2.15. Departamento de Física, Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba – PB.

- SIMONOVIC, S. P. (1992). Reservoir systems analysis: closing gap between theory and practice. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 118, nº 3.
- SINHA, A. K., RAO, B. V. e BISCHOF, C. H. (1999). Nonlinear optimization model for screening multipurpose reservoir systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 125, nº4.
- SUDENE (1990). *Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Estado da Paraíba*. 239p. Recife, Brasil, SUDENE, Pluviometria, 5.
- TAKEUCHI, K., KUNDZEWICZ, Z. W. (1998). Sustainability and reservoirs. Sustainable reservoir development and management. *Publication of International Association of Hydrological Sciences - IAHS*, nº 251.
- TESTEZLAF, R., MATSURA, E. E. & CARDOSO J. L. (2002). Importância da irrigação no desenvolvimento de agronegócio. [comunicação via internet: www.agr.feis.unesp.br/csei.pdf]
- TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. (1970). System simulation for management of a total water resource. p. 118. Texas.
- TUCCI, C. E. M. (1987). Modelos determinísticos. Em: Barth, F. T... [et al.]. *Modelos para o gerenciamento de recursos hídricos*, p.213. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- VIEIRA, V. P. P. B. (1996). Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Vol. 1, nº 1.
- WURBS, R. A. (1993). Reservoir-system simulation and optimization models. *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 119, nº 4.
- YEH, W. W. G. (1985). Reservoir management and operations models: a state of the art Review. *Water Resources Research*, Vol. 21, nº 12.

Anexos







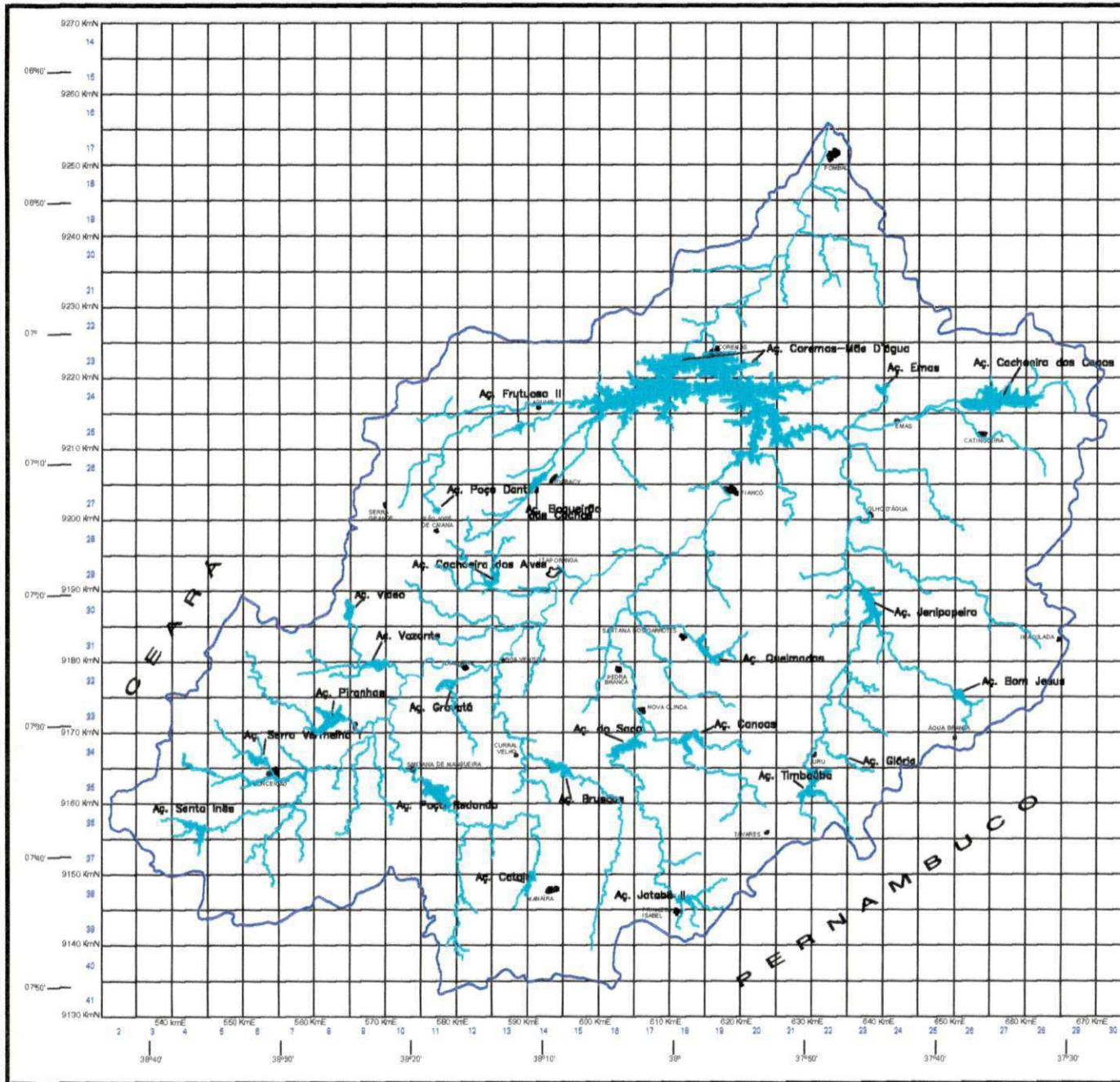
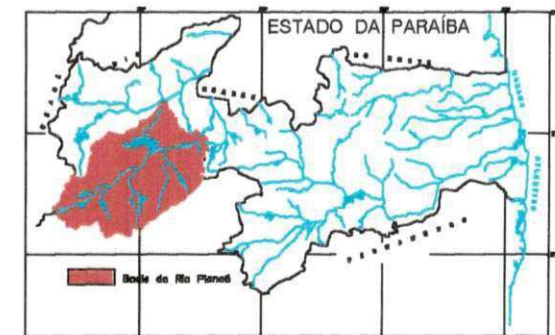
Anexo 3.1 – Localização da Bacia do Rio Piancó
 Fonte: PDRH – PB, 1997

PLANO DIRETOR DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA PARAÍBA
BACIA DO RIO PIANCÓ
 Infraestrutura Hídrica Atual

Escala - 1:400.000
 Fonte - SOENTEC - 1997

Convenções:

-  Limite de Bacia
-  Curso D'água
-  Açude
-  Sede de Município/Distrito



Anexo 5.1.1 - Série histórica de pluviometria (mm) para o reservatório de Bruscas-Curral Velho-PB

Ano	Posto Princesa Isabel (3853499)												Ptotal
	pluviometria mensal												
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1933	123,6	86,8	85,2	115,5	43,2	18,4	4,6	0,5	0,3	3	113,8	87,8	682,7
1934	48,7	178,8	118,9	140	57,1	76,2	3,2	0	7,3	21,9	43,3	59,2	754,6
1935	119	255,2	419	41	89	66	28,3	0	0	0	0	80,3	1097,8
1936	27	56	58	94	23	64,7	0	0	0	0	0	34	356,7 ano seco
1937	159,3	219,5	144,5	219,9	107,5	43	21	0	0	12	0	60,2	986,9
1938	33,5	29	262,8	240,5	56,3	12,3	0	3	4	0	0	38	679,4
1939	14,3	136,4	228,1	115	36	0	27	0	40,4	76,3	10,3	32	715,8
1940	396,9	57	342,8	383,2	268,5	42,8	3	0	87,6	0	76,9	49	1707,7
1941	47,8	336,5	196,3	224,8	128,3	20,2	109,4	76,7	25,9	0	240,7	140,1	1546,7
1942	114,6	55,6	110,2	138,3	107,8	65,6	47	50,2	0	45,7	12,7	99,3	847
1943	114,9	76,4	200,2	138,4	18,2	44,4	37,7	17,6	2,5	2,3	78,8	47,4	778,8
1944	8,3	29,9	385,5	199,4	63,5	20,1	20,6	0	5	0	25,8	68,1	826,2
1945	15,6	135,3	229,8	104,9	183	63,7	24	0	5	20	0	128,4	909,7
1946	71,3	232,8	84,5	92,5	43,3	23,8	2,3	0	0	0	142,8	86,7	780
1947	134,9	96,1	457,9	233,5	5,2	0,9	0	0	0	0	160	76	1164,5
1948	14,3	10,1	352,9	203,9	78,6	47,2	62,9	3,2	4,2	6,2	0	7,2	790,7
1949	0	54,2	70,7	175,4	107,2	57,2	8	36	12	0	187	0	707,7
1950	60,7	48,2	371,7	238,5	45,1	8,2	0	0	0	6,2	0	43,9	822,5
1951	0	10,2	106,2	179,6	101,4	64,3	0	2	0	0	0	6	469,7
1952	43,3	202,5	232,6	153,1	46,2	30,9	0	0	0	6	6	72	792,6
1953	113,2	180,1	108	123,7	14	71,6	5	3	0	0	115,2	0	733,8
1954	36,2	132,3	179,3	130,8	82,4	10,7	0	0	0	0	61,1	3,2	636
1955	192,3	143,9	69,5	88,4	95,5	2	0	3	0	29,3	15	6	644,9
1956	0	315,1	212	94,9	77,1	22,2	36,9	41	0	0	40,6	0	839,8
1957	126	14	270,7	96,8	8	16	2	0	2	0	0	53	588,5
1958	59	76	65	4	45	3,2	47	0	0	1,2	0	96,2	396,6
1959	107	112	122	66,8	7	74	13	2	0	0	15,2	4	523
1960	16	35	535,5	148,9	57	26	0	0	0	0	0	15,2	833,6
1961	126,9	166,6	201,1	44,5	32	0	70	7,2	0	29,2	0	55	732,5
1962	118,2	93,1	281,7	47,4	114,7	121,5	0	14	0	46,3	61,4	58	956,3
1963	50,3	241,4	212,3	122,4	18	49,3	0,5	0	0,7	21	0,8	267,8	984,5
1964	107,1	226,1	144,3	147,2	107,1	42,4	15,1	17	60,5	0,5	2,4	35,3	905
1965	104	37	162,6	287,4	39,5	135,7	4,3	14	0	27,7	15,3	38,2	865,7 ano normal
1966	53,3	120,9	55,8	95,8	80,7	106,4	70,9	0	26,4	0	38,7	61,2	710,1
1967	20	189	413,3	329,1	259,1	1,1	5	0,8	7,4	9,5	18	106,9	1359,2
1968	123,3	95,7	561,3	101,7	78,3	13,7	16,4	0	0	0	26	48,4	1064,8 ano chuvoso
1969	130,8	191,4	107	172,4	147,5	76,2	67,9	0	0	0	0	35,4	928,6
1970	142,1	88,3	74,5	83	13	6	16,3	0	0	10,3	50	25	508,5
1971	64,4	80,6	170,2	235,7	97	42,7	68,9	0	31	3	0	0,3	793,8
1972	110,2	163,2	79,2	70,8	87,4	64,5	14,6	47,6	0	18	0	122,7	778,2
1973	147,6	54,7	164,3	401,5	79,4	68,3	17	10	49,2	7	3	110,8	1112,8
1974	160	294,5	278,9	147,7	134,9	3,6	0	0	3	36	82	113,1	1253,7
1975	60	177,9	261,8	247,3	43,3	47,8	103,2	10	0	14,2	0	6,7	972,2
1976	38	149,7	121,7	72,3	33	0,4	0,4	0,3	32	15,3	17	32	512,1
1977	59,2	118	56,6	229,1	185,2	77	52,3	3	0,4	0	3	166,3	950,1
1978	43	84	199	125	83,2	60	100,9	0,2	48	3	0,2	33	779,5
1979	126,5	93,1	153,2	140	145,6	2	0,5	0,3	30	0	43	0	734,2
1980	121,3	152,2	175	16	17	45,6	42	0	3	15	80,5	85	752,6
1981	53,7	77	337,3	68	4	0	22	0	0	0	18,5	63,7	644,2
1982	38,6	29,5	80,3	129	104,6	6	16,4	8	9,5	0	0,3	39,4	461,6
1983	47	171,8	154,4	60,2	20	10,2	25,7	16,3	0	0	0	15,3	520,9
1984	16,3	36,8	308,9	507,9	154,5	5	5	30	5	11	40,5	5	1125,9
1985	442,9	691,6	190,8	469,4	156	131	33	5	31,4	0	5	239,8	2395,9
med	88,7	134,7	206,9	161,1	79,8	39,8	24,0	8,0	10,1	9,4	34,9	59,6	45416,8 soma
S	82,989	112,21	125,59	107,12	60,064	35,498	29,21	15,714	18,623	15,272	53,289	56,441	856,9 média
Onde: med - média	e S - desvio padrão												341,5 S
													1027,7 med+S/2

Anexo 5.1.2 - Série histórica de pluviometria (mm) para o reservatório de Cachoeira dos Alves-Itaporanga-PB

Ano	Posto Itaporanga (3843667)												Ptotal
	pluviometria mensal												
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1933	51,7	40,2	89,3	264,7	10,4	12,1	1,8	2,9	0,4	1	101,2	41,5	617,2
1934	37,5	359,2	394,5	106	134	71,9	1	3	4	17,5	31,5	13,2	1173,3
1935	98,2	179,3	428	501	193,6	214,1	30,4	15,1	3,2	5,9	18,5	14,2	1701,5
1936	7,9	252,4	86,1	122,7	91	60,7	5,4	1,9	7,9	3,2	7,3	37,2	683,7
1937	52,3	422,9	140,5	221,9	53,8	38,3	8,5	1,8	13,2	10,7	9,2	9,8	982,9
1938	73,2	21,4	222,1	108	19,2	21,7	5,5	5,4	3	3,4	9,6	8,5	501
1939	50,2	273,1	196,5	61,8	38,9	10,1	21,6	23,5	15,9	17,3	32	20	760,9
1940	78,1	106,6	411,2	224	87,6	48,5	26	4,8	4,3	3,6	5,5	51,1	1051,3 ano chuvoso
1941	3,8	191,2	232	37,3	27,8	18,5	38,1	0	0	0	4,4	0,3	553,4
1942	7,4	73,5	64,8	61	3,8	9,3	0	0	0	92,2	43,5	95,4	450,9
1943	64,8	14,7	267,7	163,1	11,9	29,3	6,2	2	0	0	36,3	114,1	710,1
1944	7,9	2,8	130,6	177,8	50,1	12,3	15,6	0	0	3,3	0	212,2	612,6
1945	59,6	182,9	66,5	94,6	218,1	67,6	9,6	0	0	21,6	0	32,1	752,6
1946	123,8	23,7	118,9	109,5	37,7	71,1	15,5	0	0	0	9	71,7	580,9
1947	52	130,4	414,7	224,7	2,3	0	0,8	0	0	0	72,8	62,9	960,6
1948	7,3	52,8	486	114	28,5	62,8	9,1	0	3,2	13,6	0	123,4	900,7
1949	0	78,7	61,6	159,2	187,2	12,7	0	20,6	0	0	68,1	4,2	592,3
1950	39,5	27,7	161,3	307,9	33,1	12,1	2,1	0	22,8	86,9	0	146,9	840,3
1951	186,5	41,7	49,9	126,3	49,8	37,5	7	0	0	1,9	3,9	5,9	510,4
1952	105,8	125,7	218,1	228,4	83,1	32,9	0	0	0	14	0	86,5	894,5
1953	6	84,1	98,7	196,2	16,9	92,2	18,5	0	0	8,9	72,9	0	594,4
1954	40,6	351,5	258,2	133,1	218,1	20,9	3,5	0	0	0	72,5	35,1	1133,5
1955	51,9	237,2	182,8	94,4	89,4	0	0	0	0	2,5	0	42,2	700,4
1956	33,3	212,2	205,3	95,2	33,2	27,5	10	10,9	0	59,9	45,3	0	732,8
1957	65,1	27,1	386	160,7	2,6	21,3	0	0	5,9	0	0	47,7	716,4
1958	2,4	79	172	18	79,2	5,7	49,4	2,2	0	0	0	38	445,9 ano seco
1959	46,6	126,6	122,1	77,8	12,4	80,8	0	8,1	5,2	6,4	39,2	0	525,2
1960	0	57,4	435,8	205	29,6	9,2	0	0	0	0	0	0	737
1961	117,5	175	355,1	92,8	26,5	2,1	16,6	0	0	0	0	4,2	789,8
1962	125,6	137	175,1	296,4	42,3	38,8	19,8	0	0	9,2	37	12,5	893,7
1963	126,1	375,6	399	140	55,6	53,4	0	0	0	6,4	15,6	168	1339,7
1964	153,5	203,2	307,2	258	118	30	7,5	18,6	29,3	7,5	33,4	53,9	1220,1
1965	121	74,2	224,5	256,7	81,6	68,8	2,1	12,2	21,4	14,8	3,2	21,1	901,6
1966	102,7	130,8	102	124,6	20,8	107,1	33,1	22,3	100,1	0	77,6	74,7	895,8
1967	50	317,7	263,9	582	205,6	8,2	7,5	2	14,7	0	1,1	40,2	1492,9
1968	132,6	21,2	471,4	77,4	99	20,2	14,2	0	2,3	0	14,6	67,5	920,4
1969	126,7	69,3	146,6	285,7	137,9	28,3	60,1	4,5	5,2	0	7,1	16,4	887,8 ano normal
1970	242,8	114,2	221,9	117,4	1,1	2,7	10,1	1,2	1,9	41,9	6,8	3	765
1971	137,8	194,2	333,8	295,5	130,1	52,9	31,6	0,6	23,1	17,1	8,7	24,3	1249,7
1972	83,4	143,9	163,9	150,3	73,3	37,9	65,5	87,3	0,6	1,1	0	84,8	892
1973	133,9	129	123,8	447,3	151,3	86,2	35,3	5,2	76,6	6,4	0	35,4	1230,4
1974	205,2	393	423,6	427,5	145,4	14,7	21,9	4,4	23,8	10,1	167,6	164,2	2001,4
1975	90,2	102,8	332,8	278,2	114,3	83,6	94,2	1,6	24,5	11,6	0	43,7	1177,5
1976	30,8	189,9	203,1	75,3	27	17,2	3,2	0	154,6	67,8	107,3	15,3	891,5
1977	188	217,2	274,6	406,5	177,4	93,1	96,7	2,4	0	2,1	0	122,4	1580,4
1978	90,1	218,8	120,3	183,8	103	55,9	39,3	11,2	6,2	11,5	45,4	14	899,5
1979	153,5	249,9	227,5	167,4	92,6	—	—	—	—	—	—	—	—
1980	0	290	185,6	24,1	4,7	35,3	13,7	0	10,7	11	16,5	8,9	600,5
1981	99,6	87,5	301,6	33,2	0	1,2	0	4,5	0	4,7	4,7	58,6	595,6
1982	72,3	58,9	90,1	191,4	30,8	9,6	8,1	0	2,4	2	8,8	26,6	501
1983	122,3	148,1	141,1	187,4	7	14,7	0	—	—	—	—	—	—
1984	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1985	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
med	79,6	153,3	229,2	186,1	72,3	39,3	17,3	5,7	12,0	12,2	25,3	48,4	43143 soma
S	59,05	109,23	122,81	123,29	63,563	38,339	22,651	13,472	27,889	21,265	35,409	50,276	880,5 média
Onde: med - média	e S - desvio padrão												337,8 S
													1049,4 med+S/2

Anexo 5.1.3 – Série histórica de pluviometria (mm) para os reservatórios de Canoas e S. N. Olinda-Nova Olinda-PB

Ano	Posto Nova Olinda (3843992)												Ptotal
	pluviometria mensal												
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1933	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	31,3	35	—
1934	62,5	195,1	229,3	151,9	124,4	66,7	0	0	9,3	0,1	53,5	98,9	991,7
1935	—	—	—	238,4	146,3	33,5	0	0	0	0	18	26,4	462,6
1936	15,8	174,9	83,4	124,7	8,7	50,4	3,1	0,2	0,1	2,3	5,2	19,9	488,7
1937	14,8	258,3	279,9	163,3	76,7	23,3	9,3	0,2	0	17,3	0	24,8	867,9
1938	55,9	44,9	253,4	154,5	70,4	6	0	0,2	0	10,6	26,5	1,9	624,3
1939	51,9	202,7	234,2	69,5	42	12,2	23,2	2,6	7,3	21,9	46,8	65,9	780,2
1940	149,3	183,4	365,7	216,9	92,2	9,7	7,6	0,6	0	4,6	19,5	27,3	1076,8
1941	14,9	238,4	227,4	51,7	6	3	43,9	0	3	4,2	44,9	2,9	640,3
1942	7	92,5	63	137,1	0	0	0	0	0	21,1	0	47,2	367,9 ano seco
1943	60,7	38,2	243,4	159	0	0	0	0	0	0	27,8	20,2	549,3
1944	10,4	20	198	143,2	12	0	0	0	0	0	0	159,6	543,2
1945	92,7	227,8	145,6	252,5	202,2	41	0	0	0	9	0	88	1058,8
1946	130,4	106,4	266,6	67,7	35,9	54,8	0	0	0	0	29,8	49,4	741
1947	19,1	217,4	570,9	199,9	0	0	0	0	0	0	116,3	60,8	1184,4 ano chuvoso
1948	80,6	14,8	395,2	157,4	84,2	37	9,2	14,9	1,2	13,3	8	80	895,8
1949	15,5	122,9	75	172,1	170,3	42	5,2	32	0	0,9	136,6	0	772,5
1950	73	19,9	200	226,3	13,4	0	0	0	3,6	5,7	0,3	76,8	619
1951	50,5	15,4	126,3	130,2	137,9	48,1	0,4	0	0	0,3	1,6	13,6	524,3
1952	86,1	140,9	112,1	279,9	12,6	8,5	1,4	0	0,5	11	4,3	294,9	952,2
1953	51,7	114,2	121,5	105,3	0,4	110	0	0	9,5	0	98,6	0	611,2
1954	43,2	211	72,2	178,5	108	5	0	0	0	4,4	88	10,7	721
1955	231,6	160,8	71,6	267,3	46,9	0	0	7	0	14,3	2	66,1	867,6
1956	0	263,4	225,8	54,4	22	10	41,5	10	0	36	85,3	13	761,4
1957	135	28	317,3	104,5	3	16	0	0	0	0	0	20	623,8
1958	30,4	116,5	168,5	5	39,4	3,6	34	0	0	0	0	14	411,4
1959	64	177	120	57	0	21	0	5	0	13	6	5	468
1960	22	69,7	571	54	18	3	0	5	8	1	0	6	757,7
1961	196,2	209	612	27	20	5	34	0	0	0	0	0	1103,2
1962	156	215	0	0	0	38	5	3,8	0	23	62,6	24	527,4
1963	91	344	369	95	0	43	0	0	0	37	25	136	1140
1964	385,7	277,2	103,9	204,2	109,9	5,3	28,2	20,3	0	0	10,3	42,8	1187,8
1965	160,9	85	287,5	268,2	19	40	0	10	0	6	7	11,5	895,1
1966	109,7	192,2	168,3	47	55	25,2	11	0	8	0	9	96	721,4
1967	26	280,3	430	222,8	113	0	0	26,6	6	0	14	124,9	1243,6
1968	59,6	141,5	486	45,9	110,9	12,4	16,6	0	0	0	10,4	27,4	910,7
1969	159,8	171,4	359,7	246,9	72,6	81,6	33,8	21,3	14,3	0	0	103,6	1265
1970	229,4	161,5	188,8	262,3	4,4	0	0	0	0	114,2	9,4	35,5	1005,5
1971	373,4	537,3	459,2	611,8	81,2	92,6	29,9	0	40,6	25,7	39,9	38,9	2330,5
1972	124,9	142,7	362,5	319,2	90,1	69,2	125,4	31,4	0	33,7	0	44,2	1343,3
1973	281,4	203,7	174,8	478,6	91,9	37,7	23,8	24,6	22,3	20,5	16,6	73,4	1449,3
1974	296,4	325,6	280,9	393,6	125,3	44,9	0	0	0	24,4	53,8	119,6	1664,5
1975	90,1	181,9	433,4	442,3	133,5	145,9	143,5	23,6	26,5	0	0,5	0	1621,2
1976	21,3	360,8	312,2	237,9	42,5	0	0	0	185,6	92,5	0	127,4	1380,2
1977	163,9	306	368,8	477,8	303,4	97,4	77,7	0	0	19,4	18,4	165,3	1998,1
1978	88,2	176,6	166,6	143,3	66,3	37,8	84,4	0	36	0	15,5	25,3	840
1979	74,5	107,2	300,6	280,3	51	3	0	36,5	16,2	0	5,1	0	874,4
1980	71,1	322,5	180,1	38,3	0	20,4	0	0	0	5,2	49,5	13,2	700,3
1981	111,7	88,7	496,4	79,8	0	0	0	0	0	0	16,5	124,8	917,9 ano normal
1982	18,4	21,2	96,6	182,1	24,7	0	11	0	0	12,2	9,2	27,5	402,9
1983	81,6	111,3	167,7	102,1	9,1	0	57,2	4	0	0	0	42,1	575,1
1984	62,6	9,3	291,7	327,3	108,1	5,3	6,2	3,1	8,7	12	5,4	14,5	854,2
1985	236,9	329	193,4	310,6	152,7	120	20,5	0	0	17,2	22	288,6	1690,9
med	102,7	171,7	255,4	187,8	62,6	29,4	17,1	5,4	7,8	12,0	23,6	57,3	48005,5 soma
S	92,06	109,4	145,59	131,09	63,783	35,24	30,93	10,01	26,7	21,14	31,791	64,82	923,2 média
Onde: med - média	e S - desvio padrão												415,8 S
													1131,1 med+S/2

Anexo 5.1.4 – Série histórica de pluviometria (mm) para o reservatório de Queimadas-Santana dos Garrotes-PB

Ano	Posto Garrotes (3844703)												Ptotal	
	pluviometria mensal													
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez		
1962	—	—	—	—	—	—	—	—	0	14	51,9	0	—	
1963	74,3	322	219,1	100	10,4	34,6	0	0	0	10,4	39,5	112,3	922,6	
1964	135,4	197,1	149,5	200,9	80,2	8	8,4	7,5	6	0	28,6	12	833,6	
1965	87,5	49,8	252	198,9	39	83,2	0	3,1	0	27,8	0	27	768,3	
1966	34,2	183,7	12,9	77,6	42,4	48,2	10,6	20,4	9,3	12,6	35,7	29,4	517	
1967	17,6	183,5	214,6	283	127	0	0	0	2	0	0	38	865,7	ano chuvoso
1968	34,2	37,4	13	30,8	58,8	5,3	6	0	0	0	0	10,2	195,7	ano seco
1969	54,2	28,4	131,2	115,2	109	30,2	102	0	0	0	7	14,2	591,4	
1970	134,6	61,2	114,1	66,6	0	20,4	0	0	0	26,2	0	0	423,1	
1971	149,1	153,2	185	203,1	56,5	15,4	7	0	0	9,2	0	0	778,5	
1972	77,3	32,6	78,4	5,1	53	20,8	41,5	43,6	0	0	0	64,2	416,5	
1973	52,2	65,4	163,1	286,6	58,3	28,5	23,3	0	15	0	0	7	699,4	
1974	113,5	183,2	430,3	276,1	154,1	31,3	0	0	0	12,2	48,8	0	1249,5	
1975	61,8	49,8	207,3	178,8	74	62,8	84,1	0	18,5	0	4,2	84,1	825,4	
1976	7,3	77,3	91,9	68,5	14,6	0	0	0	48,3	0	10,3	10	328,2	
1977	72,1	74,5	137,1	166	56,3	25,6	11	11	0	0	0	29,3	582,9	
1978	58,6	99,1	46,5	187,7	41,2	15,4	10,2	0	0	8,3	7	3,1	477,1	
1979	102,3	34,5	82	97	73,9	5,3	0	43	15,3	0	5,1	0	458,4	
1980	94,5	219,9	170,4	36	2,4	35	10	0	17,3	2,6	37,7	39,4	665,2	
1981	133,2	52,8	303,9	62	0	1,6	0	0	0	0	2,4	55,8	611,7	
1982	15	9,6	68,4	204,6	37,5	22,9	9	0	0	0	5	8,6	380,6	
1983	58,7	173,1	166,4	164	12,4	0	9	4,3	0	0	0	10,6	598,5	
1984	67	0	197,1	302,6	59	6,6	5,1	10,4	0	10,4	4,9	10,1	673,2	ano normal
1985	299,6	365,5	286,2	410,4	100,6	134,5	16,4	16,9	7,4	15,2	0	193,8	1846,5	
med	84,1	115,4	161,8	161,8	54,8	27,6	15,4	7,0	5,8	6,2	12,0	31,6	15709	soma
S	61,766	98,72	98,726	103,34	40,769	31,269	26,419	12,88	11,05	8,4615	17,437	45,115	683	média
Onde: med - média	e S - desvio padrão												341,778	S
													853,9	med+S/2

Anexo 5.2.1 – Série de fluviometria (m³/s) para a sub-bacia do açude Bruscas – Curral Velho-PB

ANO	(Área de drenagem 251,17 km ²)												Q total	
	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
1933	0,08	0,28	0,08	0,20	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,04	1,19	
1934	0,06	0,11	7,18	2,74	2,82	2,25	0,63	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	15,84	
1935	0,03	0,82	11,48	2,59	1,71	0,87	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	17,70	
1936	0,04	0,29	0,53	0,09	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	
1937	0,00	0,27	1,11	3,14	2,56	1,39	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	8,82	
1938	0,01	0,01	0,48	3,24	2,37	1,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	7,21	
1939	0,00	0,26	1,08	2,18	1,16	0,18	0,00	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	4,94	
1940	1,64	2,32	6,87	4,84	2,31	2,41	0,99	0,02	0,03	0,00	0,09	0,00	21,54	
1941	0,01	0,15	1,38	2,00	0,79	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	
1942	0,02	0,06	0,13	0,57	0,63	0,35	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	1,85	
1943	0,04	0,68	0,29	1,31	1,15	0,15	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	3,73	
1944	0,00	0,00	0,68	1,94	1,48	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	4,69	
1945	0,01	0,14	0,55	2,13	1,97	1,92	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	7,77	
1946	0,08	0,67	1,41	0,51	0,38	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,16	3,63	
1947	0,05	0,46	6,34	10,12	2,26	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,64	20,49	
1948	0,01	0,00	1,94	2,22	1,09	0,44	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,74	
1949	0,00	0,02	0,05	0,75	0,69	0,81	0,04	0,02	0,00	0,00	0,06	0,09	2,53	
1950	0,04	0,02	0,93	8,45	2,54	0,84	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,83	ano chuvoso
1951	0,00	0,00	0,10	0,67	1,79	0,91	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	
1952	0,01	0,69	1,94	2,52	2,06	0,71	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	8,03	
1953	0,00	0,02	0,18	0,27	0,33	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,29	1,35	
1954	0,00	0,45	0,33	1,22	0,83	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	3,02	
1955	0,27	1,35	1,31	0,77	0,71	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,48	
1956	0,00	0,46	0,65	2,32	1,64	0,49	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	5,61	
1957	0,30	0,00	0,85	2,00	0,98	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	4,21	
1958	0,07	0,06	0,03	0,16	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,40	ano seco
1959	0,08	0,03	0,44	0,48	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	
1960	0,00	0,00	6,29	5,58	2,04	0,83	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,77	
1961	0,23	0,58	1,10	1,26	0,32	0,01	0,16	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	3,71	
1962	0,02	0,12	0,02	0,02	0,06	0,27	0,10	0,00	0,00	0,03	0,02	0,03	0,68	
1963	0,01	0,30	2,42	3,15	1,58	0,25	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	8,21	
1964	1,52	1,43	3,31	2,35	2,77	1,73	0,54	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	13,67	
1965	0,04	0,05	0,15	2,15	2,43	1,53	0,92	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	7,31	ano normal
1966	0,00	0,44	0,18	0,06	0,05	0,61	0,35	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	1,71	
1967	0,00	0,31	6,01	18,23	7,15	1,80	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	34,79	
1968	0,29	0,20	1,06	0,63	0,78	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	3,06	
1969	0,16	0,31	0,29	0,26	0,31	0,45	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,98	
1970	0,15	0,06	0,88	0,18	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	1,53	
1971	0,01	0,02	0,39	1,88	2,80	1,45	0,53	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	7,09	
1972	0,13	0,46	0,65	0,29	0,10	0,28	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	1,96	
1973	0,18	0,06	0,48	1,17	1,17	0,34	0,03	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	3,47	
1974	0,32	1,26	9,63	3,11	4,11	1,43	0,16	0,00	0,00	0,01	0,08	0,09	20,21	
1975	0,03	0,04	1,84	2,32	1,21	0,30	0,23	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	6,02	
1976	0,01	0,34	0,53	0,69	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	
1977	0,01	0,06	0,03	0,81	2,11	1,82	0,74	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	5,64	
1978	0,01	0,05	0,84	1,17	1,16	0,20	0,10	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	3,57	
1979	0,13	0,32	0,25	0,82	1,80	0,72	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	4,05	
1980	0,12	0,17	1,66	0,68	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,12	0,12	2,95	
1981	0,01	0,13	1,55	3,77	0,92	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	6,41	
1982	0,00	0,00	0,05	0,23	0,99	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,46	
1983	0,02	0,52	0,46	1,07	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,26	
1984	0,00	0,02	1,13	24,26	3,83	1,74	0,27	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	31,26	
1985	0,19	6,63	3,65	5,97	2,81	2,24	1,18	0,10	0,01	0,00	0,00	0,43	23,22	
Parâmetros estatísticos														
med	0,12	0,44	1,76	2,69	1,42	0,66	0,17	0,01	0,00	0,00	0,03	0,06	390,41	soma
S	0,30	0,97	2,56	4,34	1,31	0,70	0,29	0,02	0,01	0,00	0,07	0,13	7,37	média
													7,77	S
Onde: med - média e S - desvio padrão													11,25 med+S/2	

Anexo 5.2.2 Série de fluviometria (m³/s) para a sub-bacia do açude de Cachoeira dos Alves
– Itaporanga – PB

ANO	(Área de drenagem 98,88 km ²)												Q Total	
	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (M3/S)													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
1933	0,02	0,27	0,12	0,67	0,59	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	1,81	
1934	0,00	0,13	0,92	1,00	0,92	0,60	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	3,68	
1935	0,01	0,48	2,31	4,00	3,48	1,17	0,60	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	12,11	
1936	0,00	0,16	0,50	0,53	0,38	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,61	
1937	0,00	0,44	1,32	1,44	1,13	0,54	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,95	
1938	0,04	0,04	0,42	1,02	0,82	0,29	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,63	
1939	0,00	0,41	1,59	1,71	0,69	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,57	
1940	0,12	0,01	0,08	0,02	0,24	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	
1941	0,00	0,03	0,56	0,67	0,25	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	1,55	
1942	0,00	0,10	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	
1943	0,01	0,02	0,13	1,20	0,64	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	2,18	
1944	0,01	0,00	0,16	0,66	0,72	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	1,76	
1945	0,19	0,28	0,16	0,06	0,38	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	
1946	0,04	0,09	0,17	0,36	0,47	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24	
1947	0,01	0,37	0,75	3,10	0,80	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	5,26	
1948	0,01	0,01	0,91	1,46	0,85	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	3,59	
1949	0,01	0,17	0,13	0,41	0,54	0,70	0,13	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	
1950	0,01	0,00	0,11	0,49	0,80	0,17	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	1,61	
1951	0,07	0,01	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	
1952	0,01	0,04	0,18	0,74	0,87	0,46	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,39	
1953	0,00	0,01	0,44	0,34	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,87	
1954	0,01	0,04	0,29	1,27	1,18	0,73	0,19	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	3,71	
1955	0,02	0,16	0,61	0,83	0,54	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	2,29	
1956	0,00	0,36	1,86	2,58	0,88	0,31	0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,02	6,06	
1957	0,01	0,04	0,74	2,83	0,71	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	
1958	0,00	0,02	0,01	0,24	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,37	
1959	0,04	0,14	0,92	0,85	0,27	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,23	
1960	0,00	0,02	2,22	2,33	0,59	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,29	
1961	0,02	0,22	0,69	1,15	0,56	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,70	ano normal
1962	0,00	0,03	0,10	0,21	0,08	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	
1963	0,03	0,13	0,75	1,05	0,64	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	
1964	0,01	0,00	0,36	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	
1965	0,01	0,00	0,01	0,16	0,20	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	
1966	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	ano seco
1967	0,00	0,27	1,30	8,38	3,44	0,62	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,08	
1968	0,03	0,01	1,53	1,06	0,95	0,46	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,06	
1969	0,05	0,11	0,10	0,41	0,35	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02	
1970	0,03	0,00	0,17	0,20	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,66	
1971	0,03	0,09	0,22	0,66	0,85	0,33	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,23	
1972	0,07	0,24	0,89	1,36	0,68	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	3,34	
1973	0,01	0,01	0,14	0,34	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	
1974	0,27	0,57	1,29	1,18	0,77	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	4,39	ano chuvoso
1975	0,09	0,51	4,47	1,82	0,73	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,73	
1976	0,00	0,49	0,96	0,44	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	
1977	0,06	0,07	0,43	1,35	1,39	0,86	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	4,44	
1978	0,04	0,24	0,85	0,55	1,16	0,51	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,37	
1979	0,20	2,98	2,23	2,41	0,55	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,42	
1980	0,00	0,23	0,66	0,33	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24	
1981	0,02	0,21	1,72	1,02	0,38	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,36	
1982	0,00	0,00	0,01	0,10	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	
1983	0,02	0,26	0,26	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	

Parâmetros estatísticos													
Med	0,03	0,21	0,72	1,09	0,63	0,20	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	149,50 soma
S	0,05	0,43	0,83	1,36	0,68	0,26	0,09	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	2,82 média
													2,84 S
													4,24 med+S/2

Onde: med - média e S - desvio padrão

Anexo 5.2.3 Série de fluviometria (m^3/s) para a sub-bacia do açude de S. Nova Olinda –
Nova Olinda - PB

ANO	(Área de drenagem 354,39 km^2)												Q total
	VAZÕES MÉDIAS MENSIS (m ³ /s)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1933	0,11	0,44	0,13	0,30	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,06	1,78
1934	0,11	0,16	10,97	3,89	4,16	3,21	0,93	0,00	0,00	0,00	0,03	0,02	23,47
1935	0,04	1,18	16,34	3,65	2,44	1,27	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	25,24
1936	0,06	0,40	0,73	0,12	0,06	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46
1937	0,00	0,38	1,59	4,44	3,65	1,99	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	12,56
1938	0,02	0,01	0,70	4,63	3,37	1,51	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	10,33
1939	0,00	0,37	1,54	3,10	1,66	0,26	0,00	0,01	0,03	0,03	0,05	0,01	7,06
1940	2,34	3,29	9,92	6,86	3,27	3,45	1,48	0,04	0,06	0,00	0,14	0,01	30,86
1941	0,02	0,23	2,07	3,01	1,31	0,13	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	6,81
1942	0,03	0,09	0,19	0,82	0,98	0,70	0,10	0,01	0,00	0,01	0,00	0,10	3,01
1943	0,06	1,00	0,45	1,96	1,77	0,27	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	5,67
1944	0,00	0,01	1,00	2,84	2,23	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	7,03
1945	0,01	0,21	0,79	3,04	2,91	2,91	1,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,53	11,51
1946	0,11	0,95	2,00	0,75	0,61	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,25	5,27
1947	0,08	0,70	9,77	14,35	3,21	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,92	29,92
1948	0,01	0,00	2,76	3,14	1,55	0,67	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,20
1949	0,00	0,02	0,06	1,06	1,02	1,27	0,08	0,03	0,00	0,00	0,09	0,14	3,77
1950	0,06	0,02	1,52	11,99	3,67	1,26	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	18,54
1951	0,00	0,00	0,15	1,04	2,66	1,42	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,45
1952	0,01	0,99	2,78	3,63	2,97	1,08	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	11,62
1953	0,00	0,02	0,25	0,38	0,49	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,41	1,94
1954	0,00	0,63	0,47	1,77	1,27	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	4,48
1955	0,38	1,93	1,86	1,10	1,08	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	6,49
1956	0,00	0,67	0,97	3,35	2,39	0,79	0,05	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	8,25
1957	0,42	0,00	1,20	2,86	1,43	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	6,03
1958	0,10	0,09	0,04	0,23	0,05	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,57
1959	0,11	0,04	0,62	0,68	0,14	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,71
1960	0,00	0,00	9,37	7,93	2,91	1,24	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,50
1961	0,33	0,85	1,64	1,96	0,58	0,01	0,23	0,05	0,00	0,00	0,00	0,01	5,66
1962	0,02	0,15	0,03	0,03	0,07	0,36	0,13	0,00	0,00	0,04	0,02	0,03	0,87
1963	0,01	0,41	3,45	4,36	2,12	0,31	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	11,31
1964	1,96	1,95	3,74	3,31	3,71	2,35	0,69	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	17,72
1965	0,06	0,05	0,22	5,57	3,57	2,03	1,12	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	12,64
1966	0,00	0,64	0,33	0,08	0,06	0,69	0,21	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	2,04
1967	0,00	0,39	7,13	26,42	9,56	2,48	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	46,34
1968	0,43	0,28	1,62	1,32	1,50	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	5,42
1969	0,23	0,42	0,41	0,41	0,44	0,49	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	2,62
1970	0,24	0,12	1,25	0,27	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	2,23
1971	0,01	0,03	0,57	2,79	4,03	1,95	0,65	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	10,04
1972	0,17	0,62	0,71	0,36	0,12	0,29	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	2,34
1973	0,24	0,07	0,70	1,82	1,91	0,65	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,02	5,48
1974	0,39	1,61	14,90	6,04	5,61	2,20	0,30	0,00	0,00	0,02	0,11	0,10	31,27
1975	0,05	0,04	2,32	3,12	1,76	0,47	0,32	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	8,17
1976	0,01	0,40	0,65	0,90	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	2,00
1977	0,01	0,06	0,05	1,11	2,82	2,29	0,80	0,01	0,00	0,00	0,00	0,05	7,20
1978	0,01	0,08	1,05	1,40	1,49	0,20	0,13	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	4,40
1979	0,19	0,37	0,28	0,86	2,13	0,73	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	4,58
1980	0,20	0,26	2,58	1,26	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,15	0,14	4,74
1981	0,02	0,20	2,23	5,49	1,27	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	9,26
1982	0,00	0,00	0,06	0,32	1,55	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,27
1983	0,03	0,77	0,69	1,70	0,35	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,55
1984	0,00	0,02	1,59	33,43	6,25	2,46	0,39	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	44,17
1985	0,28	12,15	6,79	10,57	4,59	3,17	1,70	0,15	0,01	0,00	0,00	0,65	40,06
Parametros estatísticos													
med	0,17	0,68	2,55	3,92	2,06	0,94	0,23	0,01	0,00	0,00	0,04	0,09	566,96 soma
S	0,42	1,72	3,77	6,04	1,84	0,99	0,39	0,03	0,01	0,01	0,11	0,19	10,70 média
Onde: med - média e S - desvio padrão													11,27 S
													16,33 med+S/2

Anexo 5.2.4 Série de fluviometria (m³/s) para a sub-bacia do açude de Canoas – Nova Olinda - PB

ANO	(Área de drenagem 259,98 km ²)												Qtotal
	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
1933	0,08	0,32	0,10	0,22	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,05	1,31
1934	0,08	0,11	8,05	2,86	3,05	2,35	0,68	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	17,22
1935	0,03	0,87	11,99	2,68	1,79	0,93	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	18,52
1936	0,05	0,30	0,54	0,09	0,04	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07
1937	0,00	0,28	1,16	3,26	2,68	1,46	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	9,21
1938	0,02	0,01	0,51	3,40	2,47	1,10	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	7,58
1939	0,00	0,27	1,13	2,28	1,22	0,19	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	5,18
1940	1,71	2,41	7,28	5,03	2,40	2,53	1,09	0,03	0,04	0,00	0,11	0,01	22,64
1941	0,01	0,17	1,52	2,21	0,96	0,10	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	4,99
1942	0,02	0,06	0,14	0,60	0,72	0,51	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	2,21
1943	0,04	0,73	0,33	1,44	1,30	0,20	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	4,16
1944	0,00	0,00	0,73	2,08	1,63	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	5,15
1945	0,01	0,15	0,58	2,23	2,13	2,13	0,81	0,01	0,00	0,00	0,00	0,39	8,45
1946	0,08	0,70	1,46	0,55	0,45	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,18	3,86
1947	0,06	0,51	7,17	10,53	2,36	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,67	21,95
1948	0,01	0,00	2,02	2,30	1,14	0,49	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,01
1949	0,00	0,02	0,05	0,78	0,75	0,93	0,06	0,02	0,00	0,00	0,07	0,10	2,77
1950	0,05	0,02	1,12	8,79	2,69	0,92	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,60
1951	0,00	0,00	0,11	0,76	1,95	1,04	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00
1952	0,01	0,73	2,04	2,66	2,18	0,79	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	8,53
1953	0,00	0,02	0,18	0,28	0,36	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,30	1,42
1954	0,00	0,46	0,34	1,30	0,93	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	3,29
1955	0,28	1,42	1,37	0,81	0,79	0,09	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	4,76
1956	0,00	0,49	0,71	2,46	1,76	0,58	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	6,05
1957	0,31	0,00	0,88	2,10	1,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	4,42
1958	0,07	0,07	0,03	0,17	0,04	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,42
1959	0,08	0,03	0,45	0,50	0,10	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,26
1960	0,00	0,00	6,88	5,82	2,13	0,91	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,77
1961	0,24	0,63	1,20	1,44	0,42	0,01	0,17	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	4,15
1962	0,08	0,06	0,66	0,85	0,48	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,18
1963	0,02	0,55	4,64	3,91	1,77	0,27	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,21	11,40
1964	0,33	0,99	4,47	8,16	2,41	1,81	0,66	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	18,88
1965	0,06	0,02	0,28	6,10	2,85	1,23	0,23	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	10,78
1966	0,00	0,48	0,40	0,36	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35
1967	0,00	0,31	9,73	11,50	4,20	1,57	0,20	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	27,53
1968	0,23	0,11	1,39	2,27	3,30	1,85	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	9,55
1969	0,05	0,04	0,42	1,35	0,73	0,11	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	2,87
1970	0,33	0,57	1,03	0,28	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,43
1971	0,04	0,35	0,80	4,67	2,74	2,04	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,25
1972	0,07	0,25	0,39	0,86	0,86	0,20	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	2,65
1973	0,06	0,03	0,85	2,50	2,63	1,45	0,55	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	8,09
1974	0,18	0,97	14,74	7,32	3,28	1,86	0,38	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	28,80
1975	0,12	0,16	2,49	3,14	2,17	0,73	0,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,10	9,13
1976	0,00	0,54	0,72	1,02	0,26	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	2,59
1977	0,06	0,35	0,27	0,99	2,26	1,57	0,52	0,03	0,00	0,00	0,00	0,02	6,06
1978	0,08	0,35	1,08	0,92	1,08	0,11	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	3,70
1979	0,14	0,26	0,70	0,63	0,25	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	2,00
1980	0,00	0,23	1,57	0,68	0,00	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	2,61
1981	0,01	0,37	0,78	2,48	0,81	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	4,50
1982	0,00	0,01	0,01	0,23	1,24	0,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,70
1983	0,01	0,82	0,89	1,67	0,50	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90
1984	0,00	0,00	0,91	6,16	3,82	1,88	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,18
1985	0,19	24,98	4,93	14,45	2,82	1,46	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	49,48
Parâmetros estatísticos													
med	0,10	0,82	2,15	2,87	1,52	0,71	0,16	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	446,59 soma
S	0,24	3,41	3,20	3,13	1,11	0,75	0,25	0,01	0,01	0,01	0,08	0,12	8,43 média
													8,98 S
													12,92 med+S/2

Onde: med - média e S - desvio padrão

Anexo 5.2.5 Série de fluviometria (m^3/s) para a sub-bacia do açude de Queimadas –
Santana dos Garrotes - PB

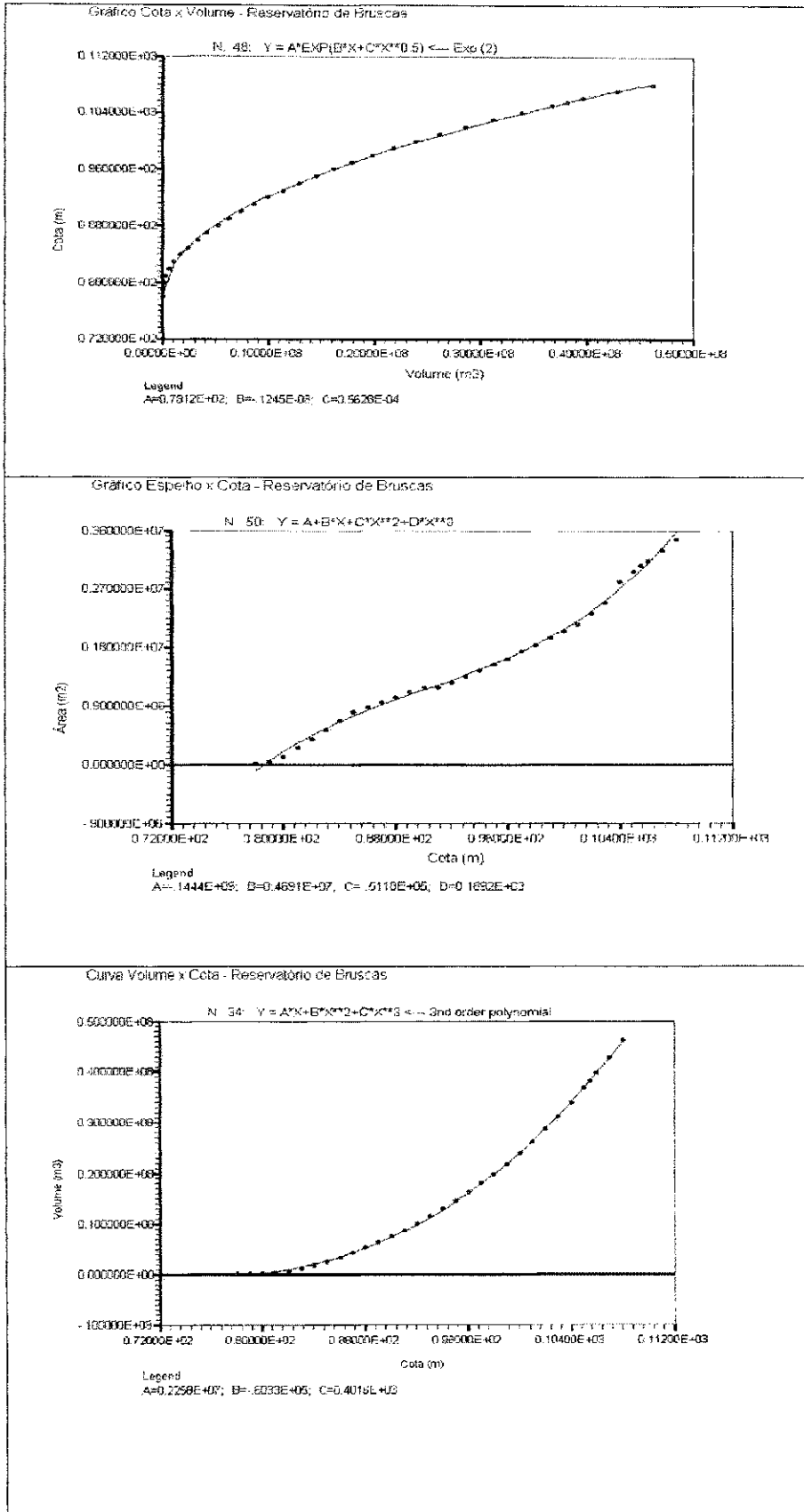
ANO	(Área de drenagem 118,34 km ²)												Qtot	
	VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m^3/s)													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
1962														
1963	0,01	0,14	1,19	1,23	0,68	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	3,37	
1964	0,03	0,34	1,00	1,33	0,97	0,58	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,32	
1965	0,02	0,03	0,08	1,60	1,22	0,54	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,61	
1966	0,00	0,31	0,25	0,04	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	
1967	0,00	0,08	0,63	3,93	1,55	0,66	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,91	ano chuvoso
1968	0,03	0,03	0,62	1,01	1,25	0,72	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,76	ano normal
1969	0,01	0,00	0,19	0,50	0,40	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27	
1970	0,08	0,05	0,41	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	
1971	0,03	0,23	0,60	2,48	0,94	0,42	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,71	
1972	0,02	0,02	0,00	0,32	0,27	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	
1973	0,01	0,02	0,29	0,80	1,19	0,62	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,03	
1974	0,03	0,11	5,48	6,17	1,41	0,96	0,24	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	14,41	
1975	0,03	0,01	0,31	0,57	0,95	0,44	0,22	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	2,60	
1976	0,00	0,03	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,29	ano seco
1977	0,01	0,01	0,12	0,43	0,59	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	
1978	0,01	0,05	0,06	0,07	0,51	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	
1979	0,05	0,03	0,23	0,11	0,21	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,64	
1980	0,04	0,20	1,38	0,69	0,10	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,42	
1981	0,04	0,05	0,35	1,16	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	2,00	
1982	0,00	0,00	0,01	0,13	0,70	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	
1983	0,01	0,42	0,33	0,74	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,69	
1984	0,01	0,00	0,34	0,80	1,19	0,63	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,03	
1985	0,14	7,23	4,04	10,25	2,30	0,99	0,50	0,02	0,00	0,00	0,00	0,14	25,61	
Parâmetros estatísticos														
med	0,03	0,41	0,78	1,50	0,74	0,31	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	88,71 soma	
S	0,03	1,49	1,32	2,37	0,59	0,34	0,12	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	3,86 média	
Onde: med - média e S - desvio padrão													5,61 S	
													6,66 med+S/2	

Anexo 5.3.1 - Dados de Cota, Área e Volume para o Reservatório de Bruscas - Curral Velho - PB

		Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Bacia hidrográfica	Piancó			
Curso barrado	Riacho de Bruscas	77,00	2.438	-
Município	Curral Velho	78,00	17.380	9.909
Origem da Ficha	SUPLAN	79,00	44.812	41.005
Latitude	7°32'13"	80,00	113.688	120.255
Longitude	38°11'49"	81,00	253.050	303.624
Latitude (UTM - Km)		82,00	392.412	626.355
Longitude (UTM - Km)		83,00	531.776	1.088.449
Volume máximo (m ³)	38.206.463,00	84,00	671.138	1.689.906
Volume morto (m ³)		85,00	810.500	2.430.725
Barragem		86,00	886.326	3.279.138
Altura (m)	31,50	87,00	962.150	4.203.376
Comprimento (m)	1.169,00	88,00	1.037.976	5.203.439
Material	Terra	89,00	1.113.800	6.279.327
Vertedor		90,00	1.189.626	7.431.040
Largura (m)	235,00	91,00	1.189.626	8.663.997
Material		92,00	1.276.288	9.938.616
Tipo	Corte em rocha	93,00	1.362.950	11.389.897
Cota da soleira (m)	105,50	94,00	1.449.612	12.882.841
Cota mínima (m)	77,00	95,00	1.536.276	14.462.448
Cota do Porão (m)		96,00	1.622.938	16.139.511
Outras Informações		97,00	1.731.188	17.924.824
Início de construção	1981 (Projeto Canaã)	98,00	1.839.438	19.818.387
Conclusão de construção	A obra durou cerca de 240 dias.	99,00	1.947.688	21.820.200
Finalidade	Abastecimento	100,00	2.055.938	23.930.263
Área bac.hidráulica (ha)	306,26	101,00	2.164.188	26.176.126
Área bac.hidrográfica (km ²)	223,50	102,00	2.327.538	28.585.339
Classif. água para abastec.		103,00	2.490.888	31.157.902
Classif. água para irrigação		104,00	2.817.588	33.893.815
Existe curva cota/área/vol.	Sim	105,00	2.980.938	36.793.078
K		105,50	3.062.615	38.206.463
Alfa		106,00	3.144.292	39.692.340
		107,00	3.307.651	42.918.311
		108,00	3.471.393	46.307.833
Executor	SUPLAN			
Proprietário	SUPLAN			

Observação: Não foi concluído. Cap. atual: 9.000.000 m³, segundo a SUPLAN.

Anexo 5.3.2 – Curvas Cota x Área do espelho líquido x Volume para o reservatório de Bruscas – município de Curral Velho - PB

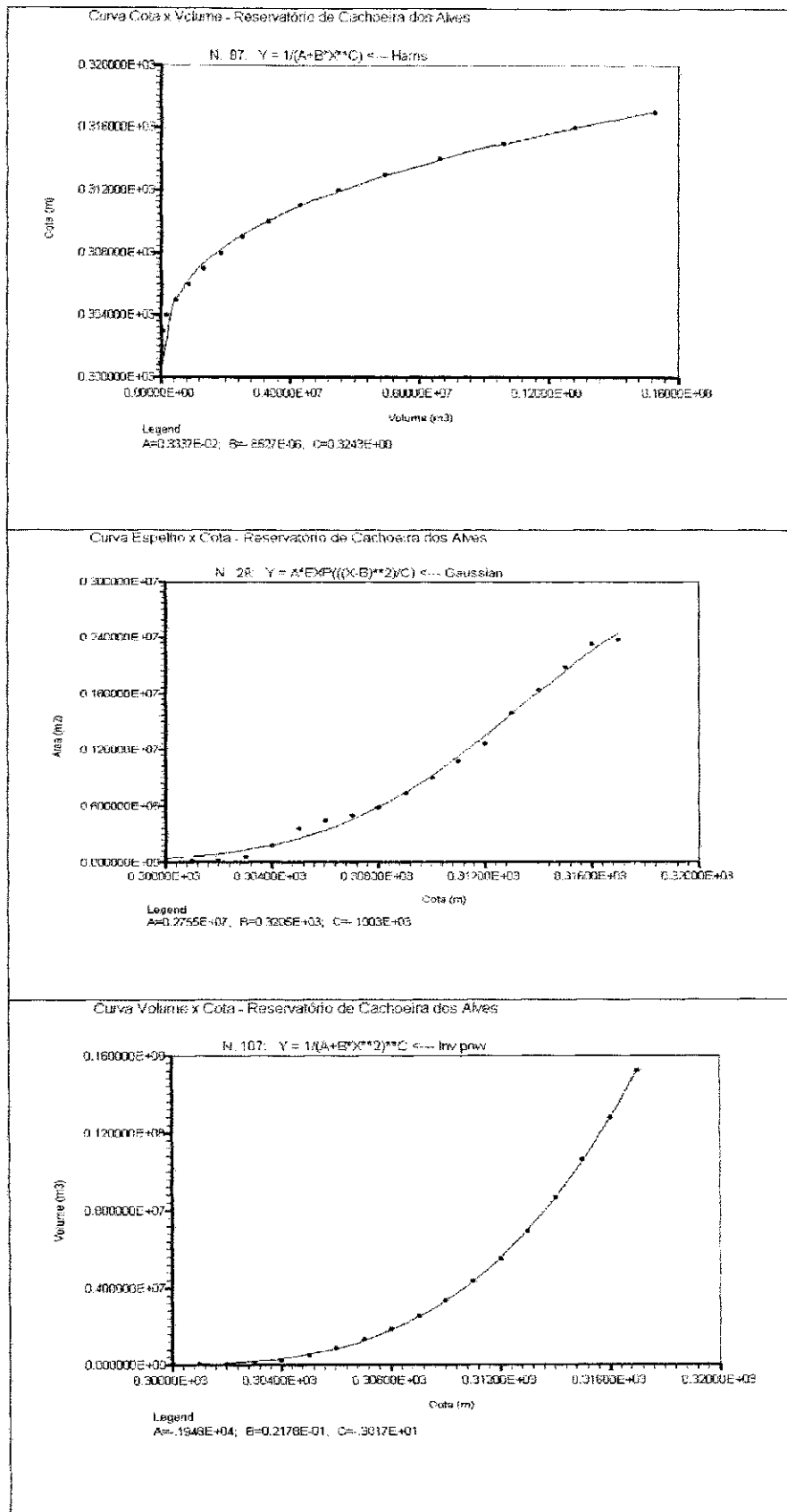


Anexo 5.3.3 - Dados de Cota, Área e Volume para o Reservatório de Cachoeira dos Alves - Itaporanga - PB

		<u>Cota (m)</u>	<u>Área (m²)</u>	<u>Volume (m³)</u>
Bacia hidrográfica	Piancó			
Curso barrado	Riacho Cachoeira	299,00	0	
Município	Itaporanga	300,00	3.072	1.536
Origem da Ficha	SUPLAN	301,00	8.832	7.488
Latitude	07° 19'	302,00	20.064	21.936
Longitude	38° 13'	303,00	61.344	62.640
Latitude (UTM - Km)	9.190,70	304,00	176.544	181.584
Longitude (UTM - Km)	584,85	305,00	364.224	451.968
Volume máximo (m ³)	10.611.196,00	306,00	446.592	857.376
Volume morto (m ³)		307,00	494.688	1.328.016
Barragem		308,00	577.344	1.864.032
Altura (m)	17,00	309,00	739.200	2.522.304
Comprimento (m)	272,00	310,00	899.616	3.341.712
Material	Terra	311,00	1.072.512	4.327.776
Vertedor		312,00	1.269.216	5.498.640
Largura (m)	100,00	313,00	1.595.332	6.930.864
Material	Alvenaria de pedra e cimento	314,00	1.840.148	8.648.554
Tipo		315,00	2.085.136	10.611.196
Cota da solcira (m)	315,00	316,00	2.330.086	12.818.808
Cota mínima (m)	299,00	317,00	2.375.040	15.271.372
Cota do Porão (m)				
Outras Informações				
Início de construção				
Conclusão de construção				
Finalidade	Abastecimento			
Área bac.hidráulica (ha)	199,00			
Área bac.hidrográfica (km ²)	108,90			
Classif. água para abastec.				
Classif. água para irrigação				
Existe curva cota/área/vol.	Sim			
K				
Alfa				
Executor	SUPLAN			
Proprietário	SUPLAN			

Observação: abastece Itaporanga.

Anexo 5.3.4 – Curvas Cota x Área do espelho líquido x Volume para o reservatório de Cachoeira dos Alves – município de Itaporanga - PB



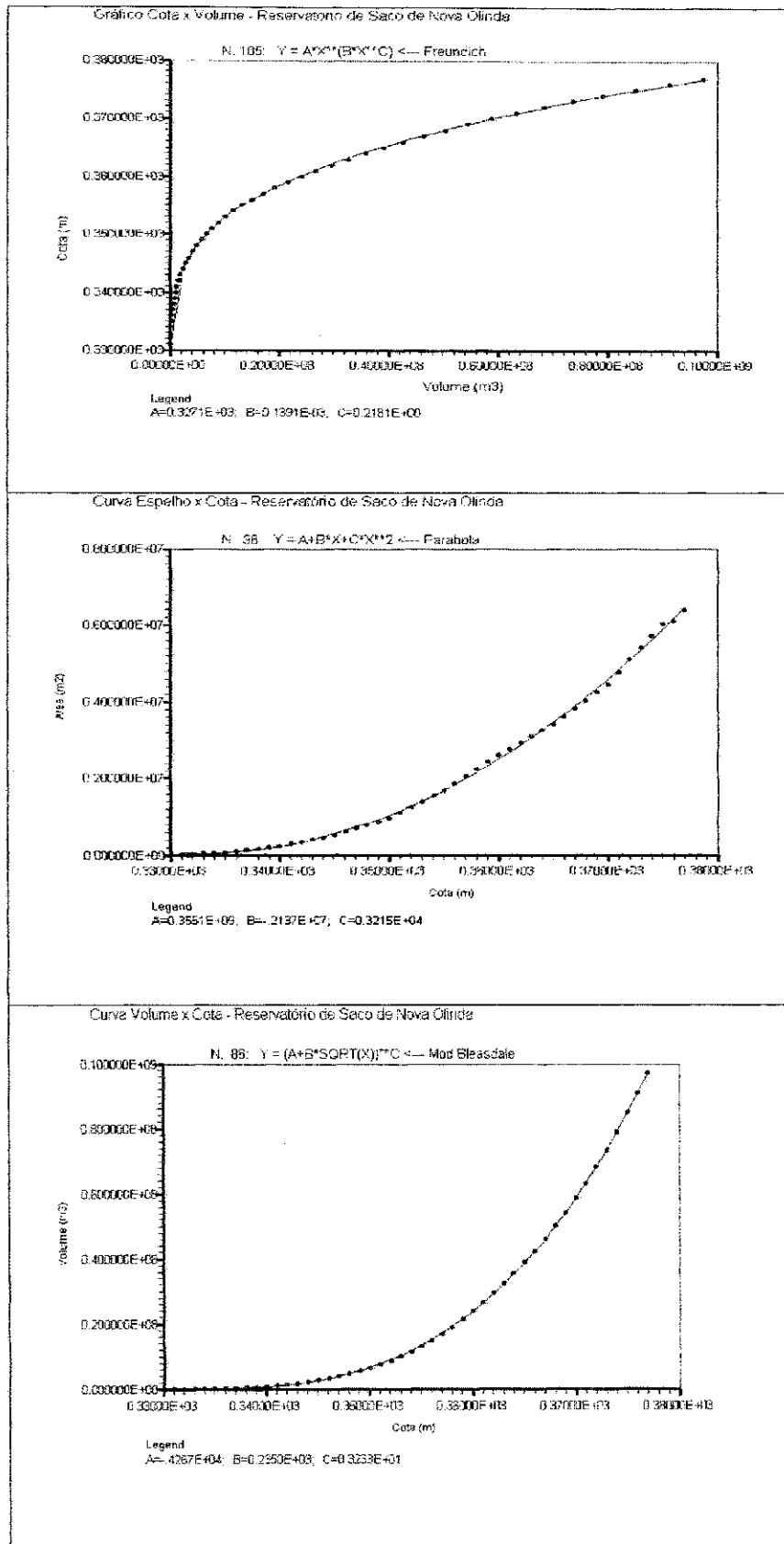
Anexo 5.3.5 - Dados de Cota, Área e Volume para o Reservatório de S. de Nova Olinda -Nova Olinda - PB

		Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Bacia hidrográfica	Piancó	330,00	7.375	0
Curso barrado	Riacho Gravata	331,00	20.212	13.794
Município	Nova Olinda	332,00	33.049	40.424
Origem da Ficha	SUPLAN	333,00	45.886	79.892
Latitude	07° 32'	334,00	58.725	132.196
Longitude	38° 04'	335,00	71.560	197.338
Latitude (UTM - Km)	9.169,40	336,00	104.348	285.292
Longitude (UTM - Km)	605,30	337,00	137.136	406.034
Volume máximo (m3)	97.488.089,00	338,00	169.924	559.564
Volume morto (m3)		339,00	202.712	745.882
Barragem		340,00	235.500	964.988
Altura (m)	56,00	341,00	292.100	1.228.788
Comprimento (m)	240,00	342,00	348.700	1.549.188
Material	Concreto compactado a rolo	343,00	405.300	1.926.188
Vertedor		344,00	461.900	2.359.788
Largura (m)	45,00	345,00	518.500	2.849.988
Material	Concreto compactado	346,00	610.412	3.414.445
Tipo	Sanfona	347,00	702.324	4.070.812
Cota da soleira (m)	377,00	348,00	794.236	4.819.092
Cota mínima (m)	330,00	349,00	886.148	5.659.284
Cota do Porão (m)		350,00	978.060	6.591.388
Outras Informações		351,00	1.118.948	7.639.892
Início de construção	1985	352,00	1.259.836	8.829.274
Conclusão de construção	1987	353,00	1.400.724	10.159.554
Finalidade	Irrigação, piscicultura e retenção de cheias	354,00	1.541.612	11.630.722
Área bac.hidráulica (ha)	640,77	355,00	1.682.500	13.242.778
Área bac.hidrográfica (km ²)	360,00	356,00	1.870.250	15.019.153
Classif. água para abastec.		357,00	2.058.000	16.938.278
Classif. água para irrigação		358,00	2.245.750	19.135.153
Existe curva cota/área/vol.	Sim	359,00	2.433.500	21.474.778
K		360,00	2.621.250	24.002.153
Alfa		361,00	2.780.000	26.702.778
		362,00	2.938.750	29.562.153
		363,00	3.097.500	32.580.278
		364,00	3.256.250	35.757.153
		365,00	3.415.000	39.092.778
		366,00	3.626.625	42.613.591
		367,00	3.837.250	46.346.028
		368,00	4.049.875	50.290.091
		369,00	4.261.500	54.445.778
		370,00	4.473.125	58.813.090
Executor	SUPLAN	371,00	4.789.875	63.444.590
Proprietário	SUPLAN	372,00	5.106.625	68.392.840
		373,00	5.423.375	73.657.840
		374,00	5.740.125	79.239.590
		375,00	6.056.875	85.138.090
		376,00	6.117.687	91.225.371
		377,00	6.407.750	97.488.089

Observação: O vertedor foi concluído em 1991.

A irrigação está parada.

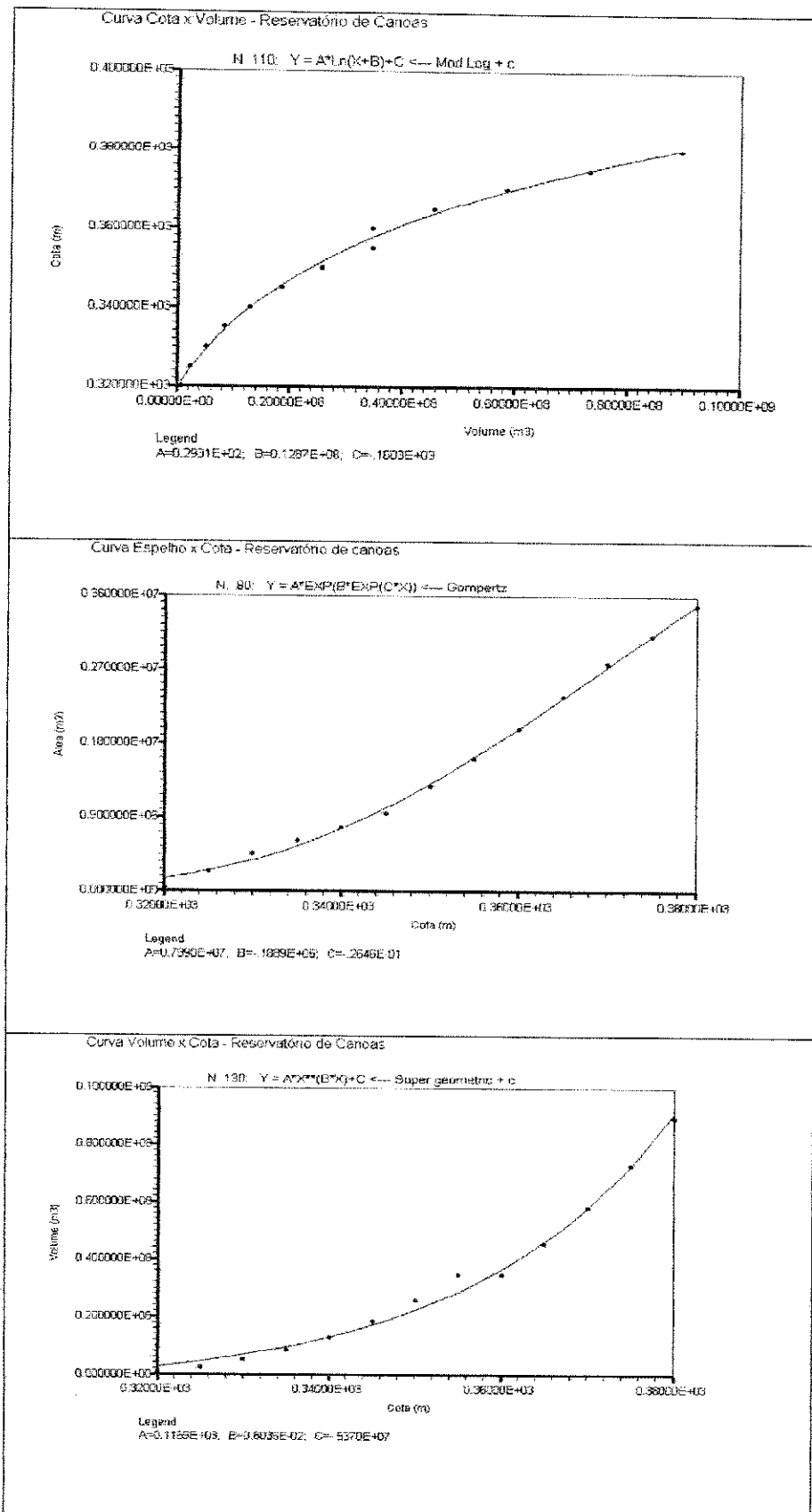
Anexo 5.3.6 – Curvas Cota x Área do espelho líquido x Volume para o reservatório de Saco de Nova Olinda – município de Nova Olinda - PB



Anexo 5.3.7 - Dados de Cota, Área e Volume para o Reservatório de Canoas - Nova Olinda - PB

		Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Bacia hidrográfica	Piancó			
Curso barrado	Riacho Canoas	318,00	3.000	6.340
Município	Nova Olinda	319,00	9.680	27.887
Origem da Ficha	SUPLAN/CAGEPA	320,00	34.413	709.885
Latitude	07° 31'	325,00	238.386	2.435.349
Longitude	37° 59'	330,00	451.800	5.102.078
Latitude (UTM - Km)	9.168,60	335,00	614.892	8.577.272
Longitude (UTM - Km)	611,20	340,00	775.186	12.893.957
Volume máximo (m ³)	45.555.443,00	345,00	951.490	18.461.344
Volume morto (m ³)		350,00	1.275.465	25.682.603
Barragem		355,00	1.613.038	34.671.790
Altura (m)	17,50	360,00	1.982.636	34.671.790
Comprimento (m)	290,00	365,00	2.370.825	45.555.443
Material	Terra	370,00	2.770.718	58.409.301
Vertedor	Não foi construído	375,00	3.117.538	73.129.943
Largura (m)		380,00	3.480.915	89.626.076
Material				
Tipo				
Cota da soleira (m)				
Cota mínima (m)				
Cota do Porão (m)				
Outras Informações				
Início de construção	1991			
Conclusão de construção	Não está concluído			
Finalidade	Abastecimento, Irrigação e Contenção de Cheias.			
Área bac.hidráulica (ha)	237,08			
Área bac.hidrográfica (km ²)	264,00			
Classif. água para abastec.				
Classif. água para irrigação				
Existe curva cota/área/vol.	Sim			
K				
Alfa				

Anexo 5.3.8 – Curvas Cota x Área do espelho líquido x Volume para o reservatório de Canoas – município de Nova Olinda - PB



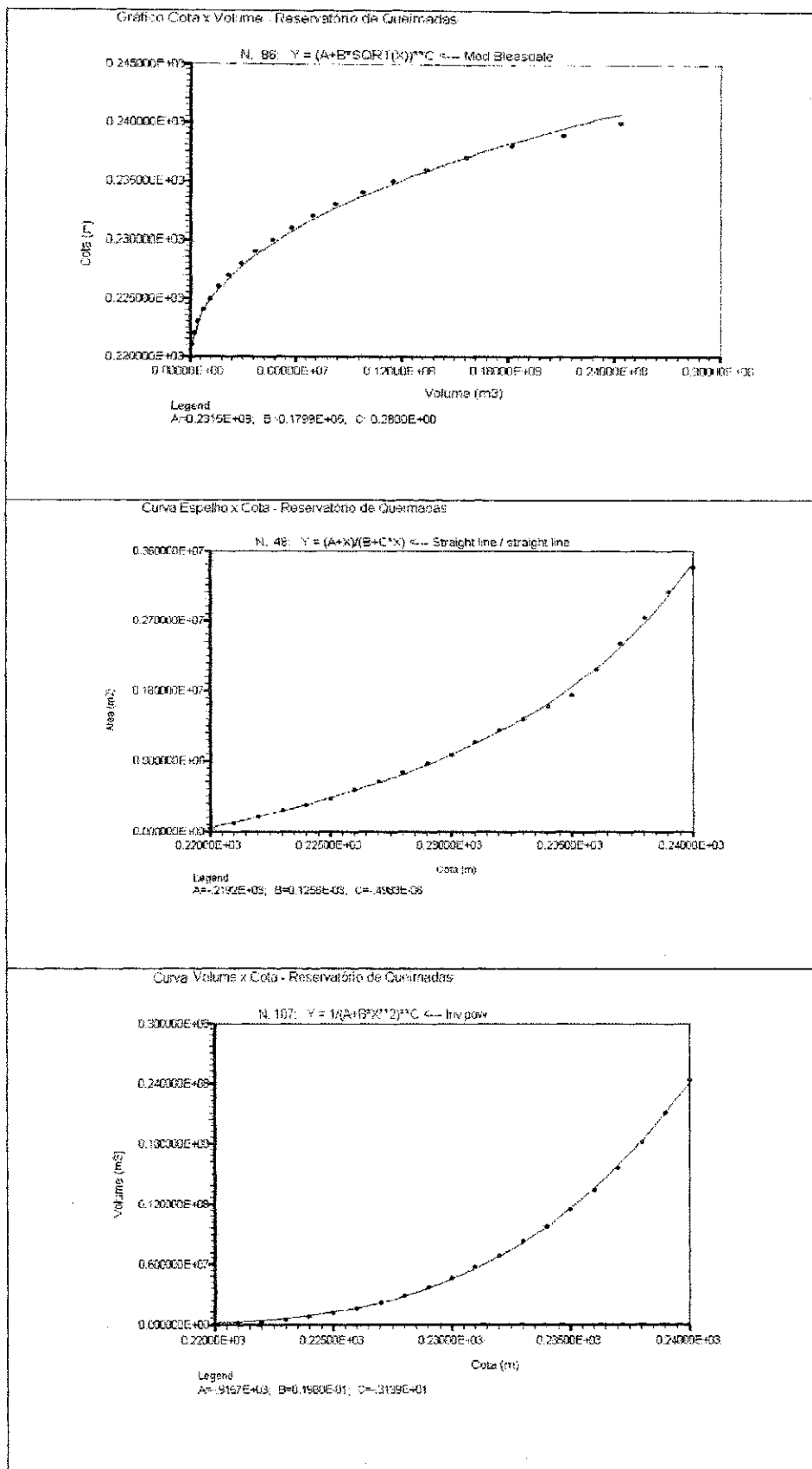
Anexo 5.3.9 - Dados de Cota, Área e Volume para o Reservatório de Queimadas - Santana dos Garrotes - PB

		Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Bacia hidrográfica	Piancó			
Curso barrado	Riacho Santana	217,00	0	-
Município	Santana dos Garrotes	218,00	3.680	0
Origem da Ficha	SUPLAN/CAGEPA	219,00	14.200	8.940
Latitude	07° 25'	220,00	32.120	32.100
Longitude	37° 57'	221,00	108.992	102.656
Latitude (UTM - Km)	9.182,80	222,00	185.864	250.084
Longitude (UTM - Km)	613,70	223,00	262.763	474.445
Volume máximo (m ³)	15.625.338,00	224,00	339.608	775.631
Volume morto (m ³)		225,00	416.480	1.153.675
Barragem		226,00	529.056	1.626.443
Altura (m)	23,27	227,00	641.632	2.211.787
Comprimento (m)	254,00	228,00	754.208	2.909.707
Material	Terra	229,00	866.784	3.720.203
Vertedor		230,00	979.360	4.643.275
Largura (m)	80,00	231,00	1.133.440	5.699.675
Material	Alvenaria de pedra	232,00	1.287.520	6.910.155
Tipo		233,00	1.441.600	8.274.715
Cota da soleira (m)	237,00	234,00	1.595.680	9.793.355
Cota mínima (m)	217,00	235,00	1.749.760	11.466.075
Cota do Porão (m)		236,00	2.079.632	13.380.771
Outras Informações		237,00	2.409.504	15.625.339
Início de construção	1984	238,00	2.739.377	18.199.779
Conclusão de construção	1986	239,00	3.069.248	21.104.092
Finalidade	Perenização do riacho Santana	240,00	3.399.120	24.338.276
Área bac.hidráulica (ha)	240,95			
Área bac.hidrográfica (km ²)	123,00			
Classif. água para abastec.				
Classif. água para irrigação				
Existe curva cota/área/vol.	Sim			
K				
Alfa				
Executor	SUPLAN			
Proprietário	SUPLAN			

Observação: A cidade Santana dos Garrotes é abastecida por poço.

A área produtora de arroz (2.000 a 3.000 ha) situada a 3 km do barramento e se estende a 15 km no leito do rio.

Anexo 5.3.10 – Curvas Cota x Área do espelho líquido x Volume para o reservatório de Queimadas município de Santana dos Garrotes - PB



Anexo 6.1 – Dados hidrológicos, resultados operacionais, resultados referentes às culturas e à piscicultura para o reservatório de Queimadas (Cenário Médio) com todas as 23 culturas

Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	7	271,9	5,631	0,288	-0,619
setembro	0	5,8	299,6	5,004	0,293	-1,246
outubro	0	6,2	332,9	4,371	0,298	-1,879
novembro	0	12	319	3,855	0,264	-2,395
dezembro	0,01	31,6	310,6	3,435	0,239	-2,815
janeiro	0,03	84,1	272,3	3,224	0,202	-3,026
fevereiro	0,41	115,4	215,4	3,565	0,17	-2,685
março	0,78	161,8	204,1	4,604	0,189	-1,646
abril	1,5	161,8	182,4	6,574	0,215	0,324
maio	0,74	54,8	183,1	5,954	0,201	-0,296
junho	0,31	27,6	182,2	6,496	0,213	0,246
julho	0,07	15,4	219,9	6,250	0,25	0,000
total	3,850	683,500	2993,400	58,963	2,822	
média	0,321	56,958	249,450	4,914	0,235	

Vmax=capacid. do Reser.=15,6*10⁶m³

Vmin=10% do Vmax

V0=0,4*Vmax=6,250*10⁶m³

Abacia hidráulica=240,95ha=2,4095*10⁹m²

A max. iriq. = 4000 (ha)

A bacia= 2409500

tempo(s)= 2628000

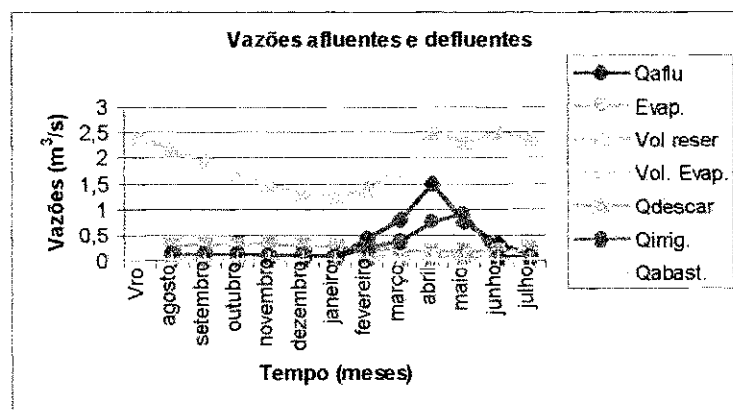
Vro (m³) = 6250135,2

Vro (hm³) = 6,250

Sust. 100%

Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Queimadas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			2,378						
agosto	0	0,249	2,143	0,110	0,024	0,092	0,006	0	0,024
setembro	0	0,275	1,904	0,111	0	0,116	0,006	0	0
outubro	0	0,305	1,663	0,113	0	0,115	0,006	0	0
novembro	0	0,292	1,467	0,100	0	0,087	0,006	0	0
dezembro	0,01	0,285	1,307	0,091	0,002	0,075	0,006	0	0,002
janeiro	0,03	0,250	1,227	0,077	0	0,049	0,006	0	0
fevereiro	0,41	0,197	1,357	0,065	0	0,244	0,006	0	0
março	0,78	0,187	1,752	0,072	0	0,361	0,006	0	0
abril	1,5	0,167	2,502	0,082	0	0,726	0,006	0	0
maio	0,74	0,168	2,266	0,076	0,032	0,883	0,006	0	0,032
junho	0,31	0,167	2,472	0,081	0	0,029	0,006	0	0
julho	0,07	0,202	2,378	0,095	0,002	0,065	0,006	0	0,002
total	3,850	2,745	22,436	1,074	0,060	2,842	0,072	0,000	0,060
média	0,321	0,229	1,870	0,089	0,005	0,237	0,006	0,000	0,005



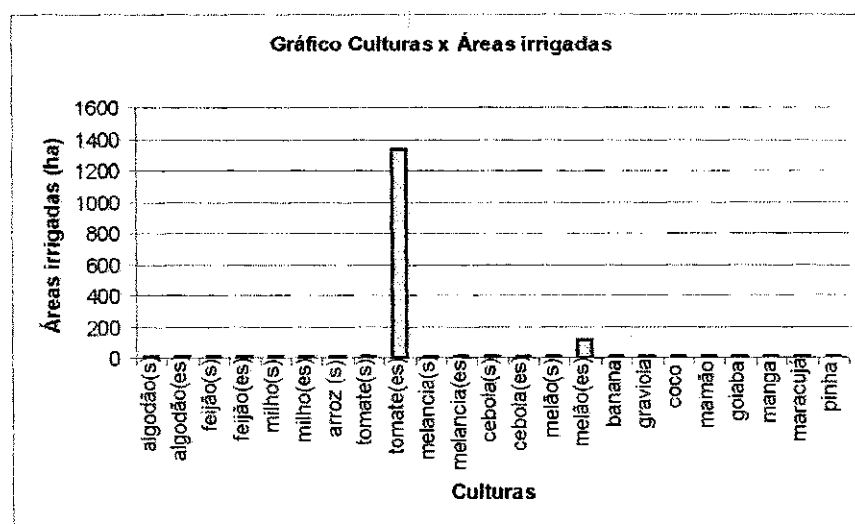
Elementos do balanço hídrico para o reservatório de Queimadas (Cenário Médio)

Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur. (ha)	período de plantação
algodão(s)	520	-5,47	5,00	fev-mai
algodão(es)	610	0,48	5,13	ago-nov
feijão(s)	280	-5,43	9,03	fev-abr
feijão(es)	301	-2,86	5,38	set-nov
milho(s)	370	-4,46	6,73	fev-mai
milho(es)	310	18,28	5,00	ago-nov
arroz (s)	394	-7,52	5,97	fev-mai
tomate(s)	1088	14,98	5,13	abr-jul
tomate(es)	336400	22030,41	1334,92	set-dez
melancia(s)	471	-2,56	5,24	fev-mai
melancia(es)	575	15,91	5,00	set-dez
cebola(s)	507	-10,23	5,07	abr-jul
cebola(es)	734	1,22	5,21	set-dez
melão(s)	628	5,47	5,61	abr-jul
melão(es)	16361	406,10	119,43	set-dez
banana	990	23,78	5,00	todo ano
graviola	757	39,38	6,70	todo ano
coco	561	47,33	5,34	todo ano
mamão	866	17,82	5,31	todo ano
goiaba	648	15,64	5,40	todo ano
manga	568	-14,33	5,52	todo ano
maracujá	1496	5,84	7,92	todo ano
pinha	942	14,85	8,33	todo ano
total	366377	22604,63	1577,37	
média	15929,43	982,81	68,58	

Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,741
produção firme (t)	8,89
mão de obra (pesc.)	6
receita líquida (R\$)	10448,36



Áreas irrigadas com cada cultura para o reservatório de Queimadas (Cenário Médio)

Anexo 6.2 – Dados hidrológicos, resultados operacionais, resultados referentes às culturas e à piscicultura para o reservatório de Cachoeira dos Alves (Cenário Médio) com todas as 23 culturas

Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Cachoeira dos Alves

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0	5,7	271,9	3,673	0,271	-0,571
setembro	0	12	299,6	3,046	0,261	-1,196
outubro	0	12,2	332,9	2,417	0,246	-1,827
novembro	0	25,3	319	1,918	0,2	-2,326
dezembro	0,01	48,4	310,6	1,530	0,167	-2,714
janeiro	0,03	79,6	272,3	1,125	0,119	-3,119
fevereiro	0,21	153,3	215,4	1,347	0,106	-2,897
março	0,72	229,2	204,1	3,071	0,179	-1,173
abril	1,09	186,1	182,4	4,619	0,214	0,375
maio	0,63	72,3	183,1	4,423	0,209	0,179
junho	0,2	39,3	182,2	4,632	0,215	0,388
julho	0,03	17,3	219,9	4,249	0,243	0,005
total	2.920	880,700	2993,400	36,050	2,430	
média	0,243	73,392	249,450	3,004	0,203	

Vmax=capacid. do Reserv.=10,61*10⁶m³

Vmin=10% do Vmax=1,061*10⁶m³

V0=0,4*Vmax=4244478,4m³

A_{bacia hidráulica}=199,00ha=1,99*10⁶m²

A máx. irig. =4000 (ha)

A bacia= 1990000

tempo (s)= 2628000

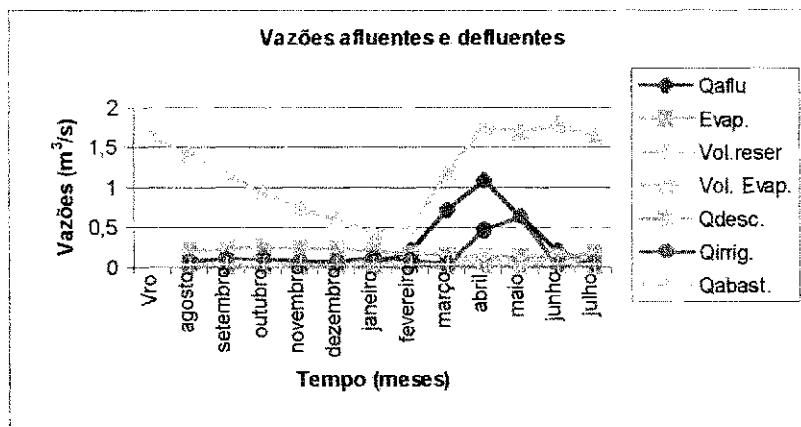
Vro(m³)= 4244478,4

Vro(hm³)= 4,244

sust= 100%

Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Cachoeira dos Alves

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irig. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast. (m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			1,615						
agosto	0	0,206	1,398	0,103	0	0,073	0,033	0	0
setembro	0	0,227	1,159	0,099	0	0,098	0,033	0	0
outubro	0	0,252	0,920	0,094	0	0,102	0,033	0	0
novembro	0	0,242	0,730	0,076	0,001	0,075	0,033	0	0,001
dezembro	0,01	0,235	0,582	0,064	0	0,063	0,033	0	0
janeiro	0,03	0,206	0,428	0,045	0,001	0,113	0,033	0	0,001
fevereiro	0,21	0,163	0,513	0,040	0,001	0,08	0,033	0	0,001
março	0,72	0,155	1,169	0,068	0,001	0,026	0,033	0	0,001
abril	1,09	0,138	1,758	0,081	0,001	0,46	0,033	0	0,001
maio	0,63	0,139	1,683	0,080	0,001	0,622	0,033	0	0,001
junho	0,2	0,138	1,763	0,082	0,001	0,023	0,033	0	0,001
julho	0,03	0,167	1,617	0,092	0	0,052	0,033	0	0
total	2.920	2,267	13,718	0,925	0,007	1,787	0,396	0,000	0,007
média	0,243	0,189	1,143	0,077	0,001	0,149	0,033	0,000	0,001



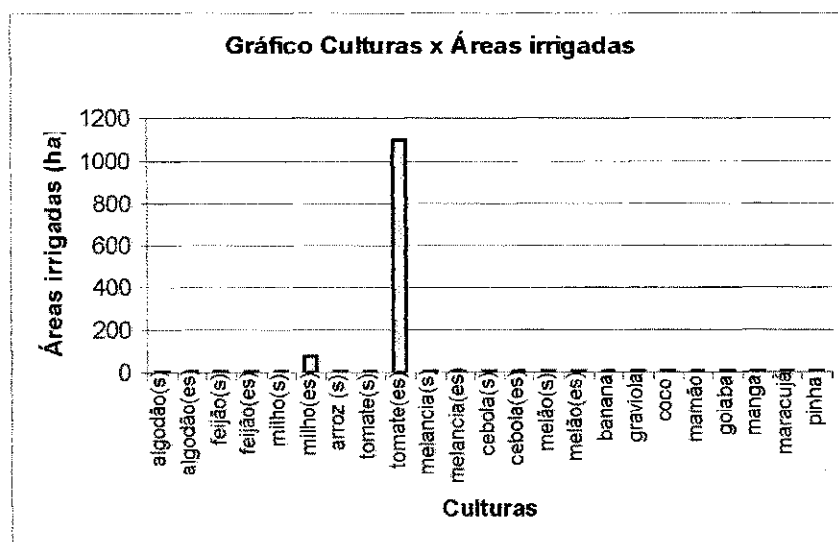
Elementos do balanço hídrico para o reservatório de Cachoeira dos Alves (Cenário Médio)

Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur. (ha)	período de plantação
algodão(s)	547	-5,76	5,26	fev-mai
algodão(es)	632	0,50	5,31	ago-nov
feijão(s)	155	-3,00	5,00	fev-abr
feijão(es)	300	-2,85	5,35	set-nov
milho(s)	291	-3,50	5,28	fev-mai
milho(es)	4504	265,62	72,65	ago-nov
arroz (s)	350	-6,67	5,30	fev-mai
tomate(s)	1105	15,22	5,21	abr-jul
tomate(es)	277856	18196,41	1102,60	set-dez
melancia(s)	464	-2,52	5,16	fev-mai
melancia(es)	577	15,97	5,02	set-dez
cebola(s)	515	-10,40	5,15	abr-jul
cebola(es)	727	1,20	5,16	set-dez
melão(s)	566	4,93	5,05	abr-jul
melão(es)	716	17,76	5,22	set-dez
banana	990	23,78	5,00	todo ano
graviola	575	29,89	5,08	todo ano
coco	525	44,27	5,00	todo ano
mamão	815	16,77	5,00	todo ano
goiaba	603	14,55	5,02	todo ano
manga	544	-13,73	5,28	todo ano
maracujá	980	3,82	5,18	todo ano
pinha	578	9,11	5,11	todo ano
total	294915	18611,37	1283,39	
média	12822,39	809,19	55,80	

Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,438
produção firme (t)	5,26
mão de obra (pesc.)	4
receita líquida (R\$)	6180,65



Áreas irrigadas com cada cultura para o reservatório de Cachoeira dos Alves (Cenário Médio)

Anexo 6.3 – Dados hidrológicos, resultados operacionais, resultados referentes às culturas e à piscicultura para o reservatório de Bruscas (Cenário Médio) com todas as 23 culturas

Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0,01	8	271,9	12,190	0,315	-3,093
setembro	0	10,1	299,6	9,854	0,316	-5,429
outubro	0	9,4	332,9	7,615	0,317	-7,668
novembro	0,03	34,9	319	5,891	0,275	-9,392
dezembro	0,06	59,6	310,6	4,632	0,244	-10,651
janeiro	0,12	88,7	272,3	3,850	0,2	-11,433
fevereiro	0,44	134,7	215,4	4,449	0,167	-10,834
março	1,76	206,9	204,1	8,999	0,208	-6,284
abril	2,69	161,1	182,4	15,675	0,239	0,392
maio	1,42	79,8	183,1	18,473	0,262	3,190
junho	0,66	39,8	182,2	19,434	0,268	4,151
julho	0,17	24	219,9	18,390	0,313	3,107
total	7,360	857,000	2993,400	129,452	3,124	
média	0,613	71,417	249,450	10,788	0,260	

V_{max}=capacid. do Reservat.=38,2*10⁶m³

V_{min}=10% do V_{max}

V₀=0,4*V_{max}=15282585,2m³

A_{bacia hidráulica}=306,26ha=3,0626*10⁶m²

A_{máx. iriq.} = 4000 (ha)

A_{bacia} = 3062600

tempo(s) = 2628000

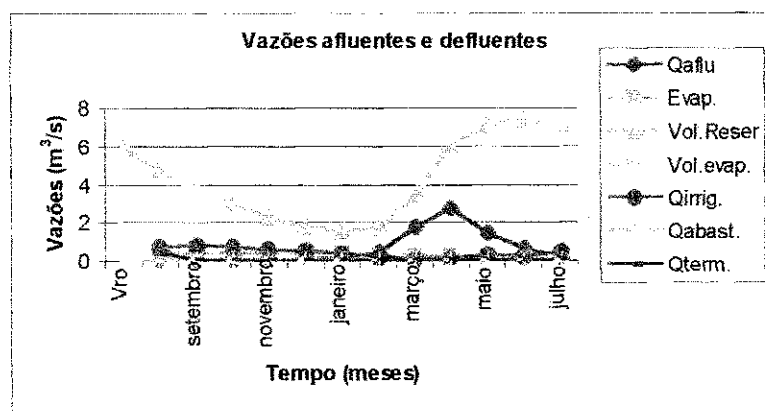
V_{ro} (m³) = 15282585

V_{ro} (hm³) = 15,283

Sust. = 100%

Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Bruscas

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			5,815						
agosto	0,01	0,317	4,639	0,120	0,406	0,663	0,004	0	0,406
setembro	0	0,349	3,750	0,120	0	0,769	0,004	0	0
outubro	0	0,388	2,898	0,121	0	0,729	0,004	0	0
novembro	0,03	0,372	2,242	0,105	0	0,59	0,004	0	0
dezembro	0,06	0,362	1,763	0,093	0	0,463	0,004	0	0
janeiro	0,12	0,317	1,465	0,076	0	0,368	0,004	0	0
fevereiro	0,44	0,251	1,693	0,064	0,013	0,178	0,004	0	0,013
março	1,76	0,238	3,424	0,079	0,013	0,004	0,004	0	0,013
abril	2,69	0,213	5,965	0,091	0,013	0,104	0,004	0	0,013
maio	1,42	0,213	7,029	0,100	0,014	0,281	0,004	0	0,014
junho	0,66	0,212	7,395	0,102	0,014	0,199	0,004	0	0,014
julho	0,17	0,256	6,998	0,119	0,014	0,447	0,004	0	0,014
total	7,360	3,488	49,259	1,189	0,487	4,795	0,048	0,000	0,487
média	0,613	0,291	4,105	0,099	0,041	0,400	0,004	0,000	0,041



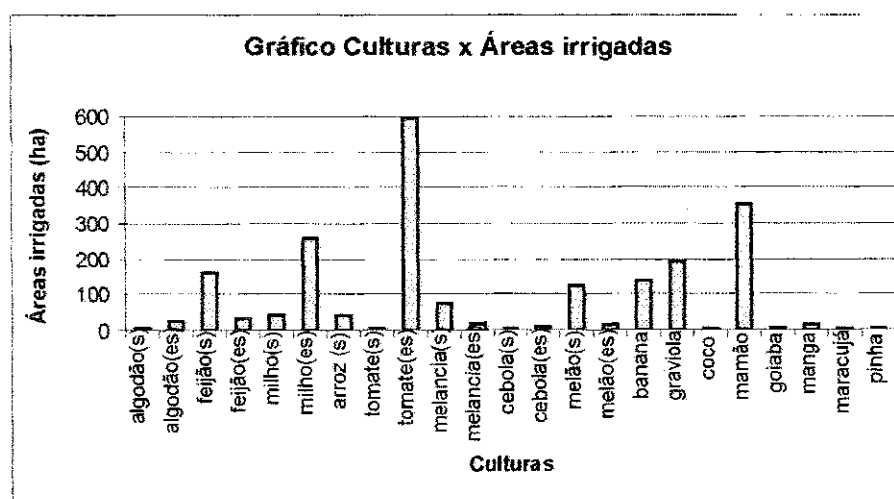
Elementos do balanço hídrico para o reservatório de Bruscas (Cenário Médio)

Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
algodão(s)	520	-5,47	5,00	fev-mai
algodão(es)	3192	2,52	26,82	ago-nov
feijão(s)	4947	-95,9	159,58	fev-abr
feijão(es)	1894	-17,99	33,82	set-nov
milho(s)	2262	-27,28	41,13	fev-mai
milho(es)	16096	949,23	259,61	ago-nov
arroz (s)	2796	-53,38	42,37	fev-mai
tomate(s)	1060	14,6	5,00	abr-jul
tomate(es)	150000	9823,29	595,24	set-dez
melancia(s)	6775	-36,84	75,28	fev-mai
melancia(es)	2038	56,38	17,72	set-dez
cebola(s)	500	-10,09	5,00	abr-jul
cebola(es)	1079	1,79	7,65	set-dez
melão(s)	14475	126,19	129,24	abr-jul
melão(es)	1852	45,97	13,52	set-dez
banana	27284	655,24	137,80	todo ano
graviola	21760	1131,86	192,57	todo ano
coco	525	44,27	5,00	todo ano
mamão	57390	1180,46	352,08	todo ano
goiaba	600	14,48	5,00	todo ano
manga	1421	-35,83	13,80	todo ano
maracujá	959	3,74	5,08	todo ano
pinha	565	8,91	5,00	todo ano
total	319990	13776,15	2133,31	
média	13912,61	598,96	92,75	

Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,918
produção firme (t)	11,02
mão de obra (pesc.)	7
receita líquida (R\$)	12948,64



Áreas irrigadas com cada cultura para o reservatório de Bruscas (Cenário Médio)

Anexo 6.4 – Dados hidrológicos, resultados operacionais, resultados referentes às culturas e à piscicultura para o reservatório de Canoas (Cenário Médio) com todas as 23 culturas

Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Precipit. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reservat. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença VRes. e Vro (hm ³)
agosto	0	5,4	271,9	16,597	0,205	-1,625
setembro	0	7,8	299,6	14,640	0,201	-3,582
outubro	0	12	332,9	12,501	0,193	-5,721
novembro	0,02	23,6	319	10,447	0,158	-7,775
dezembro	0,06	57,3	310,6	9,019	0,135	-9,203
janeiro	0,1	102,7	272,3	7,974	0,107	-10,248
fevereiro	0,82	171,7	215,4	9,842	0,101	-8,380
março	2,15	255,4	204,1	15,469	0,144	-2,753
abril	2,87	187,8	182,4	22,766	0,184	4,544
maio	1,52	62,6	183,1	24,152	0,195	5,930
junho	0,71	29,4	182,2	23,744	0,191	5,522
julho	0,16	17,1	219,9	22,886	0,223	4,664
total	8,410	932,800	2993,400	190,037	2,037	
média	0,701	77,733	249,450	15,836	0,170	

$V_{max} = \text{capacid. do Reserv.} = 45,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$V_{min} = 10\% \text{ do } V_{max} = 4,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

$V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 18222177,2 \text{ m}^3$

$A_{\text{bacia hidr.}} = 237,08 \text{ ha} = 2,3708 \cdot 10^9 \text{ m}^2$

$A_{\text{máx. irri.}} = 4000 \text{ (ha)}$

$A_{\text{bacia}} = 2370800$

$\text{tempo(s)} = 2628000$

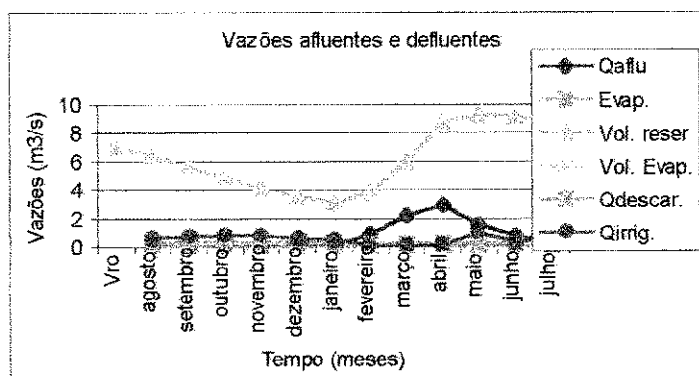
$V_{ro}(\text{m}^3) = 18222177,2$

$V_{ro}(\text{hm}^3) = 18,222$

$\text{Sust.} = 100\%$

Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Canoas

Meses	Vazões afluentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reservat. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de descarga (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de vertimento (m ³ /s)	Vazões terminais (m ³ /s)
Vro			6,934						
agosto	0	0,245	6,315	0,078	0,002	0,541	0	0	0,002
setembro	0	0,270	5,571	0,076	0,001	0,67	0	0	0,001
outubro	0	0,300	4,757	0,073	0,001	0,742	0	0	0,001
novembro	0,02	0,288	3,975	0,060	0,001	0,747	0	0	0,001
dezembro	0,06	0,280	3,432	0,051	0,001	0,565	0	0	0,001
janeiro	0,1	0,246	3,034	0,041	0	0,479	0	0	0
fevereiro	0,82	0,194	3,745	0,038	0	0,099	0	0	0
março	2,15	0,184	5,886	0,055	0	0	0	0	0
abril	2,87	0,165	8,663	0,070	0	0,069	0	0	0
maio	1,52	0,165	9,190	0,074	0	0,944	0	0	0
junho	0,71	0,164	9,035	0,073	0	0,268	0	0	0
julho	0,16	0,198	8,709	0,085	0	0,41	0	0	0
total	8,410	2,700	72,312	0,775	0,006	5,534	0,000	0,000	0,006
média	0,701	0,225	6,026	0,065	0,001	0,461	0,000	0,000	0,001



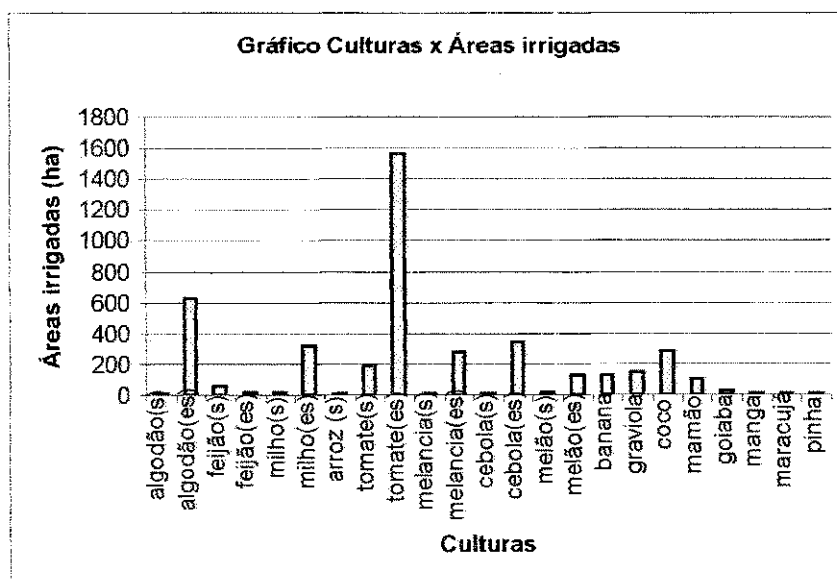
Elementos do balanço hídrico para o reservatório de Canoas (Cenário Médio)

Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
algodão(s)	520	-5,47	5,00	fev-mai
algodão(es)	74075	58,52	622,48	ago-nov
feijão(s)	1881	-36,47	60,68	fev-abr
feijão(es)	1039	-9,87	18,55	set-nov
milho(s)	717	-8,64	13,03	fev-mai
milho(es)	20074	1183,84	323,78	ago-nov
arroz (s)	481	-9,18	7,29	fev-mai
tomate(s)	40922	563,49	193,03	abr-jul
tomate(es)	393734	25785,16	1562,44	set-dez
melancia(s)	659	-3,58	7,32	fev-mai
melancia(es)	32341	894,77	281,23	set-dez
cebola(s)	877	-17,71	8,77	abr-jul
cebola(es)	48557	80,40	344,38	set-dez
melão(s)	2224	19,39	19,86	abr-jul
melão(es)	17574	436,19	128,27	set-dez
banana	25406	610,14	128,31	todo ano
graviola	17110	889,97	151,42	todo ano
coco	29983	2528,59	285,56	todo ano
mamão	17291	355,65	106,08	todo ano
goiaba	3134	75,61	26,11	todo ano
manga	515	-12,99	5,00	todo ano
maracujá	1109	4,33	5,87	todo ano
pinha	1167	18,41	10,33	todo ano
total	731390	33400,55	4314,79	
média	31799,57	1452,20	187,60	

Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	0,49
produção firme (t)	5,88
mão de obra (pesc.)	4
receita líquida (R\$)	6907,89



Áreas irrigadas com cada cultura para o reservatório de Canoas (Cenário Médio)

Anexo 6.5 – Dados hidrológicos, resultados operacionais, resultados referentes às culturas e à piscicultura para o reservatório de Saco de Nova Olinda (Cenário Médio) com todas as 23 culturas

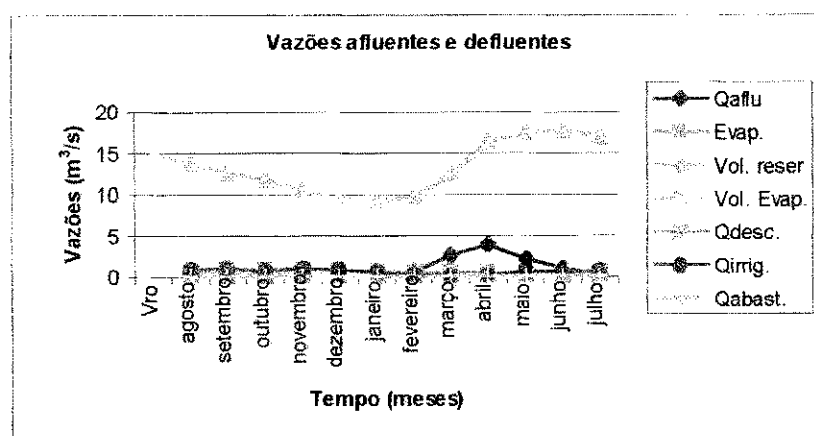
Dados hidrológicos e resultados referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Precip. (mm)	Evapor. (mm)	Volume Reserv. (hm ³)	Volume Evapor. (hm ³)	Diferença Vres e Vro (hm ³)
agosto	0,01	5,4	271,9	36,158	0,726	-2,837
setembro	0	7,8	299,6	32,937	0,751	-6,058
outubro	0	12	332,9	30,588	0,794	-8,407
novembro	0,04	23,6	319	27,382	0,707	-11,613
dezembro	0,09	57,3	310,6	24,968	0,646	-14,027
janeiro	0,17	102,7	272,3	23,786	0,548	-15,209
fevereiro	0,68	171,7	215,4	25,294	0,452	-13,701
março	2,55	255,4	204,1	32,116	0,503	-6,879
abril	3,92	187,8	182,4	42,316	0,541	3,321
maio	2,06	62,6	183,1	45,689	0,571	6,694
junho	0,94	29,4	182,2	46,407	0,574	7,412
julho	0,23	17,1	219,9	44,677	0,676	5,682
total	10,690	932,800	2993,400	412,318	7,489	
média	0,891	77,733	249,450	34,360	0,624	

$V_{max} = \text{capacid. do Reserv.} = 97,49 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_{mín} = 10\% \text{ do } V_{max} = 9,749 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
 $V_0 = 0,4 \cdot V_{max} = 38995235,6 \text{ m}^3$
 $A_{\text{bacia hidráulica}} = 640,77 \text{ ha} = 6,4077 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
 $A_{\text{máx. irrig.}} = 4000 \text{ (ha)}$
 $A_{\text{bacia}} (\text{m}^2) = 6407700$
 $\text{tempo (s)} = 2628000$
 $V_{ro} (\text{m}^3) = 38995235,6$
 $V_{ro} (\text{hm}^3) = 38,995$
 $\text{Sust} = 100\%$

Dados hidrológicos e resultados operacionais referentes ao reservatório de Saco de Nova Olinda

Meses	Vazões afuentes (m ³ /s)	Evapor. (m ³ /s)	Volume Reserv. (m ³ /s)	Volume Evapor. (m ³ /s)	Vazão de desc. (m ³ /s)	Vazão tom. d'água irrig.(m ³ /s)	Vazão tom. d'água abast.(m ³ /s)	Vazão de Vert. (m ³ /s)	vazões terminais (m ³ /s)
Vro			14,838						
agosto	0,01	0,663	13,759	0,276	0,005	0,805	0,007	0	0,005
setembro	0	0,730	12,533	0,286	0,005	0,932	0,007	0	0,005
outubro	0	0,812	11,639	0,302	0,005	0,586	0,007	0	0,005
novembro	0,04	0,778	10,419	0,269	0,005	0,999	0,007	0	0,005
dezembro	0,09	0,757	9,501	0,246	0	0,81	0,007	0	0
janeiro	0,17	0,664	9,051	0,209	0,005	0,499	0,007	0	0,005
fevereiro	0,68	0,525	9,625	0,172	0,005	0,086	0,007	0	0,005
março	2,55	0,498	12,221	0,191	0,005	0	0,007	0	0,005
abril	3,92	0,445	16,102	0,206	0,005	0,023	0,007	0	0,005
maio	2,06	0,446	17,385	0,217	0,005	0,627	0,007	0	0,005
junho	0,94	0,444	17,659	0,218	0,005	0,477	0,007	0	0,005
julho	0,23	0,536	17,000	0,257	0,005	0,645	0,007	0	0,005
total	10,690	7,299	156,894	2,850	0,055	6,489	0,084	0,000	0,055
média	0,891	0,608	13,075	0,237	0,005	0,541	0,007	0,000	0,005



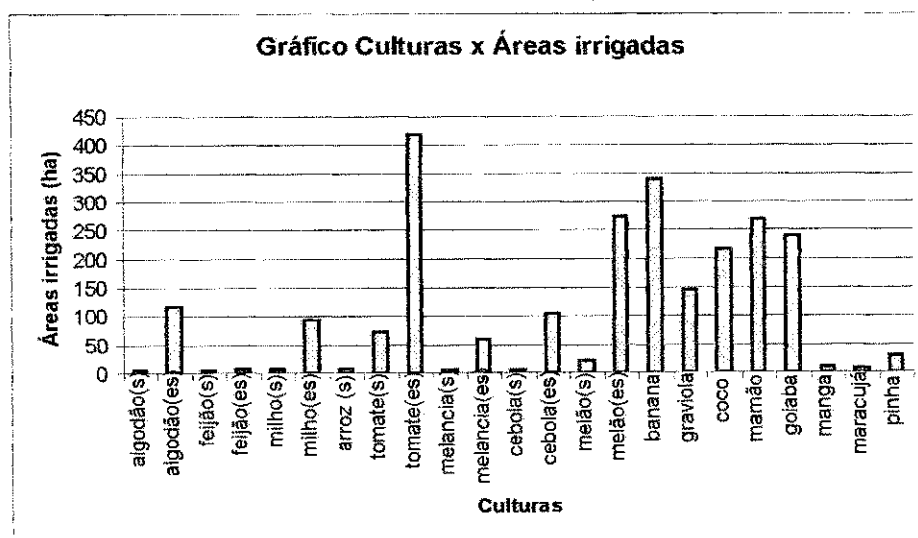
Elementos do balanço hídrico para o reservatório de Saco de Nova Olinda (Cenário Médio)

Resultados referentes as culturas

culturas	mão de obra (diárias)	receita líquida (mil reais)	área irrigada por cultur.(ha)	período de plantação
algodão(s)	597	-6,28	5,74	fev-mai
algodão(es)	13862	10,95	116,48	ago-nov
feijão(s)	178	-3,46	5,75	fev-abr
feijão(es)	458	-4,35	8,18	set-nov
milho(s)	322	-3,89	5,86	fev-mai
milho(es)	5863	345,75	94,56	ago-nov
arroz (s)	416	-7,93	6,30	fev-mai
tomate(s)	15261	210,14	71,99	abr-jul
tomate(es)	105616	6916,62	419,11	set-dez
melancia(s)	450	-2,45	5,00	fev-mai
melancia(es)	6770	187,30	58,87	set-dez
cebola(s)	500	-10,09	5,00	abr-jul
cebola(es)	14915	24,70	105,78	set-dez
melão(s)	2433	21,21	21,73	abr-jul
melão(es)	37587	932,95	274,36	set-dez
banana	67218	1614,26	339,48	todo ano
graviola	16521	859,32	146,20	todo ano
coco	22945	1935,02	218,52	todo ano
mamão	43853	902,01	269,03	todo ano
goiaba	29084	701,75	242,36	todo ano
manga	950	-23,96	9,22	todo ano
maracujá	1409	5,50	7,46	todo ano
pinha	3150	49,69	27,87	todo ano
total	390358	14654,76	2464,85	
média	16972,09	637,16	107,17	

Resultados referentes à Piscicultura

área mínima (km ²)	2,517
produção firme (t)	30,2
mão de obra (pesc.)	20
receita líquida (R\$)	35490,42



Áreas irrigadas com cada cultura para o reservatório de Saco de Nova Olinda (Cenário Médio)