



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

CONTRATAÇÃO DOS SERVIÇOS DE CONSULTORIA (PESSOA JURÍDICA) PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE SEGURANÇA HÍDRICA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS ESTRATÉGICAS DO ACARAÚ, METROPOLITANAS E DA SUB-BACIA DO SALGADO

PSH-RT18-01

PLANO DE SEGURANÇA HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ACARAÚ





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTATÍSTICA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Governador: Camilo Sobreira de Santana

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Secretário: Francisco José Coelho Teixeira

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Diretor-Presidente: João Lúcio Farias de Oliveira

CHEFIA DE GABINETE

Antônio Treze de Melo Lima

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO

Elano Lamartine Leão Joca

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

Débora Maria Rios Bezerra

DIRETORIA FINANCEIRA

Paulo Henrique Studart Pinho

GERENTE DO PROJETO

Zulene Almada Teixeira





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

EQUIPE TÉCNICA DO CONSÓRCIO

Francisco Jácome Sarmiento (Coordenador Geral)

Romulo de Macedo Vieira

Jonair Mongin

José Antônio de Oliveira Jesus

Akira Duarte Kobayashi

Marcela Rafaela de Freitas Silva

Bruno Costa Castro Alves

Juliana Argélia Garcia de Almeida

Alan Pinheiro de Souza

Talles Chateaubriand de Macedo

Emanuella Almeida Figueiredo

Jamille Freire Amorim

EQUIPE TÉCNICA DA COGERH

Francimeyre Freire Avelino

Micaella da Silva Teixeira Rodrigues

Nice Maria da Cunha Cavalcante

Zulene Almada Teixeira

Ubirajara Patrício Álvares da Silva

AGRADECIMENTOS/COLABORADORES

Ana Lúcia Maia de Souza

Davi Martins Pereira

Francisco de Assis de Souza Filho

Fátima Lorena Magalhães Ferreira

Walt Disney Paulino





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

QUADRO DE CODIFICAÇÃO

Código do Documento	PSH-RT18-01		
Título	Contratação dos serviços de consultoria (pessoa jurídica) para elaboração do Plano de Segurança Hídrica das bacias hidrográficas estratégicas do Acaraú, Metropolitanas e da Sub-Bacia do Salgado		
Aprovação inicial por:	Francisco Jácome Sarmiento		
Data da Aprovação Inicial:	06/06/2018		
Controle de Revisões			
<i>Revisão Nº</i>	<i>Natureza</i>	<i>Data</i>	<i>Aprovação</i>
01	Forma/Conteúdo	20/06/2018	Francisco Jácome Sarmiento





APRESENTAÇÃO

Este documento, denominado *Produto 18 – Plano de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica do Acaraú*, é parte integrante do **Plano de Segurança Hídrica das Bacias Hidrográficas do Acaraú, Metropolitanas e da Sub-Bacia do Salgado**, que é um indicador do Projeto de Apoio ao Crescimento Econômico com Redução das Desigualdades e Sustentabilidade Ambiental do Estado do Ceará – Programa para Resultados (PforR). Este plano foi contratado pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (Cogerh).

O Produto 18 – Plano de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica do Acaraú é produto editado em volume único e seu conteúdo reúne, conforme solicitação da companhia contratante, os mais relevantes tópicos abordados nos relatórios do PSH que o antecedem.





INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS ECONÔMICOS DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório Acaraú Mirim.....	34
Figura 2 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório Araras.....	35
Figura 3 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório Jenipapo.....	36
Figura 4 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório São Vicente.....	36
Figura 5 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório Taquara.....	37
Figura 6 - Evolução temporal do volume de água no Reservatório Acaraú Mirim.....	41
Figura 7 - Volume vertido no Reservatório Acaraú Mirim.....	41
Figura 8 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório Acaraú Mirim.....	42
Figura 9 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório Acaraú Mirim.....	42
Figura 10 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório Acaraú Mirim.....	43
Figura 11 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório Acaraú Mirim.....	43
Figura 12 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório Acaraú Mirim.....	44
Figura 13 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório Acaraú Mirim.....	44
Figura 14 - Volume reservado no Reservatório Araras.....	45
Figura 15 - Volume vertido no Reservatório Araras.....	45
Figura 16 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório Araras.....	46
Figura 17 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório Araras.....	46
Figura 18 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório Araras.....	47
Figura 19 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório Araras.....	47
Figura 20 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório Araras.....	48
Figura 21 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório Araras.....	48
Figura 22 - Volume reservado no Reservatório Jenipapo.....	49
Figura 23 - Volume vertido no Reservatório Jenipapo.....	49
Figura 24 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório Jenipapo.....	50
Figura 25 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório Jenipapo.....	50
Figura 26 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório Jenipapo.....	51
Figura 27 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório Jenipapo.....	51
Figura 28 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório Jenipapo.....	52
Figura 29 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório Jenipapo.....	52
Figura 30 - Volume reservado no Reservatório São Vicente.....	53
Figura 31 - Volume vertido no Reservatório São Vicente.....	53
Figura 32 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório São Vicente.....	54
Figura 33 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório São Vicente.....	54
Figura 34 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório São Vicente.....	55
Figura 35 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório São Vicente.....	55
Figura 36 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório São Vicente.....	56





GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Figura 37 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório São Vicente.....	56
Figura 38 - Volume reservado no Reservatório Taquara	57
Figura 39 - Volume vertido no Reservatório Taquara.....	57
Figura 40 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório Taquara.....	58
Figura 41 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório Taquara	58
Figura 42 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório Taquara	59
Figura 43 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório Taquara	59
Figura 44 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório Taquara	60
Figura 45 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório Taquara	60
Figura 46 - Variação do PIB agropecuário e as secas no Ceará	82
Figura 47 - Decréscimos percentuais acumulados – PIB-Agropecuário.....	84
Figura 48 - Localização dos açudes na Bacia do Acaraú	91
Figura 49 - Diagrama unifilar dos reservatórios monitorados pela Cogerh na Bacia do Acaraú	94
Figura 50 - Estimativas das concentrações de fósforo, em 2020 e 2030, em reservatórios da Bacia do Acaraú.....	107
Figura 51 - Duração e volumes de déficit em período de falhas	108
Figura 52 - Aglomerados urbanos identificados na área de influência do reservatório Acaraú Mirim	134
Figura 53 - Aglomerados urbanos identificados na área de influência do reservatório Araras.....	135
Figura 54 - Aglomerado urbano identificado na área de influência do reservatório Jenipapo.....	136
Figura 55 - Aglomerados urbanos identificados na área de influência do reservatório Taquara.....	137
Figura 56 - Aglomerados urbanos identificados na área de influência do reservatório São Vicente	138
Figura 57 - Sistema Adutor Araras-Alto Acaraú	140
Figura 58 - Sistema Adutor Edson Queiroz-Alto Acaraú	141
Figura 59 - Sistema Adutor Jaibaras-Sobral	143
Figura 60 - Acaraú Mirim: Permanência mínima X vazão de referência	181
Figura 61 - Araras: Permanência mínima X vazão de referência.....	181
Figura 62 - Jenipapo: Permanência mínima X vazão de referência.....	182
Figura 63 - São Vicente: Permanência mínima X vazão de referência	182
Figura 64 - Taquara: Permanência mínima X vazão de referência	183
Figura 65 - Cronograma de projeto e implantação das obras de sistemas de esgotamento sanitário na Bacia do Acaraú	195
Figura 66 - Segurança hídrica qualitativa dos reservatórios da Bacia do Acaraú.....	204





GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais ações antrópicas causadoras de impactos identificadas nas áreas de influência de açudes da Bacia do Acaraú	26
Tabela 2 - Capacidade de suporte, estimativa de cargas recebidas e variáveis utilizadas - Açudes da Bacia do Acaraú	27
Tabela 3 - Valores das variáveis utilizadas nos cálculos do IET, resultados e suas respectivas classificações.....	30
Tabela 4 - Variáveis utilizadas no cálculo, resultados e respectivas classificações do IQAR.....	33
Tabela 5 - Eficiência de Nash-Sutcliffe para calibração e para os modelos ajustados.....	67
Tabela 6 - Oferta Hídrica Subterrânea na Bacia do Acaraú.....	77
Tabela 7 - Volume anual produzido pelos poços na bacia do Acaraú.....	79
Tabela 8 - Vazões regularizadas dos reservatórios com suas respectivas demandas atuais e futuras – Bacia do Acaraú	90
Tabela 9 - Vazões regularizadas com suas respectivas demandas atuais e futuras – Bacia do Acaraú	93
Tabela 10 - Vazões regularizadas com e sem condição de Volume de Alerta para reservatórios enquadrados no Nível I – Bacia do Acaraú	99
Tabela 11 - Concentrações médias anuais de fósforo para cada cenário produtivo de reservatórios da Bacia do Acaraú.....	105
Tabela 12 - Percentuais de contribuição para a carga de fósforo em reservatórios da Bacia do Acaraú	105
Tabela 13 - Indicadores de análise de desempenho da demanda simulada para máxima garantia qualitativa - Bacia do Acaraú	110
Tabela 14 - Indicadores de análise de desempenho da demanda simulada para vazão regularizada com 90% de garantia - Bacia do Acaraú	110
Tabela 15 - Percentuais de contribuição de fósforo (situação atual).....	122
Tabela 16 - Percentuais de contribuição de fósforo (2020).....	122
Tabela 17 - Percentuais de contribuição de fósforo (2030).....	123
Tabela 18 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto – Acaraú Mirim.....	127
Tabela 19 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto do aglomerado urbano 1	127
Tabela 20 - Custo para implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano – Acaraú Mirim.....	128
Tabela 21 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto - Araras.....	128
Tabela 22 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto do aglomerado urbano 36 e 42	129
Tabela 23 - Custo para implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano - Araras	130
Tabela 24 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto - Taquara	131
Tabela 25 - Custo da implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto do aglomerado urbano 162.....	131
Tabela 26 - Custo para implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano - Taquara	132
Tabela 27 - Custo da implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano - São Vicente.....	133
Tabela 28 - Custo da implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano - Jenipapo.....	133
Tabela 29 - Elementos da Matriz GUT	189
Tabela 30 - Matriz de Hierarquização para as ações não estruturais e estruturais propostas para a Bacia do Acaraú	191
Tabela 31 - Matriz de Hierarquização para os reservatórios da Bacia do Acaraú – 2020	193
Tabela 32 - Matriz de Hierarquização para os reservatórios da Bacia do Acaraú – 2030	194
Tabela 33 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Acaraú Mirim	213





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Tabela 34 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Araras	216
Tabela 35 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Arrebita	219
Tabela 36 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Ayres de Sousa	222
Tabela 37 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Bonito	226
Tabela 38 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Carão	229
Tabela 39 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Carmina.....	232
Tabela 40 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Edson Queiroz.....	235
Tabela 41 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Farias de Sousa.....	238
Tabela 42 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Forquilha	241
Tabela 43 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Jenipapo	244
Tabela 44 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Jatobá II.....	247
Tabela 45 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório São Vicente.....	250
Tabela 46 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Sobral	253
Tabela 47 - Vazões afluentes em m ³ /s – Reservatório Taquara.....	256





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

AL – Alagoas

ANA – Agência Nacional de Águas

APP – Área de Preservação Permanente

BA – Bahia

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CE – Ceará

CLA – Clorofila-a

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CTm – Coliformes Termotolerantes

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DEFoFo – Conexões hidráulicas em PVC modificado, com diâmetro equivalente aos tubos de ferro fundido

DIBAU – Distrito de Irrigação do Perímetro Baixo Acaraú

DIPAN – Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte

DN – Diâmetro Nominal

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EA – Educação Ambiental

EEE – Estação Elevatória de Esgoto

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FGV – Fundação Getúlio Vargas





IPECE

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

FT – Fósforo Total

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

GUT – Gravidade x Urgência x Tendência

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IET – Índice de Estado Trófico

IPCA – Índice de Preços ao Consumidor

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IQAR – Índice de Qualidade de Água de Reservatório

ISO – *International Organization for Standardization*

IVA – Inventário Ambiental de Açudes

MDE – Modelo Digital de Elevação

MG – Minas Gerais

MODHAC – Modelo Hidrológico Autocalibrável

NBR – Norma Brasileira

NT – Nitrogênio Total

OD – Oxigênio dissolvido

ONG – Organização Não Governamental

PB – Paraíba

PE – Pernambuco

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

PforR – Projeto de Apoio ao Crescimento Econômico com Redução das Desigualdades e Sustentabilidade Ambiental do Estado do Ceará – Programa para Resultados

PI – Piauí

PIB – Produto Interno Bruto





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

PISF – Projeto de Integração do São Francisco com o Nordeste Setentrional

PLANERH – Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará
– Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos

PMI – *Project Management Institute*

PRMC – Projeto de Recuperação de Matas Ciliares

PRODHAM – Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental

PSA – Pagamento por Serviço Ambiental

PSH – Plano de Segurança Hídrica

PVC – Policloreto de Polivinila

RH – Região Hidrográfica

RMF – Região Metropolitana de Fortaleza

RN – Rio Grande do Norte

RSA – Risco Socialmente Aceitável

SAT – *Saturation* (Capacidade de Saturação do Solo)

SDLR – Secretaria do Desenvolvimento Local e Regional

SE – Sergipe

SMAP – *Soil Moisture Accounting Procedure*

SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas

SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos

TR – Termo de Referência

UC – Unidade de Conservação

UFC – Universidade Federal do Ceará

VMP – Valor Máximo Permitido





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E REFERÊNCIA OCEANOGRÁFICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA: ASPECTOS QUALITATIVOS.....	21
2.1 Principais impactos influentes na qualidade das águas	21
2.2 Capacidade de suporte de reservatórios	26
2.2.1 Resultados	27
2.3 Dinâmica da qualidade das águas superficiais	27
2.3.1 Qualidade de água dos reservatórios.....	28
2.3.2 Índice de Estado Trófico acerca da série histórica.....	34
2.4 Dinâmica da qualidade das águas subterrâneas.....	37
2.5 Avaliação hídrica qualitativa.....	39
3. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA: ASPECTOS QUANTITATIVOS.....	62
3.1 Estudos Pluviométricos	62
3.2 Estudos Fluviométricos	64
3.2.1 Levantamento e Seleção da Base de dados e Estudos Fornecidos.....	64
3.2.2 Estudos Fluviométricos fornecidos pela Cogerh	66
3.2.2.1 Estações Consideradas nos estudos Cogerh-UFC	66
3.2.2.2 Modelos Chuva-Vazão.....	67
3.2.2.3 O modelo chuva-vazão utilizado e os estudos de regionalização.....	68
3.3 Águas Subterrâneas	70
3.4 Vazões Afluentes Regionais.....	79
4. IDENTIFICAÇÃO DAS VULNERABILIDADES DOS SISTEMAS HÍDRICOS.....	81
4.1 Secas: impactos e respostas.....	81
4.2 Demandas associadas aos hidrossistemas	86
4.2.1 Resultados	88
4.3 Vulnerabilidades Quantitativas	92
4.3.1 Níveis de Criticidade.....	95
4.3.2 Cenários de Simulação.....	96
4.4 Vulnerabilidades Qualitativas	99
4.4.1 Resultados	103
4.5 Curvas paramétricas de evolução das atividades e cargas poluidoras	104
4.6 Indicadores de análise de desempenho.....	108
5. ESTRATÉGIA GERAL DE MITIGAÇÃO E GESTÃO DE RISCOS	112
5.1 Determinantes Ambientais	112
5.1.1 Adequação da ocupação e uso do solo.....	112





IPECE

INSTITUTO DE PESQUISA E ORGANIZAÇÃO ADMINISTRATIVA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

5.1.2 Adequação da atividade agrícola.....	114
5.1.3 Adequação da prática piscícola intensiva (tanques-rede)	115
5.1.4 Adequação da bovinocultura.....	117
5.1.5 Adequação da infraestrutura de esgotamento sanitário	120
5.1.6 Estimativa de contribuições	121
5.2 Ações Estruturais.....	124
5.2.1. Sistema de esgotamento sanitário	124
5.2.1.1. Aspectos metodológicos.....	124
5.2.1.2 Proposições de esgotamento sanitário para os aglomerados urbanos.....	125
5.2.1.2.1 Açude Acaraú Mirim.....	126
5.2.1.2.2 Açude Araras.....	128
5.2.1.2.3 Açude Taquara	130
5.2.1.2.4 Açudes São Vicente e Jenipapo	132
5.2.2 Proposições do Projeto Malha D' Água com influência nos sistemas hídricos estudados.....	139
5.3 Ações Não Estruturais.....	144
5.3.1. Mitigação de conflitos gerados por usos múltiplos da água.....	144
5.3.2 Elaboração de projeto de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)	145
5.3.3 Ampliação da base de dados e informações.....	147
5.3.4 Intensificação dos acordos com universidades e de incentivos acadêmicos.....	148
5.3.5 Proteção das zonas de recarga de aquíferos	149
5.3.6 Controle da erosão.....	150
5.3.7 Disposição adequada de resíduos sólidos.....	150
5.3.8 Incentivo ao manejo adequado da biodiversidade diante das atividades produtivas	152
5.3.9 Incentivo ao engajamento e sustentabilidade das populações rurais	153
5.3.10 Incentivo a medidas de combate à desertificação	154
5.3.11 Proteção e recuperação de áreas de preservação permanente	155
5.3.12 Promoção do macrozoneamento ambiental das bacias hidrográficas	157
5.3.13 Educação Ambiental.....	159
5.3.14 Controle da pesca artesanal.....	162
5.3.15 Incentivo ao manejo adequado da agricultura	163
5.3.16 Controle da pecuária bovina.....	164
5.3.17 Redução da carga orgânica advinda de piscicultura.....	166
5.3.18 Incentivo ao manejo adequado das áreas de extração de areia	167
5.3.19 Manejo e fiscalização das Unidades de Conservação	168
5.4 Gestão de Riscos	169
5.4.1 Realização da análise quantitativa dos riscos	171





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO ECONÔMICO DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

5.4.2 Métodos de análise qualitativa e avaliação dos riscos	172
5.4.3. Gestão de risco aplicada à Bacia do Acaraú	173
5.4.3.1 Riscos: Aspectos Quantitativos	174
5.4.3.2 Riscos: Aspectos Qualitativos	177
5.5 Ações Articuladas.....	184
6. PLANO DE AÇÕES: ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS	189
6.1 Hierarquização das Ações	189
6.1.1 Resultados	190
6.2 Priorização dos reservatórios a receber as ações	191
6.2.1 Resultados	193
6.3 Cronograma	194
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	197
7.1 Perspectiva Quantitativa.....	197
7.2 Perspectiva Qualitativa.....	200
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	206





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

1.INTRODUÇÃO



1. INTRODUÇÃO

Conforme determinado no Termo de Referência, o Plano de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica do Acaraú foi elaborado em cinco fases:

- i. Avaliação da segurança hídrica quantitativa;
- ii. Avaliação da segurança hídrica qualitativa;
- iii. Identificação das vulnerabilidades dos sistemas de suprimento de água em relação a quantidade e qualidade;
- iv. Definição de estratégias de mitigação das vulnerabilidades e gestão de riscos com vistas à promoção da segurança hídrica;
- v. Programação de ações estruturais e não estruturais.

A articulação entre essas fases é evidente, pois uma vez estudada a segurança hídrica em seus aspectos quantitativos e qualitativos, decorre naturalmente daí a identificação das vulnerabilidades afetas aos reservatórios de interesse. O encadeamento lógico de articulação das fases acima pautadas, prossegue com a definição das estratégias detentoras da capacidade de possibilitar a gestão do risco envolvido no aproveitamento das águas dos mananciais em foco, para os quais foram identificadas ações estruturais e não estruturais capazes de permitir melhores condições de usufruto das águas disponíveis, maximizando a qualidade de vida dos usuários que delas se abastecem ou são abastecidos e minimizando a incerteza atinente às atividades econômicas que têm nesses mananciais suas fontes de suprimento hídrico.

As cinco fases referenciadas foram objetos de relatórios específicos, os quais estão consolidados neste estudo, denominado de Plano de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica do Acaraú. Ademais, outros relatórios foram elaborados e compreendem interdependências mais amplas com as fases citadas.

Outrossim, o Plano de Segurança Hídrica – PSH, objeto do contrato firmado entre Cogerh e Nippon Koei Lac, contempla três regiões hidrográficas: as Bacias Metropolitanas, a Bacia do Acaraú e a Sub-Bacia do Salgado e é formado por 19 relatórios específicos para cada região hidrográfica em estudo e outros que encerram informações que são comuns a essas áreas. Notadamente para a Bacia Hidrográfica do Acaraú foram elaborados os seguintes relatórios:

- R2 - Relatório de diagnóstico ambiental da Bacia do Acaraú;

- R5 - Relatório de coleta e diagnóstico das águas da Bacia do Acaraú;
- R8 - Inventários Ambientais dos Açudes Estratégicos da Bacia do Acaraú;
- R10 - Relatório Parcial de Metodologia de Enquadramento de Reservatórios;
- R11 - Relatório Técnico Final de Metodologia de Enquadramento de Reservatórios;
- R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: aspectos qualitativos;
- R13 - Avaliação da Segurança Hídrica: aspectos quantitativos;
- R14 - Identificação das vulnerabilidades dos sistemas hídricos;
- R15 - Estratégia geral de mitigação e gestão de riscos;
- R16 - Plano de ações: estruturais e não estruturais;
- R18 - Plano de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica do Acaraú.

Com a finalidade de consolidar as informações obtidas durante o desenvolvimento das atividades indicadas no Termo de Referência que estabelece as diretrizes e critérios técnicos para elaboração do PSH, este R18 - Plano de Segurança Hídrica da Bacia Hidrográfica do Acaraú foi organizado em 8 (oito) capítulos, mais anexo, a saber:

1. Introdução;
2. Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos;
3. Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Quantitativos;
4. Identificação das Vulnerabilidades dos Sistemas Hídricos;
5. Estratégia Geral de Mitigação e Gestão de Riscos;
6. Plano de Ações: Estruturais e Não Estruturais;
7. Conclusões e Recomendações;
8. Referências bibliográficas;

Adicionalmente, foram incluídos no anexo tabelas que apresentam as vazões afluentes regionais dos 15 açudes da Bacia do Acaraú monitorados pela Cogeh.

A perspectiva qualitativa da água é tematizada no Capítulo 2, tendo por base o conteúdo apresentado no R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: aspectos qualitativos, em que a aplicação de modelos matemáticos quali-quantitativos possibilitou a definição de formas de gestão operacionais, com opção para a priorização da melhoria dos parâmetros qualitativos mais relevantes, comumente utilizados nesse tipo de avaliação. Destaca-se que, no que diz respeito às

questões qualitativas, as análises foram direcionadas para 5 (cinco) reservatórios indicados pela Cogeh: Acaraú Mirim, Araras, Jenipapo, Taquara e São Vicente.

Concernente ao Capítulo 3, seu conteúdo resume as informações mais relevantes obtidas a partir do desenvolvimento de temas abordados no R13 - Avaliação da Segurança Hídrica: aspectos quantitativos. Nesse contexto, importam tanto as ofertas de água garantidas pelos reservatórios contemplados, como as demandas atuais e suas projeções para o horizonte de planejamento que considerou ações de curto e médio prazo até 2020 e ações de longo prazo até 2030. Nesse capítulo foram considerados os 15 (quinze) reservatórios monitorados pela Cogeh na Bacia do Acaraú.

O relatório denominado R14 - Identificação das vulnerabilidades dos sistemas hídricos é a fonte da qual se aduziu o conteúdo do Capítulo 4, no qual são explicitadas as vulnerabilidades afetas aos mananciais de interesse, tanto da perspectiva quantitativa quanto qualitativa. Nesse contexto, o produto denominado R8 - Inventários Ambientais dos Açudes Estratégicos da Bacia do Acaraú consubstancia um retrato fidedigno da realidade hidroambiental das bacias estudadas, confirmando os já bem conhecidos problemas da falta de saneamento e de usos indiscriminados das águas públicas, sem a garantia de sustentabilidade, em particular, do ponto de vista qualitativo dos estoques hídricos formadores das disponibilidades em seus diversos níveis de garantia.

Do produto denominado R15- Estratégia geral de mitigação e gestão de riscos foi extraído o conteúdo que fundamenta o Capítulo 5 deste Plano de Segurança Hídrica, em que foram considerados os aspectos naturais dos sistemas hídricos, compreendendo as águas superficiais em seus aspectos quantitativos e qualitativos. A estratégia geral voltada à mitigação e a gestão de risco foi direcionada para resultar em aceitáveis condições da qualidade da água e proteção dos ecossistemas, tendo em vista os usos múltiplos da água. Como estratégia geral, a articulação das ações estruturais e não estruturais se apoiou na própria identificação e mensuração dos riscos envolvidos nas principais atividades antrópicas desenvolvidas em cada região e nos impactos ambientais negativos decorrentes dessas práticas.

As intervenções de cunho estrutural e não estrutural, apresentadas no R16- Plano de ações: estruturais e não estruturais fornecem conteúdo ao Capítulo 6. Tais ações podem ser entendidas como medidas que atenuam ou que solucionam as situações de maior adversidade diagnosticadas na Bacia do Acaraú. Com a implementação dessas ações pretende-se assegurar o fornecimento de água em quantidade suficiente e qualidade compatível com seus respectivos usos de cada



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E PESQUISA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

reservatório. Com essas ações estruturais e não estruturais deverá surgir o cenário desejável para a disponibilidade qualiquantitativa dessas águas, escolhido segundo a ponderação de interesses representados pelos atores legitimados, os quais integram o Comitê da Bacia Hidrográfica do Acaraú.

No Capítulo 7 encontram-se resumidas as mais relevantes conclusões referentes a Segurança Hídrica dos mananciais da Bacia do Acaraú indicados no TR, tanto do ponto de vista das potencialidades e disponibilidades hídricas, como no que diz respeito aos aspectos qualitativos da água, diretamente determinados pelas condições ambientais da bacia hidrográfica mencionada.

Ressalta-se que os produtos R17 - Plano de Segurança Hídrica das Bacias Hidrográficas Metropolitanas e R19 - Plano de Segurança Hídrica da Sub-Bacia Hidrográfica do Salgado apresentam os Planos de Segurança Hídrica das demais regiões hidrográficas contempladas, bem como que foram realizadas apresentações dos conteúdos dos produtos do PSH nos respectivos Comitês de Bacias, cujo objetivo foi apresentar ao público interessado os relatórios das avaliações realizadas quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos.

Por fim, é válido participar ao público interessado, que informações mais detalhadas sobre cada assunto abordado nos capítulos referidos poderão ser obtidas em cada um dos relatórios anteriormente citados.





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

2. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA: ASPECTOS QUALITATIVOS



2. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA: ASPECTOS QUALITATIVOS

Neste capítulo serão explanadas, de forma resumida, as perspectivas qualitativas das águas, já tematizadas em produtos anteriores do PSH, a exemplo do R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos.

A abordagem se dará às águas subterrâneas e superficiais de 5 (cinco) reservatórios da Bacia do Acaraú indicados pela Cogeh, a saber: Acaraú Mirim, Araras, Jenipapo, Taquara e São Vicente.

Comenta-se sucintamente sobre os principais impactos que influenciam na qualidade da água, sobre o precípua fenômeno de resposta a eutrofização e a dinâmica das variáveis relacionadas a qualidade da água.

2.1 Principais impactos influentes na qualidade das águas

As alterações de cunho negativo identificadas na Bacia do Acaraú procedem de atividades antrópicas. Essas atividades são amplamente derivadas em: agrícolas, pecuárias, industriais e de ocupação humana desordenada, sem infraestrutura de saneamento.

Comum às atividades antrópicas citadas no parágrafo anterior tem-se a supressão da vegetação nativa. A primeira consequência do desmatamento é o comprometimento da biodiversidade, por diminuição ou mesmo por extinção de espécies vegetais e animais, afetando, assim, a qualidade do meio ambiente.

Ainda a respeito da supressão vegetal, vale comentar sobre a degradação das matas ciliares, reconhecidas como Áreas de Preservação Permanente (APP) dos corpos hídricos. Tais áreas, previstas no Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, são essenciais na estrutura geomorfológica fluvial.

A faixa de vegetação ciliar, além de contribuir para evitar a entrada de material poluente grosseiro decorrente do escoamento superficial, também exerce importante função ambiental ao reduzir o aporte de sedimentos que causam o assoreamento do corpo hídrico, seja ele lântico ou lótico. A vegetação atua na recessão do deflúvio, potencializando a infiltração da água no solo, impedindo a perda de coesão das partículas de solo e condicionando-as à decantação quando carregadas de montante pelo escoamento.

Com foco na qualidade da água, o assoreamento do corpo hídrico além de proporcionar aporte indesejado de material, modifica o dinamismo da biota. Por consequência do assoreamento, ocorrerá diminuição do calado e aumento da área do espelho d'água. Tal fato beneficiará a propagação de organismos aquáticos fotossintetizantes (cianobactérias e macrófitas) e outros sistemas de vida mais adaptados a essa condição.

No que diz respeito aos impactos causados pela agricultura, tem-se como principais causas os usos indiscriminados de agrotóxicos e fertilizantes. Tais insumos agrícolas, em se tratando do semiárido brasileiro, chegam aos corpos hídricos, na maioria das vezes, nos períodos chuvosos. Os contaminantes acumulados nas camadas do solo e na epiderme das plantas são lixiviados pelas chuvas, em que parte será transportada pelo escoamento superficial, chegando aos corpos hídricos e parte vai infiltrar/percolar até os aquíferos, onde possivelmente chegará aos corpos hídricos por vazão de base. Vale ressaltar, que as contaminações das águas subterrâneas podem ser muitas vezes mais problemáticas do que contaminações em águas superficiais. O fluxo da água no subsolo é muito mais lento e varia com sua condutividade hidráulica no mesmo. Dessa forma, os contaminantes ficam muito mais tempo no meio.

A água poluída por defensivos agrícolas prejudica diretamente a fauna e a flora aquática. Os compostos químicos, muitas vezes tendo nas suas formulações metais pesados, além de ficarem dissolvidos na água acumulam-se nos sedimentos e no organismo de seres vivos. O fato de algumas dessas substâncias químicas se acumularem em organismos vivos, faz-se preocupante. Os efeitos para a saúde humana podem ser diversos, dentre eles os principais são: disfunção estomacal, do sistema nervoso e renal. Esses efeitos podem ser agudos, imediatos ou crônicos, a curto, médio ou longo prazo (VON SPERLING, 1996).

O principal problema associado à utilização de fertilizantes na agricultura é a eutrofização das águas, que tem como consequência direta o aumento de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio. Segundo Von Sperling (2005), os efeitos da eutrofização artificial podem ser considerados reações em cadeia que, por sua vez, se refletem na biodiversidade aquática e sobre o ser humano, em especial nos aspectos da saúde e lazer, além do campo econômico.

Atualmente, a eutrofização é reconhecida como um dos problemas mais importantes concernentes à qualidade de água. Um dos impactos mais preocupantes da aceleração do processo de eutrofização é o aumento da probabilidade de ocorrência de florações de algas, principalmente

as cianobactérias potencialmente tóxicas, as quais podem alterar a qualidade das águas, sobretudo no que tange ao abastecimento público. (LAMPARELLI, 2004).

No que diz respeito a pecuária, as principais atividades identificadas como potencialmente poluidoras na Bacia Hidrográfica do Acaraú foram: criações extensivas (bovina, caprina, ovina e suína) e intensivas (aviária e piscícola). Dentre os impactos ambientais negativos gerados pela pecuária, quanto à influência na qualidade da água, pode-se citar como principal o aumento de nutrientes na água (eutrofização) oriundos dos dejetos e restos de rações dos animais, além da contaminação por fármacos (para controle de doenças e parasitas) utilizados nos animais.

Destaca-se dentre as atividades pecuárias citadas, a piscicultura. Em visitas técnicas aos reservatórios estudados e após análises de suas águas ficou claro que, para os açudes que têm atividade piscícola intensiva, as alterações na qualidade da água e susceptibilidade à eutrofização são significativamente maiores.

Entre as alterações na qualidade da água associadas à produção piscícola em tanques-rede estão o aumento no nível de nutrientes, turbidez e matéria orgânica no sedimento, diminuição da diversidade e biomassa de organismos bentônicos, redução de transparência, de concentração de oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, quedas no pH e, raramente, mudança na temperatura da água (CORNEL e WHORISKEY, 1993).

Durante o processo de produção piscícola é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros. O volume de fezes excretado diariamente pela população de peixes é uma das principais fontes de resíduos orgânicos em sistemas aquaculturais. A digestibilidade da matéria seca das rações varia em torno de 70 a 75%. Isto significa que 25 a 30% do alimento fornecido entram nos corpos hídricos como material fecal, contribuindo significativamente para o aporte de nutrientes (KUBITZA, 1998).

O principal impacto negativo relacionado a qualidade da água causado pelas atividades industriais, quando em desconformidade com a Resolução Conama nº 430/2011, que dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, é o despejo de águas residuárias no sistema de drenagem das bacias hidrográficas.

As águas residuárias industriais apresentam uma grande variação tanto na sua composição como na sua vazão, refletindo seus processos de produção. Originam-se em três pontos:

- a) águas sanitárias: efluentes de banheiros e cozinhas;
- b) águas de refrigeração: utilizadas para resfriamento de máquinas e equipamentos;
- c) águas de processos: têm contato direto com a matéria-prima do produto processado.

As características das águas sanitárias são as mesmas dos esgotos domésticos. Já as águas de resfriamento possuem dois impactos importantes que devem ser destacados.

O primeiro é a poluição térmica, pois nos seres vivos a elevação da temperatura da água provoca a aceleração do seu metabolismo, ou seja, ocorre um incremento das atividades químicas que ocorrem nas células. A aceleração do metabolismo provoca aumento da necessidade de oxigênio e, por conseguinte, aceleração do ritmo respiratório. Por outro lado, tais necessidades respiratórias ficam comprometidas porque a hemoglobina tem pouca afinidade com o oxigênio aquecido. Combinada e reforçada com outras formas de poluição ela pode desequilibrar o ambiente de forma imprevisível (MIERZWA, 2002). Estes mesmos impactos são observados em efluentes de usinas termoelétricas.

Em segundo lugar têm-se as águas de refrigeração, que são fontes potenciais de cromo (advindo das tubulações de aço), as quais são responsáveis por parte das altas concentrações de cromo hexavalente que recebe as águas do polo industrial (PEREIRA, 2004).

As águas de processos industriais têm características próprias do produto que está sendo fabricado. No geral, os efluentes potencialmente poluidores são os ricos em matéria orgânica, em metais pesados e em poluentes orgânicos persistentes (organoclorados).

Destaca-se também como fator impactante na qualidade da água a ocupação humana desordenada, sem infraestrutura de saneamento. A poluição hídrica por falta de infraestrutura de saneamento pode ser causada principalmente por efluentes domésticos e por resíduos sólidos dispostos em locais indevidos.

Na região da Bacia Hidrográfica do Acaraú foram identificadas áreas com déficit em estrutura de saneamento, o que ocorre não só no estado do Ceará, mas em todo o Brasil. Em 2014, o percentual das áreas urbanas do estado cearense com abastecimento de água tratada era de 91,6% e 36,2% com esgotamento sanitário. Na área rural, apenas 30,3% tinham o serviço de abastecimento de água e 0,1% com esgotamento sanitário (IPECE, 2015). Esse baixo percentual



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

de esgotamento sanitário é preocupante, pois a falta de saneamento representa um risco direto à qualidade das águas.

As contaminações por efluentes domésticos identificadas na Bacia do Acaraú ocorrem por lançamento a céu aberto e em galerias pluviais, e pela presença de fossas rudimentares próximas às bacias hidráulicas dos reservatórios.

O esgoto doméstico é constituído por matéria orgânica biodegradável, microrganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais. Dessa forma, não só propicia ao fenômeno de eutrofização dos corpos hídricos, que já é uma condição de grande risco a qualidade da água, como se torna um transmissor de doenças de veiculação hídrica (ZOBY, 2008).

Os impactos negativos na qualidade hídrica gerados pela disposição indevida de resíduos sólidos, ou seja, em desconformidade com a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, podem ocorrer por lançamento direto nos corpos hídricos ou por lixiviados dessa massa de resíduos disposta no solo. Os principais efeitos da presença dos resíduos sólidos ou seus derivados em corpos hídricos são: elevação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), redução dos níveis de oxigênio dissolvido, formação de correntes ácidas, maior carga de sedimentos, elevada presença de coliformes, aumento da turbidez e intoxicação de organismos presentes no ecossistema local, incluindo o homem, quando este utiliza água contaminada para consumo.

Os subtópicos a seguir, resumem os principais impactos identificados nos levantamentos realizados durante a elaboração dos Inventários Ambientais de Açudes - IVAs, com influência na qualidade das águas dos reservatórios de interesse.

Na Tabela 1 são apresentadas as principais ações antrópicas causadoras de impactos ambientais negativos nas áreas de influência dos reservatórios em análise. Ressalta-se que descrições e comentários mais criteriosos são apresentados no produto denominado R12 - Avaliação de Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos.



Tabela 1 - Principais ações antrópicas causadoras de impactos identificadas nas áreas de influência de açudes da Bacia do Acaraú

Principais impactos identificados	Reservatórios				
	Acaraú Mirim	Araras	Jenipapo	Taquara	São Vicente
Desmatamento das APPs	×	×	×	×	×
Piscicultura intensiva	-	×*	-	-	-
Prática de pecuária extensiva em APPs	×	×	×	×	×
Prática de pecuária extensiva em área inundável do reservatório	×	×	-	×	×
Lançamento de esgoto <i>in natura</i> nos cursos d'água	×	×	-	×	-
Disposição indevida de resíduos sólidos na área de influência	×	×	-	×	-
Prática de agricultura em APPs	×	×	-	×	×
Prática de agricultura de vazante	×	×	-	-	×
Mineração na área de influência (extração de granito/argila/areia)	×	×	×	-	-

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Nota: * Devido ao baixo volume de água armazenada no reservatório em 2010.

2.2 Capacidade de suporte de reservatórios

A capacidade de suporte de cada reservatório foi estimada utilizando-se como base o limite do fósforo da classificação de Carlson (1977), adaptado por Toledo *et al* (1983), onde a concentração de fósforo total igual a 0,05 mg/L é o limite máximo da classe mesotrófica, aplicado na fórmula de Vollenweider (1976) modificada para climas tropicais por Salas e Martino (1991). Também foram calculadas as cargas com base nas concentrações de fósforo identificadas na campanha de campo realizada em agosto de 2016 e na média da série histórica. Tais metodologias também se encontram descritas no Produto R8 - Inventários Ambientais dos Açudes Estratégicos da Bacia do Acaraú.

2.2.1 Resultados

A Tabela 2 apresenta, em diferentes condições, as respectivas cargas de fósforo para os reservatórios localizados na Bacia do Acaraú.

Tabela 2 - Capacidade de suporte, estimativa de cargas recebidas e variáveis utilizadas - Açudes da Bacia do Acaraú

Reservatório	Tempo de residência (ano)	Volume médio (m ³)	* Fósforo mg/L	** Fósforo mg/L	*** Fósforo mg/L	I Carga (kg/ano)	II Carga (kg/ano)	III Carga (kg/ano)
Acaraú Mirim	1,047	28.900.000	0,050	0,040	0,129	4.205,65	3.322,46	10.850,59
Araras	2,436	481.332.000	0,050	0,164	0,173	40.722,95	133.300,07	140.901,41
Jenipapo	1,121	1.779.335	0,050	0,027	0,021	247,48	131,99	103,94
São Vicente	1,093	5.330.370	0,050	0,050	0,148	753,62	753,62	2.230,73
Taquara	1,501	87.929.455	0,050	0,026	0,025	10.104,44	5.254,31	5.052,22

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Nota: * limite para classe mesotrófica; ** média das concentrações em diferentes profundidades, conforme dados de campanha de campo realizada em 2016; *** média das concentrações da série histórica; I capacidade de suporte para manter a concentração em 0,05 P mg/L; II carga recebida com base nas concentrações de campanha de campo realizada em 2016; III carga recebida com base na média das séries históricas.

2.3 Dinâmica da qualidade das águas superficiais

A compreensão da dinâmica dos parâmetros físicos, químicos e biológicos nos corpos d'água são essenciais para entender o funcionamento desses ecossistemas, de acordo com os fatores antrópicos impostos, o que, por sua vez, permite o desenvolvimento de estratégias adequadas de gerenciamento e conservação de seus recursos.

Esses fatores antrópicos impostos aos ecossistemas aquáticos apresentam diferentes origens e formas. Entretanto, podem ser mensurados a partir de análises das variáveis de qualidade de água com base em informações contidas nos produtos denominados R05 - Relatório de Coleta e Diagnóstico das Águas da Bacia do Acaraú e R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos do presente contrato de consultoria, para cada reservatório estudado.

Nos subtópicos seguintes, referentes as amostragens de água realizadas pela Nippon Koei Lac, serão apresentados os resultados dos Índices de Qualidade de Água de Reservatório, Estado Trófico e suas respectivas variáveis.

2.3.1 Qualidade de água dos reservatórios

A seguir apresenta-se os valores das variáveis utilizadas nos cálculos dos índices, classificações tróficas e relação N:P. A classificação final do estado de trofia foi realizada em constante diálogo com a Cogerh. As diretrizes para interpretação das classes de estado trófico são (BRASIL, 2000a):

Oligotrófico - Corpos d'água que possuem águas limpas, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água;

Mesotrófico - São águas com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos;

Eutrófico - São os corpos d'água com alta produtividade, em geral de baixa transparência, afetados por atividades antrópicas, em que ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos usos múltiplos;

Hipereutrófico - São águas afetadas significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, podendo ocorrer episódios de florações tóxicas e mortandade de peixes, com comprometimento acentuado nos seus usos.

Dentre os cinco reservatórios estudados na bacia do Acaraú, o Açude Araras foi o que apresentou classificação final mais adversa (hipereutrófico). A qualidade de sua água é comprometida significativamente pelas elevadas cargas de matéria orgânica e nutrientes, por florações de cianobactérias potencialmente tóxicas, comentadas do produto R05 - Diagnóstico das Amostras da Bacia do Acaraú, comprometendo assim o uso para abastecimento humano. Certamente o problema de eutrofização do reservatório está ligado a quantidade de centros urbanos (9 municípios) localizados dentro de sua bacia hidrográfica. Além de a rede de drenagem natural ser destinação de efluentes domésticos/industriais, constata-se a prática intensiva de piscicultura em tanques rede na própria bacia hidráulica.

Os reservatórios Acaraú Mirim e São Vicente tiveram seus estados de trofia classificados como eutróficos. Apesar de serem classificações melhores do que a classificação do reservatório Araras, não são menos preocupantes. Nesse estado, a água já apresenta características que comprometem o uso para abastecimento humano, com florações de espécies de cianobactérias potencialmente produtoras de cianotoxinas, como exemplo, cita-se a espécie *Aphanocapsa sp* (que

são possíveis produtoras de microcistina) e *Cylindrospermopsis raciborskii* (espécie produtora de neurotoxinas, que estão entre as mais nocivas já analisadas) (GONÇALVES, 2005). Verifica-se no reservatório São Vicente o potencial à eutrofização quando analisada a variável “nitrogênio total”, que alcança um valor considerável. Embora o nutriente limitante seja o fósforo, vale lembrar que alguns grupos de fitoplânctons incluindo as cianobactérias possuem a capacidade de armazenamento de fósforo intracelular, o que as torna capaz de aumentar sua população mesmo com o exaurimento desse nutriente no meio (MAGALHÃES, 2007; CÂMARA, 2011).

Classificado como eutrófico, o reservatório Taquara apresentou variáveis de qualidade de água com valores melhores se comparados com os dados dos reservatórios Acaraú Mirim e São Vicente. Ainda que o IET Carlson (1977) adaptado por Toledo *et al.* (1983) o tenha classificado como mesotrófico, a associação da classificação por contagem de cianobactérias foi determinante para que o reservatório fosse classificado como eutrófico.

Por fim, o reservatório Jenipapo foi o que apresentou as melhores condições em termos das variáveis influentes na classificação. Seu estado de trofia foi determinado como mesotrófico, com possíveis comprometimentos na qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.

A Tabela 3 apresenta para cada reservatório, os valores das variáveis utilizadas no cálculo do IET e suas respectivas classificações.



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Tabela 3 - Valores das variáveis utilizadas nos cálculos do IET, resultados e suas respectivas classificações

Bacias do Acaraú					
Reservatório	Araras	Acaraú Mirim	São Vicente	Taquara	Jenipapo
Data da coleta	09/08/2016	10/08/2016	10/08/2016	11/08/2016	11/08/2016
Profundidade	Prof. I	Prof. I	Prof. I	Prof. I	Prof. I
Prof. De Coleta (m)	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Fósforo Total (mg/L)	0,200	0,036	0,050	0,023	0,027
Nitrogênio Total (mg N/L)	3,063	0,750	1,963	0,688	0,563
Clorofila-a (µg/L)	187,50	86,000	63,600	8,300	9,100
Cianobactérias (células/ml)	1600818	71294	383925	158135	48734
Transparência (m)	0,300	1,600	0,600	2,200	2,100
N:P	33,870	46,070	86,820	66,150	46,110
Nutriente Limitante	Fósforo	Fósforo	Fósforo	Fósforo	Fósforo
IET - Classe	78,100 - HIPEREUTRÓFICO	61,830 - EUTRÓFICO	62,680 - EUTRÓFICO	46,840 - MESOTRÓFICO	48,510 - MESOTRÓFICO
Cont. de Cian. - Classe	1600818 - HIPEREUTRÓFICO	71294 - MESOTRÓFICO	383925 - EUTRÓFICO	158135 - EUTRÓFICO	48734 - MESOTRÓFICO
Transparência - Classe	0,300 - HIPEREUTRÓFICO	1,600 - MESOTRÓFICO	0,600 - HIPEREUTRÓFICO	2,200 - OIIGOTRÓFICO	2,100 - OIIGOTRÓFICO
Classificação final	HIPEREUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	EUTRÓFICO	MESOTRÓFICO

Fonte: adaptado dos laudos da Cagece 0591, 0599, 0601, 0610, 0612,20591, 20599, 20601,20610,612_2016 e medições *in loco* realizadas pela Nippon Koei Lac (2017).

Nota: relação N:P em mol.



Concernente ao Índice de Qualidade de Água de Reservatório, dependendo do valor obtido, os reservatórios podem ser classificados em diferentes níveis de comprometimento (classes I a VI), demonstrando a atual situação da qualidade das águas. A depender do nível de comprometimento, as seis classes de qualidade de água estabelecidas são definidas como (IAP, 2004):

Classe I - Não impactado a muito pouco degradado: corpos de água saturados de oxigênio, baixa concentração de nutrientes, concentração de matéria orgânica muito baixa, alta transparência das águas, densidade de algas muito baixa, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média;

Classe II - Pouco degradado: corpos de água com pequeno aporte de nutrientes orgânicos, inorgânicos e matéria orgânica, pequena depleção de oxigênio dissolvido, transparência das águas relativamente alta, baixa densidade de algas, normalmente com pequeno tempo de residência das águas e/ou grande profundidade média;

Classe III - Moderadamente degradado: corpos de água que apresentam um déficit considerável de oxigênio dissolvido na coluna d' água, podendo ocorrer anoxia na camada de água próxima ao fundo em determinados períodos. Médio aporte de nutrientes e matéria orgânica, grande variedade e densidade de algumas espécies de algas, sendo que algumas espécies podem ser predominantes. Tendência moderada a eutrofização. Tempo de residência das águas considerável;

Classe IV - Criticamente degradado a poluído: corpos de água com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de oxigênio dissolvido da coluna d'água, aporte de consideráveis cargas de nutrientes, alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas ou cianobactérias, ocorrência de reciclagem de nutrientes, baixa transparência das águas, associada principalmente a alta turbidez biogênica. A partir desta Classe é possível a ocorrência de mortandade de peixes em determinados períodos de acentuado déficit de oxigênio dissolvido;

Classe V - Muito poluído: corpos de água com altas concentrações de matéria orgânica, geralmente com supersaturação de oxigênio dissolvido na camada superficial e baixa saturação na camada de fundo. Grande aporte e alta reciclagem de nutrientes. Corpos de água eutrofizados, com florações de algas ou cianobactérias que frequentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a sua transparência;

Classe VI - Extremamente poluído: corpos de água com condições bióticas seriamente restritas, resultante de severa poluição por matéria orgânica ou outras substâncias consumidoras de oxigênio dissolvido. Ocasionalmente ocorrem processos de anoxia em toda a coluna de água. Aporte e reciclagem de nutrientes muito altos. Corpos de água hipereutrófico, com intensas florações de algas ou cianobactérias cobrindo todo o espelho d'água. Eventual presença de substâncias tóxicas.

Nos cinco reservatórios de interesse, os valores da variável DQO influenciaram de modo significativo a elevação dos índices obtidos (Tabela 4). Importa reiterar que os reservatórios em comento estão localizados na região de maior intensidade de radiação solar do Brasil.

Para os reservatórios Araras, Acaraú Mirim e São Vicente, as variáveis clorofila-a e cianobactérias também influenciaram significativamente na elevação do índice. Essas variáveis tiveram classificações individuais superiores a classificação final preconizada pelos autores do IQAR.

Foram registradas zonas anóxicas apenas nos reservatórios Araras e Jenipapo. Esse fato exemplifica bem como as formações dessas zonas não são inteiramente dependentes de condições de qualidade da água, pois são muito mais dependentes das conformações dos reservatórios e fenômenos físico-naturais (vento).

Os reservatórios que obtiveram classificação mais severa foram o Araras e São Vicente. O índice os enquadrou na classe V, indicando que os corpos hídricos recebem grandes cargas de matéria orgânica, apresentando supersaturação de oxigênio nas zonas eufóticas, estados de trofia críticos e, conseqüentemente, com florações de cianobactérias. Logo, condizentes com seus estados de trofia outrora comentados.

Para os demais reservatórios (Acaraú Mirim, Taquara e Jenipapo), que obtiveram classificação IV, os fatos verificados como tendências à eutrofização, floração de cianobactérias e teores anormais de macronutrientes, seguem as diretrizes descritas acima.

Tabela 4 - Variáveis utilizadas no cálculo, resultados e respectivas classificações do IQAR

Bacias Acaraú

Reservatório	Araras			Acaraú Mirim			São Vicente			Taquara			Jenipapo		
Data da coleta	09/08/2016			10/08/2016			10/08/2016			11/08/2016			11/08/2016		
Profundidade	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III	Prof. I	Prof. II	Prof. III
Prof. De Coleta (m)	0,300	5,200	7,000	0,300	7,100		0,300	3,900		0,300	8,200		0,300	8,300	9,900
P Total (mg/L)	0,200	0,195	0,096	0,036	0,043		0,050	0,050		0,023	0,029		0,027	0,023	0,030
N-NH ₃ (mg/L)	0,279	0,340	0,809	0,529	0,515		0,635	0,674		0,620	0,672		0,550	0,590	0,619
N -Nitrito (mg/L)	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010	<0,010		<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010
N-Nitrato (mg/L)	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100		<0,100	<0,100		0,110	0,170		<0,100	<0,100	<0,100
DQO (mg/L)	105,150	83,840	72,010	19,920	15,180		55,430	55,430		18,280	18,280		18,280	18,280	19,920
Clorofila-a (µg/L)	187,460			85,970			63,570			8,250			9,140		
Cianobactérias (células/ml)	1600818			71294			383925			158135			48734		
Média Déficit OD (%)	65,090			16,140			39,650			21,690			23,330		
Transparência (m)	0,300			1,600			0,600			2,200			2,100		
Profundidade Média (m)	6,100			5,020			5,060			6,520			6,590		
Tempo de Residência (dias)	889,000			382,000			399,000			548,000			409,000		
IQAR - CLASSE	5,230 - CLASSE V			4,020 - CLASSE IV			4,800 - CLASSE V			3,970 - CLASSE IV			3,810 - CLASSE IV		

Fonte: adaptado dos laudos da Cagece 0591, 0592, 0593, 0599, 0600, 0601, 0602, 0610, 0611, 0612, 0613 e 0614_2016 e medições *in loco* realizadas pela Nippon Koei Lac (2017).

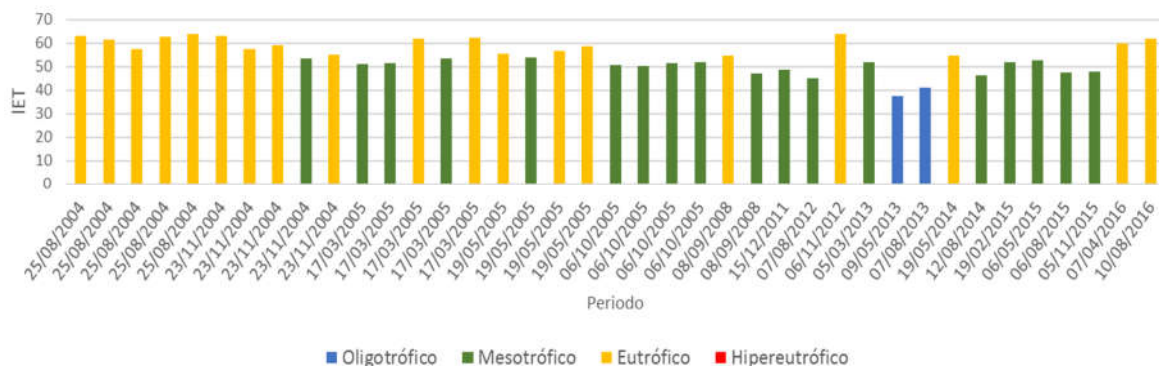
Nota: foram adotados os limites de quantificação (LQ) do método da análise, para variáveis que obtinham concentrações inferiores ao limite.

2.3.2 Índice de Estado Trófico acerca da série histórica

A seguir são apresentados os resultados dos cálculos do índice de estado trófico de Carlson (1977), adaptado por Toledo *et al.* (1983), realizados a partir de valores da série histórica das variáveis de qualidade de água do banco de dados da Cogerh. Todavia, é prudente lembrar que nas adaptações realizadas por Toledo *et al.* (1983) foram utilizados dados de uma pesquisa realizada em reservatório na região Sudeste do Brasil. Diante disso, não seria criterioso tomar como determinante o índice obtido, já que o presente estudo trata dados do semiárido cearense. Logo, adverte-se que tais aferições servem apenas para analisar o potencial à eutrofização ao longo do tempo.

A Figura 1 apresenta resultados dos 39 índices de estado trófico calculados. Com base nas mesmas, nota-se que o reservatório Acaraú Mirim tem um histórico com classificações divididas entre eutrófico e mesotrófico, com resultados melhores nos últimos anos. Esses melhores resultados podem estar associados à diminuição de carga poluente que chega ao reservatório e à depuração natural que ocorre no corpo hídrico.

Figura 1 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório Acaraú Mirim

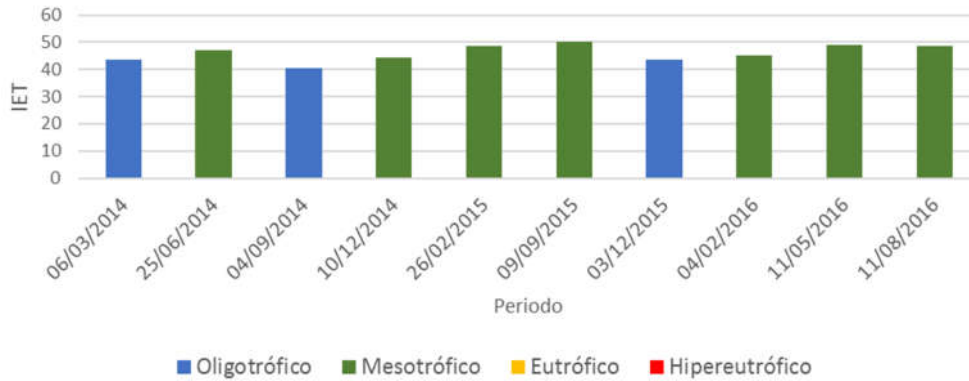


Fonte: Nippon Koei Lac (2016).

Pelos 143 índices de estado trófico calculados para o reservatório Araras, mostrados na Figura 2 nota-se que a classificação eutrófica é predominante ao longo do tempo e, nos últimos anos, vem ocorrendo uma piora significativa, conforme espelha o IET calculado. Além de o reservatório se encontrar com baixo volume armazenado, essa recorrência de estado trófico se explica pelo continuado aporte de cargas poluentes, como por exemplo, a piscicultura em tanques-redes.

A Figura 3 apresenta resultados de classificações para 10 índices de estado trófico calculados para o reservatório Jenipapo.

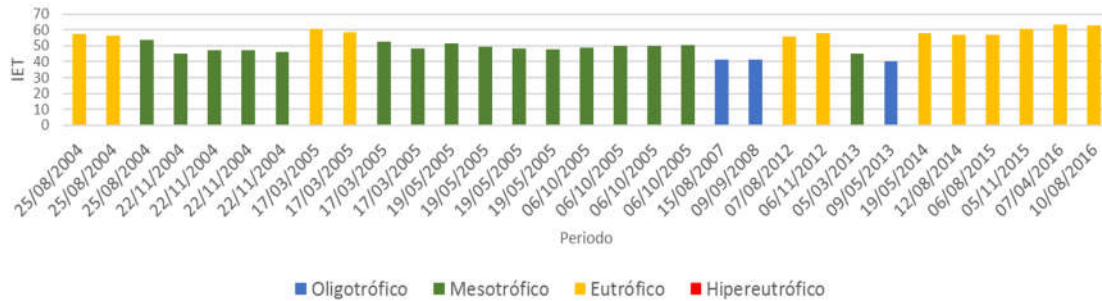
Figura 3 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório Jenipapo



Fonte: Nippon Koei Lac (2016).

Para os 31 índices de estado trófico calculados a partir das séries históricas disponíveis para o reservatório São Vicente (Figura 4). Notou-se ter histórico predominante de classificação de estado mesotrófico, para os últimos anos verificou-se que a qualidade da água do reservatório foi comprometida pelos baixos volumes de armazenados, refletindo assim em classificações piores.

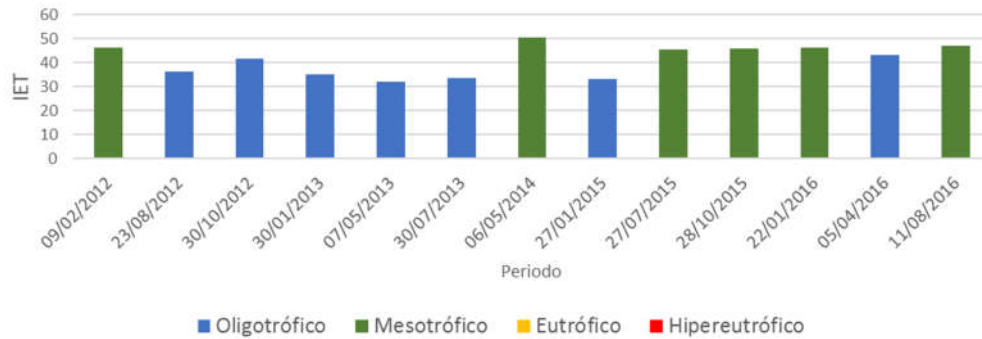
Figura 4 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório São Vicente



Fonte: Nippon Koei Lac (2016).

A Figura 5 apresenta classificações para 13 índices de estado trófico calculados para o reservatório Taquara, distribuídos ao longo do tempo.

Figura 5 - Índice de estado trófico aplicado para série histórica do Reservatório Taquara



Fonte: Nippon Koei Lac (2016).

2.4 Dinâmica da qualidade das águas subterrâneas

A qualidade das águas subterrâneas é resultante, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos percolados. Entretanto, a qualidade pode ser afetada por outros fatores, como a própria composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, clima e até mesmo a poluição causada pelas atividades humanas (SILVA e ARAÚJO, 2003).

Devido ao maior contato com os materiais geológicos, baixa velocidade de fluxo e maiores pressões e temperaturas, as águas subterrâneas são geralmente mais mineralizadas do que as águas superficiais. Pelas mesmas razões, possuem menores teores de matérias em suspensão e matéria orgânica, esta última devido à ação dos microrganismos presentes no solo. Também, devido as suas condições de circulação, as águas subterrâneas tendem a possuir menor teor de oxigênio dissolvido do que as superficiais (SCHAFER, 1985).

Na área da Bacia hidrográfica do rio Acaraú não foram identificados estudos específicos e detalhados sobre os diferentes sistemas aquíferos e ocorrência de águas subterrâneas, particularmente no que diz respeito aos aspectos qualitativos.

De acordo com o arcabouço geológico da área dessa bacia, ocorrem nessa área dois domínios hidrogeológicos principais: Aquífero Fraturado e Aquífero Poroso Intergranular.

O domínio Fraturado ocupa a maior parte da bacia, com exceção do leito e margens do rio Acaraú, onde se encontra a unidade porosa intergranular Aluvionar.

O sistema aquífero fraturado compreende um meio hidrogeológico significativamente mais heterogêneo e anisotrópico, comparado aos meios sedimentares porosos intergranulares, tendo em vista que a porosidade e a permeabilidade são de natureza fissural e dependentes do desenvolvimento e interconexão de rede de fraturas (falhas, juntas, diaclases) nos maciços rochosos, compostos de rochas cristalinas pré-cambrianas.

No caso da Bacia do rio Acaraú existem sequências rochosas do Complexo Granja, do Complexo Ceará e Suítes granitoides, incluindo também rochas metassedimentares (paragnaisses, xistos, quartzitos), ortognaisses, metagabros, metabasaltos e rochas ígneas diversas (monzonitos, granodioritos e sienitos).

Em relação aos poços em aquífero fraturado tem-se que: usualmente apresentam profundidades em torno dos 80 metros e vazões relativamente baixas, porém, pontualmente encontram-se elevadas vazões e sólidos totais dissolvidos (STD) em torno de 1500 mg/L. Nota-se, portanto, que existe uma heterogeneidade muito grande em relação a esses dados.

A principal vantagem do aquífero fraturado é a sua distribuição espacial em grande parte do estado do Ceará, o que possibilita o abastecimento da população rural, em especial aquelas não contempladas por sistemas públicos de abastecimento de água. Alguns dos principais problemas que dificultam a exploração do aquífero fraturado são: a) problemas construtivos e operacionais, b) salinidade média acima do limite permitido para consumo humano e c) baixa vazão média dos poços.

Conforme dados obtidos no site do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (www.cprm.gov.br) e nos cadastros de poços da Funceme, Sohidra, Cogerh e empresas privadas, até 2006 existiam na Região Nordeste 96.134 poços tubulares cadastrados, dos quais mais de 49 mil (51%) foram perfurados em rochas cristalinas (aquífero fraturado). Os dados levantados demonstram que existe um número muito superior a 100 mil poços no aquífero fraturado, revelando a importância desse sistema aquífero no atendimento de comunidades rurais dispersas não contempladas por sistemas de abastecimento público através de adutoras.

Em relação à qualidade da água dos poços no aquífero Fraturado, somente 43% apresentaram Sólidos Totais Dissolvidos – STD < 1.000 mg/L, ou seja, dentro dos padrões da classe 1 da Resolução Conama nº 396/2008, e mais de 70% apresentaram STD < 2.000 mg/L. Desta forma, muitas vezes se faz necessário efetuar processos de dessalinização das águas dos



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

poços, o que vêm sendo feito na região Nordeste em geral por equipamentos que funcionam por osmose reversa, para que as águas alcancem um nível de potabilidade adequado para as populações envolvidas.

2.5 Avaliação hídrica qualitativa

Neste tópico será brevemente comentado o funcionamento do Modelo de Simulação Quali-quantitativo Multiobjetivo utilizado. No produto denominado R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos poderão ser obtidas informações mais detalhadas sobre a avaliação realizada.

O modelo de simulação/otimização trabalha com escala de tempo mensal e possui em seu núcleo um algoritmo de otimização que utiliza técnicas como a Programação Linear Sequencial e o Método por Aproximações Lineares. Em sua essência, é um modelo de simulação, apesar de incluir um processo de otimização. O modelo aborda um planejamento de alocação que é realizado para um dado mês t em função das condições do sistema no mês $t-1$.

O modelo permite otimizar mensalmente os usos múltiplos de sistemas de reservatórios, considerando variáveis hidroclimáticas (precipitação, evaporação), hidráulicas (características dos componentes hidráulicos do sistema), as demandas (abastecimento, agrícolas, etc.) e parâmetros de qualidade da água (a demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, nitrogênio total, fósforo total, clorofila-a e coliformes termotolerantes).

As leis de conservação da massa são aplicadas aos reservatórios e aos nós que compõem a topologia do sistema hidráulico considerado. Igualmente, são implementadas na modelagem as limitações físicas e operacionais dos componentes do sistema. Na presente aplicação, as vazões destinadas foram as regularizadas com 99% de garantia para cada corpo d'água de interesse. As concentrações simuladas e referentes aos parâmetros de qualidade da água são determinadas mês a mês de forma integrada com os volumes disponíveis em todos os componentes considerados (reservatórios e/ou pontos de controle), procurando satisfazer metas que estão de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005, que estabelece os padrões de qualidade dos corpos hídricos por classe, sendo a classe 2 para água doce a principal referência.



A função multiobjectivo consegue integrar, ao mesmo tempo, tanto os aspectos qualitativos quanto os quantitativos da água. Essa função baseia-se no Método das Ponderações que, dado as características do problema, requer a normalização de cada objetivo. Os objetivos são aliados a pesos que permitem a definição de cada prioridade de atendimento e de operação.

Dada a natureza das principais fontes poluidoras que são, em geral, esgotos e drenagem de irrigação, além de atividades econômicas desenvolvidas diretamente no lago, o modelo considera como parâmetros base de qualidade para o planejamento do uso de água em uma bacia hidrográfica, a demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, oxigênio dissolvido, clorofila-a e coliformes termotolerantes. Para estimar a qualidade da água de rios e reservatórios e avaliar os níveis de poluição deve-se, também, conhecer suas fontes e os processos de autodepuração associados aos parâmetros de qualidade de água considerados. No presente caso, o foco diz respeito aos 5 (cinco) reservatórios da Bacia do Acaraú.

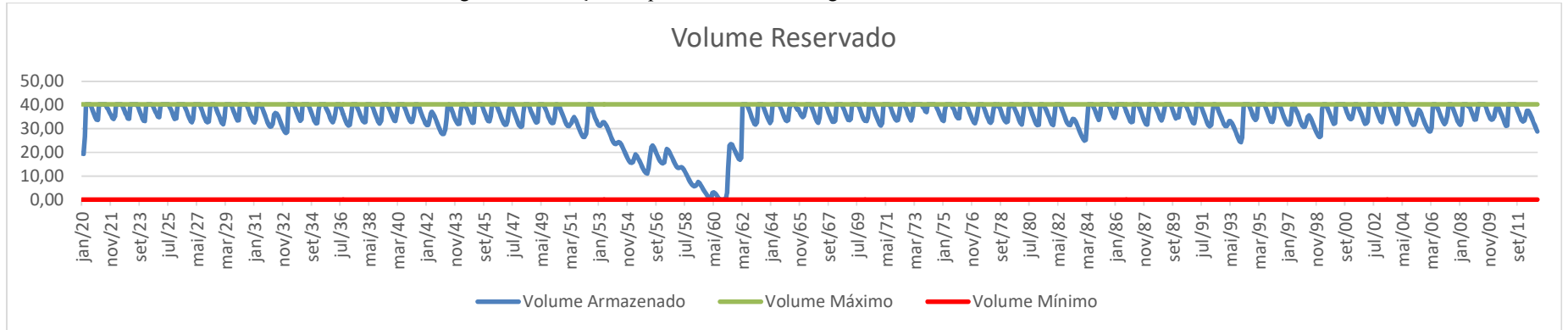
Seguindo com os resultados obtidos, após a modelagem matemática descrita ser aplicada aos reservatórios de interesse na Bacia do Acaraú. Destaca-se, que a natureza quali-quantitativa do modelo, agora utilizado, voltou a considerar de maneira conjunta, tanto o atendimento das demandas quantitativas como a manutenção dos níveis qualitativos desejáveis, traduzidos pelos parâmetros considerados.

Na sequência, para os 5 (cinco) reservatórios da Bacia do Acaraú, são mostrados os gráficos da evolução temporal das principais variáveis de interesse obtidos através da resolução dos modelos de otimização mensal (Figura 6 a 45).

Verifica-se, ao longo do tempo considerado na simulação/otimização, que há o extrapolamento dos limites normativos para as diversas Classes de uso das águas de cada um dos 5 reservatórios estudados, sendo essa temática abordada com mais detalhes no R11 - Relatório Técnico Final de Metodologia de Enquadramento de Reservatórios. O elemento fósforo é, sem dúvida, um dos maiores comprometedores da qualidade das águas nos corpos hídricos considerados.

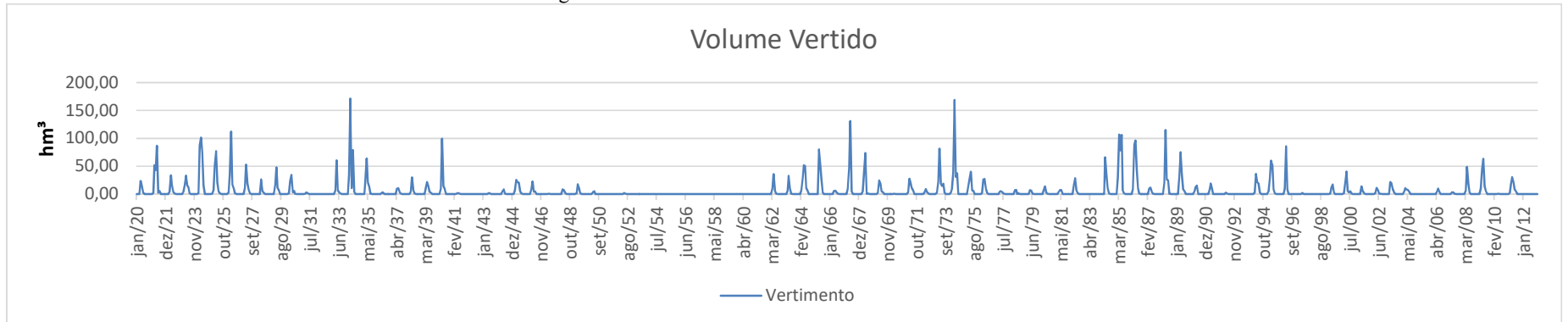
Para a série temporal considerada na modelagem, conforme esperado, verifica-se haver grande variabilidade nas concentrações dos parâmetros qualitativos de interesse, bem como sua dependência de fatores bem conhecidos, como o nível de armazenamento propiciado pelos aportes naturais, profundidades e tempo de residência.

Figura 6 - Evolução temporal do volume de água no Reservatório Acaraú Mirim



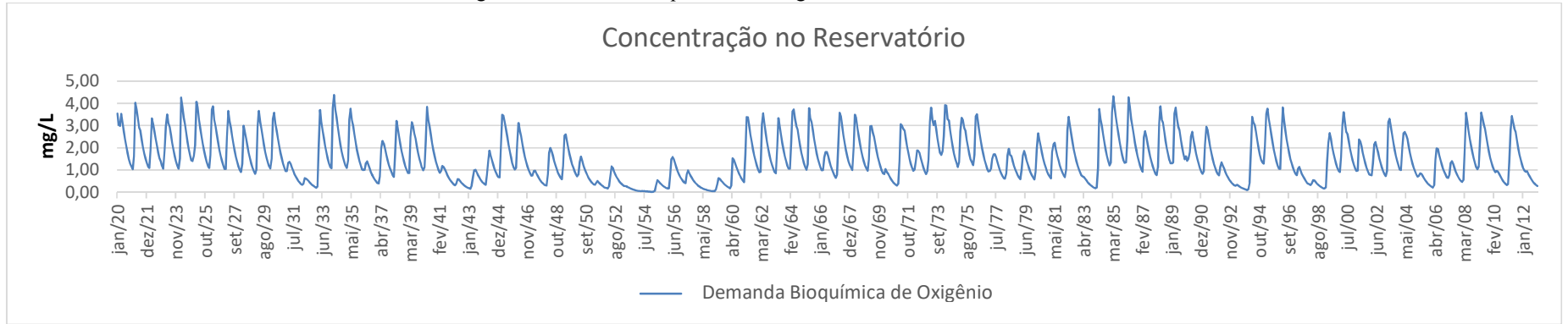
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 7 - Volume vertido no Reservatório Acaraú Mirim



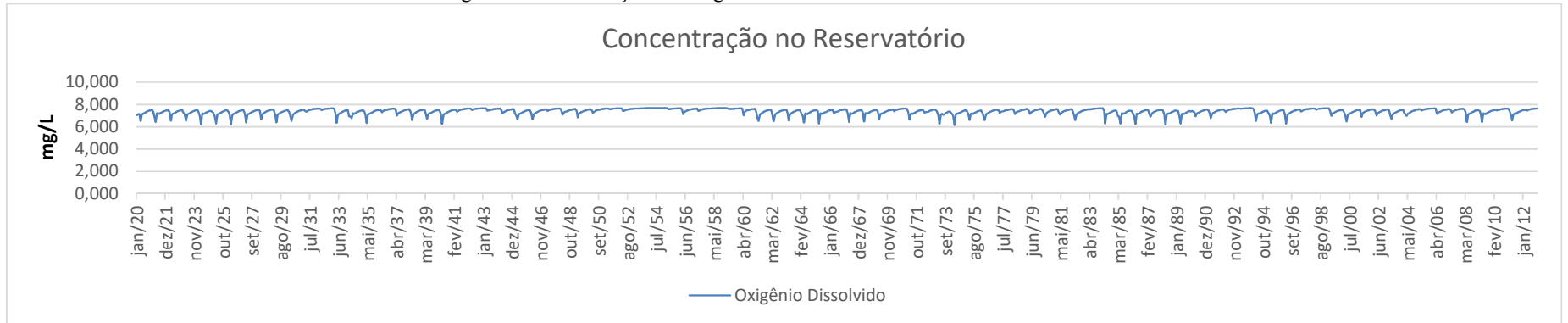
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 8 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório Acaraú Mirim



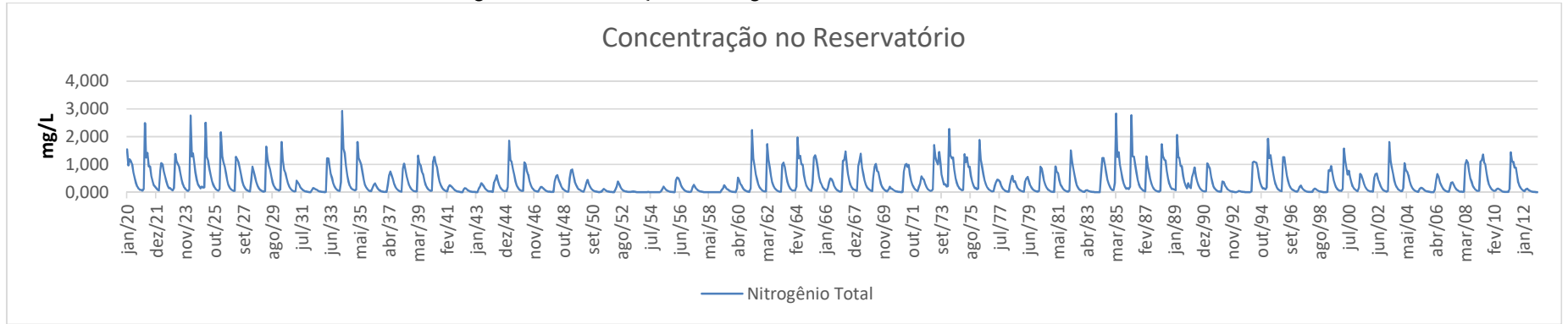
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 9 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório Acaraú Mirim



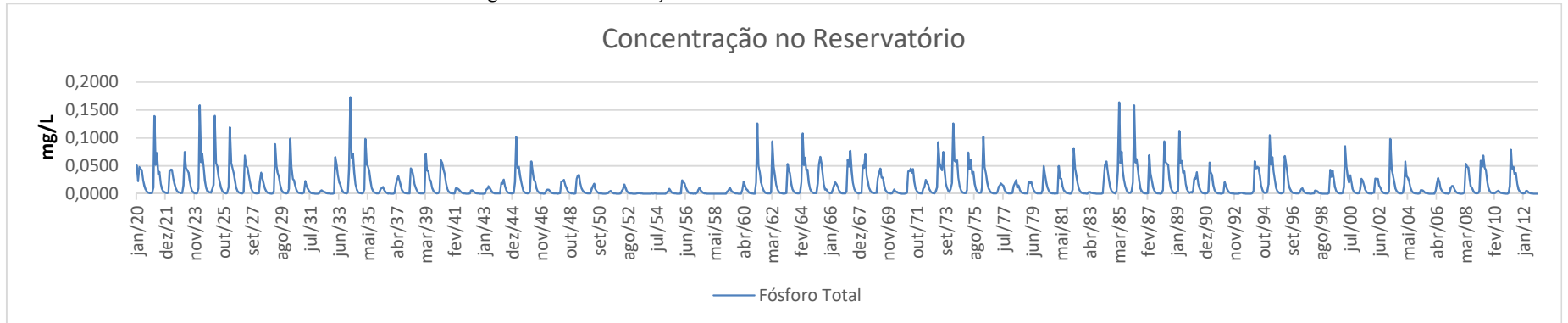
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 10 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório Acaraú Mirim



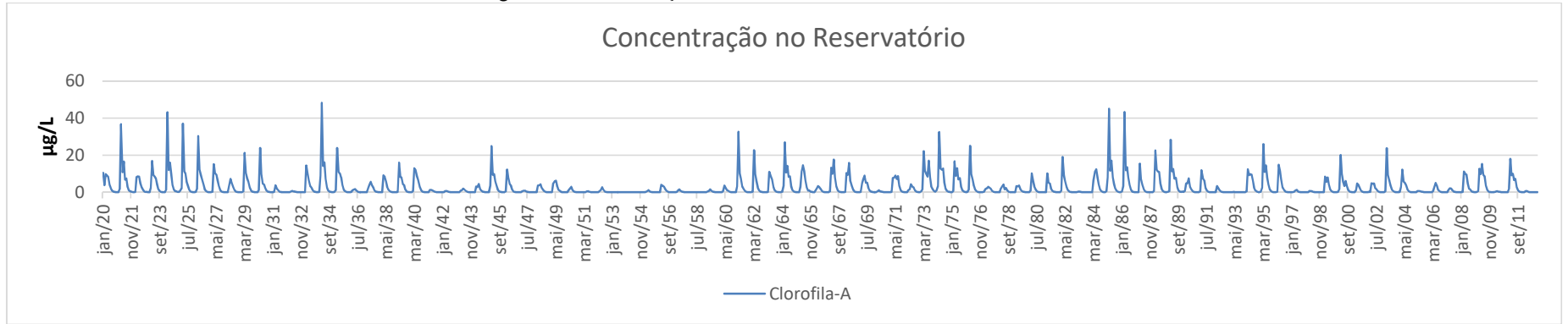
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 11 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório Acaraú Mirim



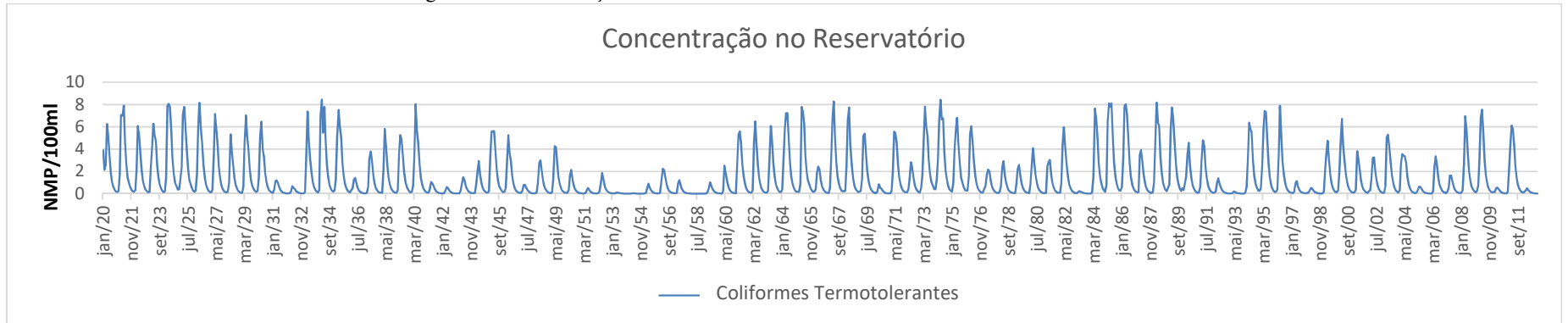
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 12 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório Acaraú Mirim



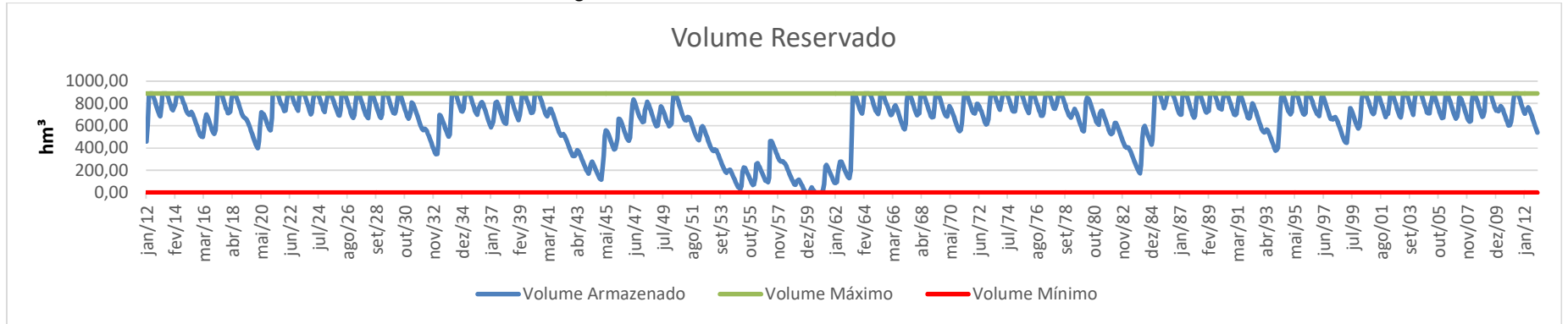
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 13 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório Acaraú Mirim



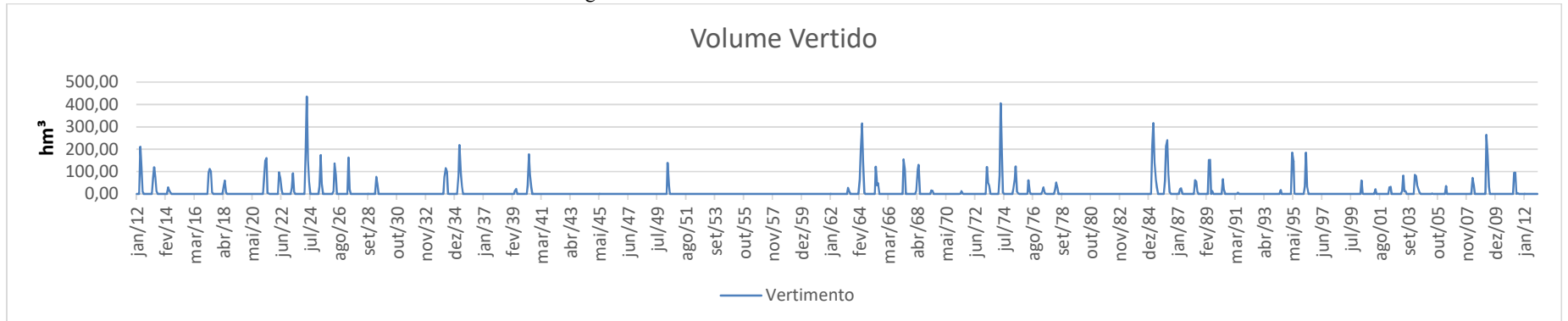
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 14 - Volume reservado no Reservatório Araras



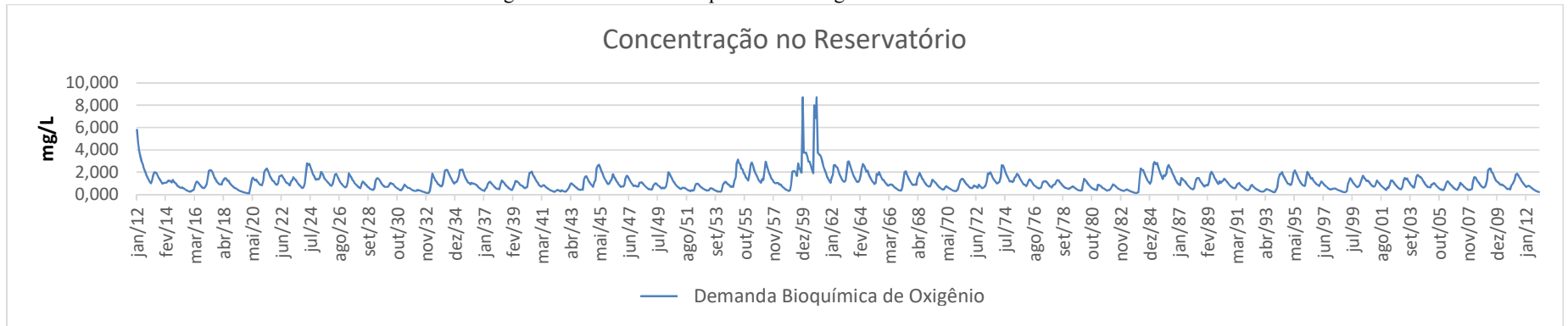
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 15 - Volume vertido no Reservatório Araras



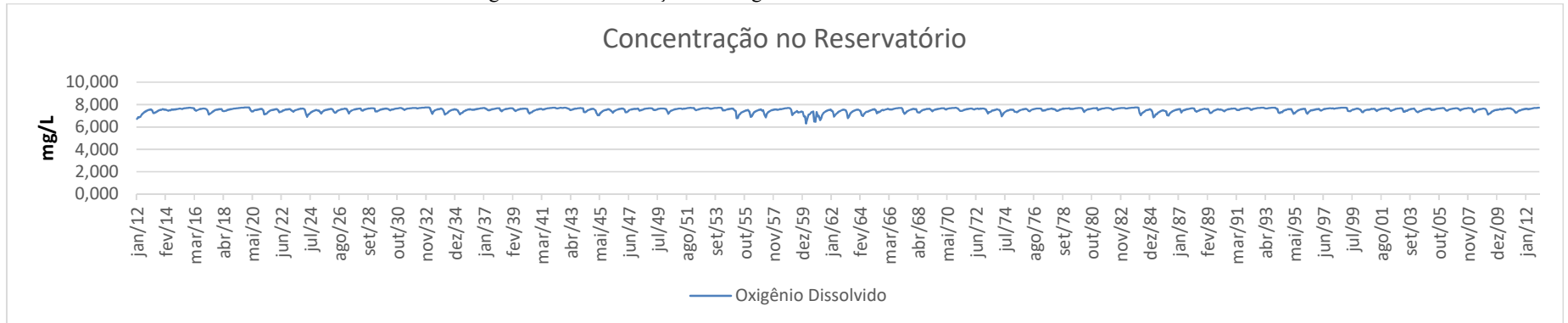
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 16 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório Araras



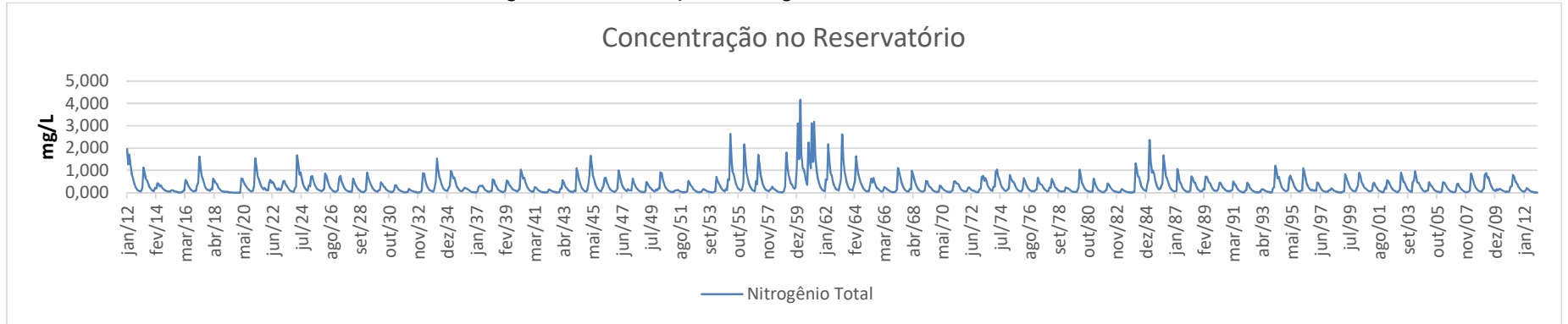
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 17 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório Araras



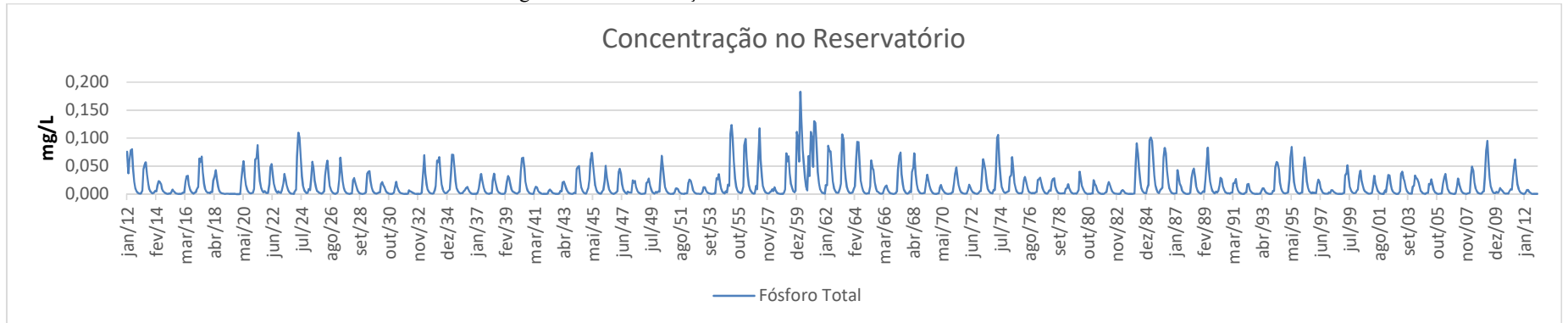
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 18 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório Araras



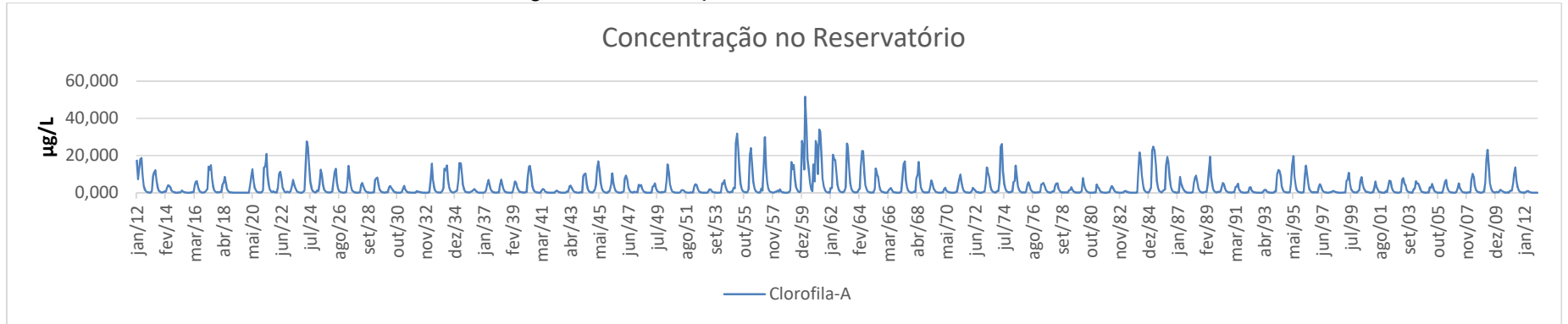
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 19 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório Araras



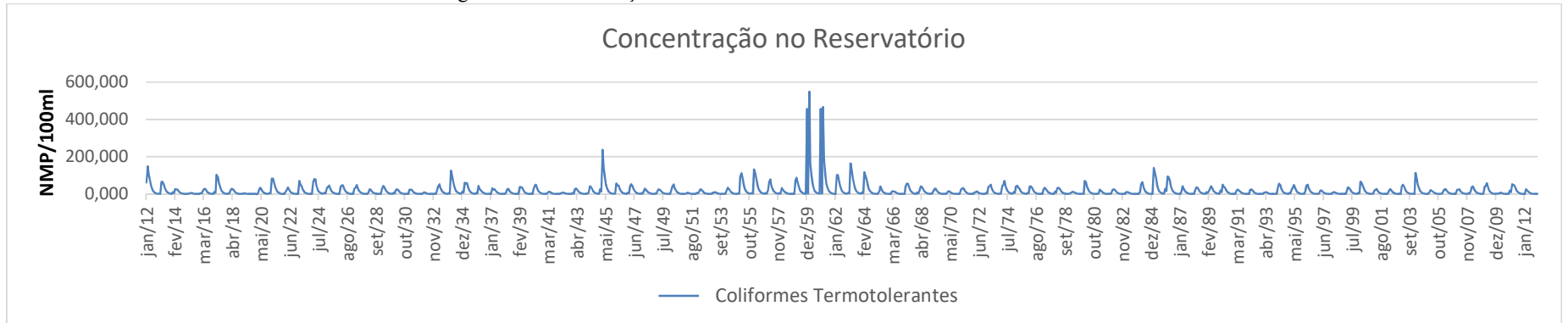
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 20 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório Araras



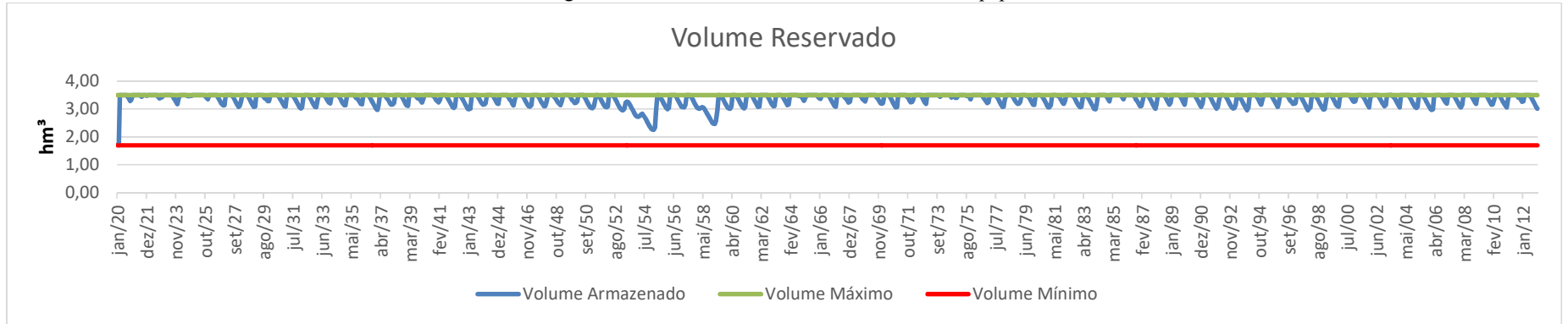
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 21 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório Araras



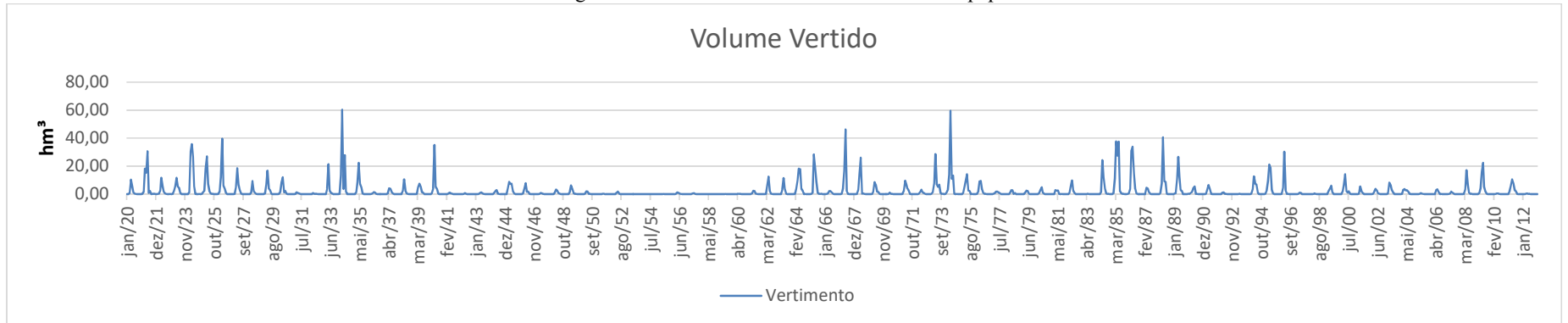
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 22 - Volume reservado no Reservatório Jenipapo



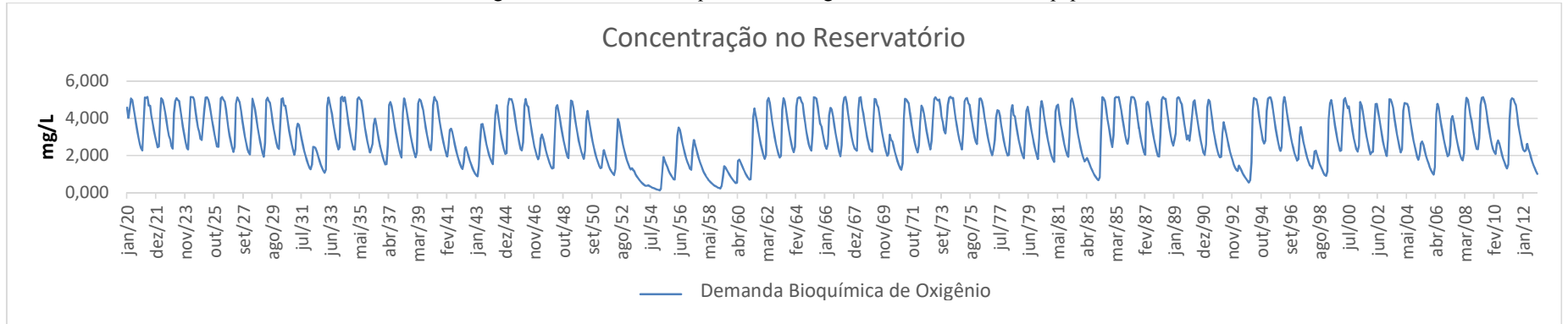
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 23 - Volume vertido no Reservatório Jenipapo



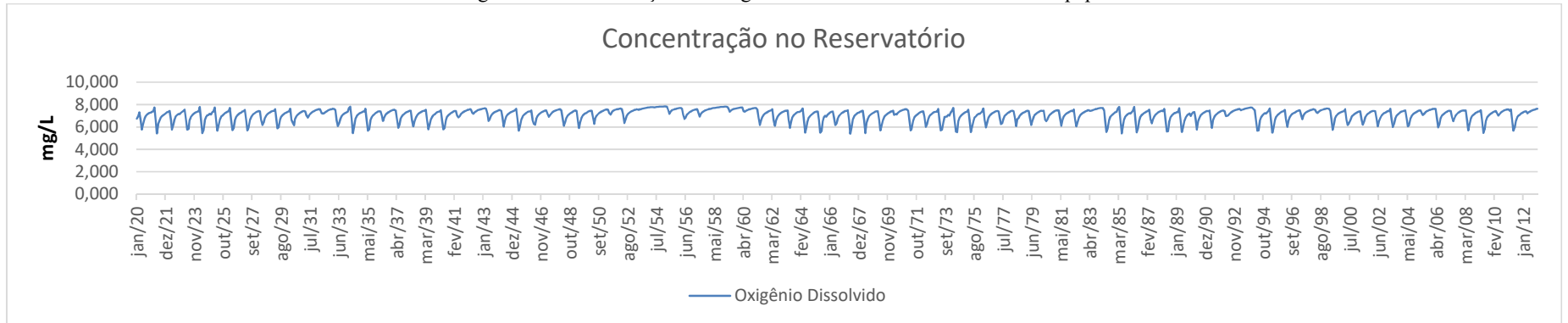
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 24 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório Jenipapo



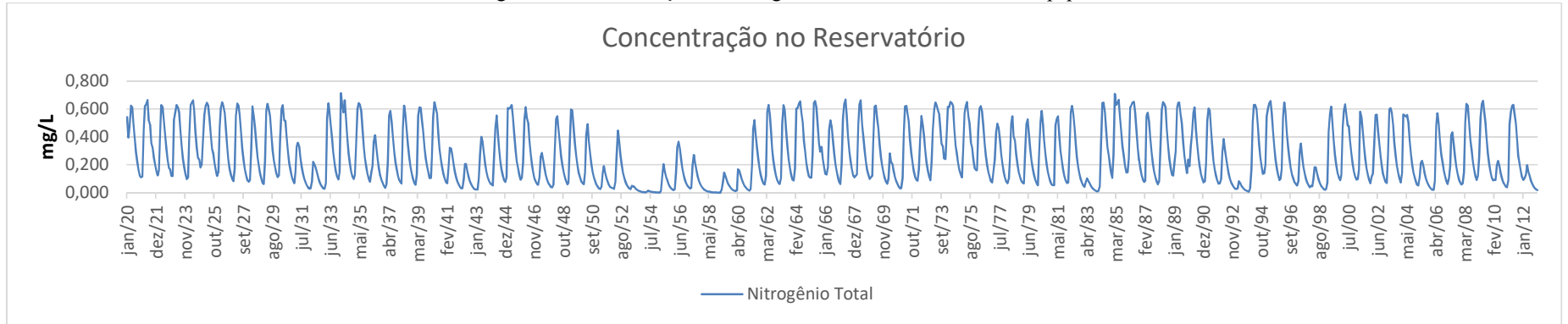
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 25 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório Jenipapo



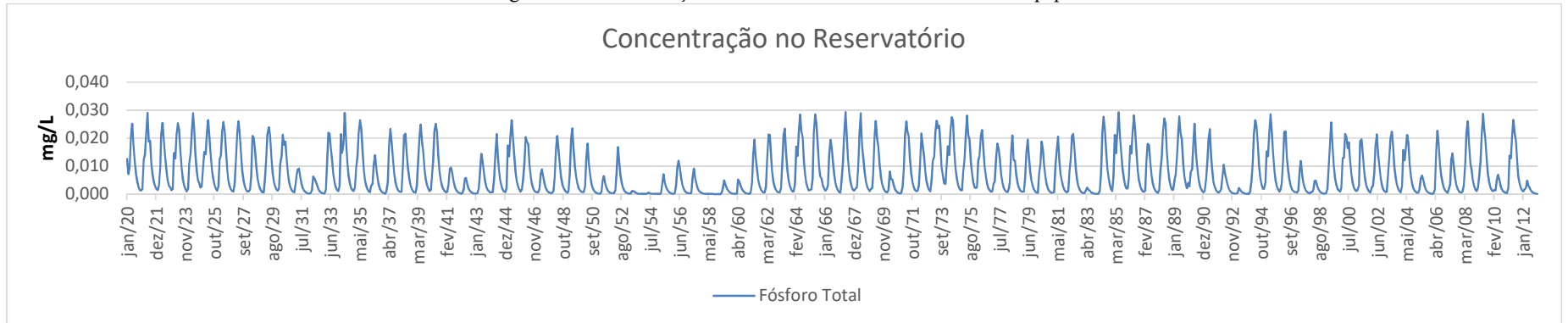
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 26 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório Jenipapo



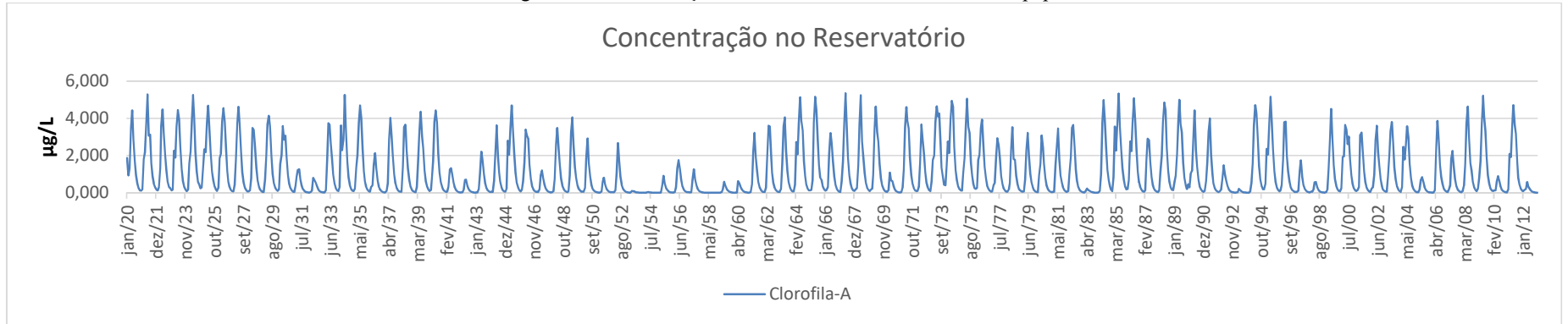
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 27 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório Jenipapo



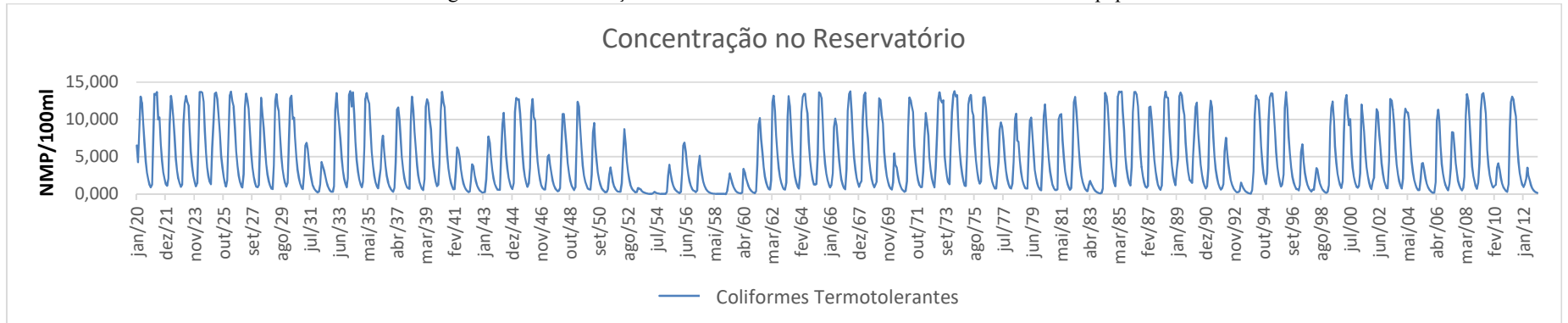
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 28 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório Jenipapo



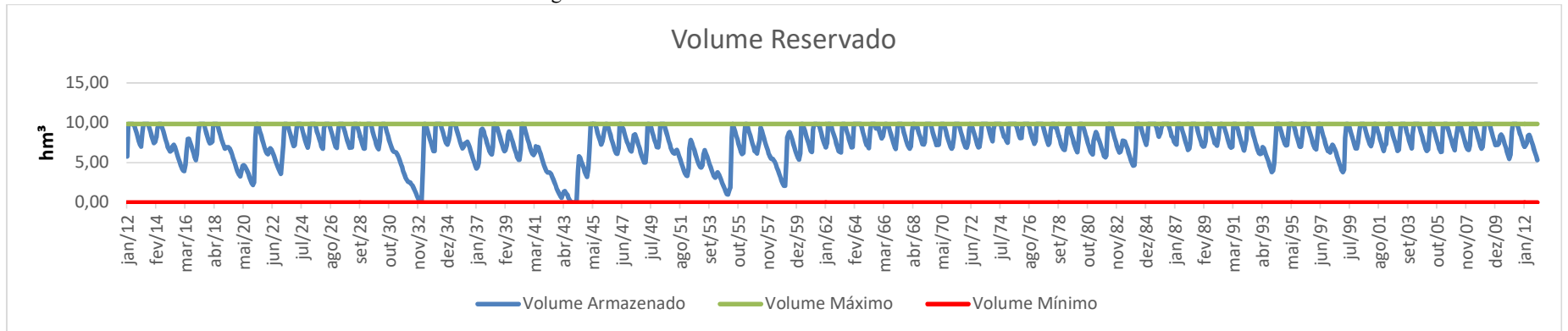
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 29 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório Jenipapo



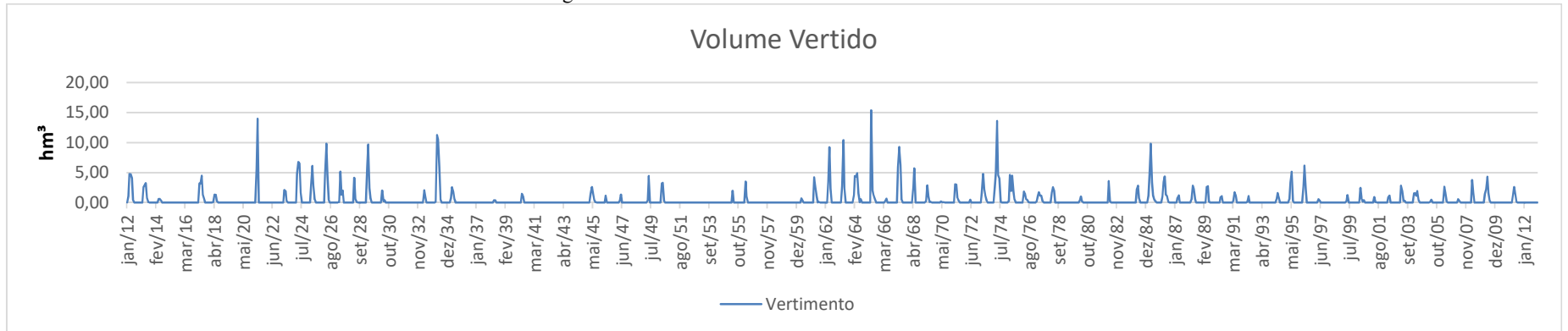
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 30 - Volume reservado no Reservatório São Vicente



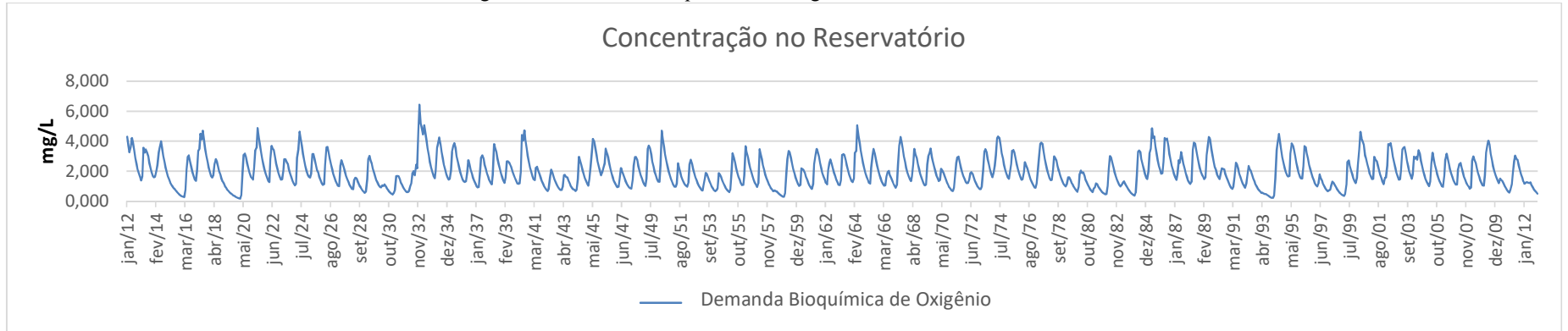
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 31 - Volume vertido no Reservatório São Vicente



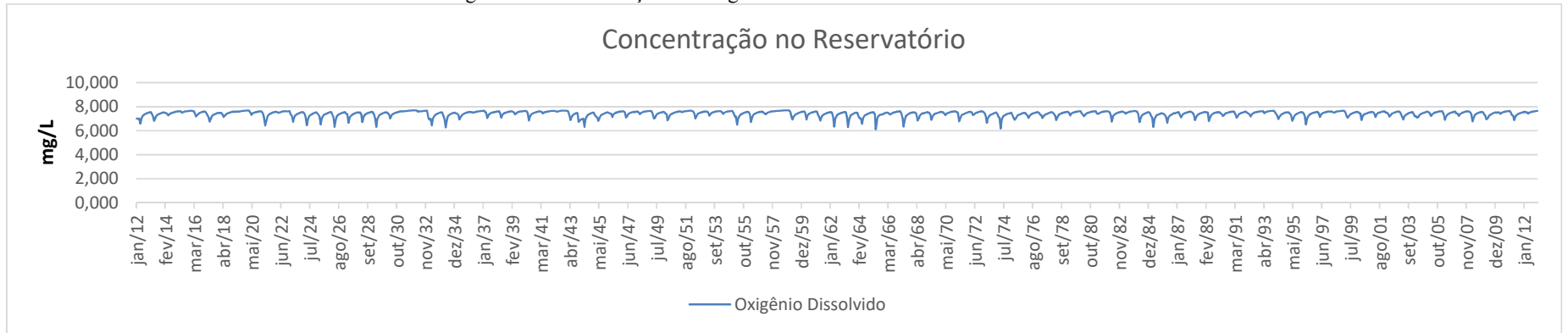
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 32 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório São Vicente



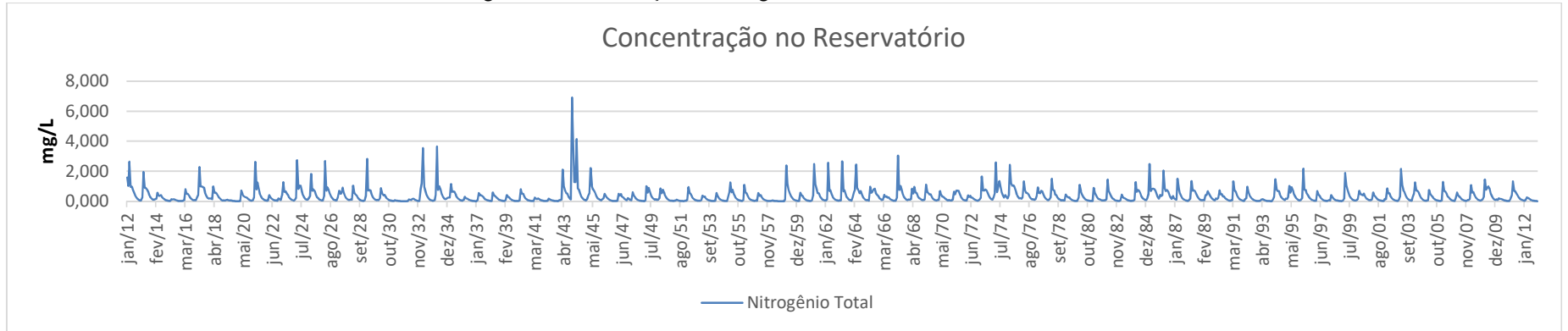
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 33 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório São Vicente



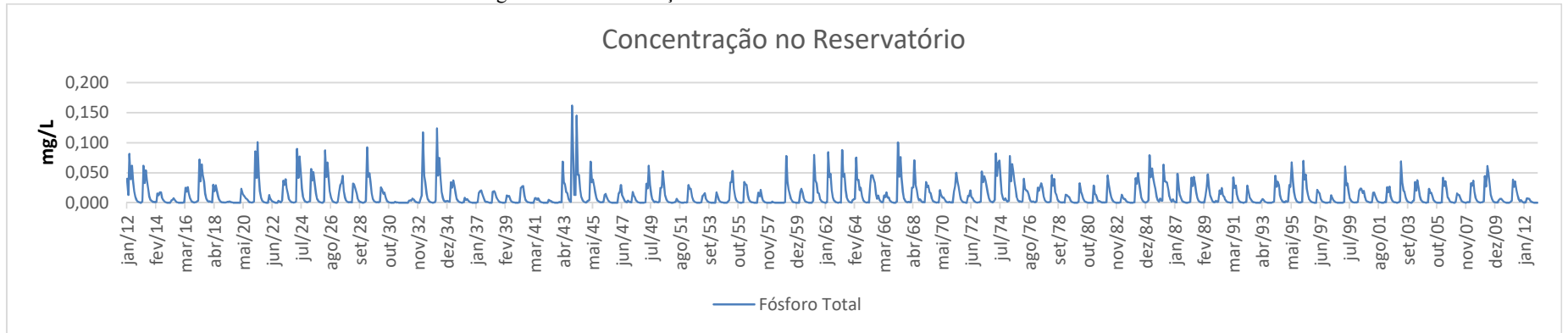
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 34 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório São Vicente



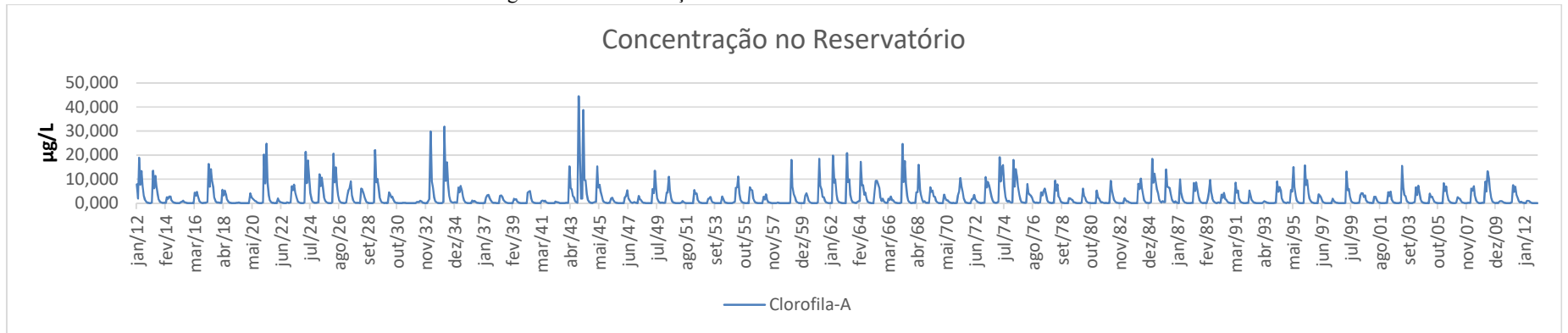
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 35 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório São Vicente



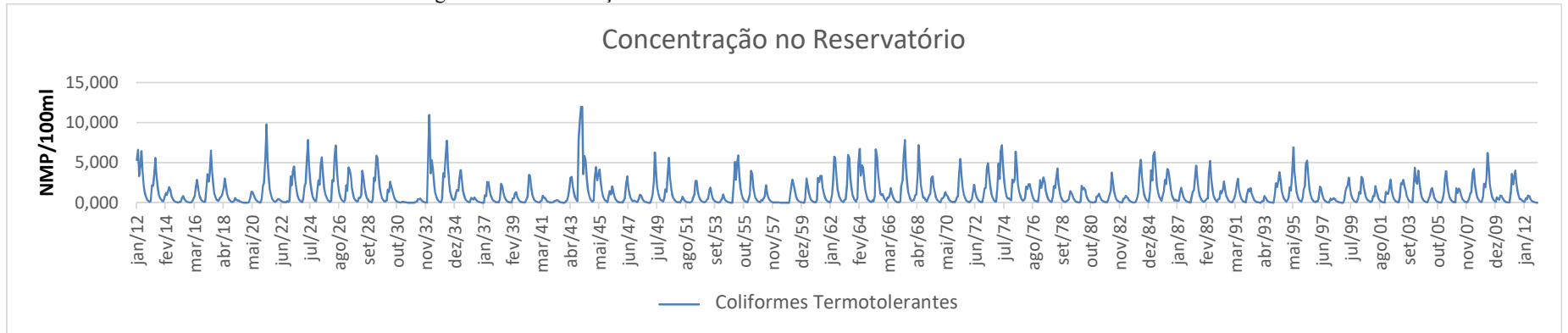
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 36 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório São Vicente



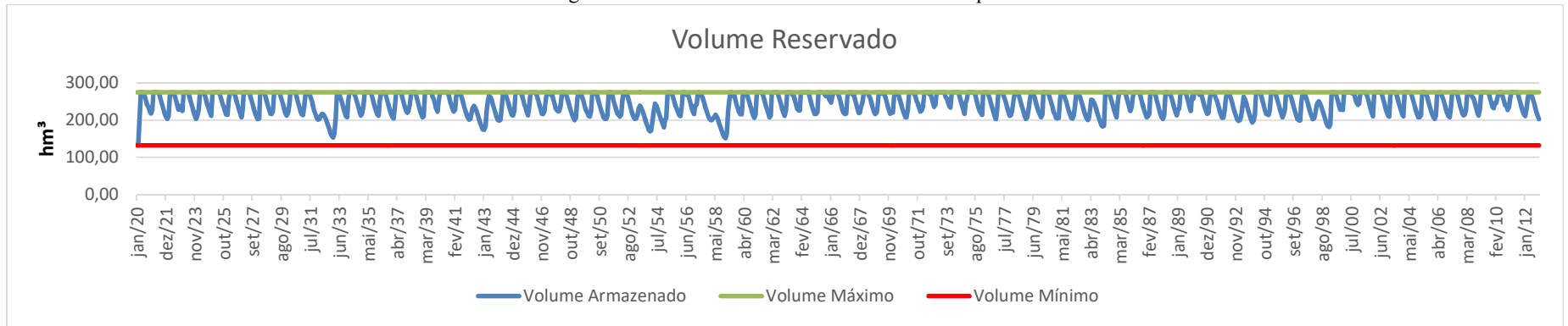
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 37 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório São Vicente



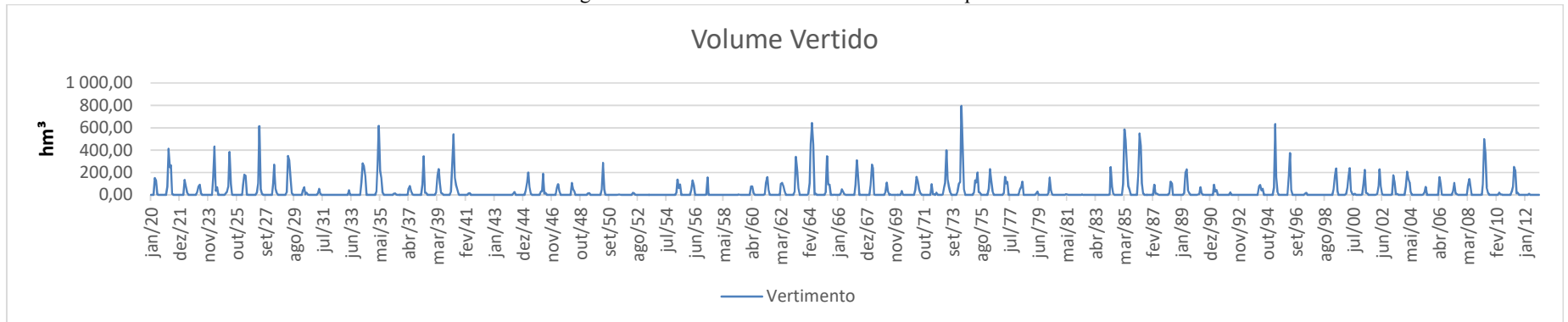
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 38 - Volume reservado no Reservatório Taquara



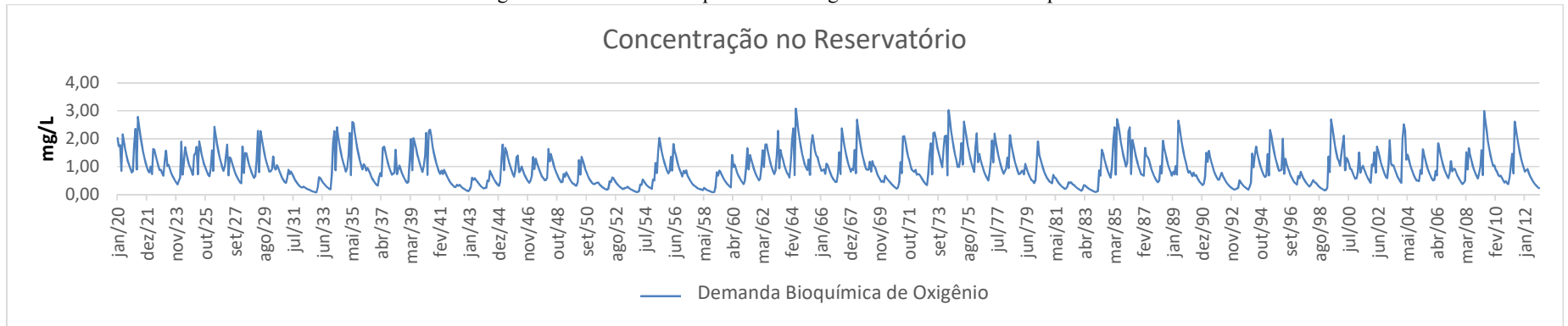
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 39 - Volume vertido no Reservatório Taquara



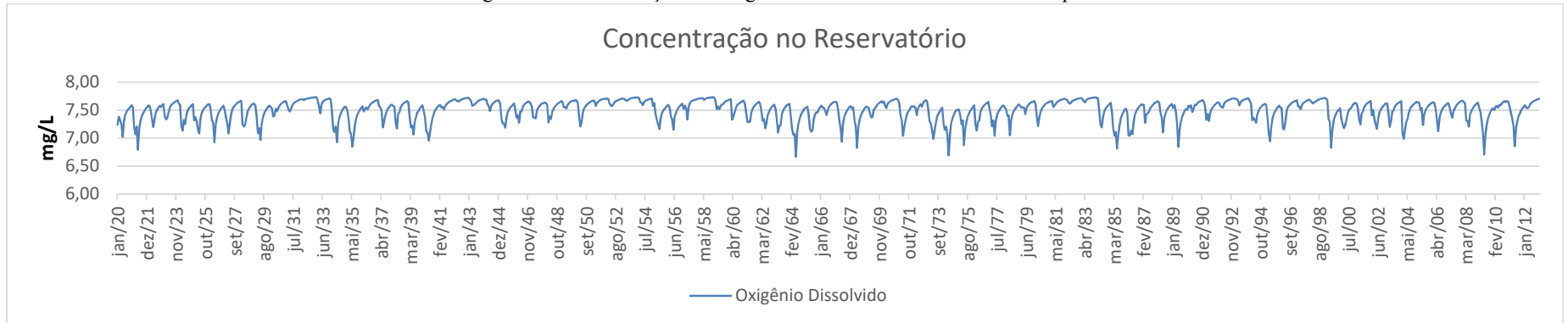
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 40 - Demanda Bioquímica de Oxigênio no Reservatório Taquara



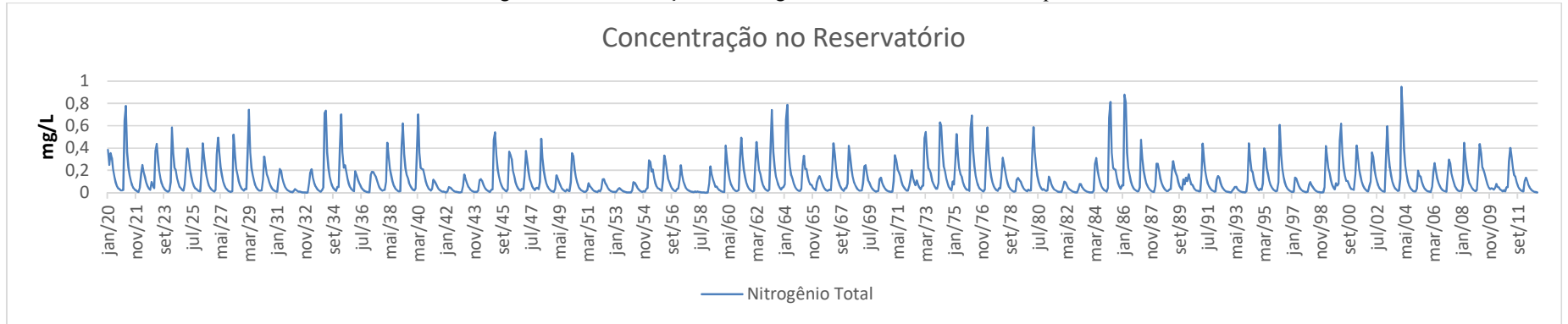
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 41 - Concentração do Oxigênio Dissolvido no Reservatório Taquara



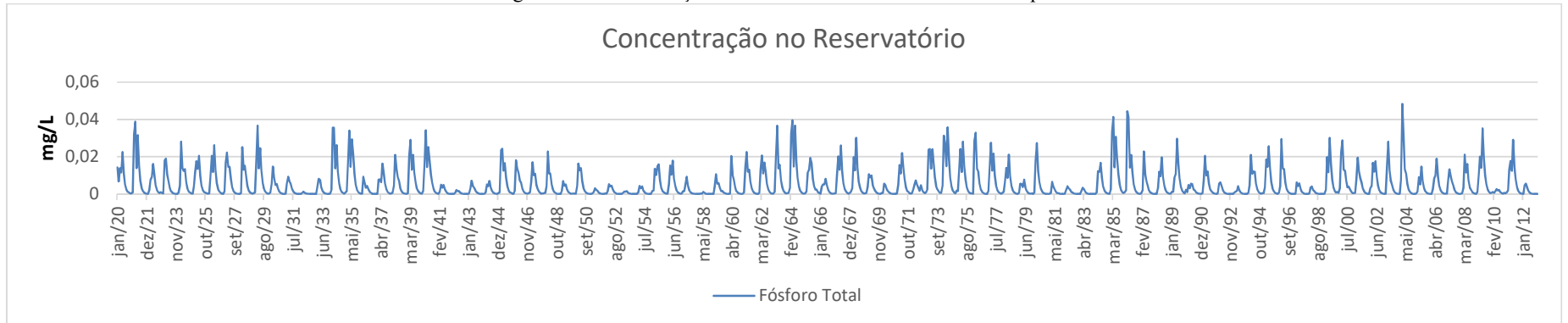
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 42 - Concentração do Nitrogênio Total no Reservatório Taquara



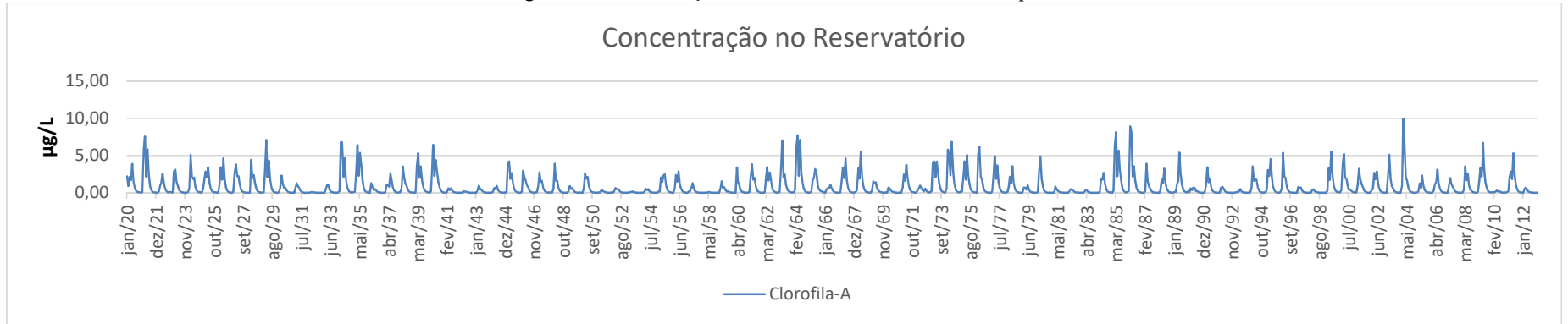
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 43 - Concentração do Fósforo Total no Reservatório Taquara



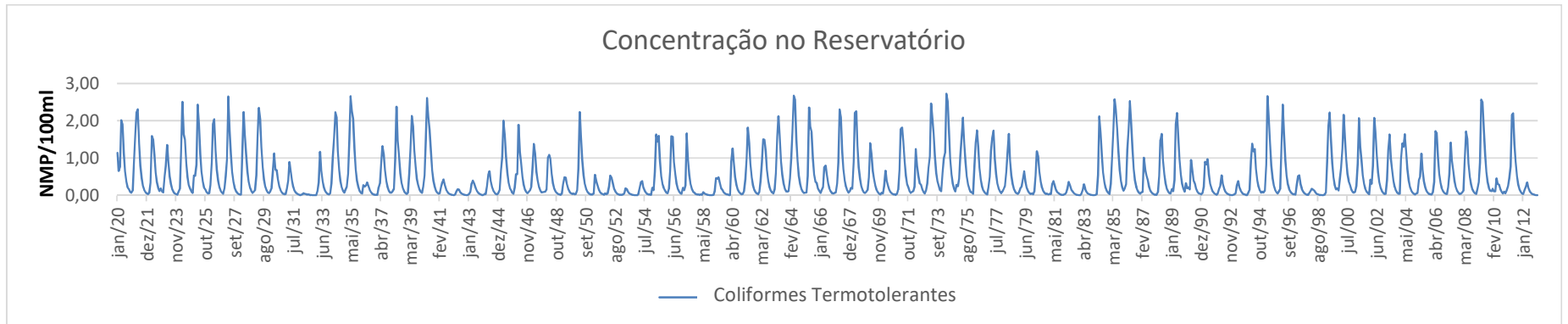
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 44 - Concentração de Clorofila-a no Reservatório Taquara



Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 45 - Concentração de Coliformes Termotolerantes no Reservatório Taquara



Fonte: Nippon Koei Lac (2017).



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTUDOS
ECONÔMICOS
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

3. SEGURANÇA HÍDRICA QUANTITATIVA



3. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA: ASPECTOS QUANTITATIVOS

Conforme aduz-se do Termo de Referência, a avaliação da Segurança Hídrica em seus aspectos quantitativos trata tanto dos recursos hídricos superficiais como dos subterrâneos. Com relação aos primeiros, o TR especifica que devem ser avaliadas as garantias de abastecimento de cada um dos 15 reservatórios da Bacia do Acaraú monitorados pela Cogerh, sendo essas expressas pelas suas curvas de regularização.

Para tanto, o TR especifica que as “*afluências dos reservatórios poderão ser obtidas através de observação em posto fluviométrico da rede de observação nacional ou obtidas no estudo desenvolvido pela UFC/Cogerh*”. O documento também considera a hipótese de algum reservatório não dispor da série de afluências na fonte bibliográfica mencionada. Nesse caso, “*devem ser calculadas utilizando modelo chuva vazão SMAP*”.

Os resultados advindos do modelo de simulação, gerador das curvas de regularização, serão o insumo básico para geração do conteúdo apresentado no Capítulo 4 - Identificação das Vulnerabilidades dos Sistemas Hídricos.

No que concerne aos mananciais subterrâneos, enfatize-se que em termos volumétricos, na região da Bacia do Acaraú, o protagonismo das ofertas hídricas é assumido pela disponibilidade hídrica de superfície, como, aliás, é comum no contexto do semiárido nordestino, onde a predominância em termos geológicos é das rochas cristalinas, constituindo assim um manancial bastante limitado tanto em termos quantitativos quanto qualitativos.

Os estudos que compõem o produto R13 - Avaliação da Segurança Hídrica Aspectos Quantitativos estão apresentados de forma simplificada nos tópicos seguintes. Vale ressaltar que, com o intuito de evitar repetições, assuntos concernentes à análise de demanda e vazões regularizadas apresentam-se no capítulo seguinte.

3.1 Estudos Pluviométricos

A abrangência espacial desses estudos consiste nas bacias hidrográficas dos reservatórios de interesse no Estado do Ceará e, quando necessário, às adjacências que se fizerem importantes para os fins pretendidos. Os registros de chuva diária constituem-se nas mais importantes fontes

de informações, em vista das limitações concernentes às redes fluviométricas da região onde se insere preponderantemente o território cearense.

A metodologia que foi empregada nos estudos que a Cogerh conveniou com a UFC evidenciam como base a regionalização de parâmetros do modelo chuva-vazão (SMAP), com vistas à geração de séries pseudo-históricas de vazão em um sítio qualquer de interesse, sem precisar cumprir as etapas a serem aqui descritas, pois os parâmetros do modelo chuva-vazão, necessários à geração da série de aflúências, podem ser obtidos diretamente das equações de regionalização, abstendo-se assim da laboriosa tarefa de calibração e validação de tais parâmetros do modelo.

Qualquer que seja a abordagem, a definição de séries médias sobre as bacias focadas pode ser feita com a ajuda do Método das Malhas (Thiessen eletrônico), com o qual as informações disponíveis são aproveitadas ao máximo nas áreas controladas por cada reservatório de interesse, propiciando a conversão da série média em série pseudo-histórica de vazões com maior extensão possível.

A Metodologia de Análise de Consistência possível de utilização tem como núcleo teórico o chamado Método do Vetor Regional. Isso decorre do reconhecimento, praticamente unânime, entre muitos dos profissionais atuantes na área de Hidrologia e Recursos Hídricos, de que a análise de consistência para níveis de discretização anual (e, subsidiariamente, mensal) encontra no Vetor Regional um procedimento analítico mais adequado do que o clássico (histórico) Método de Duplas Massas.

Os autores do Método do Vetor Regional (HIEZ e RANCAN, 1983) definem o vetor como sendo formado "*de índices pluviométricos anuais ou mensais, oriundos da extrapolação por um método de máxima verossimilhança, da informação mais provável, contida nos dados de um conjunto de estações de observação agrupadas por região*".

A estimativa da série de precipitação média é recorrente quando da necessidade de elaboração de estudos hidrológicos baseados em modelos chuva - vazão. Via de regra, as séries médias são obtidas pela atribuição de coeficientes de ponderação aos aparelhos de medição da rede pluviométrica de monitoramento da bacia, com exutório na seção para a qual se deseja, em etapa posterior, o cálculo de vazões pseudo-históricas.

O traçado dos chamados Polígonos de Thiessen, em redes sem considerável influência orográfica, consiste no procedimento mais utilizado para a avaliação desses coeficientes. A solução numérica para essa tarefa, graficamente laboriosa, pode ser obtida lançando-se mão de técnicas de simulação. Um método determinístico (SARMENTO e MARTINS, 1990) pode ser aqui aplicado. Denominado Método das Malhas, o procedimento adotado apresenta vantagens comprovadas sobre a alternativa de uso do Método Thiessen/Monte Carlo, embora este também seja baseado no uso de computador. A principal vantagem do primeiro sobre o segundo diz respeito à eficiência de processamento, em particular quando se trabalha com um número elevado de estações.

3.2 Estudos Fluviométricos

3.2.1 Levantamento e Seleção da Base de dados e Estudos Fornecidos

O banco de dados correspondente à Região Hidrográfica 3 é disponibilizado pela ANA e totaliza 123.917 registros de informações de vazão. Os critérios de escolha dos postos se orientam pela necessidade de atendimento à aplicação de modelo conceitual chuva-vazão. Este, conforme visto, destina-se à obtenção de séries pseudo-históricas de vazão, tão abrangentes na dimensão temporal quanto o forem as respectivas séries de precipitação média advindas dos Estudos Pluviométricos.

Ratifica-se a constatação comum às bacias hidrográficas em todo o território nacional, segundo a qual, via de regra, as séries pluviométricas são muito mais abundantes e extensas do que as séries de vazão.

No presente estudo, confrontada a disponibilidade de dados de uma e outra categoria (chuva e vazão) na região hidrográfica de interesse, constata-se que, considerados simplesmente o número de registros, há para a Região Hidrográfica 3 a percentagem de 14,1%, como sendo a proporção de dados fluviométricos em relação aos pluviométricos. A caracterização das informações contidas no banco de dados HIDROWEB referentes às regiões hidrográficas de interesse foi realizada com foco especial nos seguintes aspectos:

- ✓ **Extensão das séries temporais:** Considerada em termos de extensões mediana, média, mínima e máxima; disponibilidade de dados mais recentes em relação ao presente e

quantidade de séries com extensão estatisticamente significativa (mais de 30 anos, preferencialmente contínuos);

- ✓ **Presença de falhas ou lacunas de observações:** Considerada em termos de percentagem total de falhas no conjunto de estações analisadas; séries detentoras do maior e do menor percentual de falhas; quantidade de séries enquadradas como possuidoras de certo limite percentual de falhas de observação, tendo sido considerados os níveis de 10% e 20%.

Conforme mencionado, essa região hidrográfica envolve 291 estações fluviométricas, cujos registros de observação consistem em valores médios diários. Dessas, 243 estações constituem acervo de informações brutas sem correspondente consistido.

A maior frequência que se observa corresponde à disponibilidade de séries que têm até 10 anos de dados, fato que confirma a conhecida precariedade da rede de monitoramento da variável vazão e reforça a necessidade da aplicação de modelos conceituais de extensão dessas séries. Em um extremo da distribuição empírica tem-se 218 séries muito curtas, com até 10 anos de dados.

No que diz respeito ao percentual de falhas, a região hidrográfica em comento concentra grande percentual de séries que apresentam até 10% de falhas (204 dentre 243 estações). Os três intervalos de classe subsequentes abrigam quantidades de séries temporais significativas e correspondem àqueles cujos limites inferiores e superiores de valores faltantes são de 11% a 20%, 21% a 30% e 31% a 40%. Há no conjunto apenas 1 série que apresenta percentual de falhas acima de 81%, ao longo do respectivo período correspondente à operação do posto.

Uma terceira característica analisada diz respeito ao quão recentes são os últimos anos retratados nas séries integrantes da região hidrográfica em foco. Constatou-se a preponderância de séries com dados até anos posteriores a 2011. Considerando o ano de 2001 como referência, percebe-se que 81 séries se estendem, no mínimo, até aquele ano. Entretanto, de acordo com os “Estudos Pluviométricos”, há a lacuna deixada na disponibilidade de dados pluviométricos, que impõe o início da década de 1990 como limite para a extensão das séries pseudo-históricas.

Consideradas em conjunto, as 243 séries temporais de vazão que integram a Região Hidrográfica 3 possuem uma extensão média de cerca de 8 anos, tendo a série mais longa 105 anos e a série mais curta apenas alguns meses em certo ano. Há dados bastante recentes no banco de dados analisado. A mais recente das séries analisadas possui dados até julho de 2014.

Importa destacar que apenas cerca de 2,5% das séries analisadas possuem mais de 30 anos de observações, o que, sem dúvida, limita o universo e a escolha das estações para os processos de calibração e validação do modelo chuva-vazão escolhido. Tal quadro não impede que se possa gerar séries pseudo-históricas de vazão bastante ricas em episódios extremos.

Considerado em seu conjunto, o acervo de dados afeto à RH 3 exibe um percentual de falhas de observação de 16,6%, existindo séries sem nenhuma lacuna observacional, bem como, no extremo oposto, uma série que apresenta quase 84% de falhas ao longo de sua operação. É de se supor, nesse último caso, tratar-se de posto com pouco tempo de existência e ainda em estado de operação precário ou incipiente.

Ainda conforme Agência Nacional de Águas, a Região Hidrográfica 3 mostra para as séries temporais que dela fazem parte, que pouco mais de 90% apresentam percentual de ocorrência de falhas menor ou igual a 20%. Para o nível de 10%, o percentual de séries alcança cerca de 84% (BRASIL, 2016).

No que se refere às características relatadas, os números apresentados refletem a relativa limitação do acervo de vazões, conforme era esperado, visto ser a realidade da disponibilidade de dados de vazão bastante adversa, particularmente quando comparada à disponibilidade pluviométrica.

3.2.2 Estudos Fluviométricos fornecidos pela Cogeh

3.2.2.1 Estações Consideradas nos estudos Cogeh-UFC

As estações fluviométricas utilizadas nos estudos fornecidos pela Cogeh, que, por determinação explícita nos Termos de Referência, devem ser considerados como a fonte dos dados sobre afluência aos reservatórios de interesse são identificadas na Tabela 5, onde também constam os resultados da eficiência de Nash-Sutcliffe para calibração e para os modelos ajustados (COGERH/UFC, 2013).

Tabela 5 - Eficiência de Nash-Sutcliffe para calibração e para os modelos ajustados

Código - ANA	Calibrados	Normal	Gamma	Robusta
34750000	83,7%	18,2%	49,6%	81,7%
35050000	28,8%	39,5%	39,4%	39,0%
35125000	88,8%	88,5%	87,3%	88,4%
35170000	94,4%	88,4%	88,6%	90,1%
35210000	77,5%	68,0%	71,0%	78,1%
35260000	83,5%	82,9%	81,5%	85,5%
35263000	87,2%	85,5%	82,1%	88,5%
35880000	82,2%	72,5%	71,6%	73,7%
35950000	77,1%	65,5%	66,7%	62,8%
36020000	68,8%	22,1%	24,9%	23,1%
36125000	83,7%	75,7%	69,3%	82,3%
36130000	81,5%	74,6%	76,7%	70,8%
36160000	80,3%	71,6%	74,5%	73,9%
36210000	78,7%	70,6%	74,1%	67,7%
36250000	62,5%	71,1%	73,0%	70,1%
36270000	78,8%	75,6%	75,2%	75,3%
36290000	83,0%	83,3%	83,7%	83,0%
36520000	89,6%	89,3%	87,5%	84,3%

Fonte: adaptado de Cogerh - UFC, 2013.

3.2.2.2 Modelos Chuva-Vazão

O cerne dos estudos fornecidos pela Cogerh é a modelagem chuva-vazão. Como se sabe, trata-se de modelos que partem de dados como precipitação e evaporação para a obtenção, através de equações empíricas e/ou físicas, do escoamento em determinada seção fluvial de uma bacia hidrográfica.

A impossibilidade de se analisar todo o ciclo hidrológico obriga-nos a lançar mão de modelos simplificados deste complexo natural para ter respostas aproximadas àquelas produzidas pela natureza. Assim, o sistema real é substituído por um sistema mais simples e de fácil manipulação.

Esses modelos procuram descrever, tendo como base o ciclo hidrológico, com diferentes abrangências, os diversos caminhos da água pela superfície e pelo interior do solo (chamada fase terra) e pelas calhas fluviais (chamada fase canal). A fase terra é geralmente representada por

reservatórios fictícios que distribuem as águas pelos diversos caminhos. Há várias fontes de incertezas envolvidas no uso de modelos dessa natureza. A maioria delas se encontra nas fases de registro de dados hidrometeorológicos da bacia hidrográfica, de estruturação do modelo e na calibração.

Importa registrar que, ao se optar pela regionalização dos parâmetros de um determinado modelo, todas as consequências nocivas dessas fontes de incertezas se agregarão àquelas inerentes à própria regionalização, isso, partindo-se da premissa de que o modelo escolhido, de fato, é dotado de parâmetros com representatividade física aceitável.

3.2.2.3 O modelo chuva-vazão utilizado e os estudos de regionalização

O modelo chuva-vazão utilizado nos estudos foi o SMAP (*Soil Moisture Accounting Procedure*), desenvolvido por Lopes *et al.* (1981). Trata-se de um modelo chuva-vazão do tipo conceitual e concentrado, e a versão utilizada neste estudo possui discretização temporal mensal. Modelos como o SMAP procuram representar o armazenamento e os fluxos de água na bacia através de reservatórios lineares fictícios. Informações detalhadas sobre a estrutura e operação do modelo podem ser encontradas no produto R13 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos quantitativos.

Os estudos realizados por Cogeh/UFCE (2013) afirmam que apenas dois parâmetros utilizados no SMAP possuem sensibilidade para as bacias localizadas no estado do Ceará. Os mesmos estudos afirmam que “*tal consideração é justificada pela pouca representatividade do escoamento subterrâneo, devido à natureza cristalina do substrato da região, na composição final do escoamento*”. O mesmo argumento é reiterado em Alexandre *et al.* (2016), onde se lê: “*Devido a nossa área de estudo estar localizada no semiárido, apenas dois parâmetros do modelo chuva-vazão SMAP necessitam ser calibrados e regionalizados, o do escoamento superficial (P-ES) e o da capacidade de saturação do solo (SAT)*”.

Tendo como válida essa afirmativa fundamental, os referidos estudos determinaram apenas dois parâmetros do modelo, a capacidade de saturação do solo (SAT) e a taxa de geração de escoamento superficial (Kes). Assim, ainda da mesma fonte “*os demais parâmetros são considerados constantes e possuem os seguintes valores: CREC = 0; k = 3; TUin = 30 e EBin =*

0. Os dados de entrada do modelo são a precipitação média mensal na bacia 14 (P), dada em mm, a evapotranspiração potencial mensal (EP), também em mm, e a área de drenagem da bacia (A) em km².

Ainda conforme a referência Cogerh -UFC (2013), os estudos elaborados através de convênio entre as instituições tiveram como objetivo “realizar a modelagem chuva-vazão dos postos fluviométricos do estado do Ceará, disponíveis no banco de dados HidroWeb/ANA e ajustar um modelo regional para estimar os parâmetros para as bacias dos reservatórios. Neste estudo utilizaram-se o modelo chuva-vazão SMAP mensal calibrado para os postos fluviométricos e modelos de regressão linear...”.

As variáveis utilizadas no estudo de regionalização, conforme a fonte mencionada foram as seguintes:

- Declividade - D (%);
- Precipitação média - P (mm);
- Comprimento do rio principal - CT (km);
- Área de contribuição da estação fluviométrica - A (km²);
- Perímetro da área de contribuição da estação fluviométrica - P (km);
- Comprimento total de drenagem - CTD (km);
- Densidade de drenagem - DD (km⁻¹);
- Capacidade de armazenamento do solo CAD (mm);
- Curve number médio – CN (mm);
- Índice de compactidade da bacia – Kc;
- Parcela da bacia no cristalino – Cr.

Ainda conforme descrito nos estudos, “foram gerados para cada um dos parâmetros SAT e PES um modelo, com base nos ajustes apresentados anteriormente. O método de seleção para escolha do melhor ajuste baseou-se na eficiência de Nash-Sutcliffe das vazões geradas pelo modelo SMAP com uso dos parâmetros estimados por uma validação cruzada”. Portanto, a regionalização realizada nos referidos estudos abrangeu dois dos parâmetros estruturais do SMAP. Para o parâmetro SAT, o modelo regional é dado pela equação:

$$E[SAT] = 3.021,6 - 2.026,7 \times C_r$$

Onde C_r é o percentual da área da bacia assente sobre formação cristalina.

Já o parâmetro PES, tem como modelo regional a seguinte equação:

$$E[PES] = 5,4 + 42,3 \times D - 3,8 \times DD - 2,5 \times C_r$$

Onde:

D = é a declividade média da bacia em %;

DD = é a densidade de drenagem em km^{-1} ; e,

C_r = é o percentual da área da bacia assente no cristalino em %.

A estimativa dos parâmetros das bacias incrementais/totais dos reservatórios do estado do Ceará foi realizada nos estudos fornecidos a partir de características fisiográficas e climáticas. Os principais dados e resultados fornecidos podem ser encontrados no produto R13 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos quantitativos.

3.3 Águas Subterrâneas

Neste item é feita uma apresentação de aspectos geológicos da Bacia Hidrográfica do rio Acaraú, e em seguida os aspectos hidrogeológicos da mesma.

- Geologia da Bacia do rio Acaraú:

O arcabouço geológico da Bacia do rio Acaraú engloba terrenos cristalinos Pré-cambrianos (rochas ígneas e metamórficas), terrenos sedimentares mais antigos, paleozóicos, no domínio centro-sul, que compreende aproximadamente ao alto e médio curso do rio, e terrenos sedimentares cenozoicos preferencialmente no baixo curso (CPRM, 2003).

i) Terrenos Pré-cambrianos na bacia do rio Acaraú: Compreendem rochas cristalinas pré-cambrianas metamórficas e ígneas diversas, com idades variando em geral da ordem de 2,5 bilhões a 500 milhões de anos. Destacam-se as seguintes unidades litoestratigráficas ocorrendo no domínio da Bacia do rio Acaraú:

- ❖ PP1g - Complexo Granja: Unidade Paleoproterozóica pertencente ao Subdomínio Médio Coreá (entre 2,05 e 2,5 bilhões de anos), composta por ortognaisses TTG, gnaisses kinzigíticos, granulitos e migmatitos bandados e dobrados, encerrando fácies miloníticas.

- ❖ Complexo Ceará: Unidade Paleoproterozóica pertencente ao Subdomínio Jaguaribeano (entre 2,3 e 2,5 bilhões de anos), que inclui várias subunidades como:
 - ✓ PPcc - Unidade Canindé: paragnaisses em níveis distintos de metamorfismo-migmatização, incluindo ortognaisses ácidos e rochas metabásicas (c - metagabros, anfibolitos com ou sem granada, e gnaisses dioríticos, associados ou não a enderbitos; c1 - metagabros e metaultramáficas serpentinizadas e xistificadas; lentes de quartzitos (cq), metacalcários (cca), rochas calcissilicáticas (ccs), formações ferríferas (cfe) e ferro-manganesíferas, além de metaultramáficas; cgnl - granulitos máficos, enderbitos e leptinitos; caf - anfibólio gnaisses e/ou anfibolitos;
 - ✓ PPci - Unidade Independência: paragnaisses e micaxistos aluminosos (em parte migmatíticos), incluindo quartzitos (iq), metacalcários (ica), rochas calcissilicáticas e, mais raramente, anfibolitos (iqx - micaxistos, paragnaisses e quartzitos; ipx - paragnaisses e micaxistos).
- ❖ Suíte granitóide Meruoca (εγ4m): Unidade Paleozóica do Subdomínio Médio Coreau (idade entre 540 e 500 ma), composta por monzonitos, granodioritos e sienitos (rara fase diorítica), com predomínio da fácies equigranular, com granulação de média a grossa, incluindo fácies porfíricas; tons avermelhados a cinzentos ou esbranquiçados).

ii) Terrenos Sedimentares antigos (Cambriano/Ordoviciano; Siluriano):

- ❖ Grupo Jaibaras: Unidade sedimentar Paleozóica do Subdomínio Médio Coreau (idade de 500 milhões de anos – Cambriano/Ordoviciano) - εojp (Formação Pacujá: arenitos líticos e arcoseanos, micáceos e de granulometria variável, folhelhos e siltitos vermelhos, micáceos, leitos conglomeráticos; cores escura, roxo-avermelhada e, acessoriamente, esverdeada e creme; estratificação plano-paralela e laminação; metamorfismo de muito baixo grau / fluvial); εojpa (Formação Parapuí: basaltos (em parte amigdaloidais/vesiculares e/ ou espilitizados/queratofirizados), andesitos, riolitos (com fases porfíricas e ignimbríticas), gabros, diabásios e dacitos, somando-se seções marcadas por associações vulcano-vulcanoclástica e piroclástica (com bombas e lapílis)); εoja (Formação Aprazível: ortoconglomerados grossos e polimíticos, com matriz arcoseana e, normalmente, sem acamamento / fluvial);

- ❖ Ssg: Unidade sedimentar Paleozóica Siluriana (idade de 435 a 410 milhões de anos), pertencente à Bacia sedimentar do Parnaíba - (Grupo Serra Grande: conglomerados e arenitos, em parte feldspáticos, com intercalações de siltitos e folhelhos / fluvial e marinho raso (com registro glacial).

iii) Terrenos Sedimentares Cenozóicos na bacia do rio Acaraú: Compreendem sedimentos e rochas sedimentares siliciclásticas situadas na porção referente ao baixo curso da Bacia hidrográfica do rio Acaraú, ou setor setentrional, com idades a partir de 23,5 milhões de anos (englobando do Neógeno ao Quaternário). Destacam-se as seguintes unidades litoestratigráficas:

- ❖ Grupo Barreiras (Enb): Com idade da ordem de 23,5 milhões de anos (Neógeno), engloba arenitos argilosos de tonalidade variegada (amarelada, avermelhada e esverdeada), matriz argilo-caulínica, com cimento argiloso, ferruginoso e, às vezes, silicoso; granulação fina a média, com leitos conglomeráticos e nódulos lateríticos na base (pode-se encontrar, no topo, areias silticas bem classificadas) / sistema fluvial com esporádicas corridas de lamias. Na área da bacia hidrográfica ocupa grande parte do setor setentrional, mantendo contato geológico ao sul com as rochas cristalinas Pré-cambrianas, e ao norte com os sedimentos quaternários Q2e, e são encobertos pelos sedimentos Q2a ao longo do leito do rio Acaraú.
- ❖ Unidade Q2e (idade a partir de 1,5 milhões de anos – Quaternário): Depósitos eólicos litorâneos 2 (praias atuais/dunas móveis; inclui, localmente, sedimentos fluviomarinhos: areias esbranquiçadas, quartzosas, de granulometria variável, bem classificadas, em corpos maciços ou com partes exibindo arranjos estratiformes, onde ocorrem leitos mais escuros com concentrações de minerais pesados (somam-se níveis de cascalhos e outros com marcante estratificação cruzada, além de fácies com fragmentos de matéria orgânica) / eólico marinho e fluviomarinho. Na área da bacia hidrográfica ocupa a porção mais ao norte, ao longo da linha de costa em contato com o Oceano Atlântico, estando sobrejacente ao Grupo Barreiras.
- ❖ Unidade Q2a (idade a partir de 1,5 milhões de anos – Quaternário): Depósitos aluviais (localmente coluviais): argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas / fluvial, em parte com influência marinha. Na área da bacia hidrográfica ocupa o leito do Rio Acaraú, ocorrendo

sobrejacente ao Grupo Barreiras, e sobrejacente às rochas cristalinas Pré-cambrianas nos trechos de médio e alto curso do rio.

- Hidrogeologia da Bacia do rio Acaraú:

Na área da Bacia hidrográfica do rio Acaraú não se encontraram estudos específicos e detalhados sobre os diferentes sistemas aquíferos e ocorrência de águas subterrâneas, ficando como sugestão deste relatório que sejam encaminhadas ações de gestão pautadas em novos estudos hidrogeológicos desta área.

De acordo com o arcabouço geológico da área da Bacia hidrográfica do rio Acaraú, antes descrito, e para efeito de conhecimento básico e geral, ocorrem nessa área dois domínios hidrogeológicos principais: Aquífero Fraturado; e Aquífero Poroso Intergranular.

- Aquífero Fraturado da Bacia do rio Acaraú:

O domínio Fraturado ocupa a maior parte da bacia, com exceção do leito e margens do rio Acaraú, onde se encontra a unidade porosa intergranular Aluvionar.

No caso da Bacia do rio Acaraú, se tem sequencias rochosas do Complexo Granja, Complexo Ceará, Suítes granitoides, incluindo também rochas metassedimentares (paragnaisses, xistos, quartzitos), ortognaisses, metagabros, metabasaltos, e rochas ígneas diversas (monzonitos, granodioritos e sienitos).

A locação e produtividade dos poços no aquífero Fraturado são função da intensidade e interconexão da rede fraturas desenvolvidas por processos tectônicos, especialmente os processos neotectônicos que controlam os campos de tensão até então atuantes no Cenozóico, e que vêm proporcionando o desenvolvimento de novas redes de fraturas neotectônicas, e/ou reativando antigos sistemas de falhas pré-cambrianas, estruturas essas que configuram a porosidade e permeabilidade fissural do aquífero fraturado.

Desta forma, as condições de heterogeneidade e anisotropia do aquífero Fraturado exige cuidados adicionais no procedimento de locação de poços, levando em conta os conhecimentos que dizem respeito ao desenvolvimento dos campos de tensão atuais (σ_1 , σ_2 , σ_3), e os principais

sistemas de fraturas consequentemente gerados e/ou reativados, bem como avaliação de sua tendência de serem mais abertos e interconectados, otimizando o conhecimento da porosidade e permeabilidade que ocorrem em determinada área do aquífero, e a identificação dessas estruturas nos procedimentos de locação de poços, desta forma pode ser possível identificar as melhores condições de recarga, fluxo subterrâneo, vazão (Q) e vazão específica dos poços (Q/sw, sendo sw o rebaixamento do nível d'água no poço, após determinado tempo de bombeamento).

Em relação aos poços em aquífero fraturado, tem-se que: usualmente apresentam profundidades em torno dos 80 metros, vazões relativamente baixas, porém, pontualmente encontram-se elevadas vazões, e sólidos totais dissolvidos (STD) em torno de 1500 mg/L. Porém, existe uma heterogeneidade muito grande em relação a esses dados.

A principal vantagem do aquífero Fraturado é a sua distribuição espacial em grande parte do Estado do Ceará, o que possibilita o abastecimento da população rural disseminada em todo o território cearense, em especial aquelas não contempladas por sistemas públicos de abastecimento de água. Alguns dos principais problemas que dificultam a exploração do aquífero Fraturado são: a) problemas construtivos e operacionais; b) salinidade média acima do limite permitido para consumo humano; c) baixa vazão média dos poços.

Conforme dados obtidos no site do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (www.cprm.gov.br) e nos cadastros de poços da Funceme, Sohidra, Cogerh e empresas privadas, até 2006 existiam na Região Nordeste 96.134 poços tubulares cadastrados, dos quais mais de 49 mil (51%) foram perfurados em rochas cristalinas (aquífero Fraturado). Os dados levantados demonstram que existe um número muito superior a 100 mil poços no aquífero Fraturado, revelando a importância desse sistema aquífero no atendimento de comunidades rurais dispersas não contempladas por sistemas de abastecimento público através de adutoras.

Estudos/investigações e perfurações atuais vêm detectando zonas fraturadas e produtoras de água no aquífero Fraturado em profundidades entre 100 metros e 200 metros, em algumas áreas das regiões sudeste e nordeste do Brasil, tendo esse sido o tema central do último congresso brasileiro de águas subterrâneas da ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas), realizado em 2016/Campinas-SP. Contudo, ainda necessitam de mais dados e novas pesquisas para confirmação desta característica no aquífero fraturado em várias outras áreas e regiões, tanto do ponto de vista de conhecimento dos controles tectono-estruturais responsáveis pelo

desenvolvimento de fraturas mais profundas que as usualmente detectadas (em torno de 100 metros), bem como sua associação com as vazões dos poços e qualidade das águas nesse meio heterogêneo.

- Aquífero Poroso Intergranular da bacia do rio Acaraú:

O domínio hidrogeológico poroso intergranular agrupa dois (02) sistemas aquíferos na bacia do rio Acaraú – Aluviões, e Dunas/Barreiras.

- ❖ Aquífero Aluvionar:

O sistema aquífero Aluvionar na Bacia do rio Acaraú compreende um meio hidrogeológico poroso intergranular que ocorre ao longo do leito e margens do rio Acaraú, sobrejacente ao domínio de rochas cristalinas ígneas/metamórficas na porção meridional, e também sobre o domínio de rochas sedimentares da Formação Barreiras, no setor setentrional.

Constitui-se litologicamente de sedimentos arenosos, argilosos, e areno-argilosos (argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, presença de níveis conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas/fluviais), em geral de pequenas dimensões (de dezenas a poucas centenas de metros), porém de fácil e rápida recarga e renovação das reservas após os eventos chuvosos.

De acordo com informações do INESP (2008), os depósitos aluviais constituem os aquíferos mais utilizados pela população do interior cearense, por se constituírem, na estação seca anual, na única e mais acessível possibilidade de obtenção de água através da construção de poços rasos. Possuem uma boa distribuição espacial, e produzem água em sua maioria de boa qualidade, principalmente para a irrigação.

Informa-se também que nos aquíferos Aluviais (ou aluvionares) do Estado do Ceará as vazões dos poços neles implantados são satisfatórias, na maioria dos casos atingindo valores superiores a 10 m³/h, mesmo nas aluviões de pequeno porte, e superiores a 50 m³/h,

nos de médio e grande porte, não tendo sido especificado, contudo, o que seria pequeno, médio e grande porte.

Destaca-se localmente a existência de aquíferos expressivos nas aluviões do rio Acaraú, onde o mesmo é mais profundo, contribuindo significativamente para o abastecimento de sedes municipais como: Cariré, Groaíras, Forquilha, Santana do Acaraú, Marco, Bela Cruz. Contudo, sugere-se a realização de estudos e obtenção de novos dados sobre os aquíferos aluviais da bacia hidrográfica do rio Acaraú.

Convém salientar que nos aquíferos aluviais as águas subterrâneas são em geral pouco profundas, com níveis freáticos cujas profundidades podem ser inferiores a 5 metros, portanto, muito vulnerável à contaminação por poluentes lançados nas áreas da bacia hidrográfica e no leito do rio. O uso da água para consumo humano pode requerer cuidados prévios de tratamento e adequação da água para este fim, mesmo que as águas sejam doces.

❖ Aquífero Dunas/Barreiras:

As Dunas/paleodunas se constituem nos melhores reservatórios hídricos subterrâneos ao longo do litoral do Ceará, e contribuem substancialmente para o abastecimento de água dessa região. Suas águas são captadas por poços tubulares rasos, com profundidades inferiores a 40 metros, os quais mostram vazão média de 10 m³/h, podendo alcançar até 50 m³/h.

As rochas sedimentares do Grupo Barreiras ocorrem também ao longo do litoral, subjacente ao sistema Dunas/paleodunas, e, dado a sua constituição mais argilosa, apresenta uma potencialidade mais baixa, retratada nos poços com vazão média de 5,0 m³/h.

Outras informações relevantes quanto ao aquífero Dunas/Barreiras são:

- a) Ocorrem na área mais povoada do Estado;
- b) possuem 17.686 poços cadastrados na RMF, sendo 10.303 somente em Fortaleza (SRH, 2005);
- c) pelo menos 38 % da população da RMF se auto abastece (SRH, 2005);
- d) a cada novo condomínio um novo poço é perfurado;

- e) são aquíferos extremamente vulneráveis;
- f) observa-se expansão dos complexos hoteleiros sobre o sistema dunas (áreas de recarga);
- g) em várias áreas já é observada a intrusão da cunha salina provocada por super exploração;
- h) áreas com estudos apenas pontuais.

- Oferta Hídrica na bacia do Rio Acaraú:

Os dados constantes no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) referentes à localização dos poços tubulares e amazonas, evidenciam uma elevada concentração de poços nos municípios de Graça, Mucambo, Pacujá, Groaíras, Sobral, Massapê e Acaraú.

A Tabela 6 apresenta os dados de disponibilidade efetiva de água subterrânea na bacia do Acaraú. Trata-se de informações compiladas do “Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH” (Cogerh, 2002), do projeto “Elaboração do Diagnóstico dos Estudos Básicos e dos Estudos de Viabilidade do Eixo de Integração da Ibiapaba” (Secretaria do Desenvolvimento Local e Regional – SDLR, 2000) e do Levantamento de Poços Construídos de 2004 a 2016 da Sohida – Superintendência de Obras Hidráulicas (Cogerh, 2016, no prelo).

Tabela 6 - Oferta Hídrica Subterrânea na Bacia do Acaraú

Município	Capacidade Instalada (m³/h)	Capacidade Instalável (m³/h)	Município	Capacidade Instalada (m³/h)	Capacidade Instalável (m³/h)
Acaraú	956,3	277,4	Massapê	261,3	0,00
Alcântaras	4,1	-	Meruoca	71,04	0,00
Bela Cruz	156,25	84,65	Monsenhor Tabosa	40,71	-
Cariré	77,2	21,4	Morrinhos	366,2	20,70
Catunda	63,3	0,00	Mucambo	5,55	-
Cruz	337,4	13,00	Nova Russas	224,33	0,00
Forquilha	133,01	0,00	Pacujá	32,3	6,80
Graça	47,97	3,03	Pires Ferreira	64,4	0,00
Groaíras	61,3	0,00	Reritaba	92,18	0,00
Hidrolândia	160,59	0,00	Santa Quitéria	273,45	0,00
Ibiabipa	-	-	Santana do Acaraú	118,5	0,00
Ipu	126	0,00	Sobral	503,63	0,00
Ipueiras	93,46	-	Tamboril	314,48	-
Marco	237,55	0,00	Varjota	11,9	6,8
TOTAL (m³/h)				4.834,40	433,78

Fontes: Cogerh (2015), Cogerh (2016).

Os referidos dados indicam uma disponibilidade efetiva de 4.834,40 m³/h. Assim, com uma taxa de bombeamento de doze horas por dia, obtêm-se um volume hídrico disponível na Bacia do Acaraú de 21.174.674,19 m³/ano.

A capacidade instalável de 433,78 m³/h, bombeada durante doze horas por dia, pode produzir até 1.899.952,02 m³ anualmente. Portanto, a disponibilidade efetiva total seria de 23,07 milhões de metros cúbicos por ano.

Contando com um bombeamento de doze horas por dia, considerando a capacidade instalada e instalável, temos uma oferta hídrica de 0,73 m³/s. Trata-se de uma vazão relativamente inexpressiva quando comparada à disponibilidade de água associada aos mananciais de superfície. Dentre os reservatórios estudados na bacia do Acaraú, um único reservatório – o Taquara – já apresenta vazão regularizada de 0,89 m³/s com uma garantia de 99,9% de atendimento, ou seja, superior à toda a oferta hídrica subterrânea na bacia do Acaraú.

De uma forma geral ressalta-se a necessidade de realização de estudos hidrogeológicos mais completos na Bacia hidrográfica do rio Acaraú, no intuito de se efetuar uma atualização no conhecimento dos sistemas aquíferos: modelos conceituais dos aquíferos, áreas de recarga, fluxo subterrâneo, áreas de descarga, interações águas superficiais/águas subterrâneas, caracterização hidroquímica e hidrogeoquímica dos sistemas aquíferos, vulnerabilidade e riscos de contaminação, estudos específicos de intrusão salina, classificação dos usos água (humano, irrigação, industrial, animal, lazer, etc.), modelagem matemática do fluxo e transporte de massa nos sistemas aquíferos, estratégias de gestão de águas subterrâneas pautadas no planejamento de uso, controle e gestão dos recursos hídricos subterrâneos, de acordo com a Lei Federal nº 9.443/77, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Dados mais recentes fornecidos pela Cogerh possibilitaram um mapeamento dos poços existentes na bacia do Acaraú bem como uma estimativa do volume de água subterrânea derivada da bacia a partir desses poços (considerando um funcionamento de 20 horas diárias). A Tabela 7 apresenta estimativas dos volumes de água anuais produzido pelos poços na Bacia do Acaraú.

Tabela 7 - Volume anual produzido pelos poços na bacia do Acaraú

Ano	Volume Anual (m ³)
2004	554.150
2005	10.220
2006	633.881
2007	563.560
2008	880.380
2009	951.190
2010	1.880.480
2011	503.700
2012	1.595.017
2013	649.700
2014	2.904.488
2015	5.050.323
2016	3.961.214
Total	20.138.302

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

3.4 Vazões Afluentes Regionais

As Vazões Afluentes Regionais para todos os 15 reservatórios encontram-se em anexo.



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIAS
ECONÔMICAS
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

4. IDENTIFICAÇÃO DAS VULNERABILIDADES DOS SISTEMAS HÍDRICOS



4. IDENTIFICAÇÃO DAS VULNERABILIDADES DOS SISTEMAS HÍDRICOS

4.1 Secas: impactos e respostas

Assim como ocorre nas demais áreas do nordeste semiárido, na Bacia do Acaraú a coexistência de realidades contrapostas sobre chuvas anuais extremamente elevadas (cheias) e extremamente reduzidas (secas) justificam, por si, atenção maior em estruturação adequada ao convívio ambiental sustentável no semiárido. Tais realidades constituem também fator de degradação dos solos, sempre mais erodidos, sempre mais pobres.

Além da adversa realidade socioeconômica concomitantemente modelada pela dimensão hídrica, há um custo pago ao longo da história, mais diretamente sentido pela sociedade, decorrente da carência de soluções estruturantes capazes de dotar o semiárido de segurança em face de fenômenos hidrológicos tão conhecidos quanto encarados paliativamente, sob uma ótica de planejamento destituída de pragmatismo e sonogado pelo Poder Público no transcurso de séculos, muito embora, nas últimas décadas, o estado do Ceará venha promovendo uma verdadeira revolução no campo da implantação de infraestrutura destinada ao aumento da oferta de água e da segurança hídrica, destacando-se como pioneiro na gestão hídrica, tendo sido o primeiro estado do país a implantar a cobrança pelo uso da água bruta, um dos principais instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

A título informativo e ilustrativo, comenta-se a seguir o efeito dos eventos extremos ocorridos nas últimas três décadas do século XX sobre o PIB-Agro do Ceará, tendo como fonte de informações os Estudos de Inserção Regional da Transposição do rio São Francisco. Embora esses estudos tenham sido concluídos no início da década de 2000, as séries temporais utilizadas possuem significância estatística (número de valores maior ou igual a 30 anos) e, portanto, espelham o efeito dos eventos extremos no PIB agropecuário, efeitos esses que recorrem a cada seca ou cheia ocorrida na área geográfica de estudo.

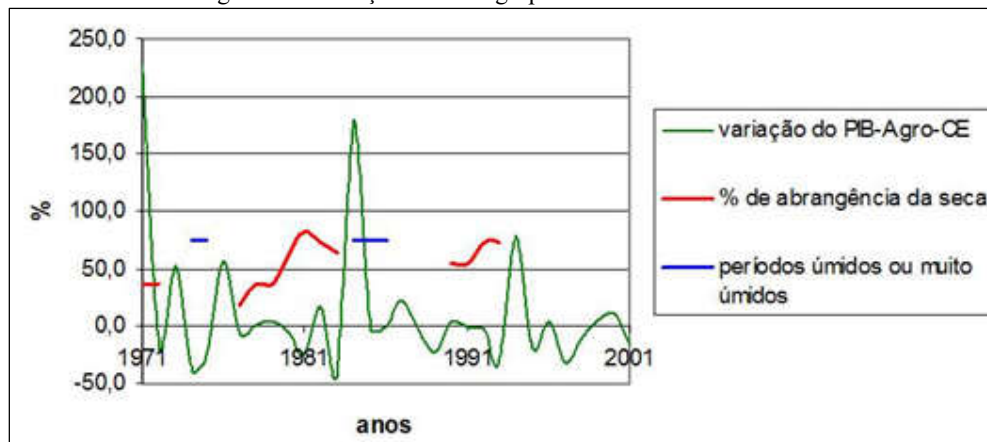
Mais do que estimar quantitativamente perdas econômicas acumuladas pelo Ceará e os outros estados beneficiados pela Transposição do Rio São Francisco, a menção às cifras feitas na abordagem que se segue tem a pretensão apenas de fornecer uma ideia do quão deletério à perspectiva socioeconômica estadual e regional podem ser os eventos extremos, permitindo, assim,

com a representatividade estatística que a quantidade de dados utilizados propiciou, vislumbrar a relação direta entre a ocorrência desses eventos e seu impacto direto sobre o PIB-Agropecuário.

Da estrita perspectiva econômica, a mensuração do impacto de eventos climáticos sobre a economia de qualquer estado do nordeste semiárido, desprovido de segurança hídrica até mesmo para atendimento de suas cidades, pode ser feita superpondo-se séries temporais do PIB às séries climatológicas que exibam o histórico de tais eventos. Bem mais curtas que as séries de precipitação disponíveis, as séries temporais anuais do PIB, no nível estadual, são obtidas com informações desde 1970, facultando a superposição que envolve secas ocorridas em pelo menos 30 anos.

Observando-as em séries pluviométricas disponíveis em estações espacialmente distribuídas para representar a incidência de chuvas no semiárido, onde se insere o estado do Ceará, identifica-se severidade superior a 50% da severidade média anual. Os anos úmidos e extremamente úmidos num período podem ser também classificados. Estudo realizado no âmbito dos Estudos de Inserção Regional da Transposição do rio São Francisco adotou o ano de 2001 como tendo sido, à época, o último ano com seca relativamente ampla e tomou-o como referência para a conversão do PIB do setor primário em dólares americanos por estado nordestino inserto no semiárido. A Figura 46 a seguir representa grande parte do impacto de uma convivência inadequada com os eventos extremos no estado do Ceará.

Figura 46 - Variação do PIB agropecuário e as secas no Ceará



Fonte: Sarmento (2005).

Embora genericamente a variação do PIB agrícola resulte de fatores climáticos e não climáticos, o grau de influência dos extremos climáticos no Ceará e no semiárido, em particular no semiárido setentrional, é o mais elevado dentre as variáveis que explicam a variância do PIB. O comportamento explicitado na figura anterior demonstra crescimento pouco significativo ou decréscimo do PIB, enquanto persistem anos de secas/cheias e súbita elevação pós-manifestações climáticas extremas. Aponta, pois, essas particularidades hidroclimatológicas do semiárido cearense e nordestino, como grandes condicionantes da trajetória temporal do PIB.

Estudar o comportamento interanual das chuvas no semiárido cearense revela que a transição para períodos de seca normalmente não é abrupta. Secas de grande severidade, com abrangência espacial que extrapola o semiárido, evoluem a esse estágio após um ou mais anos de escassa precipitação, registrando-se regiões diferentemente afetadas quanto à pluviosidade. O reflexo deste comportamento nas atividades econômicas rurais implica variabilidade espacial e temporal na produção agrícola. A soma das perdas contribui para arrefecer o crescimento do PIB.

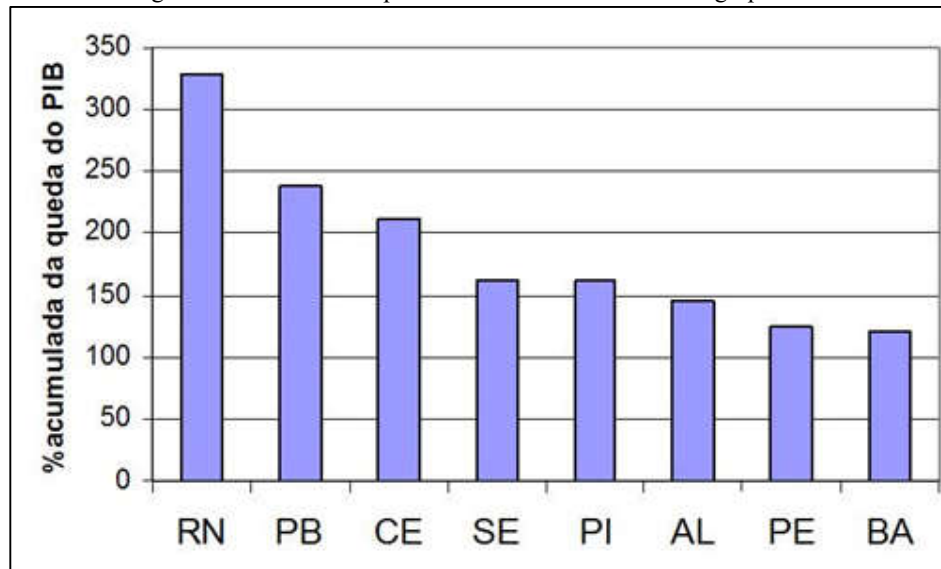
Apesar da ausência de dados não propiciar a separação entre efeitos climáticos e não climáticos sobre a variação do PIB, uma aplicação prática pode avaliar a imprecisão de se adotar a seca como principal determinante da variância em foco. Deve-se antes lembrar a alta frequência de secas com díspares severidades no período (1970 - 2001). Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco tiveram, em aproximadamente 50% dos anos de variabilidade espacial considerável, anomalias pluviométricas. Anos úmidos e extremamente úmidos são 22% dos extremos climáticos deste período.

Além disso, se houver seca/cheia, quaisquer variáveis influentes sobre crescimento/decréscimo do PIB serão inócuas, porque os extremos climáticos apresentar-se-ão como envoltórios dos efeitos nocivos ao crescimento econômico. Revendo-se a série histórica de anos sem influência de secas/cheias, o crescimento do PIB prepondera, mesmo que pouco expressivo nalguns casos. Portanto, reforça-se a tese de que extremos climáticos são a envoltória dos efeitos nocivos ao crescimento, dado que a resultante de efeitos não climáticos, sozinha, não é suficiente para decrescer o PIB do setor primário.

Embora não se descarte, para anos de extremos climáticos, na dimensão espacial, principalmente, uma composição de efeitos climáticos e não climáticos, é pouco significativa a contribuição dos não climáticos. Sendo desejável estimar o impacto das secas na economia

nordestina, reflexo na queda do PIB do setor primário e preferencialmente subestimando-o, pode-se ter como critério estimativo apenas os decréscimos do PIB, mormente nos anos em que se constatou seca de severidade superior à severidade média em cada estado. Reforçando a subestimação, adota-se a variação negativa do PIB (em dado ano) relativamente ao ano anterior, não em relação ao último ano de variação positiva; toma-se em conta a perda efetiva, não a perda potencial. Sarmiento (2005) aplicou esse procedimento para todos os estados do Nordeste, exceto para o Maranhão. O estudo aponta que a região perdeu 13,2 bilhões de dólares nas três últimas décadas do século XX. A Figura 47 exhibe o ranking dos estados mais afetados em decréscimos percentuais acumulados do PIB, calculados sob o critério enunciado. O Ceará se encontra na terceira posição nesse indesejável ranking de perdas.

Figura 47 - Decréscimos percentuais acumulados – PIB-Agropecuário



Fonte: Sarmiento (2005).

Somente estados do semiárido setentrional fora da Bacia do São Francisco (RN, PB, CE) respondem por 52% da perda percentual acumulada do PIB primário dos 8 estados avaliados.

A seca provoca impacto difuso, afeta a produção rural empreendida sob condições de insegurança hídrica em todas as bacias hidrográficas. A correção do problema da insegurança hídrica criaria alternativas de investimento em atividades rurais sustentáveis ao menos no aspecto dependente da disponibilidade de água. Considerando apenas os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, as perdas acumuladas nos 30 anos finais do século XX somam 5,3

bilhões de dólares. Individualmente, nesse intervalo o Rio Grande do Norte perdeu 4,3 PIBs primários médios, a Paraíba 2,6 e o Ceará 2,2, ficando em terceiro lugar nesse indesejável ranking. Isso, sem que tenham sido computadas as perdas pela propagação de efeitos da queda do PIB primário nos outros setores da economia.

Perversa angulação econômica, incutida na inadequabilidade de convivência com secas, é a dos dispêndios governamentais referentes à desestruturação que o fenômeno provoca. Segundo Sarmiento (2005), tão só na seca de 1997-98-99 foram gastos 4,05 bilhões de dólares em programas socioeconômicos, singularmente de saúde. Considerando-se que seca com nível semelhante de severidade e abrangência reincide uma vez a cada 10 anos, adiciona-se a toda a sociedade brasileira, em todas as gerações e indefinidamente, o altíssimo ônus de não se encarar o problema do semiárido com a responsabilidade de sua extensão.

Apesar da evidência dessa realidade nordestina, a ação espasmódica dos governos contra os impactos do fenômeno é a tônica secularmente consolidada. As providências (raras as exceções) jamais enfrentaram o extremo subdesenvolvimento característico do semiárido. Em termos históricos, na maioria nem foram ações, mas tímidas reações à seca, à insegurança hídrica. Uma mudança nesse paradigma histórico só veio a ocorrer a partir do final da década de 80, quando a gestão corporativa tomou lugar daquela de natureza estritamente política, passando o estado do Ceará a tomar a dianteira nas iniciativas voltadas à solução estruturante e definitiva dos problemas de oferta hídrica em seu território.

Fora da condição de emergência percebe-se ênfase a providências de infraestrutura, constantemente exaltando obras de porte e visibilidade maiores, cujos supostos poderes transformadores da realidade subjagam até o clima, "amansando" desertos. Intervenções de engenharia de grandes dimensões não são por si inadequadas ou validam o preconceituoso rótulo de "faraônico", porém requerem muita reflexão quando os investimentos públicos excluem providências básicas em pesquisa e tecnologia e concentram-se em megaintervenções e difusão da "virtualidade dos milagres". Não transcendem à funcionalidade. São ferramentas que combatem questões crônicas e derivativas, convertendo potencialidades e vocações regionais em benefícios socioeconômicos proporcionais aos avanços no desmonte da estrutura de singularidades políticas, econômicas, sociais, culturais e ambientais de gênese e interinfluência seculares.



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E FOMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

No Ceará não é diferente, a seca é força natural denunciativa. A cogitação de transumância e de abandono de áreas de boas condições edáficas e de insolação, de níveis de precipitação médios superiores a várias regiões produtivas exploradas no mundo, mantém-se, ainda hoje, alternativo à região.

Na medida em que o presente Plano de Segurança Hídrica aponta os condicionantes e as ações estruturais e não estruturais para reverter a situação diagnosticada, contribui para lançar a luz da racionalidade nas ações estatais, em suas diversas esferas de responsabilidade perante a sociedade.

4.2 Demandas associadas aos hidrossistemas

Conforme determinam os Termos de Referência, dois horizontes de projeção das demandas devem ser considerados para fins de análise: 2020 e 2030. Vale ressaltar que as demandas utilizadas como base/atuais foram fornecidas pela Cogehr.

Para projeções das demandas de abastecimento humano foram utilizadas informações com base nas estimativas populacionais do IBGE (anos 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017). As taxas de crescimento populacionais de cada município foram calculadas e, em seguida, visto quais municípios compunham a bacia hidrográfica de cada reservatório, foram obtidas as médias das taxas para cada bacia.

Convém comentar que analisando os números estimados da população cearense nos anos de 2013 até 2017, percebe-se uma inversão na tendência de crescimento da população observada no passado, onde constata-se uma redução de suas taxas de crescimento. Por outro lado, observa-se uma elevada concentração populacional nas Bacias Metropolitanas, por estarem inseridas na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), principal polo econômico do estado. Consequentemente, o fluxo migratório para essa região é considerável, resultando em elevadas demandas hídricas a serem supridas para essa população crescente.

A respeito da demanda de irrigação, além da disponibilidade hídrica, uma série de fatores fisioclimáticos e socioeconômicos afetam o desenvolvimento de áreas irrigadas, principalmente no semiárido nordestino, onde o clima, mais que o relevo e a aptidão dos solos, pode ser determinante para a produção agrícola. Ademais, torna-se necessário para a ampliação da irrigação



investimentos em medidas estruturais, tais como transporte, instalações e estradas, e ainda medidas não estruturais como programas de apoio ao trabalhador, incentivos para qualificação técnica, crédito facilitado, entre outros. A implantação dessas medidas é intrínseca ao incremento da oferta hídrica para irrigação, otimizando o uso da água e, conseqüentemente, refletindo quantitativamente nas projeções de demanda, no que se refere à indução ao desenvolvimento provocada pela presença da água.

Para as demandas industriais, percebe-se a partir de estudos elaborados pela SRH, como “Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará – Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH do ano 2005, que existe uma insuficiência de estudos que abordem demandas futuras para esse tipo de atividade. Apesar disso, sabe-se que a atividade industrial presente no Ceará se concentra basicamente na região das Bacias Metropolitanas, resultando em demandas mais elevadas para essa atividade nessa região, quando compara-se com outras bacias.

Cabe destacar a existência do projeto de Exploração da Mina de Itataia, localizada entre os municípios de Santa Quitéria e Itatira, para beneficiamento de Urânio e Fosfato, que está em análise e cuja demanda hídrica, de 0,29 m³/s, pode vir do reservatório Araras.

Para as demais projeções de demandas, como irrigação, dessedentação animal e industrial também foram utilizadas informações aduzidas do estudo Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará – Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH do ano 2005. As análises e projeções apresentadas no trabalho em comento possibilitaram os cálculos de taxas de crescimento que posteriormente serão abordadas.

Por fim, destaca-se que, seguindo recomendações da Cogerh, para as demandas atuais foram utilizadas as referentes ao ano de 2012. A escolha deve-se ao fato de que nesse ano as restrições de oferta hídricas eram mínimas, devido ao regime hídrico do ano 2011, que apresentou pluviometria acima da média. Em alguns casos específicos, para poucos reservatórios, foram utilizados outros anos como base, por motivos que serão comentados mais adiante.

4.2.1 Resultados

No tocante à Bacia do Acaraú, apresentam-se as demandas atuais e futuras para os 15 reservatórios dessa bacia atualmente monitorados pela Cogeh. Em particular para o reservatório Jenipapo foi considerada a demanda de 2014, por se tratar de um reservatório que teve sua conclusão em 2012.

Como a metodologia das projeções de demandas de abastecimento humano já está esclarecida, resta comentar sobre algumas particularidades para determinação das projeções dos outros tipos de demandas.

Para o cálculo das demandas de irrigação referentes aos reservatórios localizados na Bacia do Acaraú utilizou-se uma taxa de crescimento anual de 4,42% ao ano, obtida a partir dos dados apresentados no documento do Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Acaraú, do ano 2010 (COGERH, 2010). Nesse mesmo estudo, aponta-se uma diminuição de cerca de 15% na quantidade de hectares irrigados na Bacia do Acaraú para o ano de 2010, portanto, a utilização dessa taxa homogênea anual objetiva retratar com maior coerência o período projetado, já que, segundo observações contidas no PLANERH, há uma ausência de estudos consolidados sobre uma política de longo prazo para a agricultura irrigada.

Com relação ao reservatório Araras, cuja irrigação consolidada no local ocorre no Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte (DIPAN) e no Distrito de Irrigação do Perímetro Baixo Acaraú (DIBAU), as projeções para 2020 e 2030 seguiram o que foi exposto no Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Acaraú, do ano 2010 (COGERH, 2010). Nesse documento, verificou-se que as projeções de crescimento dos perímetros públicos irrigados para o ano de 2010, que foram propostas originalmente pelo PLANERH, não foram concretizadas. Portanto, os dados expostos no Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Acaraú não previam um aumento em demanda para ambos os perímetros DIPAN e DIBAU para os cenários de 2020 e 2030. Conseqüentemente, adotou-se a mesma demanda para o estudo em questão nos respectivos cenários, mesmo porque se tratam de projetos relativamente antigos, implantados sob a premissa de aproveitamento integral do potencial edáfico da bacia e limitados pela disponibilidade hídrica da principal fonte de abastecimento desses sistemas.

Destaca-se ainda que existe uma outorga para o Perímetro de Irrigação Araras Norte, emitida pela ANA, porém tendo como corpo hídrico o próprio rio Acaraú. O documento registra ainda uma vazão média em 12 meses = $3600 \text{ m}^3/\text{h} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$, um volume anual de $18.057.600 \text{ m}^3$ e uma vazão = $0,57260 \text{ m}^3/\text{s}$. Adicionalmente, também no rio Acaraú, há uma segunda outorga, referente ao Distrito de Irrigação do perímetro Baixo Acaraú (aproximadamente 180 km a jusante do reservatório Araras) com vazão média em 12 meses = $12600 \text{ m}^3/\text{h} = 3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (conforme consta no documento) e um volume anual de $55.921.320 \text{ m}^3$, equivalendo, segundo a mesma fonte, a uma vazão de $1,7732 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para o cálculo das demandas industriais referentes aos reservatórios localizados na Bacia do Acaraú, utilizou-se uma taxa de crescimento anual de aproximadamente 1,29% ao ano, obtida a partir dos dados apresentados no Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Acaraú (COGERH, 2010). Nesse Plano, assumiu-se a hipótese de que o crescimento do setor industrial, por município, é equivalente às taxas de crescimento da população urbana, utilizando-se de uma relação direta entre a intensificação do processo de urbanização e o crescimento industrial. Assim, constatou-se que, para a Bacia do Acaraú, Sobral era o único município com dados cadastrais suficientes para obter estimativas de consumo de água por essa atividade, sendo considerada como 20% da demanda por abastecimento humano para esse município. Com exceções, a demanda industrial no nordeste e no Ceará é concentrada em poucos municípios.

Na Tabela 8 serão apresentadas as demandas hídricas atuais e para os horizontes 2020 e 2030 de cada reservatório. Posteriormente, na Figura 48 são localizadas todas as bacias hidrográficas e hidráulicas desses corpos hídricos, onde destacam-se ainda os reservatórios Pedregulho e Poço Comprido, cujos projetos estão em fase de licitação.

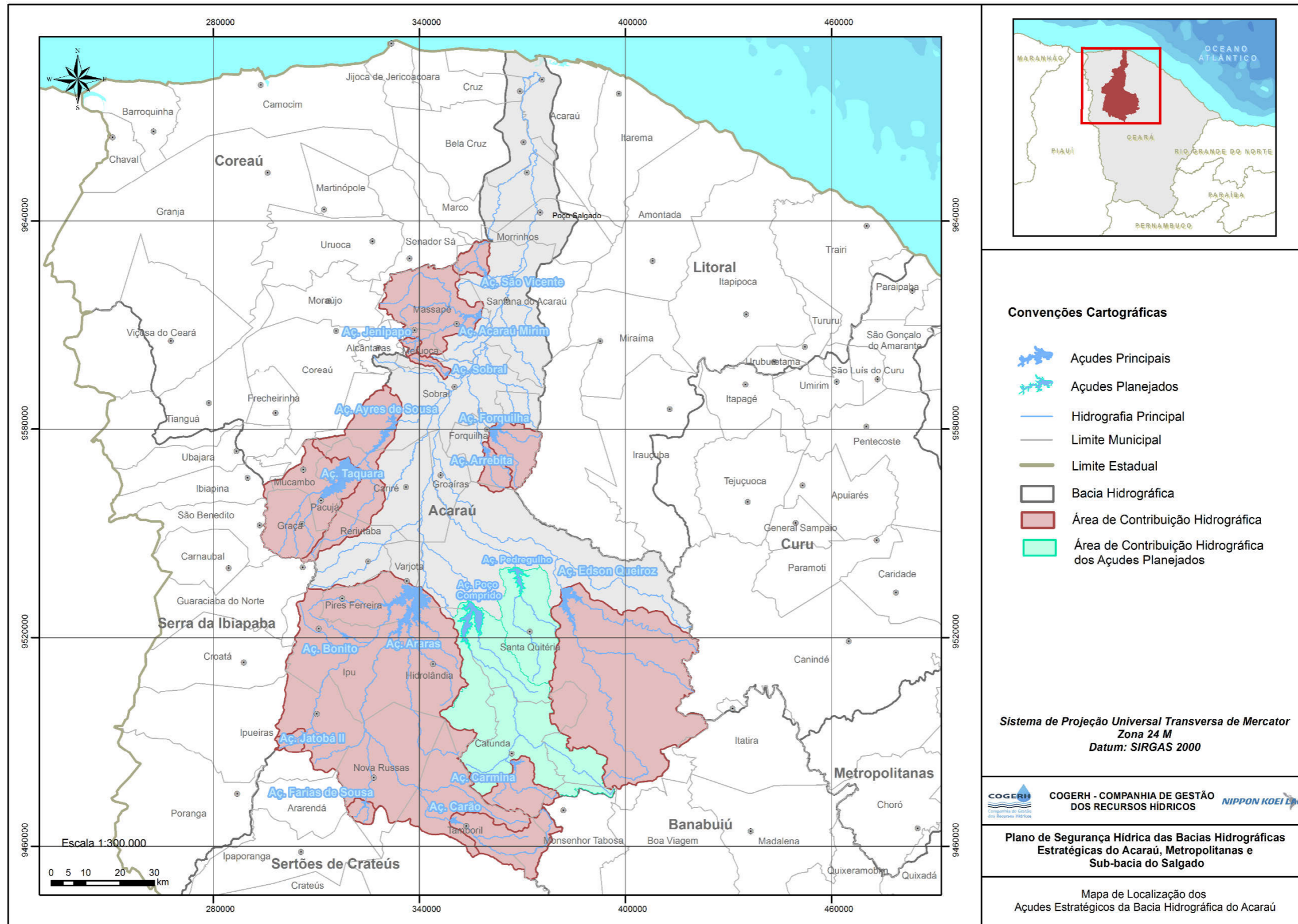
Tabela 8 - Vazões regularizadas dos reservatórios com suas respectivas demandas atuais e futuras – Bacia do Acaraú

Reservatórios	Usos	Demandas (L/s)					
		ano *		ano 2020		ano 2030	
Acaraú Mirim	abast. humano	51,1	411,1	52,3	462,1	56,3	688,0
	irrigação	360,0		409,9		631,7	
Araras	abast. humano	575,0	4217,8	578,8	4243,0	591,6	4255,8
	irrigação	3242,8		3264,2		3264,2	
	perenização	400,0		400,0		400,0	
Arrebita	abast. humano	6,0	6,0	6,1	6,1	6,4	6,4
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Ayres de Sousa	abast. humano	581,5	655,5	582,7	665,4	586,8	707,5
	irrigação	58,0		66,0		101,8	
	industrial*	16,0		16,6		18,9	
Bonito	abast. humano	44,0	44,0	44,3	44,3	45,1	45,1
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Carão	abast. humano	20,0	20,0	20,0	20,0	19,9	19,9
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Carmina	abast. humano	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Edson de Queiroz	abast. humano	77,5	226,6	77,8	227,9	78,9	232,3
	irrigação	149,0		150,0		153,3	
	industrial	0,13		0,13		0,13	
Farias de Sousa	abast. humano	30,0	30,0	30,2	30,2	30,9	30,9
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Forquilha	abast. humano	45,0	45,0	46,2	46,2	50,6	50,6
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Jenipapo	abast. humano	30,0	30,0	30,7	30,7	33,2	33,2
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Jatobá II	abast. humano	20,0	20,0	19,9	19,9	19,6	19,6
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
São Vicente	abast. humano	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Sobral	abast. humano	0,0	15,0	0,0	15,0	0,0	15,0
	irrigação	15,0		15,0		15,0	
Taquara	abast. humano	60,0	60,0	60,2	60,2	61,0	61,0
	irrigação	0,0		0,0		0,0	
Total agregado das demandas		5788,4		5878,4		6172,9	

Fonte: Cogerh (2017), Nippon Koei Lac (2017).

Nota: * seguindo recomendações da contratante foram utilizadas como base as demandas do ano 2012, que devido ao elevado volume precipitado em 2011 foi um ano de baixíssimas restrições hídricas.

Figura 48 - Localização dos açudes na Bacia do Acaraú



Fonte: IBGE (2015), ANA (2016), Cogerh (2016), com adaptação da Nippon Koei Lac (2017).

4.3 Vulnerabilidades Quantitativas

Uma vez avaliada a segurança hídrica em seu aspecto quantitativo, a análise das vulnerabilidades encadeia-se como fase subsequente natural, preparatória da elaboração de estratégias e ações mitigadoras das vulnerabilidades identificadas.

Já tendo sido apresentadas as demandas e suas respectivas projeções no tópico anterior, sucede-se a abordagem a respeito das vazões regularizadas para os 15 corpos hídricos. Esses volumes de água que podem ser fornecidas por cada reservatório, dada uma determinada garantia de atendimento, foram simulados com base em séries pseudo-históricas das vazões afluentes advindas dos estudos que a Cogerh conveniou com a UFC. Ressalta-se que explicações mais criteriosas sobre a metodologia foram fornecidas no produto denominado R13 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Quantitativos.

A Tabela 9 resume as demandas de água confrontadas com as curvas de garantia obtidas para cada um dos 15 reservatórios da Bacia do Acaraú seguido de seu respectivo diagrama unifilar apresentado na Figura 49.

Os dados apresentados permitem observar que existem distintas particularidades no que diz respeito às ofertas e demandas hídricas para cada reservatório. Entretanto, essas particularidades são comuns aos três sistemas hidrográficos em estudo no âmbito do PSH (Bacias Metropolitanas, Bacia do Acaraú e Sub-Bacia do Salgado).

Diante disso, no subtópico seguinte as particularidades dos balanços hídricos de cada sistema foram divididas em níveis de criticidade, abordando-se os casos encontrados de uma maneira menos repetitiva.

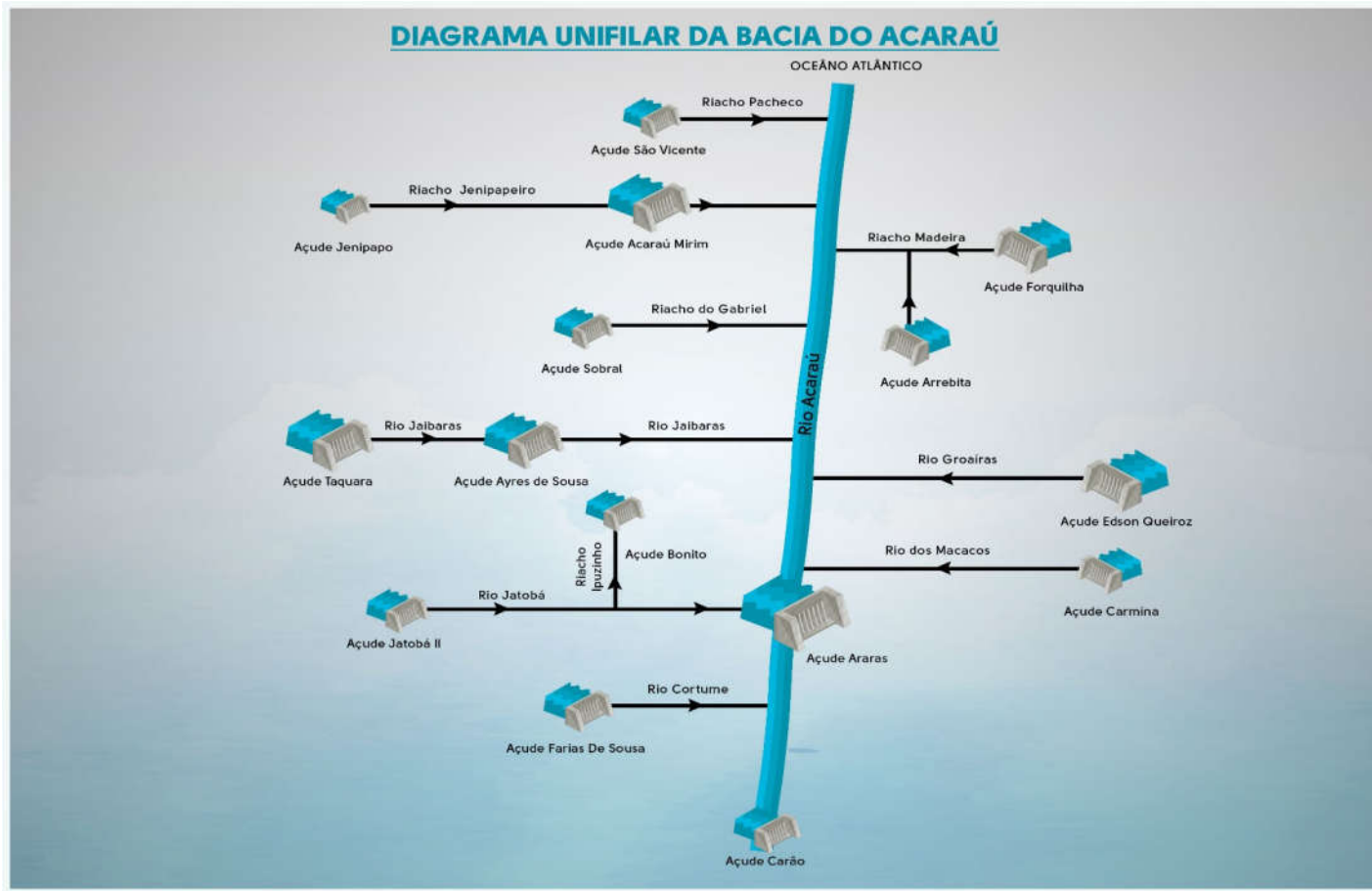
Tabela 9 - Vazões regularizadas com suas respectivas demandas atuais e futuras – Bacia do Acaraú

Reservatórios	Volume máx. (m ³)	Vazão/garantia (L/s)		Usos	Demandas (L/s)					
		g 90%	g 99%		ano *		ano 2020		ano 2030	
Acaraú Mirim	36.715.658	631,0	218,4	abast. humano	51,1	411,1	52,3	462,1	56,3	688,0
				irrigação	360,0		409,9		631,7	
Araras	859.533.000	11749,4	7653,9	abast. humano	575,0	4217,8	578,8	4243,0	591,6	4255,8
				irrigação	3242,8		3264,2		3264,2	
				perenização	400,0		400,0		400,0	
Arrebita	18.530.000	642,3	413,3	abast. humano	6,0	6,0	6,1	6,1	6,4	6,4
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Ayres de Sousa	96.800.000	3238,6	1940,2	abast. humano	581,5	655,5	582,7	665,4	586,8	707,5
				irrigação	58,0		66,0		101,8	
				industrial*	16,0		16,6		18,9	
Bonito	6.000.000	7,7	0,0	abast. humano	44,0	44,0	44,3	44,3	45,1	45,1
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Carão	26.230.000	27,7	0,0	abast. humano	20,0	20,0	20,0	20,0	19,9	19,9
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Carmina	13.480.000	5,1	0,0	abast. humano	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Edson Queiroz	254.000.000	2296,8	1033,6	abast. humano	77,5	226,6	77,8	227,9	78,9	232,3
				irrigação	149,0		150,0		153,3	
				industrial	0,13		0,13		0,13	
Farias de Sousa	12.230.000	94,7	59,9	abast. humano	30,0	30,0	30,2	30,2	30,9	30,9
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Forquilha	50.130.000	1050,1	747,9	abast. humano	45,0	45,0	46,2	46,2	50,6	50,6
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Jenipapo	3.500.000	125,0	78,5	abast. humano	30,0	30,0	30,7	30,7	33,2	33,2
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Jatobá II	6.240.000	111,0	65,8	abast. humano	20,0	20,0	19,9	19,9	19,6	19,6
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
São Vicente	9.840.000	194,4	105,3	abast. humano	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Sobral	4.272.502	0,0	0,0	abast. humano	0,0	15,0	0,0	15,0	0,0	15,0
				irrigação	15,0		15,0		15,0	
Taquara	320.000.000	1680,0	894,4	abast. humano	60,0	60,0	60,2	60,2	61,0	61,0
				irrigação	0,0		0,0		0,0	
Total agregado das demandas					5788,4		5878,4		6172,9	

Fonte: Cogerh (2017), Nippon Koei Lac (2017).

Nota: * seguindo recomendações da contratante foram utilizadas como base as demandas do ano 2012, que devido ao elevado volume precipitado em 2011 foi um ano de baixíssimas restrições hídricas.

Figura 49 - Diagrama unifilar dos reservatórios monitorados pela Cogerh na Bacia do Acaraú



Fonte: Nippon Koei Lac (2017)

4.3.1 Níveis de Criticidade

A análise dos dados apresentados na Tabela 9 permite observar que existem quatro níveis de criticidade, no que se refere ao suprimento das demandas hídricas de abastecimento humano e irrigação para os reservatórios objetos de estudo. Tais níveis determinam o comprometimento desses reservatórios no atendimento de suas demandas, levando em consideração as garantias estudadas.

A demanda industrial não foi considerada um fator determinante na categorização de tais reservatórios, uma vez que o reservatório Ayres de Sousa foi o único a apresentar esse tipo de demanda.

Dessa forma, para cada premissa de evolução de demanda (demanda atual, demanda para o horizonte de 2020 e demanda para o horizonte de 2030), os reservatórios objetos de estudo são categorizados a seguir:

Nível I: Compreende os reservatórios que não conseguem suprir suas demandas para abastecimento humano. Entre esses reservatórios estão os que não regularizam vazão para uma garantia de 99% e, portanto, apresentam valor de vazão nulo, e os que regularizam vazão com valor insuficiente para o atendimento dessa demanda. Para o primeiro caso, incluem-se o reservatório Bonito, Carão e Carmina. Já para o segundo caso, não existem reservatórios incluídos na Bacia do Acaraú.

Nível II: Abrange os reservatórios que satisfazem suas demandas para abastecimento humano, porém são insuficientes para garantir as suas demandas para irrigação. Para o cenário de demanda atual e, conseqüentemente, para os demais cenários, encaixa-se nesse nível o reservatório Acaraú Mirim. Para os reservatórios enquadrados nesse nível, diretrizes foram tratadas de forma mais criteriosa no produto denominado R15 - Estratégia Geral e Mitigação e Gestão de Risco.

Nível III: Configura os reservatórios que conseguem atender todas as suas demandas (abastecimento humano e/ou irrigação) para todos os horizontes em estudo. Se enquadram nesse nível os reservatórios Araras, Arrebita, Ayres de Sousa, Edson de Queiroz, Jenipapo, Farias de Sousa, Forquilha, Jatobá II, São Vicente e Taquara.

Nível IV: Compreende os reservatórios que apenas possuem demanda para irrigação e essa demanda não é atendida. Enquadra-se nesse nível o reservatório Sobral.

4.3.2 Cenários de Simulação

Para os reservatórios classificados como Nível I, ou seja, que não conseguem suprir suas demandas para abastecimento humano, foram propostos cenários de simulação para estudar as alternativas de vazões regularizadas disponíveis. Tais cenários, quando possíveis, consideram um Volume de Alerta caracterizado como um certo nível do reservatório que, ao ser atingido, aciona uma nova configuração de operação por um certo intervalo de tempo, por meios de racionamentos das ofertas, assegurando uma maior eficiência no esquema das retiradas e reduzindo a possibilidade de ocorrência de colapsos no sistema.

O conceito de Volume de Alerta torna-se uma importante ferramenta para tomada de decisão no que concerne à gestão hídrica, na medida que proporciona uma maior assertividade nas decisões sobre o fornecimento de um serviço de oferta de água bruta mais eficaz. Por meio de tal instrumento podem ser visualizadas diversas alternativas para o suprimento de abastecimento de água e, assim, definir a opção que melhor se enquadra para o caso analisado.

Nos cenários de operação dos reservatórios propostos neste estudo, apesar da vazão demandada total não ser atendida quando existe a condição do Volume de Alerta, o reservatório não passa por períodos de déficit, mas sim por períodos onde essa disponibilidade é limitada por uma porcentagem de sua demanda total. Os cenários elaborados são listados a seguir:

- g 70%: vazão garantida em 70% do tempo;
- g 80%: vazão garantida em 80% do tempo;
- g 90%: vazão garantida em 90% do tempo;
- g 95%: vazão garantida em 95% do tempo;
- g 99%: vazão garantida em 99% do tempo;
- g 98,50,2 %: vazão garantida em 98% do tempo e com 50% de racionamento nos 2% do tempo restante;
- g 90,20,10 %: vazão garantida em 90% do tempo e com 20% de racionamento nos 10% do tempo restante;
- g 90,40,10 %: vazão garantida em 90% do tempo e com 40% de racionamento nos 10% do tempo restante;
- g 90,50,10 %: vazão garantida em 90% do tempo e com 50% de racionamento nos 10% do tempo restante;

- g 95,20,5 %: vazão garantida em 95% do tempo e com 20% de racionamento nos 5% do tempo restante;
- g 95,40,5 %: vazão garantida em 95% do tempo e com 40% de racionamento nos 5% do tempo restante;
- g 95,50,5 %: vazão garantida em 95% do tempo e com 50% de racionamento nos 5% do tempo restante.

Para os reservatórios de pequeno porte em estudo, torna-se inviável o uso de um Volume de Alerta, pois, para tanto, seria necessária a adoção de um valor muito elevado para essa variável, o que se torna impraticável. Dessa forma, para esses reservatórios são apresentados apenas os resultados para os cinco primeiros cenários de operação.

Vale ressaltar que, apesar de um aumento considerável nas vazões ofertadas, na maioria dos reservatórios em estudo o uso do Volume de Alerta não foi suficiente para garantir o atendimento das demandas de abastecimento humano em sua totalidade.

Importa, por fim, ressaltar que a adoção de um esquema operacional de gestão de águas acumuladas com base no conceito de Volume de Alerta é muito mais aconselhável no caso dos grandes reservatórios (capacidade superior a 10 milhões de m³), pois pequenos corpos hídricos, em decorrência dos extremados processos de evaporação típicos do semiárido, tendem a perder eficiência quando um gerenciamento prudencial (que retém a água armazenada por mais tempo) é posto em prática. De qualquer forma, o referido conceito mostra grande utilidade, mesmo nesses casos dos pequenos reservatórios, pois permite uma negociação de alocação da água no âmbito das Comissões Gestoras de Açudes e dos Comitês de Bacias Hidrográficas, particularmente nos períodos críticos, sob bases técnicas bem fundamentadas.

Algumas distinções devem ser consideradas a respeito dos reservatórios que não conseguem suprir suas demandas para abastecimento humano, regularizando ou não alguma vazão. Para esses reservatórios destacados no Nível I de criticidade: Carão, Carmina e Bonito serão comentadas certas particularidades a seguir.

Destaca-se que, devido aos anos consecutivos de seca, o aproveitamento de pequenos reservatórios pelo poder público, outrora não utilizados por não oferecerem segurança hídrica, é realizado principalmente nos períodos mais críticos, com intuito de obter algum incremento na oferta hídrica, aliviando pressões sobre reservatórios importantes que, com o perdurar da crise

hídrica, aproximam-se paulatinamente de um possível colapso. Dessa forma, para certos reservatórios, cabe tecer considerações quanto à gestão hídrica realizada pela Cogerh.

Os reservatórios Carão e Carmina, que possuem localização desfavorável (próximos a cabeceiras de bacias), não regularizam vazão com 99% de garantia e nem recebem transferências de outros reservatórios para o atendimento das suas demandas. Assim, foram propostas no R15 - Estratégia Geral de Mitigação e Gestão de Riscos e no Capítulo 5 deste estudo, medidas estruturais que contribuem para garantir essas demandas em períodos de falhas da vazão a ser retirada, calculada pelo modelo de simulação que apresenta como série histórica de afluições valores fornecidos pela Cogerh. Todavia, o Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará (SRH, 2017) fornece como valor de vazão regularizada presente nas fichas técnicas desses reservatórios um valor de 100 L/s, o que é suficiente para suprir as suas demandas, caso a garantia associada à mesma seja adequada. Ressalta-se que a ficha técnica não informa a garantia associada à vazão regularizada.

Da mesma forma que os reservatórios previamente comentados, o reservatório Bonito, embora não regularize nenhuma vazão com 99% de garantia, tem sua demanda garantida por incremento aduzido pelo sistema Ipu (que consiste em uma adutora de aproximadamente 26 km e 4 Estações Elevatórias). Essa adutora com capacidade de 70,4 L/s capta água no reservatório Araras, que tem uma vazão regularizada em 99% do tempo de 7.653,9 L/s. Realidade essa que evidencia a impertinência de medidas estruturais.

Na Tabela 10 são apresentadas as vazões regularizadas com e sem condição de alerta para os reservatórios da Bacia do Acaraú que se enquadraram no Nível I de criticidade.

Tabela 10 - Vazões regularizadas com e sem condição de Volume de Alerta para reservatórios enquadrados no Nível I – Bacia do Acaraú

Garantia sem condição de alerta	Reservatórios					
	Bonito		Carão		Carmina	
	Vazão (L/s)		Vazão (L/s)		Vazão (L/s)	
g 70%	44,5		9,2		31,7	
g 80%	26,0		6,4		15,4	
g 90%	7,7		2,8		5,1	
g 95%	-		0,8		1,1	
g 99%	-		-		-	
Garantia com condição de alerta	Vazão (L/s)	*Vol. de alerta	Vazão (L/s)	*Vol. de alerta	Vazão (L/s)	*Vol. de alerta
g 98,50,2 %	-	-	-	-	-	-
g 95,50,5 %	-	-	-	-	-	-
g 95,40,5 %	-	-	-	-	-	-
g 95,20,5 %	-	-	-	-	-	-
g 90,50,10 %	-	-	-	-	-	-
g 90,40,10 %	-	-	-	-	-	-
g 90,20,10 %	-	-	-	-	-	-

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Nota: * percentual da capacidade máxima de armazenamento do reservatório; “-“ não regularizaram vazão para as condições.

4.4 Vulnerabilidades Qualitativas

A abordagem de aspectos qualitativos da segurança hídrica parte do pressuposto que eventuais desconformidades na qualidade da água podem impossibilitar seu uso para determinados usuários ou impor elevados custos para seu aproveitamento.

Num reservatório, grande parte dos processos bioquímicos que ocorrem se enquadram no que se denomina fenômenos irreversíveis, como é o caso do fenômeno de anaerobiose, onde toda uma fauna e flora microbiana aeróbica é substituída por organismos anaeróbicos, não sendo possível, a curto prazo, reconstruir o ambiente aeróbico perdido, mesmo dispondo novamente de oxigênio dissolvido.

Assim, é relevante salientar que as perdas de atributo em matéria de qualidade da água podem representar restrições que perdurem durante longos períodos após ter ocorrido o evento que alterou inicialmente as condições de qualidade da água.

Por outro lado, dois fenômenos relevantes em matéria de segurança hídrica são de lento e muitas vezes irreversível avanço. Tratam-se dos processos de (i) salinização, onde as características do corpo d'água fazem com que exista uma tendência à concentração de sais dissolvidos e o processo de (ii) eutrofização, onde a disponibilidade de nutrientes (fósforo e nitrogênio) vai crescendo progressivamente e uma série de fenômenos de sucessão de algas unicelulares com predisposição diferenciada ao desenvolvimento, segundo a disponibilidade de nutrientes, leva à impossibilidade de utilização de grandes corpos d'água pela incapacidade de tratar seus elevados teores de matéria orgânica.

Os três problemas citados anteriormente: anaerobiose, salinização e eutrofização, acrescidos do que denominaremos contaminação por acidentes, são os principais fenômenos que devem ser monitorados e as causas dos problemas mais frequentes de qualidade que afetam a segurança hídrica. A seguir se descrevem condições propícias para a ocorrência de cada um dos processos mencionados, a saber:

- (i) A anaerobiose pode acontecer por vários fatores convergentes, a ocorrência mais usual é associada à estratificação térmica e bloqueio da difusão de oxigênio em profundidade. Este fenômeno leva à ocorrência de hipolimnios anaeróbicos com restrições para seu uso, acarretando problemas de tratamento d'água, sobretudo pelo excesso de ferro e inclusive eventuais acidentes explosivos pela acumulação de metano em salas de bombas. Eventualmente a anaerobiose pode atingir todo o corpo d'água, comprometendo a fauna e flora do reservatório. Esse processo pode ser acelerado por escoamento de águas ricas em matéria orgânica provenientes de esgotos não tratados ou resíduos urbanos;
- (ii) A salinização é um fenômeno natural que ocorre como consequência do elevado tempo de residência da água em alguns açudes. A longa permanência das águas nesses açudes faz com que as retiradas e a evaporação favoreçam a concentração de sais. Reservatórios mal operados (sem retiradas de vazões) ou superdimensionados (sem vertimentos regulares) podem ter tendências inevitáveis à salinização. As consequências são normalmente irreversíveis e devem ser adotadas medidas preventivas e de longo prazo, mudando basicamente o balanço hídrico do reservatório. Algumas regiões do tipo endorreicas ou com aluviões ricas em xistos apresentam predisposição natural a estes processos, tornando-os irreversíveis (MOLINAS, 1996);

- (iii) O processo de eutrofização de reservatórios é também um problema grave. Reservatórios em estado eutrófico, mesmo apresentando condições de potabilidade aceitáveis, se tornam instáveis e susceptíveis a florações de algas que podem inviabilizar seu consumo durante longos períodos;
- (iv) As contaminações por acidentes são eventos de difícil controle, para os quais só se podem definir normas de segurança e isolamento dos mananciais que afastem, na medida do possível, os riscos deste tipo de contaminação. Esta contaminação é associada a derramamentos de produtos contaminantes nos corpos d'água afluentes ou no próprio açude, em decorrência de sinistros em veículos que transportam cargas perigosas, como derivados de petróleo ou acidentes em distritos industriais, postos de gasolina ou dutos de produtos perigosos que podem vir a escoar diretamente para os corpos d'água, dentre outros fatores.

Ainda que a Resolução Conama nº 357/2005 já seja bastante difundida, as diretrizes descritas a seguir servirão para elucidação da norma numa forma mais sintetizada. Será realizado um comparativo dos corpos hídricos em análise com as classes indicadas nessa resolução, embora o artigo 42 estabeleça que, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, o que é o caso para os reservatórios em estudo, as águas doces são consideradas Classe 2. O esquema básico de agrupamento para águas doces compreende os seguintes níveis ou categorias sistemáticas:

Classe 1 - Águas que podem ser destinadas:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução Conama nº 274, de 2000;
- À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2 - Águas que podem ser destinadas:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- À proteção das comunidades aquáticas;

- À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução Conama nº 274, de 2000;
- À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto;
- À aquicultura e à atividade de pesca.

Classe 3 - Águas que podem ser destinadas:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- À pesca amadora;
- À recreação de contato secundário;
- À dessedentação de animais.

Classe 4 - Águas que podem ser destinadas:

- À navegação;
- À harmonia paisagística.

Para a Bacias do Acaraú foram elaboradas as Tabelas 11 e 12, que apresentam cenários futuros de concentração de fósforo para 4 premissas de produção (n). Para cada contexto de evolução de certas atividades (piscicultura e pecuária), tem-se a previsão de um determinado comportamento desse nutriente, que influencia diretamente na qualidade da água dos reservatórios (Tabelas 11 e 12).

Na concepção dos cenários para o ano de 2020 considerou-se o aumento da antropização em 1,5; 2; 2,5 e 3 vezes. O mesmo procedimento foi realizado na elaboração dos cenários para o ano de 2030. A título de exemplo, para um cenário em que a produtividade das atividades citadas dobre (n=2), as cargas de fósforo oriundas desses processos são multiplicadas por 2.

Feita essa exposição de cunho genérico, foca-se nos subitens seguintes referentes às vulnerabilidades afetas aos reservatórios de interesse localizados na Bacia do Acaraú.

4.4.1 Resultados

Na Bacia do rio Acaraú o caráter rural da ampla maioria dos reservatórios faz com que as principais preocupações se centrem na contribuição de poluentes por fontes difusas provenientes da agricultura, da pecuária, da piscicultura e, de forma secundária, do lançamento de efluentes urbanos sem tratamento.

A função multiobjetivo, fulcro do modelo aplicado, integra, ao mesmo tempo, tanto os aspectos qualitativos como os quantitativos e baseia-se no Método das Ponderações que, dadas as características do problema, requer a normalização de cada objetivo. Os objetivos são aliados a pesos que permitem definir cada prioridade de atendimento e de operação.

A execução do modelo adotado para todas as bacias de interesse, conforme detalhado no R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos, um dos produtos do Plano de Segurança Hídrica, inicia-se com a simulação quantitativa, que é linearizada num processo iterativo, determinando os volumes ótimos alocado mês a mês. Com os volumes alocados ótimos encontrados, sem a preocupação dos componentes de qualidade da água, determinam-se as concentrações dos parâmetros analisados pelo modelo (DBO, OD, NT, FT, CT_m e CLA) nos reservatórios e nos pontos de controle (nós) do sistema, que servirão como valor inicial do processo iterativo subsequente. Neste processo iterativo, onde todas as equações do balanço hídrico e do balanço de massa estão linearizadas e integradas, alteram-se simultaneamente os volumes e as concentrações com a finalidade de satisfazer as restrições impostas e otimizar a função objetivo qualiquantitativa proposta mês a mês.

A partir dos resultados aprofundados no R14 - Identificação das Vulnerabilidades dos Sistemas Hídricos, pode-se concluir que as principais vulnerabilidades identificadas foram:

- Nenhum dos cinco reservatórios ultrapassam o limite da Classe IV no que diz respeito à DBO;
- Igualmente, o oxigênio dissolvido não tem o limite da Classe IV ultrapassado por nenhum dos reservatórios de interesse nessa bacia;
- Todos os reservatórios dessa bacia apresentam vulnerabilidade quanto à presença excessiva de fósforo, sendo o Araras o caso mais grave, onde as águas armazenadas permanecem cerca de 36% do tempo com teores dessa substância (fósforo total) acima do limite da

Classe IV. A situação mais branda em termos de permanência em estado acima do limite da Classe IV ocorre em Taquara, com pouco mais de 20% de permanência;

- Quanto aos níveis de nitrogênio total, cabe comentar que os reservatórios Acaraú Mirim, Araras e São Vicente, que atingem valores superiores a 1,27 mg/L e possam vir a ter essa variável como nutriente limitante de processos de eutrofização, podem vir a estar em condições vulneráveis, já que segundo a Resolução Conama n° 357/2005 para águas doces de Classes I e II, o valor de nitrogênio total não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lânticos;
- A clorofila a evidencia-se como vulnerabilidade ao atingir valores acima daquele referente à Classe IV para todos os reservatórios. Por ordem de gravidade do problema tem-se os reservatórios Araras, Acaraú Mirim, São Vicente, Jenipapo e Taquara, com permanências variando entre cerca de 36 a 20%;
- Em termos de coliformes termotolerantes não há que se destacar vulnerabilidades por alcance do limite da Classe IV para nenhum dos reservatórios estudados, sendo observável que, à exceção do reservatório Araras, onde em ínfima parcela do tempo o reservatório deixa a Classe I para enquadrar-se na Classe II, todos os demais preservam, em 100% do tempo, enquadramento na Classe I.

4.5 Curvas paramétricas de evolução das atividades e cargas poluidoras

Os gráficos obtidos para os anos de estudo (cenários de 2020 e 2030) mostram que a evolução na produção de esgoto sanitário não ocasiona mudança considerável na concentração média de fósforo dos reservatórios, e que o aumento na produtividade das atividades de piscicultura e pecuária origina um acréscimo mais significativo na concentração desse nutriente. Esse resultado induz ao entendimento de que a piscicultura e a pecuária contribuem mais expressivamente na concentração de fósforo nesses corpos d'água do que o esgoto doméstico

As concentrações médias anuais de fósforo obtidas para cada cenário elaborado e os gráficos das estimativas das concentrações de fósforo para os horizontes de planejamento de 2020 e 2030 são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Concentrações médias anuais de fósforo para cada cenário produtivo de reservatórios da Bacia do Acaraú

		Concentração Média Anual de Fósforo (mg/l)				
		Acaraú Mirim	Araras	Jenipapo	São Vicente	Taquara
POPULAÇÃO PROJETADA - 2020	n = 1	0,0422	0,1802	0,036	0,0473	0,02729
	n = 1,5	0,059295	0,239765	0,043291	0,065631	0,037253
	n = 2	0,076392	0,299351	0,050251	0,08392	0,047211
	n = 2,5	0,09349	0,358937	0,057211	0,102209	0,05717
	n = 3	0,110587	0,418524	0,064171	0,120497	0,067128
POPULAÇÃO PROJETADA - 2030	n = 1	0,042	0,1808	0,03715	0,0476	0,02732
	n = 1,5	0,059105	0,24034	0,044105	0,065931	0,03728
	n = 2	0,076203	0,299926	0,051065	0,08422	0,047239
	n = 2,5	0,0933	0,359512	0,058025	0,102509	0,057197
	n = 3	0,110398	0,419098	0,064985	0,120798	0,067155

Fonte: Nippon Koei Lac, 2017.

Na Tabela 12 tem-se os percentuais de contribuição das atividades humanas com o uso econômico das águas represadas para a Bacia do Acaraú. Ressalta-se que esses números foram obtidos com a modelagem descrita no Relatório R10 - Relatório Parcial de Metodologia de Enquadramento de Reservatórios. Assim, o quadro aqui retratado mediante calibração do modelo foi aquele configurado quando da realização das campanhas de campo, situação devidamente modelada, conforme explicado no R10.

Tabela 12 - Percentuais de contribuição para a carga de fósforo em reservatórios da Bacia do Acaraú

Reservatório	Pol. difusa - uso solo (%)	Pol. Pontual - piscicultura (%)	Pol. Pontual - bovinos (%)	Pol. Pontual - esgoto (%)
Acaraú Mirim	13,63%	0,00%	62,34%	24,03%
Araras	20,67%	0,00%	64,86%	14,47%
Jenipapo	25,69%	0,00%	47,82%	26,49%
São Vicente	13,66%	0,00%	78,77%	7,57%
Taquara	18,91%	0,00%	78,65%	2,44%

Fonte: Nippon Koei Lac, 2017.

Enquanto valores percentuais, essas contribuições se prestam muito bem à composição do cenário tendencial para os horizontes de 2020 e 2030, uma vez que, feitas as hipóteses de evolução das atividades antrópicas de uso econômico da água, a carga total anual pode ser decomposta,



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTATÍSTICA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

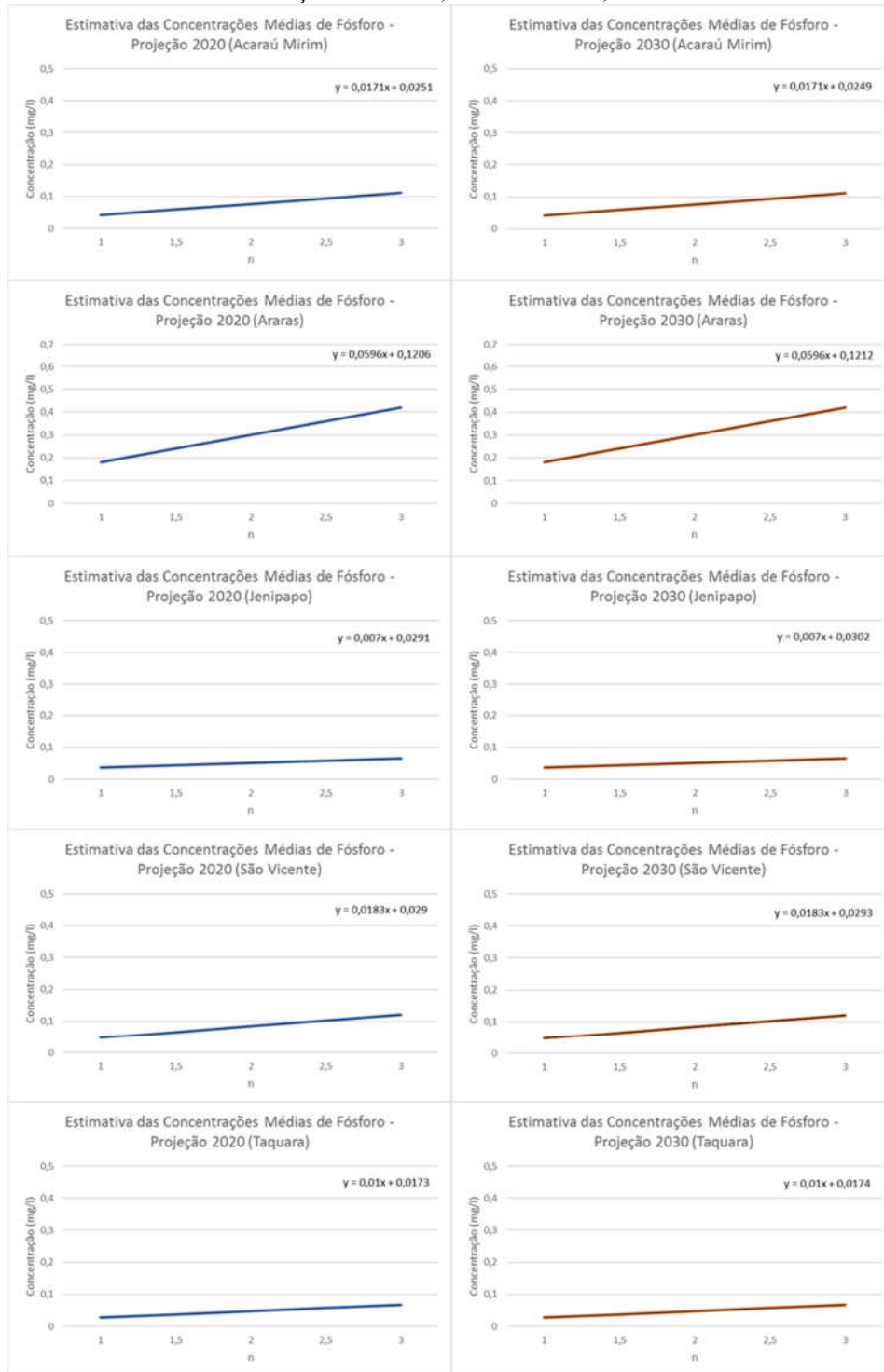
evidenciando, em termos quantitativos como aquela se distribui entre as fontes consideradas. Portanto, para cada reservatório, a evolução das cargas e concentrações nos diversos cenários parametrizados, levará a uma inversão na ordem decrescente como aparecem os valores nas colunas da Tabela 12, convertendo-os em uma sequência crescente, invertendo a conclusão relativa ao cenário atual. Assim, com o crescimento das atividades econômicas usuárias das águas desses reservatórios os menores esforços de manutenção do enquadramento em classes de águas que exibem melhor qualidade, por óbvio, é reduzido, com conseqüente crescimento do percentual que denota manutenção do enquadramento nas classes de qualidade inferior.

Mais detalhes sobre os resultados e a metodologia aplicada para obtenção das concentrações de fósforo podem ser obtidos no produto R11 - Relatório Técnico Final de Metodologia de Enquadramento de Reservatórios.

Na Figura 50 são apresentados os gráficos com as estimativas das concentrações de fósforo em 2020 e 2030 para os reservatórios da Bacia do Acaraú



Figura 50 - Estimativas das concentrações de fósforo, em 2020 e 2030, em reservatórios da Bacia do Acaraú

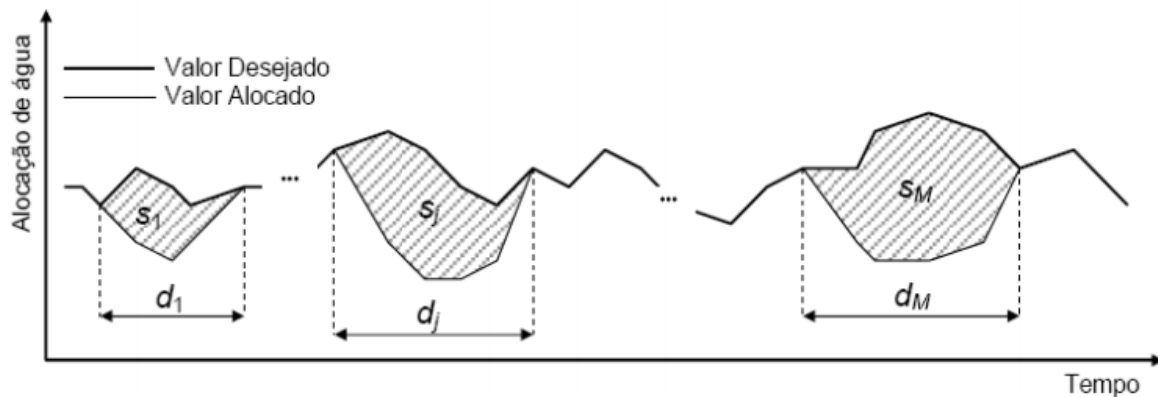


Fonte: Nippon Koei Lac, 2017.

4.6 Indicadores de análise de desempenho

Para avaliar o desempenho do atendimento das demandas hídricas em duas condições, numa respeitando o ponto ótimo de qualidade e na outra simplesmente retirando uma vazão constante, foram incluídos indicadores de análise de desempenho, como confiabilidade, vulnerabilidade, resiliência e sustentabilidade. Tais indicadores, utilizados para avaliação de risco ao atendimento às demandas hídricas, foi proposto por Hashimoto *et al.* (1982). Eles são determinados utilizando a série temporal X_t , $t = 1, \dots, NT$, onde NT é o número total de intervalos de tempo e os respectivos valores limite X_{0t} especificados, separando os valores satisfatórios dos insatisfatórios, de modo que uma falha ocorra quando $X_t < X_{0t}$. Seja NF o número de intervalos de tempo no qual $X_t < X_{0t}$ e sejam d_j e s_j , respectivamente, a duração e o volume de déficit do j -ésimo evento de falhas, $j = 1, \dots, M$, onde M é o número de eventos insatisfatórios (Figura 51).

Figura 51 - Duração e volumes de déficit em período de falhas



Fonte: Vieira (2011).

Nota: d_j e s_j representam, respectivamente, a duração e o volume do déficit do j -ésimo evento de falha, $j = 1, \dots, M$, onde M é o número de eventos insatisfatórios.

A confiabilidade (Conf) é a probabilidade da série temporal permanecer em estado satisfatório durante o horizonte de operação, ou seja, a porcentagem do tempo em que o sistema funciona sem falhas. Equivale à garantia, quando da aplicação de modelos puros de simulação de operação dos reservatórios.

$$Conf = \Pr\{X_t > X_{0t}\} = \{X_t > X_{0t}\} = 1 - \frac{NF}{NT}$$

Onde:

$X_t > X_{0t}$ = Evento insatisfatório (falha);

NF = Número de intervalos de tempo com falha;

NT = Número total de intervalos de tempo.

A resiliência (Res) é a forma como o sistema recupera-se de uma falha, uma vez que esta tenha ocorrido, ou seja, é a probabilidade de haver um estado satisfatório no período t_{+1} dado um valor insatisfatório no período t . Pode ser, ainda, definida como o inverso do valor esperado do tempo em que o sistema permanece em estado insatisfatório, $E[d]$.

$$Res = \frac{1}{E[d]} = \left[\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M d_j \right]^{-1}$$

Onde:

$E[d]$ = Valor esperado do tempo em que o sistema permanece em estado insatisfatório;

M = Número de eventos insatisfatórios;

d_j = Duração do déficit do j -ésimo evento de falha.

A vulnerabilidade (Vul) é a magnitude das falhas a que o sistema está sujeito.

$$Vul = E\{s\} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M s_j$$

$E\{s\}$ = Valor esperado do volume em que o sistema permanece em estado insatisfatório;

M = Número de eventos insatisfatórios;

s_j = Volume do déficit do j -ésimo evento de falha.

Loucks (2000) propôs um índice de sustentabilidade geral definido pelo produto entre a confiabilidade, a resiliência e a parte não vulnerável.

$$Sust = Conf \times Res \times (1 - Vul)$$

Para efeito de análise, com as retiradas ótimas determinadas mês a mês, via programação linear sequencial, é possível determinar os indicadores de desempenho definidos por Hashimoto *et al.* (1982). No modelo aplicado aborda-se o impacto das mudanças operacionais nos horizontes desejados, determinando-se os indicadores de desempenho e o enquadramento dos corpos d' água para os parâmetros de qualidade de água considerados neste estudo.

Logo, para os 5 reservatórios da Bacia do Acaraú contemplados neste PSH para realização das análises qualitativas, são apresentados na Tabela 13 os indicadores de desempenho da demanda simulada para máxima garantia qualitativa, da perspectiva do modelo multiobjetivo de otimização a futuro desconhecido.

Tabela 13 - Indicadores de análise de desempenho da demanda simulada para máxima garantia qualitativa - Bacia do Acaraú

Indicadores	Acaraú Mirim	Araras	Jenipapo	São Vicente	Taquara
Nº de falhas	0,0	11,0	0,0	6,0	0,0
Nº de falhas com subsequente recuperação	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0
Confiabilidade (%)	100,0	99,1	100,0	99,5	100,0
Resiliência (%)	100,0	18,2	100,0	33,3	100,0
Vulnerabilidade (%)	0,0	78,2	0,0	63,6	0,0
Sustentabilidade (%)	100,0	3,9	100,0	12,1	100,0

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

A Tabela 14 apresenta os resultados para a segunda condição, que se caracteriza pela retirada de uma vazão constante regularizada com 90% de garantia. Para análise quantitativa, dentre os 15 reservatórios, exceto o Sobral não apresentou vazão regularizada com garantia de 90%.

Tabela 14 - Indicadores de análise de desempenho da demanda simulada para vazão regularizada com 90% de garantia - Bacia do Acaraú

Reservatório	Nº de falhas	Nº de falhas com subsequente recuperação	Conf (%)	Res (%)	Vul (%)	Sust (%)
Acaraú Mirim	112	12	90,0%	9,0%	92,0%	1,0%
Araras	112	16	90,0%	7,0%	81,0%	1,2%
Arrebita	121	29	90,0%	4,2%	80,0%	0,8%
Ayres de Sousa	112	18	90,0%	6,2%	84,9%	0,8%
Bonito	112	15	90,0%	7,5%	98,7%	0,1%
Carão	112	3	90,0%	37,3%	98,5%	0,5%
Carmina	121	10	90,0%	12,1%	94,3%	0,6%
Edson Queiroz	121	14	90,0%	8,6%	88,5%	0,9%
Farias de Sousa	112	11	90,0%	10,2%	90,8%	0,8%
Forquilha	121	30	90,0%	4,0%	76,0%	0,9%
Jatobá II	111	18	90,0%	6,2%	79,1%	1,2%
Jenipapo	111	9	90,0%	12,3%	92,3%	0,9%
São Vicente	112	18	90,0%	6,2%	83,4%	0,9%
Taquara	112	11	90,0%	10,2%	86,8%	1,2%

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E APLICADA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

5. ESTRATÉGIA GERAL DE MITIGAÇÃO E GESTÃO DE RISCOS



5. ESTRATÉGIA GERAL DE MITIGAÇÃO E GESTÃO DE RISCOS

5.1 Determinantes Ambientais

5.1.1 Adequação da ocupação e uso do solo

De maneira sucinta, o uso do solo pode ser compreendido como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso do solo é de grande importância, na medida em que o mau uso deteriora o meio ambiente. A ocupação do solo interfere diretamente nos recursos hídricos, bem como na sua gestão, pois o uso inadequado pode originar processos erosivos, compactação, aumento da salinidade do solo e, conseqüentemente, assoreamento de corpos de água e perdas em termos qualitativos e quantitativos (SILVA *et al.*, 2010).

A ocupação e uso do solo são reflexos das diversas atividades antrópicas desenvolvidas no espaço geográfico considerado. Tendo-se a qualidade da água dos reservatórios como foco, por um lado há que se investigar o dinamismo aceitável para ecossistemas aquáticos e, por outro lado levar em consideração a complexidade para adequação de desconformidades relacionadas a ocupações indevidas de reservas legais, áreas de preservação permanente e áreas de uso restrito. Face à realidade diagnosticada nos corpos d'água de interesse, são necessárias adequações de Áreas de Preservação Permanente - APPs, correspondentes às matas ciliares dos lagos de reservatórios e cursos d'água.

Na modelagem de estimativa de carga de nutrientes para identificação e quantificação das potenciais causas da eutrofização dos corpos hídricos, foram aplicados coeficientes de exportação às diferentes classes de cobertura do solo e atividades desenvolvidas dentro da área de influência de cada reservatório. A quantificação das fontes de nutrientes permite discernir quando se deve adotar medidas mais específicas para superação ou mitigação de tal adversidade.

Problema comum à quase totalidade das bacias hidrográficas brasileiras, a supressão da vegetação tem como primeira consequência o comprometimento da biodiversidade, por diminuição ou mesmo por extinção de espécies animais e vegetais, comprometendo, assim, a qualidade do meio ambiente. Sobre a degradação das APPs, em especial as localizadas às margens dos reservatórios e cursos de água, torna-se essencial sua recuperação e proteção, ante a importância dessas áreas na preservação dos recursos hídricos, além de proteger o solo, facilitar o fluxo gênico da fauna e da flora e contribuir para a estabilidade geológica, dentre outras funções.

A faixa de vegetação ciliar, além de evitar a entrada de material poluente grosseiro que venha no escoamento superficial, evita o assoreamento do corpo hídrico, seja ele lântico ou lótico. A vegetação atua na recessão do deflúvio, potencializando a infiltração da água no solo, impedindo a perda de coesão das partículas de solo e condicionando-as à decantação quando carregadas de montante pelo escoamento.

Com foco na qualidade da água, o assoreamento do corpo hídrico além de proporcionar aporte indesejado de material, modifica o dinamismo da biota. Em consequência do assoreamento, ocorrerá diminuição da profundidade e, logicamente, aumento da área do espelho d'água. Tal fato beneficiará a propagação de organismos aquáticos fotossintetizantes (cianobactérias e macrófitas) e outros sistemas de vida mais adaptados à essa condição.

Ainda quanto aos benefícios da vegetação ciliar, em se tratando da qualidade da água, essa vegetação interfere diretamente no fluxo de nutrientes aportados no sistema aquático. Estudos de Nogueira (2016), comprovaram a alta eficiência na retenção de nutrientes coadjuvantes do processo de eutrofização pela vegetação ciliar.

Por fim, fica clara a importância da preservação e recomposição das matas ciliares, bem como o seu reconhecimento como parte integrante da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica. Logo, recomenda-se a formação e a manutenção desse tipo de vegetação como medida mitigadora dos impactos ambientais negativos nos corpos hídricos.

No tópico “5.1.6” Estimativa de contribuições”, em análise específica concernente a cada reservatório, nota-se que em todos houve influência qualitativa decorrente do uso do solo. Em visitas realizadas ao longo de todo o entorno dos reservatórios foram identificadas desconformidades graves quanto à preservação das faixas de vegetação ciliares dos corpos hídricos.

5.1.2 Adequação da atividade agrícola

Embora essa atividade seja abordada indiretamente no tópico anterior (5.1.1 Adequação da ocupação e uso do solo), cabe-lhe destaque devido à sua relevante contribuição nos impactos ambientais negativos identificados na Bacia do Acaraú, quando exercida de maneira indiscriminada.

Entende-se atividade agrícola como sendo um conjunto de técnicas utilizadas para cultivar plantas, com o objetivo de obter produtos e matérias-primas que serão utilizados para diversos fins, dentre eles a alimentação humana e animal.

Dentre os impactos ambientais negativos gerados pela atividade agrícola, pode-se dizer que a supressão da vegetação nativa, a salinização do solo, a desertificação, que pode ser consequência da supressão vegetal e salinização do solo, e a contaminação do solo/água por agrotóxicos são os principais.

O impacto negativo da agricultura quase sempre começa com o desmatamento e com a substituição da vegetação nativa por outra cultivada e de porte e/ou ciclo de vida diferentes. A vegetação arbustiva e arbórea da caatinga, predominante no semiárido, é substituída por pastos herbáceos ou culturas de ciclo curto. O descobrimento do solo favorece o processo de erosão. O cultivo continuado, com a retirada dos produtos agrícolas e sem reposição dos nutrientes retirados, leva à perda da fertilidade do solo (MUNNS, 2012).

A salinização do solo, embora possa ser causada por processos naturais, geralmente é imposta por processos antrópicos, em particular, pela irrigação. No semiárido do Brasil, principalmente em períodos de seca, onde a precipitação anual não garante a lavagem dos sais acumulados pela irrigação e devido às altas taxas de evaporação, a salinização do solo torna-se um problema extremamente severo. Vários efeitos ambientais estão associados à salinização do solo, como a degradação de suas propriedades químicas e físicas (GHEYI *et al.*, 1997; QADIR *et al.*, 2003), trofia do crescimento das plantas (BRADY e WEIL, 2008), redução na absorção de água pelas plantas, além de levar ao acúmulo de vários íons em quantidades tóxicas e a distúrbios no balanço de íons (CHHABRA, 1996). Isso, conseqüentemente, gera uma queda progressiva no rendimento das colheitas e da produtividade do solo (FIGUEIREDO, 2005; WANDERLEY, 2009).

A desertificação, fenômeno antrópico induzido principalmente pela agricultura e crescente no semiárido brasileiro, é um processo no qual a área perde o potencial de produtividade e de recuperação natural. Esse fenômeno, que está diretamente ligado ao uso indiscriminado do solo, é um processo dinâmico, que pode ter uma cadeia de eventos. Entretanto, esse fenômeno associa-se não só ao comprometimento do sistema edáfico, mas também na deterioração das condições sociais da população da área (BELTRÁN, 2010).

As atividades agrícolas interagem de várias formas sobre os recursos naturais, tendo como impacto ambiental a poluição dos solos e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, decorrentes do uso indiscriminado e intensivo de agrotóxicos, principalmente nas áreas onde se desenvolve a agricultura irrigada. A contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos na região resulta do carreamento destes produtos pelas chuvas para os cursos e mananciais hídricos, pelo descarte de embalagens de agrotóxicos em áreas inadequadas e pela lavagem de pulverizadores em canais e cursos d'água, entre outros, causando contaminação/intoxicação e mortandade de diversos seres vivos dos ecossistemas (SDLR, 2003).

Diante do explanado, fica mais que evidente a necessidade de uma adequação na prática agrícola, precedida por uma avaliação das possibilidades reais da atividade. Dessa forma, torna-se necessário planejar soluções gerais e locais que impliquem em opções culturais adequadas à irrigação, à agricultura de uma maneira geral e à comercialização da respectiva produção. Sobre essas questões é de fundamental importância intensificar a divulgação de programas existentes de crédito e assistência técnica, que adequem a política agrícola a uma realidade regional. Como resultado, os agricultores nordestinos terão mais possibilidades de exercer suas atividades com sustentabilidade econômica e ambiental.

5.1.3 Adequação da prática piscícola intensiva (tanques-rede)

Em uma descrição breve, a prática piscícola ou piscicultura pode ser definida como uma atividade pecuária que envolve a criação de peixes, geralmente em um espaço confinado e controlado, buscando maximizar a qualidade e a produtividade.

Sabe-se que nos últimos anos foram formuladas políticas de estímulo ao uso de reservatórios de água para produção de peixes em tanques-rede através de programas

governamentais. Há um destaque especial para criação de tilápias do Nilo nos reservatórios cearenses, cuja expansão é geralmente refreada quando da ocorrência de uma seca, sendo o prolongamento temporal ou a severidade desse fenômeno (seca hidrológica) determinante da própria suspensão da atividade.

Embora a piscicultura venha se desenvolvendo como uma atividade importante para melhorar as condições socioeconômicas da população local, gerando não só renda, mas também barateando o custo de obtenção de proteína para sua alimentação, existem riscos associados a essa prática. Entre as adversidades oriundas dessa atividade tem-se os problemas relacionados à qualidade da água, pois como se sabe, essa produção pesqueira é fortemente subsidiada por matéria e energia que vêm de fora do sistema/reservatório, na forma de ração e outros insumos, comprometendo a qualidade das águas.

Um problema já bastante conhecido e não menos discutido diz respeito à emissão de nutrientes particulados e dissolvidos nos corpos d'água utilizados na piscicultura. Durante o processo de produção piscícola é inevitável o acúmulo de resíduos orgânicos e metabólicos nos tanques e viveiros. O volume de fezes excretado diariamente pela população de peixes é uma das principais fontes de resíduos orgânicos em sistemas aquaculturais.

A digestibilidade da matéria seca das rações varia em torno de 70 a 75%. Isto significa que 25 a 30% do alimento fornecido entram nos corpos hídricos como material fecal, contribuindo significativamente para o aporte de nutrientes (KUBITZA, 1998). Segundo Folke e Kautsky (1992), 13% do nitrogênio e 66% do fósforo aportado via ração sofre sedimentação, 25% do nitrogênio e 23% do fósforo são convertidos em massa (carne) e 62% de nitrogênio e 11% de fósforo ficam dissolvidos na água. Tal constatação põe em evidência a forma como essa atividade contribui para alterar as características bióticas e abióticas dos ecossistemas, maximizando processos de eutrofização e degradando a qualidade da água.

Entre as alterações na qualidade da água associadas à produção piscícola em tanques-rede estão o aumento no nível de nutrientes, turbidez e matéria orgânica no sedimento, diminuição da diversidade e biomassa de organismos bentônicos, redução de transparência, de concentração de oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, quedas no pH e, embora raramente, mudança na temperatura da água (CORNEL e WHORISKEY, 1993).

Em visitas técnicas aos reservatórios estudados e após análises de suas águas, ficou claro que, para os açudes que têm atividade piscícola intensiva, as alterações na qualidade da água e susceptibilidade à eutrofização são significativamente maiores.

Pelo exposto, fica clara a importância de um controle mais rigoroso dessa atividade por parte dos órgãos responsáveis, podendo até mesmo ser recomendado ajustes na metodologia para concessão da outorga de direito de uso dos recursos hídricos para a piscicultura. Esses ajustes devem ser baseados nas variações quantitativas e qualitativas do reservatório, refletindo em constantes ajustes na capacidade de suporte do corpo hídrico. A própria implantação de um controle dessa natureza oportuniza a coleta de importantes informações que retroalimentam o sistema, permitindo seu aperfeiçoamento, na medida em que, cada vez mais, incrementa-se o nível de informações acerca da relação entre a atividade de piscicultura no corpo d'água e as consequências da forma com que essa prática é realizada, medindo-se seus reflexos na qualidade da água.

Simplificadamente, o cálculo da capacidade de suporte deve consistir na avaliação potencial do impacto que ocorrerá em um manancial devido a instalação de tanques-rede, levando em consideração as cargas de poluentes geradas ao longo de todo o ciclo do cultivo dos peixes e as cargas de poluentes já existentes no manancial (BRITO, 2008).

Por fim, no tópico “5.1.6 Estimativa de contribuições”, em que os percentuais mostrados se referem ao quadro estático da situação dos reservatórios de interesse, fica evidente que onde a piscicultura estava ativa o aporte de fósforo foi notavelmente maior.

5.1.4 Adequação da bovinocultura

A bovinocultura ou pecuária bovina pode ser compreendida como a criação de gado leiteiro ou de corte, seja em sistemas confinados ou não confinados. Essa prática, sem dúvida, é uma das principais atividades econômicas nas áreas rurais do semiárido brasileiro.

Segundo Ipece (2015), o rebanho bovino do Ceará é o terceiro do Nordeste e representa, segundo dados de 2012, 9,6% do efetivo da região, enquanto a Bahia tem 36,3% e o Maranhão 26,5%. Ainda com base nas informações do mesmo órgão, a bovinocultura, tanto de corte quanto de leite, teve grandes altas até o ano 2012, tendo sido a última grande seca o atual fator limitante

na progressão da atividade, ciclo esse tão bem conhecido como recorrente ao longo dos séculos de ocupação territorial do Nordeste.

Sabe-se que o desafio relacionado ao controle das consequências ambientais dessa prática é permanente e muito grande, considerando tratar-se de uma atividade que deita profundas raízes na própria cultura desenvolvimentista regional. Assim, as alternativas de trato dos aspectos deletérios dessa atividade para o meio ambiente não podem desconsiderar essa realidade sociocultural. Pelo contrário, deve tê-la como aliada, explorando suas particularidades, mas direcionando o processo de produção pelo paradigma da agregação de valor, de maneira a aproveitar ao máximo a parcela de natureza que inexoravelmente é demandada nessa atividade econômica. Dessa forma, os atores envolvidos na atividade pecuária bovina devem estar cientes das limitações e vantagens comparativas inerentes ao seu desenvolvimento em um ambiente semiárido onde, certamente, a escala de produção não deva ser o carro-chefe direcionador da atividade. Como em outras partes do mundo, onde a sustentabilidade ambiental tomou o lugar da produção desenfreada como paradigma de desenvolvimento dessa atividade, o caminho recomendado é aquele que inverta o binômio quantidade-qualidade, e a maneira de priorizar a qualidade é através da formatação de política governamental que incentive a produção diferenciada, com alto valor agregado e sustentável.

A bovinocultura de forma extensiva é claramente a mais difundida não só no Ceará, mas também em todos os outros estados do Nordeste. Embora comumente e facilmente praticada, a realização dessa atividade de forma indiscriminada causa sérios danos ao meio ambiente, sobretudo aos corpos d'água.

Dentre os impactos produzidos por essa atividade destacam-se: (i) a retirada da vegetação ciliar para o estabelecimento de pastagens e decorrente redução da fauna e da flora locais; (ii) a compactação do solo pelos animais, que limita a capacidade de infiltração da água no solo e a regeneração das espécies vegetais; (iii) contribuição ao estabelecimento de processos erosivos e, por fim, mas não menos importante, em particular para os corpos d'água, diz respeito ao problema dos excrementos dos animais.

O esterco do gado *in natura* ou decomposto chega aos corpos hídricos de forma direta, quando os animais circundam o espelho d'água, ou de forma indireta quando lixiviados e carreados pela chuva, sendo então transportados por escoamento superficial ou vazão de base (quando

infiltrado e percolado). Dessa forma, ocorrerá um acréscimo de matéria orgânica aportada no sistema hídrico.

Além de rica em macronutrientes (nitrogênio e fósforo), a matéria orgânica oriunda da pecuária quando decomposta, em parte, derivará em mais nutrientes, potencializando o processo de eutrofização do corpo receptor. Dentre as mais problemáticas consequências da eutrofização estão a perda de biodiversidade, o aumento da comunidade fotossintetizante (floração de cianobactérias e macrófitas aquáticas), a restrição aos usos da água, os efeitos sobre a saúde humana e o aumento nos custos para o tratamento da água.

Segundo Von Sperling (1996), considera-se a floração de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas o principal problema resultante da eutrofização artificial. Tais florações levam à morte muitos organismos aquáticos, podendo também afetar o ser humano, visto que através do abastecimento público as populações ficam expostas à contaminação, o que torna a questão um problema de saúde pública.

Como já comentado em relatórios anteriores, em todos os reservatórios foram identificados animais próximos à bacia hidráulica, pastando em áreas de preservação permanente dos corpos hídricos. Analisando o tópico “5.1.6 Estimativa de contribuições”, referente à contribuição de fósforo pontual pela bovinocultura, para a maioria dos reservatórios evidencia-se essa atividade como principal adversidade contribuinte para a degradação da qualidade da água em relação aos parâmetros influenciados pela atividade. Isso não chega a surpreender em face da mencionada presença de animais pastando às margens do espelho d’água dos reservatórios.

Portanto, é mais do que justificada a adoção de medidas que adequem a prática da bovinocultura. Algumas das principais ações a serem tomadas consistem no controle dessa atividade em áreas de uso restrito e na restrição de seu desenvolvimento em APP, uma vez que a criação de bovinos é considerada uma atividade de alto impacto ambiental, provocando problemas ambientais significativos, como a substituição da vegetação nativa por espécies exóticas utilizadas como alimento para o gado e a degradação das características originais do solo pelo pisoteio intenso. Entretanto, o acesso desses animais à APP de corpos hídricos para fins de dessedentação é assegurado pelo artigo 9º da Lei nº 12.651/2012. Assim, recomenda-se que sejam construídos bebedouros para os animais fora das APPs, com o objetivo de evitar a permanência dos animais próximos às bacias hidráulicas dos açudes.

Deve-se ainda (i) implementar as medidas legais que impeçam o confinamento dos animais nos espaços marginais aos reservatórios; (ii) adotar medidas de manejo que associem a atividade produtiva a medidas de proteção ambiental, prestando assistência técnica aos pequenos produtores rurais e (iii) implantar sistemas que tornem possível a dessedentação animal, para que os animais não necessitem se aproximar do corpo hídrico.

5.1.5 Adequação da infraestrutura de esgotamento sanitário

É de conhecimento geral que um dos fatores que mais ameaça a segurança hídrica é o déficit em coleta e tratamento de esgoto, embora o direito ao saneamento esteja assegurado na Constituição Federal, pela Lei nº 11.445/2007 e pelo Decreto Federal nº 7.217/2010, que a regulamenta.

O Ceará possui 184 municípios e, segundo a Cagece (2016), 151 são atendidos com serviços de esgotamento sanitário. Com 75% da população residente em áreas urbanas, sendo os demais (25%) moradores da zona rural (estimativa 2015 - IBGE), o estado do Ceará conta com apenas 40,11% de sua área urbana com sistema de esgotamento sanitário.

A falta de acesso de grande parte da população aos serviços de saneamento contribui para que diversos setores sociais e econômicos sejam prejudicados, como a saúde, a preservação ambiental, o turismo, o trabalho, a educação e a cidadania. Porém, os principais e mais importantes deles dizem respeito ao comprometimento da qualidade da água e o consequente impacto na saúde pública.

Como foi dito, são inúmeros os problemas causados pela falta de esgotamento sanitário. Com foco na qualidade da água e comprometimento ao abastecimento humano, o esgoto *in natura*, quando despejado em cursos d'água ou carreados por escoamento superficial, chega aos corpos hídricos que, muitas vezes, têm dentre os usuários de suas águas os sistemas de abastecimento humano.

O esgoto doméstico é constituído por matéria orgânica biodegradável, microrganismos (bactérias, vírus etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais. Assim, não só propicia o fenômeno de eutrofização dos corpos hídricos, que já é uma condição de grande risco à qualidade da água, como se torna um transmissor de doenças de veiculação hídrica (ZOBY,

2008). Em casos de contato direto entre a água sem tratamento e o ser humano podem ser transmitidas diversas doenças, como diarreias, febre tifoide e paratifoide, amebíases, esquistossomose, leptospirose, teníase, micoses e conjuntivites. A principal delas é a diarreia, que afeta, na maioria das vezes, crianças com até cinco anos (CAGECE, 2016).

Como descrito nos inventários ambientais de açudes, foi identificado o lançamento de esgoto a céu aberto nas áreas de influência de todos os reservatórios. No tópico “5.1.6 Estimativa de contribuições”, na coluna referente à contribuição de fósforo pontual por esgoto, nota-se que para todos os corpos hídricos há contribuições devido a essa carência de infraestrutura.

É, sem dúvida, necessário implementar melhorias e ampliações nos sistemas de infraestrutura de saneamento. A reestruturação das condições sanitárias nas regiões deficientes, principalmente nas comunidades lindeiras aos reservatórios, deve ser assumida pelo Poder Público como uma prioridade, muito embora tenha-se conhecimento das vultosas quantias que demanda o simples resgate desse gigantesco passivo de infraestrutura, o que ocorre certamente em âmbito nacional, sendo um dos maiores causadores de impactos ambientais negativos, que devem ser combatidos com rapidez e eficiência, haja vista suas consequências nefastas para o meio ambiente e para a saúde humana.

5.1.6 Estimativa de contribuições

A aplicação dos procedimentos descritos no R11 - Relatório Técnico Final de Metodologia de Enquadramento de Reservatórios e no tópico 4.5 deste R18 - Plano de Segurança Hídricas da Bacia do Acaraú, permitiram estimar os percentuais relativos a cada fonte/atividade determinante da condição qualitativa da água nos reservatórios de interesse. As Tabelas 15, 16 e 17 apresentam esses valores por reservatório da Bacia do Acaraú, considerando a situação atual e os horizontes futuros.

Tabela 15 - Percentuais de contribuição de fósforo (situação atual)

Reservatório	Poluição difusa - uso do solo kg.ano ⁻¹ / (%)		Poluição pontual - piscicultura kg.ano ⁻¹ / (%)		Poluição pontual - bovinos kg.ano ⁻¹ / (%)		Poluição pontual - esgotos kg.ano ⁻¹ / (%)		Carga total acumulada kg.ano ⁻¹ / (%)	
Acaraú Mirim	89,48	13,63%	0,00	0,00%	409,172	62,34%	157,697	24,03%	656,347	100%
Araras	4161,56	20,67%	0,00	0,00%	13057,441	64,86%	2913,746	14,47%	20132,750	100%
Jenipapo	5,66	25,69%	0,00	0,00%	10,533	47,82%	5,835	26,49%	22,028	100%
São Vicente	11,61	13,66%	0,00	0,00%	66,974	78,77%	6,435	7,57%	85,021	100%
Taquara	102,89	18,91%	0,00	0,00%	427,948	78,65%	13,300	2,44%	544,138	100%

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Tabela 16 - Percentuais de contribuição de fósforo (2020)

Reservatório	Poluição difusa - uso do solo (%)					Poluição pontual - piscicult. (%)					Poluição pontual - bovinos (%)					Poluição pontual - esgotos (%)				
	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3
Acaraú Mirim	14,3	10,8	8,6	7,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,4	73,9	79,1	82,5	85,0	20,3	15,3	12,3	10,3	8,8
Araras	20,9	15,8	12,6	10,5	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,7	74,2	79,3	82,7	85,2	13,4	10,1	8,1	6,8	5,8
Jenipapo	20,6	17,3	14,9	13,1	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,4	48,3	55,5	60,9	65,1	41,0	34,4	29,6	26,0	23,2
São Vicente	13,4	9,7	7,6	6,2	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,3	83,6	87,2	89,5	91,1	9,4	6,7	5,3	4,3	3,7
Taquara	17,4	12,8	10,1	8,3	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,3	79,7	83,9	86,7	88,7	10,3	7,6	6,0	5,0	4,2

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).



Tabela 17 - Percentuais de contribuição de fósforo (2030)

Reservatório	Poluição difusa - uso do solo (%)					Poluição pontual - piscicult. (%)					Poluição pontual - bovinos (%)					Poluição pontual - esgotos (%)				
	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3	n=1	n=1,5	n=2	n=2,5	n=3
Acaraú Mirim	13,9	10,6	8,5	7,1	6,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,8	72,5	77,9	81,5	84,1	22,3	16,9	13,6	11,4	9,8
Araras	20,9	15,7	12,6	10,5	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,5	74,0	79,1	82,6	85,1	13,6	10,3	8,2	6,9	5,9
Jenipapo	20,2	17,0	14,7	12,9	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,5	47,4	54,6	60,0	64,3	42,3	35,6	30,8	27,1	24,2
São Vicente	13,3	9,6	7,5	6,2	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	76,8	83,2	86,9	89,2	90,8	9,9	7,2	5,6	4,6	3,9
Taquara	17,4	12,8	10,1	8,3	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,2	79,6	83,8	86,6	88,6	10,5	7,7	6,1	5,0	4,3

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).



5.2 Ações Estruturais

5.2.1. Sistema de esgotamento sanitário

Em relação aos riscos elevados de degradação da qualidade dos recursos hídricos provenientes da ausência de rede coletora de esgoto que direcione o efluente para algum sistema de tratamento, destaca-se a importância da implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotamento sanitário ou de sistemas individualizados de fossa em localidades onde a população é reduzida, para que seja dada uma destinação final adequada às águas residuárias, minimizando os riscos de poluição das águas superficiais e subterrâneas e de contaminação por doenças de veiculação hídrica.

5.2.1.1. Aspectos metodológicos

Conforme determina o Termo de Referência (TR) em seu item 3.5, as estimativas de custos das ações estruturais devem ser realizadas “ao nível de pré-viabilidade”. A metodologia aqui adotada extrapola tal nível de exigência dos TR, na medida em que, na pior das hipóteses, seus resultados fornecem uma estimativa consistente e realista do valor teto para os custos das ações estruturais. É evidente que, em se tratando de centenas de aglomerados residenciais difusamente localizados nas áreas de influência dos reservatórios de interesse, nem sempre a solução que fornece o teto dos custos estimados seria a mais recomendada na análise prática que possa vir a ser realizada no futuro, digamos, em nível de viabilidade.

Entretanto, em se tratando de uma estimativa em nível de pré-viabilidade, como determinado pelo TR do PSH, é prudencial se trabalhar com o teto dos custos, uma vez que, quando os estudos em nível mais detalhado vierem a ser contratados pelo Estado do Ceará, não se incorra no risco de os custos presentes serem superados pelos custos obtidos nesses eventuais estudos futuros, a serem elaborados com o detalhamento que permita especificar, caso a caso, qual a solução de engenharia mais adequada.

A metodologia utilizada neste trabalho tem como ponto inicial a coleta de dados referentes aos custos de diversos elementos utilizados em sistemas de esgotamento sanitário já implantados. A partir desses custos e suas respectivas atualizações, de acordo com o Índice Nacional da Construção Civil, foram desenvolvidas equações e tabelas que têm como objetivo estimar os custos

finals para implantação dos sistemas, de modo a fornecer informações cruciais para as tomadas de decisões envolvidas no contexto da Segurança Hídrica, especialmente sobre a oferta de água dos reservatórios de interesse.

Para todos os itens integrantes do sistema de coleta e tratamento das águas servidas foram considerados os projetos dessa natureza levantados por Pacheco (2011), fonte bibliográfica norteadora dos procedimentos apresentados nos subitens que se seguem.

Mais informações sobre os custos e o dimensionamento das redes coletoras de esgoto, coletores e interceptores, estações elevatórias de esgoto, linhas de recalque, estações de tratamento de esgoto, disposição final do lodo e fossas sépticas, podem ser encontradas no produto R15 - Estratégia Geral de Mitigação e Gestão de Riscos.

Os resultados provenientes da aplicação metodológica apresentam-se nos subtópicos a seguir, por reservatório, na forma de mapas, onde encontram-se espacializadas as populações, e tabelas de custos, apontando-se inclusive a solução técnica mais indicada para cada núcleo habitacional.

5.2.1.2 Proposições de esgotamento sanitário para os aglomerados urbanos

As estimativas dos investimentos em esgotamento sanitário apresentadas a seguir, envolvendo os 5 reservatórios que foram analisados sob a ótica qualitativa, pertencentes à Bacia do Acaraú, se referem ao teto de dispêndios, ou seja, ao máximo que o Estado precisaria investir nesse tipo de infraestrutura nas comunidades existentes nas suas áreas de influência.

As estimativas e as apresentações desses referenciais financeiros são importantes, mesmo nos casos em que o número de habitantes e a disposição física das áreas habitadas sugiram a adoção de fossa séptica como solução universal. Afinal, a presente avaliação, consoante o TR, se dá na forma de pré-viabilidade e, em tal nível de aprofundamento, carece-se de informações pontuais, como as propriedades físicas do subsolo, que subsidiem com maior segurança soluções técnicas indicadas neste Relatório. Daí optar-se não por fornecer apenas um valor taxativo de investimento por habitante, mas sim estimar uma faixa de valores que é delimitada inferiormente pelos custos relativos à implantação do mais simples elemento infraestrutural, que é a fossa séptica, até seu limite superior, representado pela solução completa de esgotamento sanitário (coleta e tratamento)

que, como dito, representa o teto de dispêndios com o qual se sugere trabalhar, principalmente tendo-se em vista eventuais estudos posteriores à fase de pré-viabilidade preconizada no atual TR.

Dessa forma, compreendendo a viabilidade econômica das implantações de sistemas de esgotamento sanitário para os aglomerados urbanos de baixa densidade populacional e espalhados difusamente nas áreas de influência dos reservatórios foram apresentadas estimativas de custo de sistemas individuais (fossa séptica).

5.2.1.2.1 Açude Acaraú Mirim

O reservatório Acaraú Mirim, inserido no município de Massapê, possui no total 3 (três) aglomerados urbanos em sua área de influência, como pode ser observado no mapa apresentado na Figura 52, com uma população estimada de 10.864 habitantes e totalizando uma área de 0,13 km², dos quais apenas 0,16% possuem sistema de esgotamento sanitário. O aglomerado urbano foi definido a partir de imagens de satélite, tendo como base a área de contribuição do reservatório. A altura manométrica foi estimada em 30 mca.

A estimativa de orçamento para implantação do sistema coletivo (rede coletora e módulo de tratamento) resultou num custo por habitante de R\$ 495,70 (quatrocentos e noventa e cinco reais e setenta centavos). Na obtenção desse valor foram considerados que todos os aglomerados urbanos inseridos na área de influência do reservatório serão atendidos por esse tipo de sistema, totalizando um custo de R\$ 5.385.311,13 (cinco milhões, trezentos e oitenta e cinco mil, trezentos e onze reais e treze centavos) para implantação das etapas do sistema de esgotamento sanitário que segue descrito na Tabela 18.

Tabela 18 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto – Acaraú Mirim

Descrição	Custo / habitante	Custo
Rede coletora de esgoto	R\$ 44,87	R\$ 487.491,20
Coletores e interceptores	R\$ 63,01	R\$ 684.507,07
Estação elevatória de esgoto	R\$ 67,93	R\$ 738.016,20
Linha de recalque (emissário)	R\$ 1,98	R\$ 21.552,84
Tratamento de esgoto	R\$ 297,05	R\$ 3.227.175,89
Tratamento de lodo	R\$ 20,85	R\$ 226.567,93
CUSTO TOTAL	R\$ 495,70	R\$ 5.385.311,13

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).

Como comentado anteriormente, ressalta-se que nem todos os aglomerados urbanos possuem viabilidade econômica para implantação de sistemas de esgotamento sanitário únicos, devido sua distribuição espacial por muitas vezes difusa. Portanto, deve-se também considerar os custos para a alternativa menos onerosa os quais serão discriminados nas tabelas seguintes.

A Tabela 19 apresenta as estimativas de custo da implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto para o aglomerado urbano “1”, identificado na Figura 52.

Tabela 19 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto do aglomerado urbano 1

Descrição	Custo / habitante	Custo
Rede coletora de esgoto	R\$ 44,87	R\$ 479 929,52
Coletores e interceptores	R\$ 63,01	R\$ 673 954,96
Estação elevatória de esgoto	R\$ 67,93	R\$ 726 579,28
Linha de recalque (emissário)	R\$ 1,98	R\$ 21 178,08
Tratamento de esgoto	R\$ 297,05	R\$ 3 177 246,80
Tratamento de lodo	R\$ 20,85	R\$ 223 011,60
CUSTO TOTAL	R\$ 495,70	R\$ 5 302 007,20

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).

Na Tabela 20 são apresentadas as estimativas de custos para implantação de fossas sépticas nos aglomerados urbanos identificados, totalizando um custo de aproximadamente R\$ 45.546,50 (quarenta e cinco mil, quinhentos e quarenta e seis e cinquenta centavos).

Tabela 20 - Custo para implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano – Acaraú Mirim

* ID Aglomerado	População	Custo
2	157	R\$ 41.902,78
3	11	R\$ 3.643,72
CUSTO TOTAL		R\$ 45.546,50

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).

Nota: identificação referenciada na Figura 52.

5.2.1.2.2 Açude Araras

Localizado no município de Varjota, o reservatório Araras possui 23 (Vinte e três) aglomerados urbanos em sua de influência, como pode ser observado no mapa apresentado na Figura 53, com uma população estimada de 14.118 habitantes e totalizando uma área de 0,16 km², não possuindo nenhum tratamento para esgoto. A altura manométrica foi estimada em 49 mca.

A estimativa de orçamento para implantação do sistema coletivo (rede coletora e módulo de tratamento) resultou num custo por habitante de R\$ 456,74 (quatrocentos e noventa e cinco reais e setenta centavos). Na obtenção desse valor foram considerados que todos os aglomerados urbanos inseridos na área de influência do reservatório serão atendidos por esse tipo de sistema, totalizando um custo de R\$ 6.448.321,03 (seis milhões, quatrocentos e quarenta e oito mil, trezentos e vinte e um reais e três centavos) para implantação das etapas do sistema de esgotamento sanitário que segue descrito na Tabela 21.

Tabela 21 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto - Araras

Descrição	Custo / habitante	Custo
Rede coletora de esgoto	R\$ 42,50	R\$ 599.989,17
Coletores e interceptores	R\$ 59,67	R\$ 842.470,24
Estação elevatória de esgoto	R\$ 84,35	R\$ 1.190.828,71
Linha de recalque (emissário)	R\$ 3,05	R\$ 43.045,67
Tratamento de esgoto	R\$ 247,28	R\$ 3.491.065,72
Tratamento de lodo	R\$ 19,90	R\$ 280.921,52
CUSTO TOTAL	R\$ 456,74	R\$ 6.448.321,03

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).

Como comentado anteriormente, ressalta-se que nem todos os aglomerados urbanos possuem viabilidade econômica para implantação de sistemas de esgotamento sanitário únicos,

devido sua distribuição espacial por muitas vezes difusa. Portanto, deve-se também considerar os custos para a alternativa menos onerosa os quais serão discriminados nas tabelas seguintes.

A Tabela 22 apresenta as estimativas de custo da implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto para os aglomerados urbanos “36” e “42”, identificados na Figura 53.

Tabela 22 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto do aglomerado urbano 36 e 42

Descrição	Custo / habitante	Custo - Aglomerado 36	Custo - Aglomerado 42
Rede coletora de esgoto	R\$ 42,50	R\$ 237.617,50	R\$ 226.780,00
Coletores e interceptores	R\$ 59,67	R\$ 333.614,97	R\$ 318.399,12
Estação elevatória de esgoto	R\$ 84,35	R\$ 471.600,85	R\$ 450.091,60
Linha de recalque (emissário)	R\$ 3,05	R\$ 17.052,55	R\$ 16.274,80
Tratamento de esgoto	R\$ 247,28	R\$ 1.382.542,48	R\$ 1.319.486,08
Tratamento de lodo	R\$ 19,90	R\$ 111.260,90	R\$ 106.186,40
CUSTO TOTAL	R\$ 456,74	R\$ 2.553.633,34	R\$ 2.437.164,64

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).

Na Tabela 23 são apresentadas as estimativas de custos para implantação de fossas sépticas nos aglomerados urbanos identificados, totalizando um custo de aproximadamente R\$ 848.986,76 (oitocentos e quarenta e oito mil, novecentos e oitenta e seis reais e setenta e seis centavos).

Tabela 23 - Custo para implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano - Araras

* ID Aglomerado	População	Custo
35	50	R\$ 14.574,88
37	429	R\$ 112.955,32
38	155	R\$ 41.902,78
39	68	R\$ 18.218,60
40	249	R\$ 65.586,96
41	27	R\$ 7.287,44
43	15	R\$ 5.465,58
44	25	R\$ 7.287,44
45	11	R\$ 3.643,72
46	1056	R\$ 275.100,86
47	16	R\$ 5.465,58
48	11	R\$ 3.643,72
49	248	R\$ 65.586,96
50	396	R\$ 103.846,02
51	66	R\$ 18.218,60
52	36	R\$ 10.931,16
53	278	R\$ 72.874,40
54	11	R\$ 3.643,72
55	21	R\$ 5.465,58
56	11	R\$ 3.643,72
57	11	R\$ 3.643,72
CUSTO TOTAL		R\$ 848.986,76

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Nota: identificação referenciada na Figura 53.

5.2.1.2.3 Açude Taquara

O reservatório Taquara, localizado no município de Cariré, possui no total 16 (dezesesseis) aglomerados urbanos em sua área de influência, como pode ser observado no mapa apresentado na Figura 54, com uma população estimada de 11.486 habitantes e totalizando uma área de 0,13 km², não possuindo nenhum tratamento para esgoto. A altura manométrica foi estimada em 45 mca.

A estimativa de orçamento para implantação do sistema coletivo (rede coletora e módulo de tratamento) resultou num custo por habitante de R\$ 518,45 (quinhentos e dezoito reais e quarenta e cinco centavos). Na obtenção desse valor foram considerados que todos os aglomerados urbanos inseridos na área de influência do reservatório serão atendidos por esse tipo de sistema,

totalizando um custo de R\$ 5.954.890,34 (cinco milhões, novecentos e cinquenta e quatro mil, oitocentos e noventa reais e trinta e quatro centavos) para implantação das etapas do sistema de esgotamento sanitário que segue descrito na Tabela 24.

Tabela 24 - Custo para implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto - Taquara

Descrição	Custo / habitante	Custo
Rede coletora de esgoto	R\$ 42,44	R\$ 487.491,20
Coletores e interceptores	R\$ 59,59	R\$ 684.507,07
Estação elevatória de esgoto	R\$ 108,06	R\$ 1.241.158,99
Linha de recalque (emissário)	R\$ 1,87	R\$ 21.522,84
Tratamento de esgoto	R\$ 285,85	R\$ 3.283.252,66
Tratamento de lodo	R\$ 20,63	R\$ 236.957,58
CUSTO TOTAL	R\$ 518,45	R\$ 5.954.890,34

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Como comentado anteriormente, ressalta-se que nem todos os aglomerados urbanos possuem viabilidade econômica para implantação de sistemas de esgotamento sanitário únicos, devido sua distribuição espacial por muitas vezes difusas. Portanto, deve-se também considerar os custos para a alternativa menos onerosa os quais serão discriminados nas tabelas seguintes.

A Tabela 25 apresenta as estimativas de custo da implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto para o aglomerado urbano “162”, identificado na Figura 54.

Tabela 25 - Custo da implantação de rede coletora e módulo de tratamento de esgoto do aglomerado urbano 162

Descrição	Custo / habitante	Custo
Rede coletora de esgoto	R\$ 42,44	R\$ 234.942,00
Coletores e interceptores	R\$ 59,59	R\$ 329.882,03
Estação elevatória de esgoto	R\$ 108,06	R\$ 598.205,28
Linha de recalque (emissário)	R\$ 1,87	R\$ 10.352,06
Tratamento de esgoto	R\$ 285,85	R\$ 1.582.426,23
Tratamento de lodo	R\$ 20,63	R\$ 114.204,84
CUSTO TOTAL	R\$ 518,45	R\$ 2.870.067,80

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Na Tabela 26 são apresentadas as estimativas de custos para implantação de fossas sépticas nos aglomerados urbanos identificados, totalizando um custo de aproximadamente R\$ 1.561.334,02 (um milhão, quinhentos e sessenta e um mil, trezentos e trinta e quatro reais e dois centavos).

Tabela 26 - Custo para implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano - Taquara

* ID Aglomerado	População	Custo
157	2818	R\$ 734.209,58
158	19	R\$ 5.465,58
159	6	R\$ 1.821,86
160	2870	R\$ 746.962,60
161	140	R\$ 38.259,06
163	18	R\$ 5.465,58
164	16	R\$ 5.465,58
165	10	R\$ 3.643,72
166	3	R\$ 1.821,86
167	5	R\$ 1.821,86
168	10	R\$ 3.643,72
169	9	R\$ 3.643,72
170	7	R\$ 1.821,86
171	8	R\$ 3.643,72
172	12	R\$ 3.643,72
CUSTO TOTAL		R\$ 1.561.334,02

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Nota: identificação referenciada na Figura 54.

5.2.1.2.4 Açudes São Vicente e Jenipapo

Quanto ao reservatório São Vicente, com 1 (um) aglomerado urbano, inserido no município de Santana do Acaraú, e Jenipapo, com 4 (quatro) aglomerados urbanos, inserido no município de Meruoca, foi observado nas visitas de campo e em levantamento de dados, que as áreas de influência dos reservatórios apresentam uma população irrisória, estimadas em 2 e 51 habitantes, respectivamente, como pode ser observado nos mapas apresentados nas Figuras 55 e 56. Diante disso, o mais viável para essas comunidades, em relação à coleta de esgotos, seria a implantação de fossas sépticas, sendo o problema solucionado, inclusive, de forma mais econômica.

Na Tabela 27 e 28 são apresentadas as estimativas de custos para implantação de fossas sépticas nos aglomerados urbanos identificados, totalizando custos de R\$ 1.821,86 (um mil, oitocentos e vinte e um reais e oitenta e seis centavos) e R\$ 18.218,60 (dezoito mil, duzentos e dezoito reais e sessenta centavos), respectivamente.

Tabela 27 - Custo da implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano - São Vicente

* ID Aglomerado	População	Custo
156	2	R\$ 1.821,86

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Nota: identificação referenciada na Figura 55.

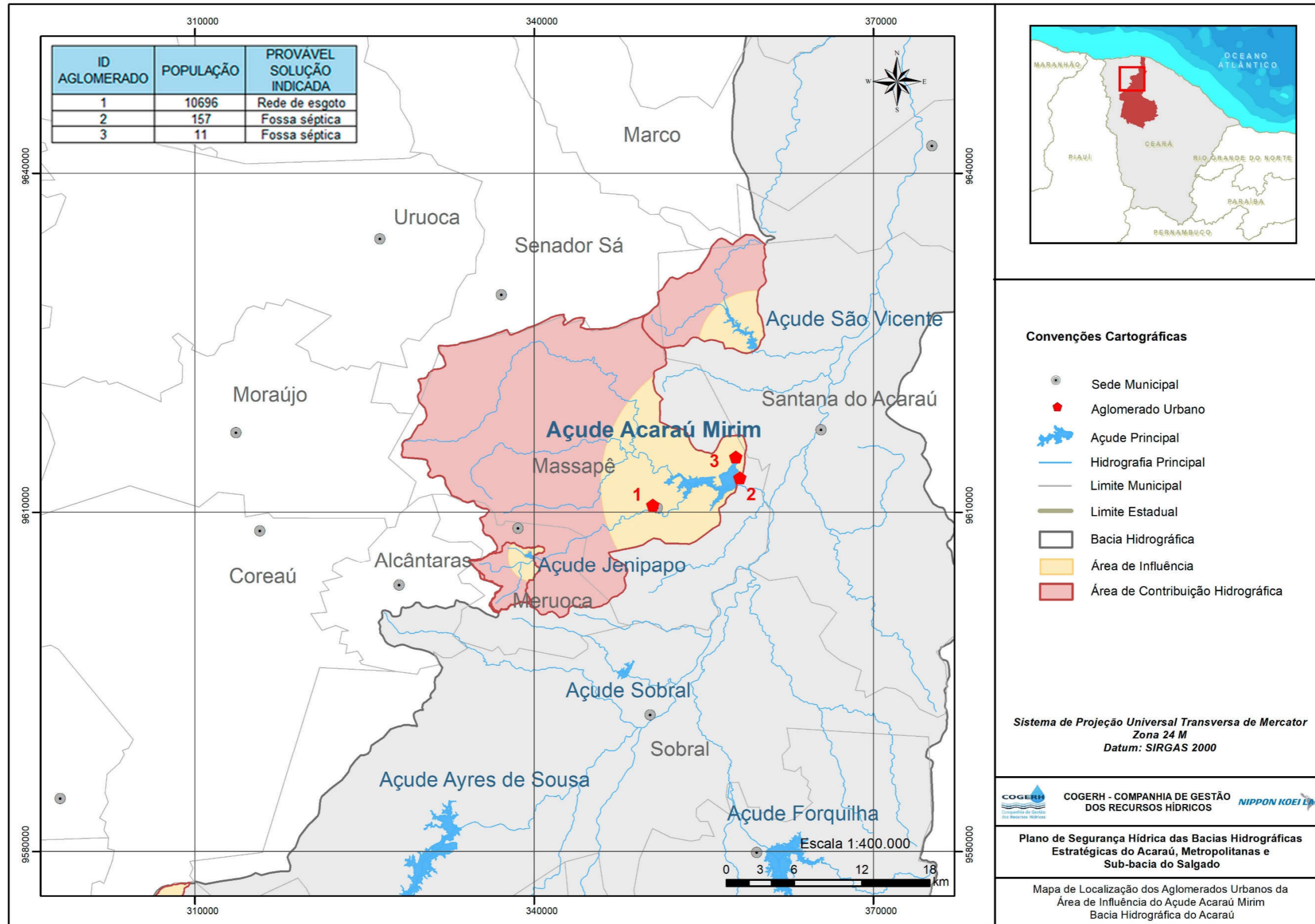
Tabela 28 - Custo da implantação de fossas sépticas por aglomerado urbano - Jenipapo

* ID Aglomerado	População	Custo
77	23	R\$ 7.287,44
78	10	R\$ 3.643,72
79	8	R\$ 3.643,72
80	10	R\$ 3.643,72
CUSTO TOTAL		R\$ 18.218,60

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

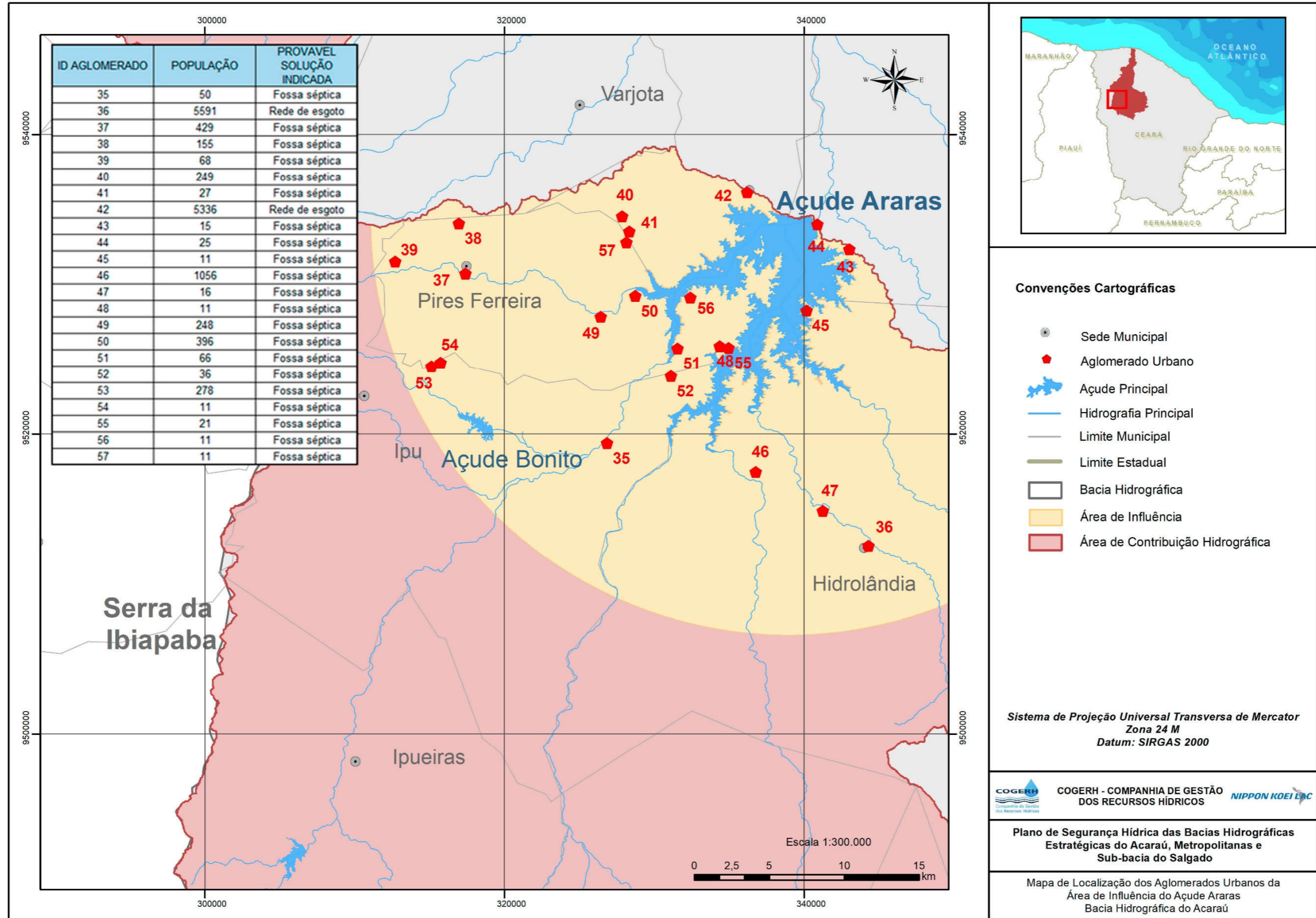
Nota: identificação referenciada na Figura 56.

Figura 52 - Aglomerados urbanos identificados na área de influência do reservatório Acaraú Mirim



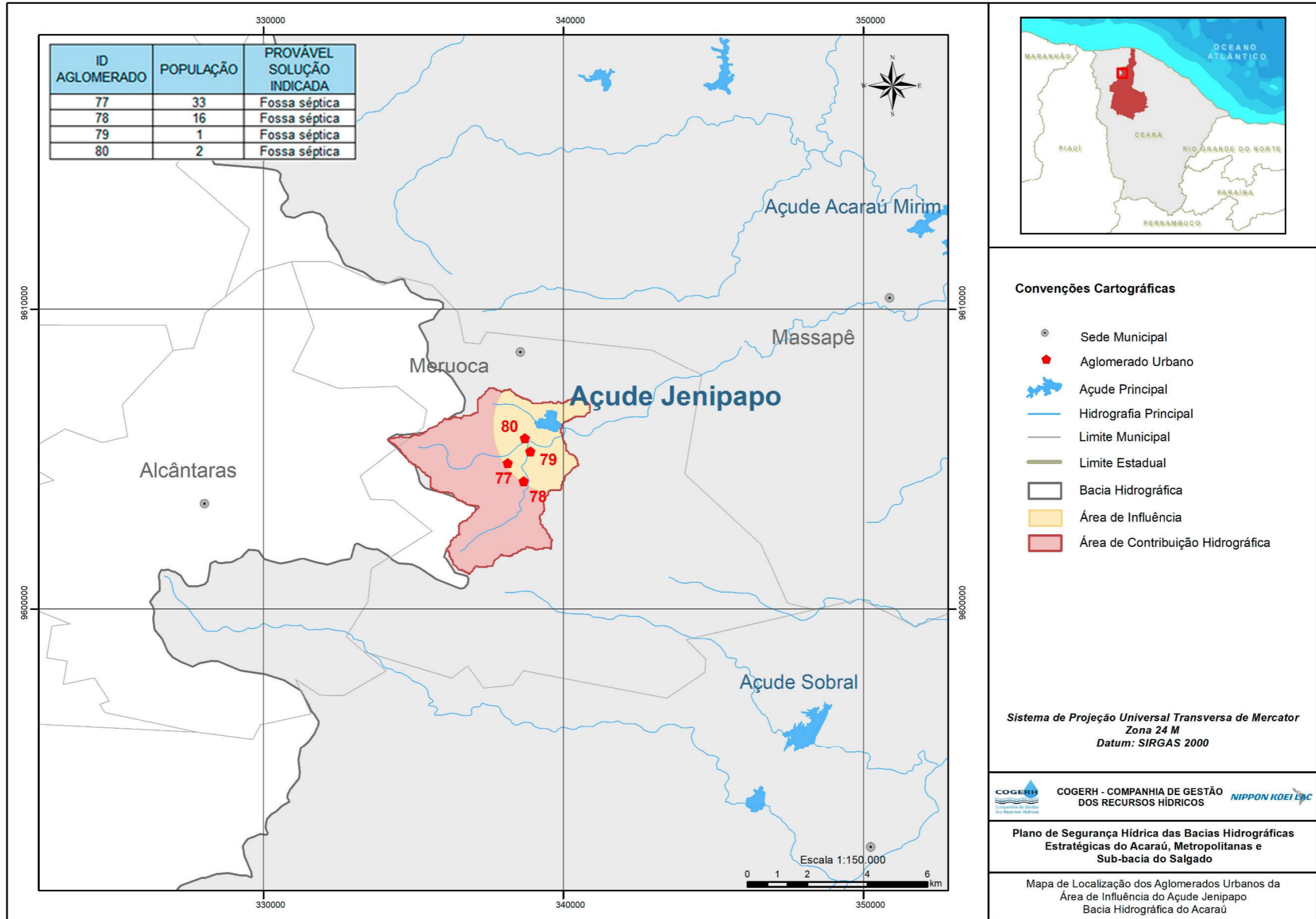
Fonte: ANA (2012), IBGE (2015), Cogerh (2016), ANA (2016), com adaptação da Nippon Koei Lac (2018).

Figura 53 - Aglomerados urbanos identificados na área de influência do reservatório Araras



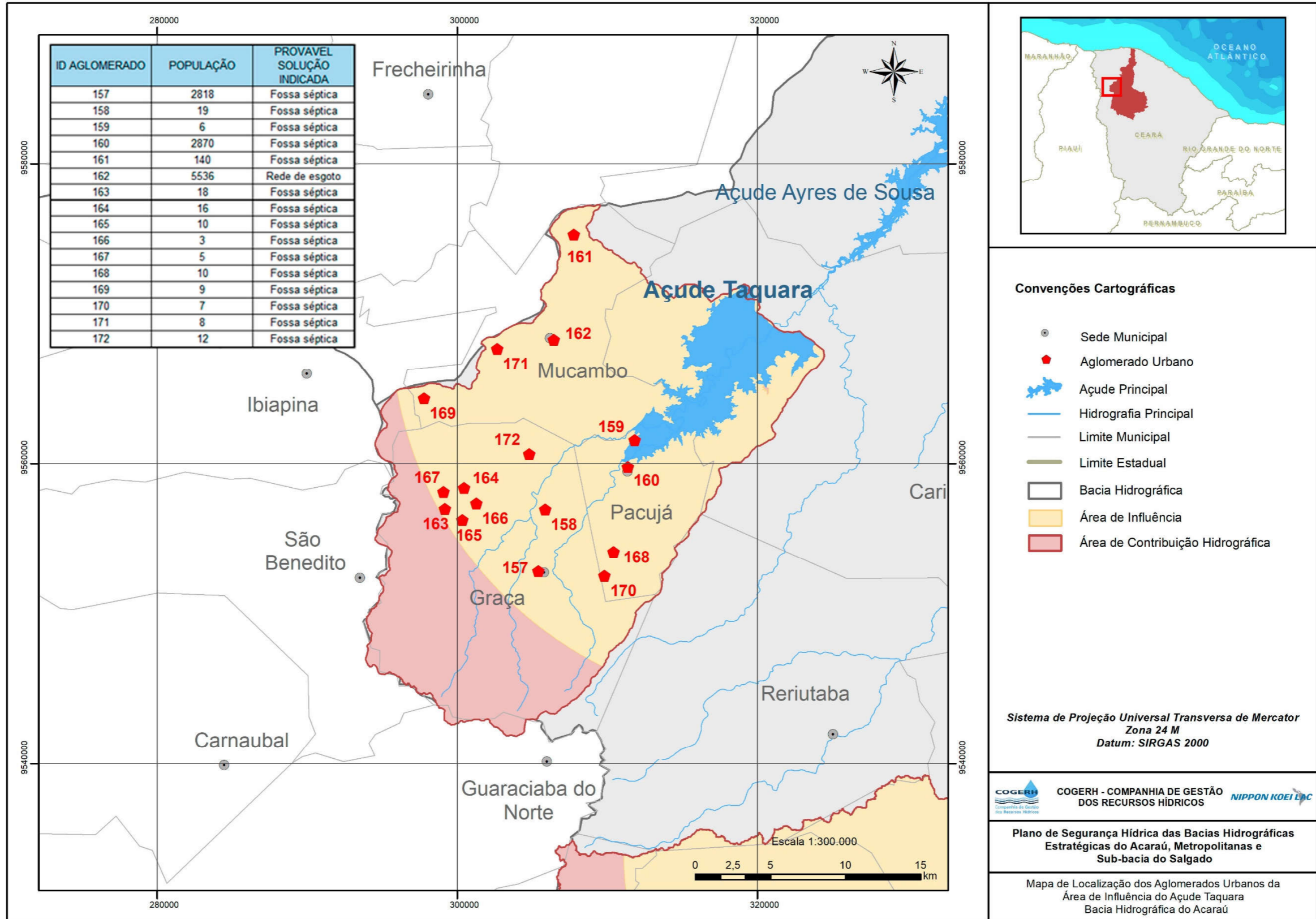
Fonte: ANA (2012), IBGE (2015), Cogerh (2016), ANA (2016), com adaptação da Nippon Koei Lac (2018).

Figura 54 - Aglomerado urbano identificado na área de influência do reservatório Jenipapo



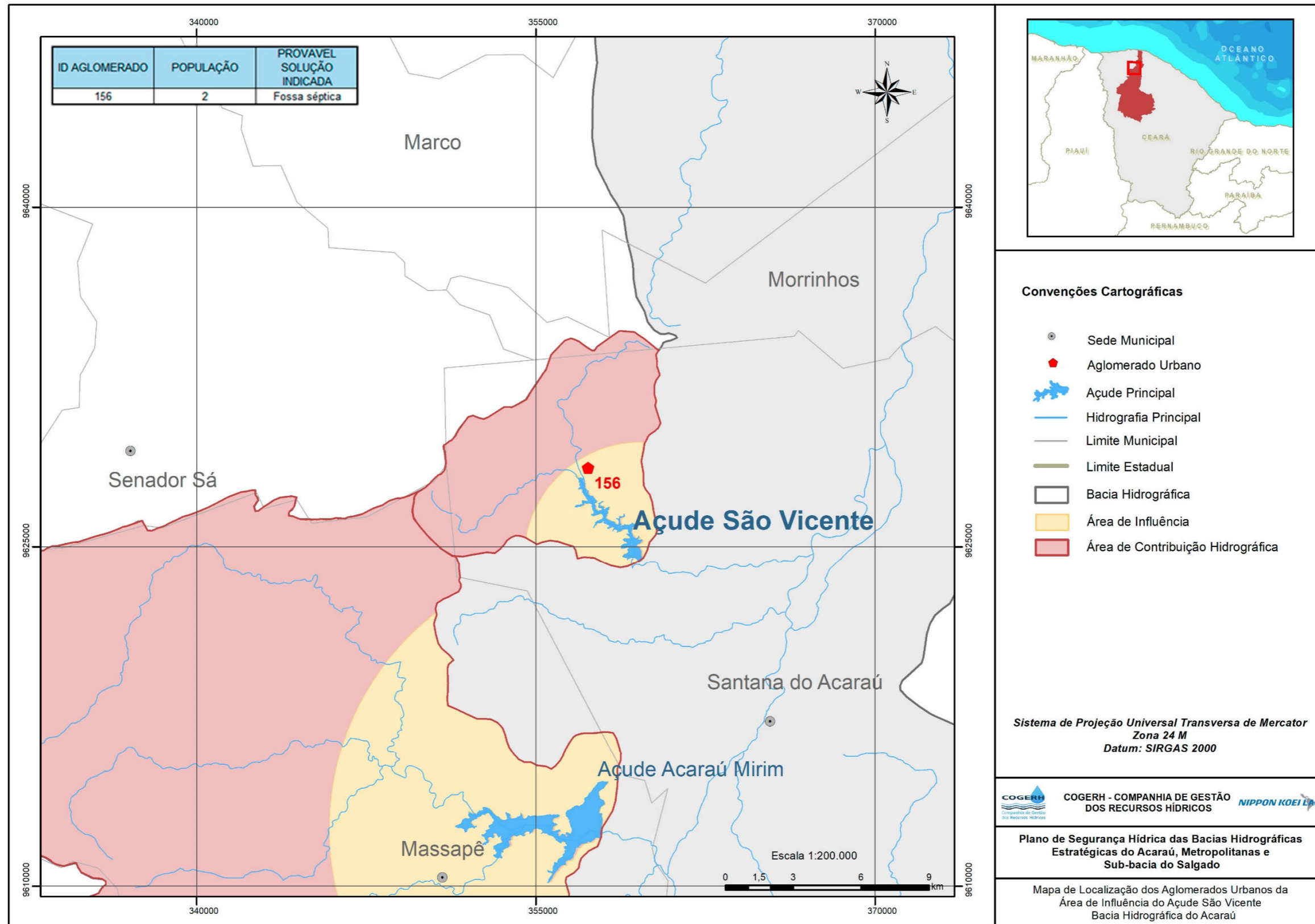
Fonte: ANA (2012), IBGE (2015), Cogerh (2016), ANA (2016), com adaptação da Nippon Koei Lac (2018).

Figura 55 - Aglomerados urbanos identificados na área de influência do reservatório Taquara



Fonte: ANA (2012), IBGE (2015), Cogerh (2016), ANA (2016), com adaptação da Nippon Koei Lac (2018).

Figura 56 - Aglomerados urbanos identificados na área de influência do reservatório São Vicente



Fonte: ANA (2012), IBGE (2015), Cogerh (2016), ANA (2016), com adaptação da Nippon Koei Lac (2018)



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

5.2.2 Proposições do Projeto Malha D'Água com influência nos sistemas hídricos estudados

O Projeto Malha D'Água, idealizado pelo Governo do Estado do Ceará através da Secretaria dos Recursos Hídricos, em parceria com a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos e a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, propõe um adensamento na rede de adutoras do estado, que busca não só levar água a lugares atualmente com déficit de abastecimento, mas também reduzir ao máximo o escoamento desse recurso nos leitos de rios, onde as perdas são elevadas, o que trará um aumento na capacidade de enfrentamento a períodos críticos. Com os 34 sistemas adutores propostos, cidades poderão ser ligadas a mananciais que possuam maior resiliência aos longos períodos de estiagem (SRH, no prelo).

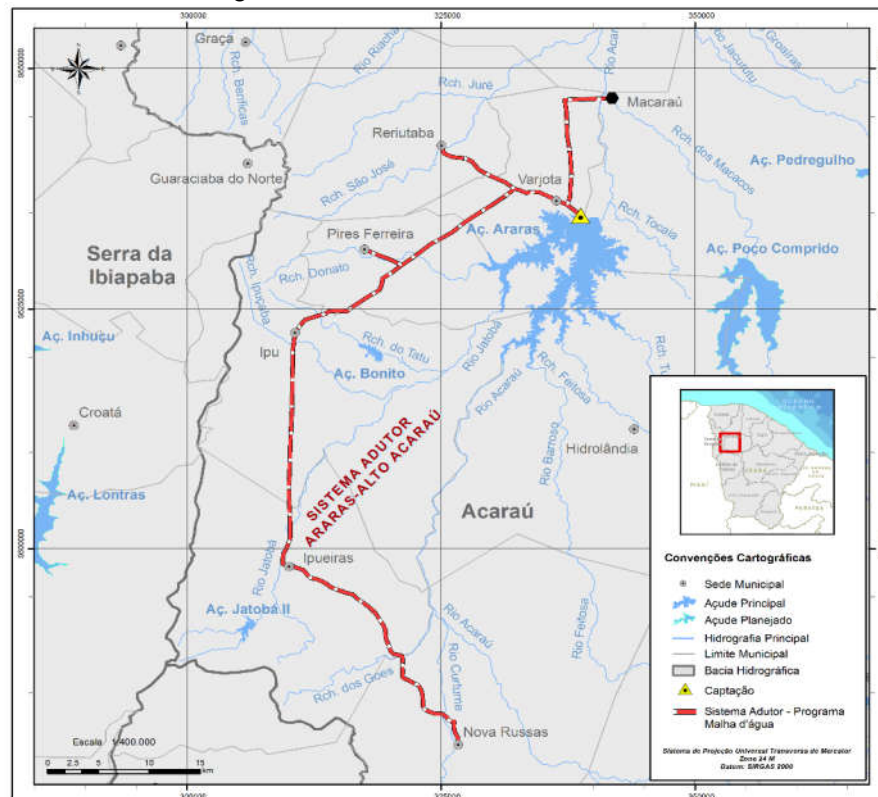
Neste subtópico são tratados apenas os sistemas adutores que implicarão em reforços para o suprimento das demandas atribuídas aos reservatórios da Bacia do Acaraú que são incapazes de fomentá-las.

Dessa forma, os sistemas tratados a seguir se relacionam ao reservatório Carão, Carmina e Bonito, enquadrados no Nível 1 de criticidade, que compreende os reservatórios que não suprem suas demandas para abastecimento humano, apresentados no produto denominado R14 - Identificação das Vulnerabilidades dos Sistemas Hídricos e, resumidamente, no Capítulo 4 deste Plano de Segurança Hídrica da Bacia do Acaraú.



- a) **Sistema Adutor Araras-Alto Acaraú:** com captação no reservatório Araras (Paulo Sarasate) para o atendimento com água tratada da população urbana dos municípios de Varjota, Reriutaba, Ipu, Pires Ferreira, Ipueiras, Nova Russas, e a sede do distrito de Macaraú, em Santa Quitéria. Possui extensão de, aproximadamente, 119,26 km, custo estimado em R\$ 161,7 milhões e beneficiará cerca de 179 mil habitantes. O sistema chega ao município de Ipu com capacidade de adução de 322,0 L/s e passa para o próximo município, Ipueiras, com capacidade de 192,1 L/s (vazão de projeto). Todavia, como comentado no R14 - Identificação das Vulnerabilidades dos Sistemas Hídricos, mesmo o reservatório Bonito não regularizando vazão com 99% de garantia, sua demanda é garantida por incremento aduzido pelo sistema Ipu. Essa adutora com capacidade de 70,4 L/s capta água no reservatório Araras, que tem uma vazão regularizada em 99% do tempo de 7.653,9 L/s (SRH, no prelo). A seguir, a Figura 57 apresenta o traçado do sistema adutor projetado.

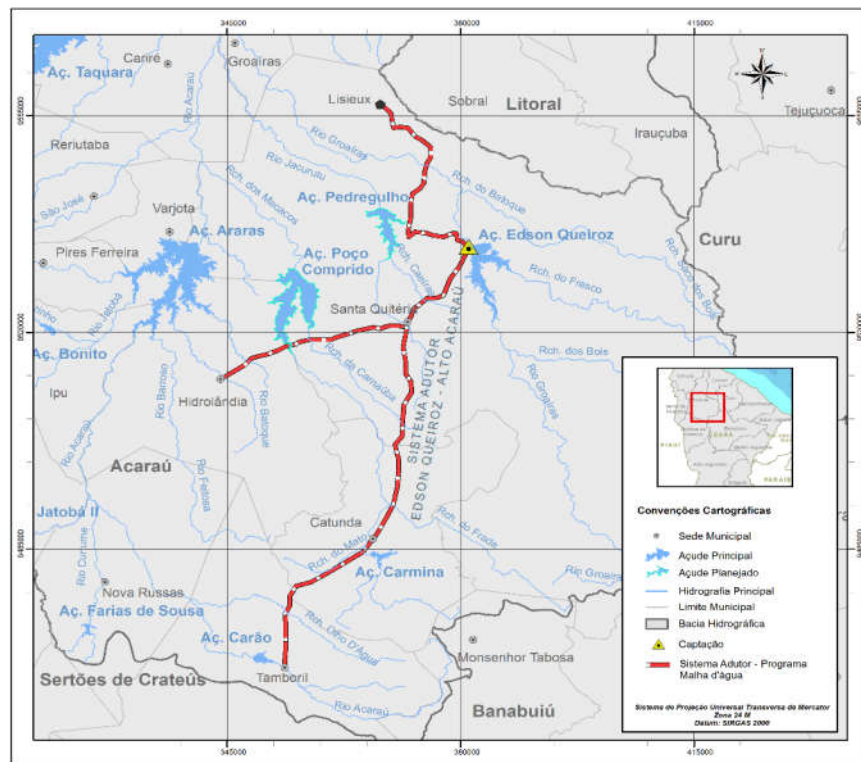
Figura 57 - Sistema Adutor Araras-Alto Acaraú



Fonte: SRH (no prelo).

- b) **Sistema Adutor Edson Queiroz-Alto Acaraú:** com captação no reservatório Edson Queiroz para o atendimento com água tratada da população urbana dos municípios de Santa Quitéria, Hidrolândia, Catunda, Tamboril e sede do distrito de Lisieux, em Santa Quitéria. Sua extensão total é de 170,8 km, com custo próximo dos R\$ 150,0 milhões, beneficiando cerca de 98 mil pessoas. Vale destacar que os municípios Catunda e Tamboril têm suas demandas atribuídas aos reservatórios Carmina e Carão, respectivamente, os quais não regularizam nenhuma vazão com 99% de garantia. O sistema que chegará em Catunda terá uma capacidade de adução de 90,5 L/s (vazão de projeto), já em Tamboril chegará com capacidade de 65,6 L/s (vazão de projeto), suficiente para abastecer os, aproximadamente, 10 mil habitantes de Catunda e 25 mil de Tamboril (SRH, no prelo). A Figura 58 ilustra o percurso por onde a água será aduzida pelo sistema.

Figura 58 - Sistema Adutor Edson Queiroz-Alto Acaraú



Fonte: SRH (no prelo).



INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTATÍSTICA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

A seguir, serão citados os sistemas adutores que, além de influenciar diretamente no abrandamento das pressões hídricas impostas aos reservatórios enquadrados no Nível II de criticidade, garantem a oferta hídrica de localidades atualmente abastecidas por reservatórios que possuem altas taxas de consumo por atividades agropecuárias e que, portanto, sofrem intensas pressões durante períodos de escassez hídrica, como no período atualmente vivenciado pelo Ceará e o restante do Nordeste. No nível II encontram-se os reservatórios que satisfazem suas demandas para abastecimento humano, porém são insuficientes para garantir as suas demandas para irrigação. Logo, para o cenário de demanda atual e, portanto, para os demais cenários, encaixa-se nesse nível o reservatório Acaraú Mirim, pertencente à Bacia do Acaraú (SRH, no prelo).



5.3 Ações Não Estruturais

Neste estudo são propostas ações não estruturais, com o objetivo de ampliar a participação social na execução de ações voltadas a promoção da segurança hídrica e a proteção ambiental. Diante da realidade dos impactos e degradação ambiental causados pela seca e pela grande pressão antrópica sobre os recursos naturais, propostas para capacitar e educar a população a conviver e se adequar a realidade em que vivem, influenciarão de maneira considerável a região a alcançar um desenvolvimento sustentável e a criar populações resilientes às vulnerabilidades apresentadas pelo semiárido e sua irregularidade hídrica (AGEVAP, 2006).

As ações de natureza não estruturais objetivam mitigar os impactos de cunho qualitativo que comprometem as águas dos reservatórios objetos de estudo. Tais ações abordam principalmente o fortalecimento institucional das organizações, mecanismos de gestão dos recursos naturais, monitoramento e controle ambiental, estudos de recuperação das áreas impactadas, conscientização, educação ambiental e sensibilização das populações locais, bem como de todos os atores envolvidos nas propostas.

Diante desse quadro, para a viabilização e realização das ações não estruturais, ressalta-se a importância da participação do Poder Público em sua ação organizadora, visto que tais ações necessitam, muitas vezes, de estudos mais aprofundados, cuja execução caracteriza-se como sendo de competência pública, e em sua ação fiscalizadora, uma vez que o controle e fiscalização de diversas atividades geradoras de impactos ambientais negativos é incumbência dos órgãos públicos.

As Ações Não Estruturais, descritas no R15 - Estratégia Geral de Mitigação e Gestão de Riscos, cuja aplicação é recomendada para os reservatórios da Bacia do Acaraú analisados qualitativamente serão apresentadas a seguir.

5.3.1. Mitigação de conflitos gerados por usos múltiplos da água

As modificações introduzidas nas áreas de contribuição hidrológica dos reservatórios, oriundas dos conflitos gerados pelos diversos usos de suas águas, vêm ao longo dos anos provocando impactos ambientais significativos, como a sedimentação e a eutrofização dos corpos d'água. A remediação desses conflitos, que na maioria das vezes envolvem setores de grande

importância social, como o abastecimento humano, a irrigação e a dessedentação animal, necessita de um correto gerenciamento dos recursos hídricos.

Desse modo, se faz necessária a compatibilização dos usos atuais com a capacidade de suporte de cada reservatório, o que garante o aproveitamento de forma sustentável dos recursos hídricos da bacia e beneficia a população que depende dessa água para sobreviver. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Utilizar os dados obtidos a partir dos estudos sobre a capacidade de suporte de cada reservatório, que podem ser encontrados nos IVAs elaborados no âmbito do PSH, a fim de limitar as atividades a um certo patamar que esteja em concordância com os níveis sustentáveis e que não cause estresse hídrico ou impactos demasiados;
- Buscar compromisso entre os usuários das águas, uma vez que a degradação em quantidade e qualidade da água dos reservatórios é algo que prejudica todos os usuários;
- Fiscalizar o uso das águas, verificando se os usuários são detentores de outorga de direito de uso dos recursos hídricos, o que contribuirá para regularizar as atividades que ainda não possuem outorga para captação de água dos açudes em questão;
- Realizar palestras nas comunidades situadas nas áreas de influência dos açudes, em que seriam abordadas questões referentes à utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com ênfase também na importância da melhoria da qualidade ambiental local, para que a população tenha acesso à água de boa qualidade.

5.3.2 *Elaboração de projeto de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)*

A retirada da vegetação nas regiões próximas às reservas hídricas, não só prejudica o meio ambiente, mas pode causar prejuízos econômicos e sociais. O desmatamento nesses casos causa impactos ambientais negativos, como a erosão do solo e o assoreamento dos reservatórios, provocando cada vez mais preocupação no que diz respeito à qualidade e regularidade do fornecimento de recursos hídricos.

Diante disso, se torna favorável a adoção de medidas de PSA, com foco principalmente nos pequenos produtores rurais que habitam e/ou desenvolvem suas atividades em áreas próximas



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

aos reservatórios, que poderão contribuir para a preservação das matas, para a recuperação de áreas degradadas e, conseqüentemente, para a proteção dos recursos hídricos.

Os agricultores encontram em programas como PSA incentivos para mudar suas práticas, muitas vezes predatórias, e mitigar os impactos causados ao meio ambiente. Assim, além de possuir vantagens econômicas, permitindo a obtenção de créditos com juros reduzidos e isenção de impostos para insumos e equipamentos adquiridos pelo agricultor, o PSA contribui para a formação de gestores que conduzem a manutenção de práticas sustentáveis, atendendo ao que dispõe o Código Florestal (Lei Federal 12.651/12).

Dessa forma, um projeto de PSA, em sua correta aplicação, contribui para o aumento da cobertura vegetal, reduz os níveis de poluição difusa, devido a lixiviação e escoamento superficial de nutrientes aos reservatórios e minimiza os processos de sedimentação e eutrofização, além de proporcionar uma maior sustentabilidade econômica das práticas produtivas e a aplicação de técnicas de manejo otimizadas, entre outros benefícios.

Dentre os projetos de PSA aplicados com sucesso no Brasil, está o projeto Produtor de Água (BRASIL, 2012), elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA), e o Conservador das Águas (PEREIRA *et al.*, 2011), oriundo de uma parceria do município de Extrema (MG) com essa mesma instituição. Sendo assim, as medidas propostas neste documento levam em conta as experiências de sucesso obtidas por esses dois projetos. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Estimular parcerias com instituições públicas e ONGs para garantir a viabilidade e aplicabilidade do projeto, principalmente nas atividades de campo focadas nos pequenos e médios produtores rurais;
- Incentivar o comprometimento por parte das prefeituras e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Acaraú a utilizar os mecanismos de gestão previstos na legislação, garantindo assim uma boa execução do projeto de PSA;
- Proporcionar a comunicação eficiente entre as instituições envolvidas e que estabeleceram parceria para tal finalidade, o Comitê da Bacia Hidrográfica do Acaraú, parceiros e a população local;



- Elaborar projetos que busquem diagnosticar e ampliar o conhecimento técnico e científico sobre as condições locais, a fim de permitir um melhor gerenciamento das atividades contempladas no projeto de PSA, de acordo com as condições específicas identificadas.

5.3.3 Ampliação da base de dados e informações

Diante da necessidade de sempre se buscar uma melhor gestão e planejamento dos recursos hídricos preza-se pela ampliação e atualização dos dados disponíveis, adquirindo assim novas fontes e banco de dados à medida que novas tecnologias e modelos permitam, a exemplo de produtos com resoluções mais refinadas, como uma rede hidrográfica mais detalhada, devido ter-se usado um MDE com maior resolução espacial. Dados atualizados e em escala adequada são essenciais para elaborar projetos, diagnósticos e planos de ação, dentre outros estudos. Ademais, a organização e disponibilização adequada desses dados evita que recursos e tempo sejam desperdiçados pela falta de informação sobre dados já existentes.

Além disso, a disponibilização e distribuição desse tipo de informação favorece os usuários, que passam a ter consciência da realidade ambiental em que estão inseridos. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Realizar um levantamento e revisão dos dados disponíveis, identificando assim quais informações precisam ser prioritariamente atualizadas;
- Disponibilizar softwares adequados e atualizados para todos os órgãos públicos responsáveis por tais informações, pois são necessários à elaboração dos mapas temáticos utilizados em pesquisas, elaboração de projetos e estudos ambientais. Dessa maneira, a Cogerh, Funceme e Ipece, por exemplo, poderão atualizar seus mapas temáticos e elaborar novos quando necessário, utilizando-se de softwares e mecanismos de ponta, desenvolvendo produtos que retratam, com cada vez mais precisão, a realidade ambiental do estado;
- Distribuir materiais impressos e em formato digital para as partes interessadas, como funcionários de prefeituras e gestores, bem como para os agentes causadores de impactos negativos nos reservatórios, como produtores agrícolas e pecuaristas;

- Estudar a necessidade de ampliação da rede fluviométrica e pluviométrica, buscando uma maior densidade de dados disponíveis para estudos futuros.

5.3.4 Intensificação dos acordos com universidades e de incentivos acadêmicos

O envolvimento da comunidade científica é um ponto importante no estudo dos problemas locais e na elaboração de medidas para solucioná-los. Aproveitar e criar parcerias com pesquisadores e alunos de universidades da região é algo de interesse mútuo, tanto para a universidade, quanto para os atores envolvidos, que podem ser os gestores ou a população que sofre com os impactos ambientais.

Pesquisas relacionadas às boas práticas agrícolas, otimização do uso da água, adaptabilidade de culturas, combate à erosão e manejo do solo, quando focadas na região do semiárido, são instrumentos importantes no alcance de melhores soluções que visem minimizar os impactos das atividades produtivas locais. Não obstante, ao mesmo tempo em que se buscam soluções para os problemas, amplia-se o conhecimento disponível, colaborando assim para um melhor entendimento da problemática e estimulando a troca de informações. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Incentivar a atuação de pesquisadores nas áreas impactadas da Bacia do Acaraú;
- Buscar o envolvimento de estudantes através de bolsas de iniciação científica, projetos de extensão e trabalhos de conclusão de curso que abordem soluções para os problemas identificados na região de estudo;
- Organizar minicursos e palestras ministradas por membros da comunidade acadêmica, com o objetivo de informar a população em geral, bem como aos gestores, como funcionários municipais, acerca das problemáticas ambientais e sociais locais;
- Promover apresentações periódicas dos trabalhos realizados pelas universidades para os gestores e funcionários da Cogerh, de modo a manter uma ponte de atualização entre ambas as instituições e facilitar a criação de novas ideias e projetos.

5.3.5 Proteção das zonas de recarga de aquíferos

A proteção das zonas de recargas de aquíferos pode ser vista a partir da ótica da poluição a que estes estão sujeitos, através da infiltração de líquidos poluentes e, quanto à recarga, de modo a garantir a disponibilidade hídrica para os usos os quais estão resignados (SRH, 2005).

O manejo inadequado do solo é um dos principais causadores da degradação da qualidade da água e da perda de capacidade de recarga dos aquíferos. O uso inadequado do solo em atividades produtivas, como agricultura e pecuária, pode provocar a poluição das águas subterrâneas e comprometer o processo de infiltração da água no solo, causando um rebaixamento dos níveis piezométricos.

Nesse sentido, a qualidade das águas subterrâneas depende fortemente do emprego de técnicas e medidas que visam boas práticas edafambientais, que minimizem os impactos causados pela erosão hídrica e pela sedimentação (FREITAS, 2005). A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Estimular a utilização de sistemas conservacionistas adaptados às regiões semiáridas, como o plantio direto, a integração lavoura-pecuária-floresta e os sistemas agroflorestais;
- Planejar o uso do solo, que deve prever a manutenção das áreas de recarga de aquíferos, total ou em grande parte, livres. Tais áreas deverão ser destinadas apenas para usos leves, tais como recreação e preservação paisagística ou para outros usos que apresentem baixas taxas de ocupação, com no máximo de 10 a 20% da área total;
- Promover estudos sobre as características pedológicas, geológicas e da vegetação, bem como estudos hidrológicos locais, a fim de entender melhor a complexa dinâmica que envolve a recarga subterrânea;
- Estimular o afastamento, vertical e horizontal, adequado das fontes de poluição, como fossas no solo, lagoas de estabilização, aterros sanitários e cemitérios;
- Incentivar o envolvimento de uma equipe multidisciplinar capaz de elaborar um Diagnóstico Ambiental detalhado das zonas de recarga de aquíferos;
- Promover uma gestão participativa, que mobilize a população local em torno das ações propostas.

5.3.6 Controle da erosão

A erosão do solo, especialmente em áreas próximas às bacias hidráulicas dos reservatórios, proporciona o aumento de sedimentos carregados para os corpos d'água, acarretando no assoreamento e na redução das profundidades, agravando, portanto, os problemas com as inundações e a deterioração da qualidade das águas.

Para controlar a erosão é necessário compreendê-la, a fim de desenvolver estratégias capazes de atacar as causas e evitar concentrar esforços sobre efeitos ou partes menos importantes do problema. Nesse sentido, a retirada da vegetação nativa é um dos principais fatores que propiciam esse processo na região, sendo, portanto, necessárias medidas que preservem e recuperem essa vegetação, como proposto no PRODHAM, Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental, discutido em SRH (2010). A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação, baseadas nas contribuições advindas das práticas aplicadas e preconizadas pelo PRODHAM:

- Promover a preservação e ou recuperação das matas ciliares dos açudes e cursos d'água;
- Reflorestar e recuperar a vegetação nativa no entorno dos reservatórios, como também nas encostas dos vales adjacentes;
- Incentivar o uso de práticas conservacionistas, como o plantio em curvas de nível e a revegetação de áreas desmatadas, para minimizar a incidência dos processos erosivos;
- Realizar modelagens hidrodinâmicas e sedimentológicas, tanto para prevenir a erosão quanto para controlá-la;
- Estimar as zonas com maior vulnerabilidade à erosão, a partir de análise de fatores ambientais e antrópicos, como relevo, solos, clima, vegetação, ocupação urbana, uso e manejo das terras.

5.3.7 Disposição adequada de resíduos sólidos

A ocupação do entorno dos reservatórios por comunidades lindeiras, que sobrevivem da pesca artesanal, dos cultivos de vazante, da piscicultura e da criação de gado é comumente observada, visto que a água é fator fundamental no desenvolvimento dessas atividades. Entretanto,

esse adensamento populacional às margens dos açudes acarreta em problemas referentes à disposição inadequada de resíduos sólidos, como o mau acondicionamento de lixo doméstico, que acaba sendo lixiviado e carreado para dentro dos reservatórios, além do lançamento de efluentes domésticos diretamente nos corpos d'água.

A poluição de origem doméstica é um dos principais fatores de degradação da qualidade da água nos reservatórios. Nesse sentido, é necessário garantir que os serviços de saneamento básico cheguem a essas localidades, além de ser feita gestão junto aos órgãos competentes para que haja uma fiscalização eficiente, visando identificar conexões ilegais. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes dessa ação:

- Estimular a ampliação do saneamento básico por parte das prefeituras dos municípios onde se situam as localidades carentes desse serviço;
- Verificar o cumprimento do plano de resíduos sólidos dos municípios que compõem a área da bacia hidrográfica de cada um dos 5 açudes analisados;
- Requerer aos órgãos competentes para intensificar a fiscalização, com o objetivo de coibir conexões ilegais de esgoto na rede de drenagem;
- Estabelecer mecanismos para melhorar o acondicionamento do lixo nas vias públicas;
- Implantar projetos de coleta seletiva de resíduos sólidos, juntamente com a realização de palestras educativas, para conscientizar a população sobre a importância de evitar danos ambientais e à saúde derivados da disposição irregular de tais resíduos;
- Estabelecer parcerias entre os catadores de materiais recicláveis e as prefeituras, estimulando-os na coleta, seleção e posterior venda dos materiais às indústrias que fazem a reciclagem desses resíduos;
- Implantar projeto de educação ambiental voltado a reduzir o volume dos resíduos gerados;
- Implantar projeto de educação ambiental voltado a evitar a prática da queima de lixo;
- Requerer junto às prefeituras municipais a definição de um calendário de coleta de lixo doméstico nessas áreas;

- Estimular a cooperação com o poder público e indústrias de pequeno porte na instalação de sistemas de tratamento de despejos e também para fiscalizar a destinação de seus resíduos sólidos, já que essa relação é benéfica tanto para a fábrica quanto para a população.

5.3.8 Incentivo ao manejo adequado da biodiversidade diante das atividades produtivas

Ao longo dos anos, fortaleceu-se a crença de que a caatinga é uma região pobre em recursos e em diversidade de fauna e flora. No entanto, cientificamente, sabe-se que essa informação é totalmente equivocada, sendo a caatinga um bioma possuidor de uma grande biodiversidade, com muitas espécies endêmicas (BRASIL, 2003).

Atualmente, a biodiversidade da caatinga sofre uma grande pressão, competindo por espaço e recursos com as principais atividades produtivas da região, como a pecuária e a agricultura. Assim, áreas que costumavam ser refúgios para muitas espécies encontram-se ocupadas, principalmente, por gado e pastagens, como ocorre no entorno de lagoas e regiões mais úmidas, o que faz com que a fauna e flora local sofram perdas significativas em suas populações.

Além disso, os organismos sofrem com desequilíbrios ambientais causados nos ecossistemas, como a compactação do solo, introdução de espécies invasoras e a eutrofização dos corpos d'água. Portanto, cada vez mais se faz necessária a criação de incentivos ao correto manejo e desenvolvimento de estratégias de conservação, visando conciliar as práticas produtivas com a manutenção da biodiversidade nativa. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes dessa ação:

- Fomentar pesquisas específicas sobre o bioma caatinga, objetivando a identificação de locais com importância científica, e que, portanto, devem ser áreas prioritárias para conservação;
- Prover assistência técnica e profissional aos produtores, a fim de estimular a adoção de medidas de manejo sustentável;
- Incentivar pesquisas que busquem catalogar a fauna e a flora local, a fim de se obter mais informações sobre a biodiversidade desse bioma;
- Atualizar a lista das espécies ameaçadas de extinção na caatinga;

- Promover a proteção das áreas estratégicas para refúgio e reprodução das espécies nativas;
- Incentivar o plantio de espécies para pasto que sejam adequadas e adaptadas tanto ao semiárido, como também à biodiversidade local;
- Desenvolver mecanismos que visem conciliar as práticas agropecuárias com a proteção da biodiversidade, como os Sistemas Agroflorestais;
- Incentivar a introdução de disciplinas e assuntos ligados a agrossilvicultura e sistemas florestais nas escolas técnicas locais;
- Fomentar estudos mais detalhados sobre a capacidade de suporte dos pastos nativos, evitando assim o desequilíbrio da biodiversidade local, como a disseminação de espécies invasoras;
- Exigir e fiscalizar o cumprimento da Reposição Florestal Obrigatória por parte dos usuários de matérias-primas de origem florestal;
- Incentivar os produtores a adotar um manejo adequado das espécies, através de acompanhamento técnico e palestras educativas, dentre outras medidas.

5.3.9 Incentivo ao engajamento e sustentabilidade das populações rurais

A correta aplicação de medidas não estruturais nas áreas de entorno dos reservatórios depende fortemente de um engajamento das populações rurais, que são os principais agentes atuantes na região. Logo, o desenvolvimento de uma consciência voltada à sustentabilidade nas comunidades rurais torna-se essencial.

Essas comunidades encontram-se muitas vezes isoladas, sem acesso à educação adequada e serviços públicos, como coleta de resíduos sólidos e esgotamento sanitário. Consequentemente, não há um embasamento ou conhecimento para aplicação de técnicas adequadas em suas atividades de subsistência, que basicamente consistem em pequenos cultivos e criações de gado no entorno dos reservatórios. Logo, ações visando ao empoderamento comunitário, como executado no projeto PRODHAM (SRH, 1999), colaboram para estabelecer uma gestão mais participativa, propiciando uma maior capacitação dos moradores dessas áreas. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Obter informações sobre as comunidades locais, como número de famílias, número de moradias existentes, principais reclamações, associações existentes e projetos em execução, entre outras, com a finalidade de elaborar um diagnóstico da situação atual dessas comunidades;
- Realizar parcerias entre a Cogeh, a Funceme, a Sohidra e os representantes das comunidades locais, visando a colaboração recíproca entre as partes interessadas, contribuindo para destacar o papel desses atores, considerados muitas vezes indivíduos socialmente vulneráveis, na gestão participativa das águas. Dessa maneira, essa mesma parcela da população terá melhores condições para participar ativamente das decisões tomadas pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Acaraú e poder público em geral;
- Realizar reuniões entre os profissionais responsáveis por projetos de conservação ambiental desenvolvidos nas áreas de influência dos reservatórios e os líderes das comunidades, a fim de conscientizá-los e sensibilizá-los sobre a importância de medidas de preservação ambiental, incentivando assim um maior comprometimento com os projetos;
- Capacitar os produtores locais em conhecimentos sobre contabilidade e gestão, colaborando para uma otimização dos seus recursos e melhor entendimento das estratégias governamentais para a região;
- Incentivar a inclusão social de mulheres e minorias, promovendo o engajamento desses indivíduos como atores fundamentais no sucesso dos projetos voltados à recuperação de matas ciliares e de melhoria da qualidade ambiental da área em que vivem;
- Desenvolver oficinas para capacitação e conscientização da população sobre sua responsabilidade na preservação do meio ambiente em que está inserida.

5.3.10 Incentivo a medidas de combate à desertificação

Atividades como a pecuária extensiva, agricultura e extrativismo vegetal, aliadas ao pouco conhecimento de técnicas sustentáveis e otimizadas, acabam gerando uma considerável degradação no ambiente.

Entre as causas da desertificação está a erosão do solo, que propicia o aumento dos processos de sedimentação na Bacia do Acaraú. Além disso, a supressão vegetal, intrínseca a esse processo, resulta em um solo exposto às intempéries. Esses fatores combinados atuam aumentando o risco de desertificação dessas áreas.

Incentivar medidas que evitem a expansão de áreas desertificadas ou susceptíveis à desertificação são essenciais para a manutenção do equilíbrio ambiental local e para a viabilidade dessas terras na realização de atividades produtivas. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Elaborar estudos que atuem na identificação de áreas susceptíveis à erosão, apontando alternativas de uso que sejam atrativas do ponto de vista socioeconômico, mas que também respeitem as limitações ambientais;
- Incentivar campanhas de reflorestamento com espécies nativas;
- Disponibilizar assessoria técnica a instituições, comunidades e grupos interessados em se capacitar sobre técnicas que propiciem um adequado manejo dos recursos naturais locais, principalmente do solo;
- Intensificar a fiscalização das indústrias e empresas atuantes nas áreas degradadas, a fim de se fazer cumprir as leis de proteção ambiental vigentes;
- Incentivar pesquisas sobre os impactos ambientais no semiárido, objetivando a otimização de técnicas de manejo do solo, água, mineração e biodiversidade;
- Promover debates e workshops sobre o tema, visando a difusão do conhecimento e discussões sobre soluções viáveis para conter ou evitar o avanço dessas áreas, bem como que promovam sua recuperação.

5.3.11 Proteção e recuperação de áreas de preservação permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) possuem diversas funções ambientais, pelo fornecimento de bens e serviços relevantes para a população, que estão relacionados à regularização da vazão, retenção de sedimentos, conservação do solo, recarga do lençol freático, biodiversidade, etc. (BORGES *et al.*, 2011).

A conservação das APPs é um aspecto relevante na gestão de bacias hidrográficas, uma vez que essas áreas, com a sua cobertura vegetal protegida, exercem um efeito tampão, diminuindo o carreamento de substâncias e elementos para os corpos d'água (TUNDISI *et al*, 2006). Adicionalmente, a vegetação das APPs age fornecendo sombreamento para a bacia hidráulica, o que controla a temperatura e melhora o habitat das comunidades aquáticas, funcionando como fonte de nutrientes para os organismos aquáticos e silvestres e exercendo a função de filtro de sedimentos, material orgânico, fertilizantes etc., que podem impactar significativamente os corpos de água e as águas subterrâneas (BRASIL, 2011).

Apesar de se tratarem de espaços protegidos por lei, essas áreas são alvos constantes de interferências humanas, sendo comumente desmatadas no intuito de serem utilizadas para criação de gado, plantios agrícolas, ocupação humana, entre outros usos. Diante disso, é necessária a aplicação de medidas que visem proteger ou recuperar as APPs dos reservatórios e cursos d'água inseridos nas suas áreas de influência, a fim de garantir a manutenção da qualidade ambiental da área. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Realizar pesquisas específicas sobre áreas de APPs, que incluam visitas de campo aos locais e utilizando, por exemplo, estudos que retratem e abordem os problemas encontrados nessas áreas, como os IVAs elaborados no âmbito deste PSH. Dessa forma, consegue-se obter informações detalhadas a respeito do uso de terra, tipo de solo, vazão do curso d'água e população residente nessas áreas, tanto nos núcleos urbanos como nas áreas rurais;
- Levantar informações sobre a evolução dos problemas na bacia ao longo dos anos, com ênfase nos aspectos relacionados a desmatamentos e formas de uso do solo que aceleram os impactos identificados atualmente, localizando as origens econômicas e sociais envolvidas;
- Buscar mecanismos para definição de mais de uma faixa de proteção aos corpos hídricos, como faixas de primeira e segunda categoria, de acordo com suas particularidades, já que no Código Florestal, de forma generalizada, não são levadas em consideração: fisionomia da vegetação, estado de degradação da área, tipo do solo, declividade, comprimento da vertente etc., características que influenciam diretamente na eficiência da mata ciliar;
- Realizar a recuperação das Áreas de Preservação Permanente quando estas encontrarem-se degradadas, por meio de métodos como regeneração natural, plantio direto e nucleação;

- Limitar o acesso às Áreas de Preservação Permanente, desde que haja observância ao artigo 9º da Lei 12.651/2012 (Código Florestal), onde afirma-se que o acesso a essas áreas deve acontecer apenas para obtenção de água e realização de atividades de baixo impacto ambiental. No entanto, é importante encontrar formas de cumprir essa determinação legal e, ao mesmo tempo, delimitar fisicamente as APPs dos reservatórios, haja vista que os excrementos dos animais contribuem significativamente para a eutrofização dos reservatórios. A construção de bebedouros fora das APPs e a manutenção de alguns estreitos acessos à água poderão ser indicados como alternativas para a obtenção de água;
- Prover assessoria técnica para os pequenos agropecuaristas, com a finalidade de orientá-los sobre o desenvolvimento de práticas sustentáveis, evitando pressões sobre as matas ciliares.

5.3.12 Promoção do macrozoneamento ambiental das bacias hidrográficas

Na região de estudo, que consiste nas áreas de influência dos 5 reservatórios da Bacia do Acaraú estudados quanto à qualidade de suas águas, foram identificadas ocupações e práticas irregulares que podem impactar potencialmente a qualidade da água dos reservatórios. Diante disso, a promoção de um macrozoneamento adequado caracteriza-se como um instrumento importante para o planejamento local e para a tomada de decisão, servindo de base também para a elaboração de políticas públicas.

As considerações aqui sugeridas são baseadas no capítulo de Ações Não Estruturais do PLANERH - Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos (SRH, 2005), em que o macrozoneamento ambiental do território de bacias hidrográficas também configura como uma ação sugerida. No estudo citado, adotou-se como critério básico para a indicação de áreas preferenciais para o desenvolvimento das atividades econômicas a capacidade de absorção dos impactos ambientais causados por estas atividades.

O zoneamento deve incluir os interesses das comunidades locais, as exigências legais e dar prioridade à sustentabilidade das ações. A seguir, apresentam-se alguns aspectos que devem ser considerados na elaboração do macrozoneamento dos 5 reservatórios da Bacia do Acaraú:

- Comprometimento atual dos recursos hídricos, em termos quantitativos e qualitativos;

- Qualidade desejada para os recursos hídricos (enquadramento de acordo com os seus usos preponderantes);
- Capacidade dos cursos e mananciais d'água na assimilação de cargas poluidoras (capacidade de autodepuração e carga poluidora que pode ser adicionada);
- Fontes de poluição existentes (tipos, estimativa das cargas poluidoras e reduções que podem ser obtidas);
- Áreas ambientais especiais (áreas de encostas, de recarga de aquíferos, faixas de proteção dos recursos hídricos etc.);
- Áreas de importância ecológica, paisagística ou de valor histórico-cultural;
- Existência ou não de infraestrutura sanitária (coleta e tratamento de efluentes domésticos, hospitalares e industriais);
- Coleta e destino final de resíduos sólidos;
- Características naturais da região (clima, solo, vegetação, geologia, topografia etc.);
- Impactos ambientais associados aos diferentes tipos de uso dos solos.

De acordo com as variáveis ambientais identificadas nas bacias e sub-bacia hidrográficas objetos de estudo, devem ser definidas as áreas indicadas ou não para ocupação, que podem ser classificadas com base nas seguintes categorias:

- Áreas de alta criticidade: são áreas que encontram-se saturadas em termos de capacidade de assimilação de poluentes e de ocupação, além de apresentarem elevada dinâmica de desenvolvimento, o que contribui para agravar as suas condições ambientais futuras;
- Áreas de média criticidade: são áreas que apresentam capacidade de assimilação de poluentes e de ocupação não muito comprometidas, podendo ser classificadas como áreas de desenvolvimento futuro;
- Área de baixa criticidade: são áreas que apresentam capacidade de assimilação de poluentes e de ocupação pouco comprometidas, devendo ser classificadas como áreas de desenvolvimento das atividades econômicas;

- Áreas especiais: são áreas que apresentam características que requerem a sua proteção (áreas de encostas, áreas marginais a cursos e mananciais d'água, áreas de nascentes, manguezais, dunas etc.);
- Áreas tampão: são áreas que independentemente das suas condições atuais, configuram-se como críticas, em função de sua posição relativa na bacia.

Por fim, devem ser estabelecidas as diferentes categorias de usos de solo, incluindo-se:

- Áreas urbanas e de expansão urbana;
- Áreas industriais (destinadas à localização de indústrias com potencial poluidor de médio a elevado);
- Áreas prioritariamente agrícolas (condições favoráveis de solos e relevo);
- Áreas de produção pecuária;
- Áreas de reflorestamento e de preservação (áreas com declividades acentuadas, nascentes e etc);
- Áreas de preservação permanente de cursos e mananciais d'água;
- Áreas de Unidades de Conservação da Natureza (parques, reservas florestais etc.) definidas por lei;
- Áreas institucionais pertencentes ao Estado ou à União, com uso específico.

5.3.13 Educação Ambiental

A Gestão de Águas deve ser considerada a partir de uma visão sistêmica, na qual se considera a interação de elementos e relações de processos naturais e sociais (DIÓGENES, 2011). Dessa forma, o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser feito de forma a garantir o respeito às diferentes formas de vida e de cultura, utilizando estratégias democráticas e de interação para estimular o desenvolvimento sustentável.

Sob essa perspectiva, a Educação Ambiental (EA) se mostra como uma ferramenta básica da gestão ambiental que deve propor estratégias pedagógicas, cujo papel é fortalecer o viés ambiental das políticas públicas de recursos hídricos, assegurando o compromisso com o

desenvolvimento sustentável e com o aprofundamento democrático na Gestão de Águas (BRASIL, 2011).

A EA deve ser promovida de forma contínua, visando implementar atividades de conscientização e informação para a comunidade em geral, de forma a buscar a integração entre os segmentos sociais envolvidos: escola - comunidade - governo - empresas, com o fim de envolver a todos em seu processo educativo. Dessa forma, os diversos setores devem ser capacitados para atuar como Agentes Ambientais, multiplicando esse conhecimento em suas comunidades. Para isso, a realidade local deve ser levada em consideração e seus aspectos históricos, culturais e sociais devem ser reconhecidos, a fim de garantir que os objetivos sejam alcançados, respeitando as diversas formas culturais e suas respectivas pretensões e possibilidades.

De maneira específica, a EA deve ser proposta visando:

- Tornar-se tema abordado nas escolas dos municípios pertencentes às bacias hidrográficas dos reservatórios, com sua inserção no currículo escolar;
- Difundir os conceitos de responsabilidade ambiental e de uso econômico dos recursos naturais, no caso específico, a água, de forma não predatória e ecologicamente correta;
- Envolver a população local nos projetos de monitoramento e recuperação ambiental.

Educação Ambiental nas escolas

A EA deve ser inserida nas escolas com o objetivo de motivar, informar e educar a comunidade escolar sobre o seu ambiente local e sobre as relações de interdependência existentes nos ecossistemas, além de desenvolver um senso crítico no que se refere às questões ambientais e de usos da água. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Realizar um levantamento geral e triagem de informações existentes a respeito de práticas de EA desenvolvidas nas escolas de ensino básico situadas em comunidades localizadas nas áreas de influência dos reservatórios;
- Elaborar diagnóstico sobre a percepção dos alunos perante o meio ambiente, a fim de desenvolver conteúdos de EA adaptados à situação local;

- Incorporar o tema EA na rotina escolar, por meio de uma metodologia continuada e interdisciplinar, de forma a envolver estudantes, funcionários e professores de várias áreas do conhecimento;
- Desenvolver cursos de capacitação em temáticas ambientais para funcionários e professores, a fim de formar educadores que contribuam com o processo de ensino de práticas sustentáveis, incluindo assim, efetivamente, conhecimentos sobre a importância da conservação ambiental no dia-a-dia de aulas. Estes cursos devem passar, constantemente, por processos de auto avaliação, o que colabora para uma melhor compreensão das dificuldades e melhorias a serem implantadas;
- Desenvolver a interação no âmbito escolar entre alunos, professores e diretores, através da criação de programas que visem à conscientização ambiental, com ênfase em resíduos sólidos e preservação dos recursos hídricos;
- Desenvolver atividades educativas para os alunos, utilizando a mídia informativa (reportagens, documentários, filmes com temática ambiental, entre outras), como forma de diversificar e tornar atrativa a transmissão de conhecimento;
- Elaborar cartilhas e murais ecológicos com temas voltados a preservação ambiental;
- Realizar atividades artísticas com a reutilização de materiais descartados;
- Estimular a prática de aulas de interpretação socioambiental que envolvam caminhadas de reconhecimento nas regiões das áreas de contribuição hidrográficas, onde as escolas estão inseridas e visitas às propriedades rurais. Tais aulas têm como objetivo expor os aspectos relacionados aos impactos ambientais negativos, de forma a esclarecer sobre a complexidade das questões ambientais e a responsabilidade comum a todos na conservação dos recursos naturais;
- Introduzir a temática ambiental nas reuniões escolares entre pais e professores, com o intuito de sensibilização;
- Incentivar a colaboração mútua entre a comunidade acadêmica de ensino superior e a comunidade escolar de ensino básico, de modo a fortalecer as práticas de EA nas escolas e fomentar estudos que visem avaliar e melhorar as metodologias aplicadas.

Educação Ambiental não formal

A EA não formal ultrapassa os limites da comunidade escolar, buscando a integração entre os diversos setores sociais, de modo a dotar as comunidades de ferramentas participativas que auxiliem suas ações de conservação e recuperação do meio ambiente. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Realizar atividades de educação ambiental junto às comunidades diretamente localizadas nas APPs dos corpos hídricos, estimulando o manejo adequado dessas áreas;
- Realizar, periodicamente, seminários envolvendo os usuários de água e a comunidade local, visando uma maior conscientização sobre o uso adequado dos recursos hídricos, a valorização do Bioma Caatinga e a suspensão de práticas danosas ao meio ambiente, como o desmatamento, as queimadas e a caça;
- Realizar cursos de formação de educadores ambientais envolvendo professores de ensino básico, membros dos comitês de bacias hidrográficas, da Câmara de Vereadores e agentes da área ambiental e de educação, com o objetivo de fomentar a elaboração e execução de projetos que visem uma gestão ambiental pública municipal;
- Desenvolver Programas de EA aliados ao apoio técnico para pequenos irrigantes nas comunidades agrícolas, com o fim de subsidiar o desenvolvimento de uma consciência afinada com a sustentabilidade das atividades rurais na região, incluindo o manejo adequado dos solos e dos recursos hídricos;
- Incentivar a comunidade a realizar a coleta seletiva de resíduos sólidos, orientando sobre a possibilidade de comercialização dos resíduos para empresas recicladoras;
- Realizar capacitações sobre assuntos ligados à temática ambiental para equipes intersetoriais compostas por técnicos dos setores de saúde, agricultura, educação e meio ambiente, através de metodologias participativas que possibilitem auxiliar na construção coletiva de uma conscientização ambiental.

5.3.14 Controle da pesca artesanal

A pesca artesanal exerce o papel de atividade de subsistência para muitas comunidades tradicionais que vivem no entorno dos reservatórios. Ela serve como fonte de alimentação e de

mercadoria utilizada para troca por outros produtos necessários à sobrevivência ou como fonte de emprego e renda direta ou indireta.

Em relação aos impactos relacionados a essa atividade, tem-se o despejo inadequado de resíduos oriundos da pesca (principalmente restos de peixes) nos reservatórios, e a sobrepesca, que é a retirada de uma espécie do seu habitat em grande quantidade em um período curto de tempo. A seguir, apresentam-se algumas medidas que amenizam os impactos causados por essa atividade:

- Regularizar a situação dos pescadores informais, incentivando-os a regularizarem-se perante a Cogeh, com a obtenção da carteira de pescador;
- Monitorar a quantidade de pescado, bem como os métodos de pesca utilizados, a fim de evitar a pesca predatória e, assim, a redução drástica de espécies nos açudes;
- Fiscalizar o despejo irregular de resíduos orgânicos, principalmente restos de peixes nas margens dos reservatórios.

5.3.15 Incentivo ao manejo adequado da agricultura

Tradicionalmente, a agricultura praticada na região semiárida é itinerante, onde o agricultor, geralmente sem nenhum conhecimento técnico, após plantar em uma área por um curto período de tempo, desmatando-a, degradando seu solo e tornando-a improdutiva, desloca-se para outra área repetindo o mesmo processo, abandonando a primeira. Essa prática tem sérias consequências ambientais, impactando solos, biodiversidade e recursos hídricos, por exemplo, se caracterizando como um sistema de baixa eficiência e rendimento. Adicionalmente, a agricultura irrigada também causa impactos consideráveis, já que quando não acompanhada de técnicas adequadas, pode causar salinização e erosão do solo, muitas vezes carreando agrotóxicos para os corpos d'água, colaborando para o processo de eutrofização.

Diante disso, medidas que visam a incentivar o correto manejo da agricultura, seja de sequeiro ou irrigada, são importantes para mitigar a degradação ambiental, além da importância de capacitar e informar os agricultores sobre técnicas otimizadas e sustentáveis, diminuindo assim o potencial gerador de impactos das atividades. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Incentivar a utilização de técnicas adequadas de irrigação para cada tipo de cultura, visando diminuir o volume de água utilizado no processo;
- Promover o uso de variedades adaptadas ao semiárido e mais resistentes às adversidades climáticas locais;
- Incentivar as ações de iniciativa pública ou privada que capacitem os agricultores sobre técnicas e habilidades gerenciais;
- Implementar projetos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA);
- Incentivar a adoção de medidas de manejo racional do solo e da água, diminuindo assim a intensidade dos processos erosivos;
- Fiscalizar e regular o uso de agrotóxicos e fertilizantes, bem como sua produção, comercialização e disposição de suas embalagens, visando o cumprimento da legislação federal vigente;
- Incentivar o controle biológico de pragas, com o objetivo de diminuir a necessidade do uso de agrotóxicos;
- Incentivar o desenvolvimento de pesquisas agrícolas visando a obtenção de soluções alternativas para diminuir o uso excessivo de agrotóxicos, estando estas centradas, principalmente, no controle biológico de pragas, no controle biogenético e no controle integrado;
- Criar linhas de crédito especiais aos produtores que adotem técnicas sustentáveis de produção;
- Intensificar a fiscalização com o objetivo de identificar práticas agrícolas localizadas ilegalmente em APPs de açudes e cursos de água, principalmente nas áreas de influência dos reservatórios objeto deste estudo.

5.3.16 Controle da pecuária bovina

Em função das condições edafoclimáticas desfavoráveis à manutenção de cultivos agrícolas durante todo o ano, a pecuária tem se constituído ao longo do tempo como uma das principais atividades produtivas de base familiar no semiárido brasileiro.

A atividade pecuária requer a aplicação frequente de altas doses de fertilizantes, muitas vezes na tentativa de restaurar um solo já esgotado devido ao uso de práticas rudimentares de manejo, e de agrotóxicos, destinados a evitar a proliferação de pragas. Além disso, é comum o uso de rações com altas concentrações de nutrientes. Nesse sentido, com as chuvas, uma grande quantidade de matéria orgânica, agrotóxicos e outros elementos são carregados para os reservatórios localizados nas adjacências dessas áreas, provocando a degradação da qualidade da água.

Para evitar prejuízos dessa natureza é preciso que haja uma preocupação maior com as atividades agropecuárias que estão sendo desenvolvidas próximas aos reservatórios. Medidas de conservação ambiental relacionadas à proteção do solo, sobretudo quando da ocorrência de chuvas intensas, são indispensáveis para a preservação dos recursos hídricos dessas regiões (SILVA *et al.*, 2013). A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Promover o manejo adequado do solo, de acordo com a sua capacidade de uso e suporte;
- Estimar a lotação ideal das áreas, aplicando uma densidade de bovinos que seja coerente com o porte e o tipo do pasto no local, e promovendo também períodos de descanso para a pastagem, a fim de evitar o superpastejo;
- Promover o uso adequado de agrotóxicos e fertilizantes;
- Incentivar a instalação de bebedouros para dessedentação do gado fora das APPs, de modo a evitar o aporte de matéria orgânica oriunda dos excrementos dos animais nos reservatórios;
- Adotar alternativas de suplementação alimentar dos rebanhos nos períodos secos;
- Implementar linhas de crédito para os pequenos produtores que estejam vinculados aos programas de assistência técnica e de educação ambiental;
- Avaliar as diversas raças de gado bovino existentes, visando identificar e selecionar genótipos mais produtivos nas condições de semiaridez;
- Preservar raças/ecótipos nativos;
- Avaliar o potencial local para a apicultura e outros usos, a fim de se criar alternativas à pecuária bovina, colaborando para evitar a superexploração das áreas de pastos;

- Retirar estruturas como currais e bebedouros, utilizados na criação de gado bovino, que estejam dentro da APP.

Dentre os reservatórios que tiveram o Inventário Ambiental de Açudes elaborado no âmbito deste Plano de Segurança Hídrica, indica-se que as práticas sugeridas neste item sejam aplicadas prioritariamente nas áreas de contribuição hidrográfica dos reservatórios Acaraú Mirim, Araras, São Vicente e Taquara.

5.3.17 Redução da carga orgânica advinda de piscicultura

A piscicultura é uma atividade potencialmente poluidora. Dentre os impactos causados por essa atividade destaca-se a elevada concentração de nutrientes e de matéria orgânica provenientes da ração não consumida e dos excrementos dos peixes, o que colabora para degradar a qualidade da água dos reservatórios. O aporte significativo desses elementos pode levar ao excesso de fitoplâncton e à baixa concentração de oxigênio dissolvido, condições que propiciam a eutrofização do corpo hídrico.

Quando realizada em viveiros, a elevada concentração dessas substâncias leva também à alta concentração de amônia e a condições insatisfatórias do sedimento de fundo (BOYD e QUEIROZ, 2004). Nesses sistemas, apesar da troca da água não acontecer de maneira assídua, periodicamente se faz a liberação de parte do volume para pequenas renovações.

Desse modo, tem-se a necessidade de se elaborar medidas para o controle da carga orgânica proveniente da atividade, de modo que esta não provoque a deterioração da qualidade do solo e dos recursos hídricos a jusante. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes do programa em questão:

- Estimar a quantidade ideal de tanques redes nos reservatórios, de acordo com sua capacidade de suporte, levando em consideração a variação no volume no manancial;
- Adotar um sistema de avaliação de consumo de ração efetivo, a fim de alimentar os peixes somente com o estritamente necessário, para reduzir a perda de nutrientes no ambiente, o que provoca sua contaminação;
- Usar fertilizantes para promover o aumento de fitoplâncton somente em viveiros, e não nos reservatórios, por não ser possível controlar seu crescimento;

- Obter maior controle na forma como é realizada a renovação da água nos viveiros, visto que a parte liberada escoo diretamente no solo, atingindo os reservatórios.

Dentre os reservatórios que tiveram o Inventário Ambiental de Açudes elaborado no âmbito deste Plano de Segurança Hídrica, indica-se que as práticas sugeridas neste item sejam aplicadas prioritariamente nas áreas de contribuição hidrográfica do reservatório Araras.

5.3.18 Incentivo ao manejo adequado das áreas de extração de areia

A extração de areia destina-se, principalmente, ao suprimento das demandas do setor industrial e de construção civil. No entanto, trata-se de uma das atividades que causa maior degradação ambiental, pois acarreta modificações significativas no ambiente.

Dentre os fatores causadores de impacto ambiental negativo relacionados à extração de areia, ressalta-se a retirada da vegetação. Alguns efeitos provenientes da retirada da cobertura vegetal são o assoreamento e a poluição dos corpos hídricos, visto que sem a vegetação há uma maior facilidade na entrada de elementos nos reservatórios. Além disso, existem impactos sobre os ecossistemas, como a perda de biodiversidade e a fragmentação de habitats.

As áreas de extração de areia identificadas nas bacias hidrográficas objetos de estudo, através das campanhas de campo, não se tratam de grandes empreendimentos, mas sim de pequenas áreas onde a atividade é realizada de maneira rudimentar.

De modo geral, a aplicação de medidas de fiscalização pelo Poder Público, através de seus órgãos de controle e proteção ambiental, é essencial para amenizar os impactos relacionados a atividade. A seguir, apresentam-se algumas medidas constituintes desta ação:

- Fazer gestão junto ao órgão ambiental competente para intensificar as ações de fiscalização, com o objetivo de identificar empreendimentos de mineração sem o necessário licenciamento ambiental ou que não estejam cumprindo as condicionantes estabelecidas na licença ambiental;
- Fiscalizar o cumprimento dos programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos previstos pelo Estudo de Impacto Ambiental dos empreendimentos de mineração.

Dentre os reservatórios que tiveram o Inventário Ambiental de Açudes elaborado no âmbito deste Plano de Segurança Hídrica, indica-se que as práticas sugeridas neste item sejam aplicadas prioritariamente nas áreas de contribuição hidrográfica dos reservatórios Acaraú Mirim, Araras e Taquara.

5.3.19 Manejo e fiscalização das Unidades de Conservação

Grande parte das Unidades de Conservação (UCs) apresentam problemas em seu território, sejam administrativos ou ambientais. Não obstante, comumente encontram-se desconformidades entre as atividades realizadas nas UCs e o que é garantido pela legislação vigente, sendo necessária uma maior fiscalização dos usos permitidos. Além dos problemas já listados, também é comum nas Unidades de Conservação a invasão por bovinos, criação de garimpos, contaminação da reserva hídrica da UCs por carga orgânica oriunda de resíduos sólidos e agrotóxicos, ocupações irregulares, caça predatória, queimadas e desmatamentos para retirada de lenha.

No que concerne à implementação dessas medidas, destacam-se como unidades criadas e geridas pelo Governo do Estado, na Bacia do Acaraú, UCs de uso sustentável, em que a conservação da natureza é conciliada com o uso sustentáveis dos recursos naturais, como APA da Bica do Ipu. Já a APA Serra da Ibiapaba e a APA Serra da Meruoca são consideradas UCs Federais. A seguir, apresentam-se medidas que amenizam os impactos causados por essa atividade:

- Utilizar os recursos financeiros oriundos da compensação ambiental na gestão das UCs, a fim de garantir a manutenção, regularidade e qualidade das atividades realizadas nas UCs, como trilhas, passeios a pé, passeios de barco etc.;
- Incentivar o uso das UCs como propagadoras de ações de conservação e sustentabilidade ambiental;
- Incentivar e capacitar as comunidades locais em atividades alternativas à caça e demais atividades predatórias, por provocarem a exploração indevida dos recursos naturais;
- Intensificar a fiscalização das UCs, com contratação de pessoal capacitado para identificar e impedir as atividades ilegais desenvolvidas nas UCs, como a caça predatória, que muitas vezes fomenta o comércio ilegal de fauna e flora nativa;

- Incentivar campanhas públicas de conscientização contra desmatamentos e queimadas, visando diminuir o extrativismo de lenha, a degradação do solo, o risco de incêndios e outras consequências danosas ao meio ambiente;
- Incluir nos projetos de educação ambiental executados nas UCs, caso ainda não tenham sido contempladas, temas que abordem e combatam atividades degradadoras do meio ambiente, como a disposição irregular de resíduos sólidos, a ocupação de APPs e o turismo predatório;
- Incentivar a implantação dos Planos de Manejo das Unidades de Conservação, com o objetivo de evitar o desenvolvimento de atividades não permitidas na área das UCs;
- Promover palestras, minicursos e atividades de cunho educacional nas comunidades que estão inseridas no território da UC e no seu entorno, objetivando a difusão do conceito de sustentabilidade e preservação ambiental;
- Monitorar a cobertura vegetal das UCs através de sensoriamento remoto.

Dentre os reservatórios que tiveram o Inventário Ambiental de Açudes elaborado no âmbito deste Plano de Segurança Hídrica, indica-se que as práticas sugeridas neste item sejam aplicadas prioritariamente nas áreas de contribuição hidrográfica dos reservatórios Acaraú Mirim, Araras e Jenipapo.

5.4 Gestão de Riscos

De acordo com a norma internacional de gestão de risco, ISO 31000:2009 *Risk management – Principles and guidelines*, o risco é definido como: “efeito da incerteza nos objetivos”. Efeito é um desvio do esperado, positivo ou negativo. Já a incerteza é um estado, mesmo que parcial, da deficiência das informações relacionadas a um evento, sua compreensão, seu conhecimento, sua consequência ou sua probabilidade (ABNT, 2009). E os objetivos, por sua vez, podem ter diferentes aspectos, como metas financeiras, de saúde, de segurança ou ambientais.

Ante os conceitos de risco, é perceptível o quão a Engenharia de Recursos Hídricos é uma área propícia ao risco, já que cada projeto resulta em produto único e é, durante sua fase de operação, alvo das mais diversas intempéries e imprevisibilidades com exigência de intervenção das instituições responsáveis.

Percebe-se que em todas as definições sempre há a associação de risco com incertezas e seus impactos. Os riscos devem ser quantificados através de três componentes distintos relacionados a impacto e probabilidade de ocorrência:

$$\text{Risco} = F(\text{Evento}, \text{Incerteza}, \text{Impacto})$$

Como já comentado, o conceito de risco apresenta-se em função da incerteza e efeito e, assim, permite sua análise com base no produto das duas variáveis que leva a sua ordem de grandeza. Conforme assinala Almeida (2004), “do ponto de vista epistemológico, não é possível obter valores de referência absolutos para adoção de riscos aceitáveis pela sociedade em cada caso, ou para determinados tipos de situações”. Focando na superação dessa dificuldade, prossegue o autor mencionando o que denomina de Riscos Socialmente Aceitáveis – RSA: “Para que a análise e a gestão do risco tenham uma estrutura coerente e, também, uma capacidade operacional forte torna-se imperioso definir ou selecionar critérios para a fixação dos valores dos Riscos Socialmente Aceitáveis (RSA) e o modo mais adequado de os definir”. Cita-se então abordagens para atingir a capacidade operacional: o uso de probabilidades dos eventos, a abordagem a partir das consequências ou danos admissíveis ou tolerados, as relações limites entre probabilidades dos eventos e a magnitude dos respectivos danos, dentre outros.

Vale ressaltar que uma eficaz análise de risco é um processo abrangente, que envolve identificação, avaliação e gestão. No mundo real, o processo de gerenciar riscos sempre foi utilizado, sendo tradicionalmente aplicado de forma instintiva e sem adoção de processos sistemáticos. A avaliação dos riscos normalmente recorre à experiência do gestor, de forma que as equipes institucionais lidam com os riscos da maneira que entendem ser mais eficaz. Nesses casos, não há adoção de uma estratégia anteriormente pensada. Porém, lidar com os riscos de forma instintiva ainda é melhor que ignorá-los. O principal objetivo da gestão de riscos é assegurar que eles sejam geridos da forma mais eficiente. A gestão sistemática dos riscos traz maior eficácia e facilidade de condução, tornando-os explícitos e levando a um tratamento formal dos mesmos.

A identificação dos riscos é o processo de determinação que pode afetar o sistema hídrico em análise e a enumeração das suas características. No caso da Engenharia de Recursos Hídricos os relatórios que tematizam a Segurança Hídrica, em seus aspectos quantitativos e qualitativos, fornecem todos os elementos que permitem não apenas proceder a identificação dos riscos, como também de suas características.

Os riscos de natureza quantitativa são aqueles aos quais os mananciais aqui considerados estão submetidos enquanto provedores das demandas a eles associadas. Em termos de danos, se resumem basicamente às consequências que a exaustão do corpo hídrico traz para os seus usuários, tanto no setor de saneamento, quanto nas atividades econômicas. Com consequências semelhantes, a inviabilidade do uso das águas do corpo d'água pode advir da perspectiva qualitativa, na medida em que, mesmo existindo volumes compatíveis com as demandas, sejam completamente inutilizáveis ou demandantes de sistemas de tratamento de tal sofisticação (e proporcionais custos de implantação), que desestimulam seu uso.

5.4.1 Realização da análise quantitativa dos riscos

A análise quantitativa dos riscos é o processo pelo qual é feita a avaliação numérica do efeito dos riscos. Seu principal benefício é a produção de informações mais precisas e embasadas quantitativamente para respaldar a tomada de decisões, reduzindo, assim, o grau de incerteza em relação aos sistemas hídricos.

O planejamento das respostas aos riscos é o processo de busca de soluções, com o intuito de reduzir as ameaças ao não cumprimento dos objetivos primordiais da fonte hídrica em questão, quais sejam: suprir com segurança quantitativa e qualitativa as demandas a ele atreladas. As seguintes estratégias são geralmente utilizadas para elaboração das respostas para riscos (ameaças):

- Prevenir o risco eliminando completamente a ameaça: quando a insegurança hídrica alcança níveis demasiadamente elevados e coloca sob risco de desabastecimento frequente seus usuários, certamente deverá caber essa estratégia que, em termos estruturais, pode consistir na construção de novos reservatórios ou nas transposições entre bacias hidrográficas;
- Transferir o impacto e a responsabilidade do risco para terceiros (como por meio de contratos, acordos ou seguros): no Brasil não está ainda estabelecido um mercado dessa natureza que seja compatível com os bens a serem segurados, dependentes dos mananciais de interesse;
- Mitigar a probabilidade ou o impacto do risco para dentro de limites aceitáveis: trata-se aqui da mais comum dentre as situações em que uma gestão de águas mais eficiente, tanto

em termos de oferta como de demanda, pode ser mais atrativa do que a convencional intervenção de infraestrutura para aumento da oferta de água;

- Aceitar o risco e não agir, a menos que ele se materialize: não é rara a adoção de reservas de contingência de recursos financeiros para lidar com o risco, como tem sido, por exemplo, a faina secular das esferas de decisão baseadas na remediação das consequências das secas e cheias quando elas vêm a ocorrer.

O sucesso do gerenciamento de riscos depende de uma estrutura de gestão que forneça as fundações e disposições para que ele esteja embutido em todos os níveis da organização (ABNT, 2009). Tal estrutura segue as seguintes etapas:

- Mandato e comprometimento dos gestores da organização para com a gestão de riscos e planejamento rigoroso e estratégico para alcançar comprometimento em todos os níveis da organização;
- Concepção da estrutura para gerenciar riscos por meio de estudo da organização e seu contexto, estabelecimento da política de gerenciamento de riscos, definição do processo de prestação de contas, integração nos processos organizacionais, definição dos recursos a serem alocados e estabelecimento de comunicação interna, externa e de mecanismos de informação;
- Implementação da gestão de riscos por meio da adoção da estrutura e metodologia do processo de gerenciamento de riscos;
- Monitoramento e revisão da estrutura de gestão;
- Melhoria contínua da estrutura baseada nos resultados do monitoramento e revisão.

5.4.2 Métodos de análise qualitativa e avaliação dos riscos

Objetiva-se aqui avaliar os riscos pela combinação de suas probabilidades de ocorrência e impacto e, posteriormente, priorizá-los para análise dos riscos ou ação de resposta. As seguintes ferramentas e técnicas são utilizadas nesse processo:

- Avaliação de probabilidade e impacto dos riscos: busca-se investigar a probabilidade de ocorrência dos riscos e seus efeitos potenciais sobre os sistemas hídricos;
- Matriz de probabilidade e impacto: cada risco é classificado usando uma tabela de

referência ou uma matriz de probabilidade e impacto, de acordo com a sua probabilidade de ocorrência e seu impacto em um objetivo. Por exemplo, essa tabela ou matriz pode classificar cada risco como sendo de prioridade baixa, moderada ou alta por meio da combinação de sua probabilidade de ocorrência e impacto. Podem ser usados termos descritivos ou valores numéricos, como uma pontuação, nessa classificação. Pode-se classificar um risco separadamente para cada objetivo, como custo, tempo ou escopo, ou desenvolver formas para uma classificação geral. A classificação dos riscos é utilizada na sua priorização, por exemplo, ameaças, riscos de efeito negativo, com prioridade alta exigem ação prioritária e estratégias agressivas de resposta. Ameaças de prioridade baixa podem não exigir ação proativa, mas apenas sua inclusão em uma lista de observação de ameaças ou levar ao acréscimo de uma reserva de contingência no orçamento do projeto. (PMI, 2013).

Busca-se então analisar numericamente o efeito dos riscos a fim de reduzir o grau de incerteza dos mananciais. As seguintes ferramentas e técnicas são utilizadas nesse processo:

- Técnicas de coleta e apresentação de dados, como:
 - Distribuições de probabilidade: buscam aproximar os dados obtidos na análise quantitativa com formas compatíveis. Apresentam a incerteza quantificada de valores, tais como duração e severidade dos eventos extremos e suas consequências para os usuários;
 - Modelagem e simulação: as incertezas especificadas e detalhadas do projeto são convertidas em possível impacto nos objetivos do projeto. A técnica de Monte Carlo é a maneira típica de execução de modelagem e simulação. Nela há a simulação de vários modelos de projeto, selecionando aleatoriamente os valores de entrada com base nas distribuições de probabilidades dessas variáveis. Os resultados são apresentados em um histograma. (PMI, 2013).

5.4.3. Gestão de risco aplicada à Bacia do Acaraú

Conforme já referenciado anteriormente, os riscos envolvidos na presente análise dividem-se em dois grupos, aqueles relacionados aos aspectos quantitativos da segurança hídrica associada a cada um dos 15 reservatórios da Bacia do Acaraú que são objetos deste PSH, bem como aos

aspectos qualitativos relevantes para a sustentabilidade dos serviços hidroambientais afetos aos 5 mananciais analisados na bacia citada, os quais são mensurados por parâmetros de qualidade das águas disponibilizadas com níveis de garantia aceitáveis.

5.4.3.1 Riscos: Aspectos Quantitativos

Da perspectiva quantitativa, a tomada de decisão no campo do gerenciamento dos recursos hídricos certamente seria bastante simplificada, caso fosse possível prever as futuras vazões afluentes aos mananciais. Em se tratando de variáveis hidrológicas com influência sobre o comportamento de reservatórios formados por barragens, a compreensão, na profundidade suficiente, da estrutura de distribuição temporal de ocorrência de anos úmidos e secos representa, sem dúvida, uma parcela substancial na definição de modelos voltados à inferência sobre trajetórias futuras do reservatório.

É plausível a ideia de que anos secos tendam a suceder anos secos e que anos úmidos sucedam anos úmidos (persistência) e que, por outro lado, mudanças de estado (seco/úmido ou úmido/seco) podem ocorrer de modo arbitrariamente rápido, quebrando a continuidade da sequência de anos secos ou úmidos (descontinuidade).

A determinação da ocorrência do colapso total de um reservatório submetido a uma determinada retirada fixa, entendido como a exaustão do volume útil, depende da previsão dos aportes hídricos naturais futuros, permitindo então a aplicação de modelos de simulação apropriados.

No caso dos rios intermitentes do semiárido nordestino, a previsão de vazões mensais afluentes com precisão suficiente apresenta, em função do semestre ao qual pertence o mês a ser projetado, um grau de dificuldade extremamente pequeno para o caso do semestre hidrológico seco, onde as vazões afluentes são nulas, e um grau de dificuldade extremamente elevado para o caso do semestre úmido, onde as vazões são, na maioria das vezes, elevadas.

Se por um lado a característica de intermitência torna a previsão de vazões para alguns meses relativamente mais simples, por outro contribui para aumentar a complexidade da previsão para os meses secos, pois as interposições de valores nulos na série histórica prejudicam a

correlação serial entre os últimos meses do semestre seco e os primeiros do semestre úmido, exatamente aqueles no qual ocorrem os aportes hídricos significativos.

A abordagem do problema sob um senso probabilístico permite constatar que cada tomada de decisão sobre retirada de água nos meses que antecedem o período úmido em um reservatório com baixo armazenamento (probabilidade de esvaziamento diferente de zero antes da ocorrência do próximo inverno) possui um *risco* correspondente. Assim, para cada tomada de decisão de retirada de água haverá uma probabilidade de colapso estimada sobre diversas possíveis realizações do processo estocástico gerador das vazões mensais futuras.

A análise de risco pode ser procedida a partir da síntese de diferentes realizações do processo estocástico que deu origem à série temporal de vazões disponíveis. A realização da simulação a partir do armazenamento em um dado mês inicial, para a amostra de realizações possíveis para o ano hidrológico seguinte, resultará em diferentes armazenamentos para os meses futuros considerados. Em outras palavras, há diferentes possíveis trajetórias para o reservatório no horizonte futuro. Dependendo do mês inicial, do armazenamento inicial e da vazão retirada, existe um determinado número de trajetórias que levarão a um volume de referência, que se for igual ao volume mínimo, caracterizará o colapso total. Caso o volume de referência seja o armazenamento no mês para o qual foi iniciada a simulação, valores de armazenamento inferiores no mesmo mês, no ano seguinte, significam que a política de retiradas praticada transfere o problema para o próximo ano, só que de maneira relativamente mais grave.

Particularmente no que concerne aos aspectos quantitativos da segurança hídrica dos mananciais de interesse nas bacias consideradas, os riscos envolvidos no cumprimento dos objetivos desses reservatórios caracterizam-se por quatro níveis de criticidade definidos no R14 - Identificação de Vulnerabilidades dos Sistemas Hídricos. A partir de tais níveis, os 15 reservatórios foram categorizados de acordo com o atendimento de suas demandas.

A respeito da demanda de irrigação/dessedentação animal, essas representam grande parte da demanda total agregada. Convertendo em área irrigada, utilizando o mesmo coeficiente de demanda usado no PLANERH (SRH, 2005), de 0,57 L/s/ha, estima-se que a área total dos 15 reservatórios no âmbito deste PSH corresponda a 0,02% da área do Ceará.

Dessa forma, os resultados oriundos do produto denominado R14 - Identificação das Vulnerabilidades dos Sistemas Hídricos, a partir da análise dos reservatórios incluídos nos níveis

de criticidade II e IV, permitem concluir que as ameaças atreladas ao atendimento das demandas agregadas são provenientes, em grande parte, da existência de irrigações difusas, por vezes não outorgadas, e que utilizam mecanismos ineficientes e com elevado consumo de água, como a aspersão por canhão hidráulico e métodos gravitários (SRH, 2005).

Convém recomendar para as áreas privadas de agricultura difusa, onde não se disponha de estudos de viabilidade econômico-financeira realista, uma avaliação de benefícios advindos da atividade, incluindo aspectos ambientais. Com isso, aquilata-se o verdadeiro alcance do impacto desse ramo no contexto global da economia do estado, enquanto modalidade produtiva de uso da água, em conflito com o setor de saneamento, cuja alocação é prioridade definida na própria Constituição Federal.

Assim, para suprir completamente a demanda dessas irrigações seriam necessárias intervenções estruturais onerosas, exigindo grandes gastos públicos que não geram retorno para a população como um todo, visto que essas irrigações são dispersas e não possuem grande significância econômica. A equipe técnica da Cogerh, composta por técnicos capacitados e conhecedores da realidade dos seus usuários de água sabe que, quando das reuniões voltadas à definição da alocação da água de mananciais de pequeno porte, as pressões pela liberação de vazões no leito dos rios com vistas a sua captação ao longo das margens, além de implicarem em perdas, não advêm, em sua maioria, de atividades determinantes de um elevado padrão socioeconômico, sequer para os habitantes locais. Trata-se na verdade de usos da água para a aguçação de lavouras de subsistência, eventualmente com algum excedente comercializável, ou mesmo cultivos de capineiras voltadas à sustentabilidade de uma pecuária precária.

Sem deixar de atentar para o valor social desse tipo de alocação hídrica, repita-se, conflituosa com o setor de saneamento, pode-se afirmar que, da perspectiva do Estado, enquanto responsável pela formulação de Políticas Públicas atrativas e eficientes, seria importante o desenvolvimento de estudos voltados à avaliação da pertinência do incentivo a esse tipo de atividade consuntiva da água, de forma a determinar a área máxima de aproveitamento agrícola compatível com a segurança hídrica oferecida pela infraestrutura disponível.

Dentre todas as situações estudadas, naquelas em que o quadro de conflito já referido ficou diagnosticado, não se vislumbra nem uma intervenção estruturante de aumento de oferta de água que sequer acene com a possibilidade de receber chancela de qualquer que seja a perspectiva:

técnica ou econômico-financeira. Essa evidência tem força tal que dispensa inclusive aquilatar os custos ambientais que tais intervenções demandariam. Ainda que existisse a possibilidade de construção de novas barragens, o que não é o caso, a pergunta que não poderia calar é: Seria socialmente justo investir milhões de reais da receita estatal para dar sustentabilidade à irrigação de subsistência praticada por poucas dezenas de agricultores locais em estreitos aluviões marginais? Caso houvesse seções barráveis viáveis, essa seria, sem dúvida, uma questão que o Estado precisaria enfrentar.

Em sequenciados anos de escassez hídrica, quando aumenta a pressão sobre os mananciais, como no período atualmente vivenciado pelo Ceará e o restante do Nordeste, o mais sensato a ser feito é restringir o uso da água para a irrigação, já que a prioridade legal é o abastecimento humano e a dessedentação animal. Com apenas algumas exceções, citadas e comentadas no R14 – Identificação das Vulnerabilidades dos Sistemas Hídricos, todos os mananciais estudados onde se configura o quadro de conflito em análise, os reservatórios suprem com 99% de garantia as demandas humanas atuais e projetadas para 2030. Destaca-se que, para as demandas atribuídas aos reservatórios que não garantem a demanda para abastecimento humano, foram propostas medidas estruturais no tópico “5.2” deste Relatório.

Ainda cabe comentar que são inúmeras as ações de reforços hídricos propostas no Projeto Malha D’Água, que numa explicação simplificada trata-se de um adensamento na rede de adutoras do Ceará, que busca não só levar água a lugares atualmente com déficit de abastecimento, mas também reduzir ao máximo o trânsito dessa água nos leitos de rios, onde as perdas são muito grandes.

5.4.3.2 Riscos: Aspectos Qualitativos

Concernente à dimensão qualitativa da mitigação e gestão de risco, a situação é preocupante tanto no presente quanto no futuro, em termos da obtenção da plena Segurança Hídrica por parte das fontes hídricas de interesse.

Conforme visto no R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos, onde o tema da Segurança Hídrica em seus aspectos qualitativos é tratado, cada reservatório apresenta suas particularidades em termos de condicionantes da qualidade das águas armazenadas, em

função dos usos que se faz de suas ofertas, bem como das agressões advindas dos processos antrópicos, devidamente identificados e mapeados nos inventários ambientais de açudes.

Realisticamente adotado na metodologia baseada no modelo quali-quantitativo empregado, os riscos de desvios indesejáveis no controle do uso das águas represadas entrelaçam as dimensões quantitativas e qualitativas, de maneira que o estado de armazenamento dos reservatórios ao longo do tempo é fator determinante do quadro constatável da qualidade de suas águas, traduzida em termos dos parâmetros qualitativos mais relevantes. Assim, pode-se afirmar que os eventos de seca e eventuais negligências na gestão quantitativa têm óbvia implicação nos resultados auferíveis no trato das agressões ambientais sofridas pelos corpos d'água. Via de regra, retiradas mais pronunciadas nas fases de armazenamento, em que essas não seriam recomendáveis, levam a valores de parâmetros qualitativos mais adversos, sendo igualmente verdadeiro o contrário.

No R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos, anteriormente citado, foram modelados os parâmetros de qualidade da água, a saber: demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio total, clorofila-a e coliformes termotolerantes, avaliando-se para cada um deles a probabilidade de permanência das águas nas classes regulamentadas pela Resolução Conama nº 357/2005. Os valores encontram-se sob risco de desvio para mais ou para menos em função, principalmente, da forma como cada reservatório é operado e da variação das cargas poluentes que aportam ao lago de maneira direta, como no caso da piscicultura, ou de maneira indireta, como no processo de lixiviação que ocorre naturalmente na bacia de drenagem de cada corpo hídrico.

Assim como ocorre na perspectiva quantitativa, a avaliação do risco na perspectiva qualitativa tem como uma de suas vias de feitura a emulação do processo estocástico subjacente ao fenômeno que, nesse caso, pode ser considerado a partir do estudo da variabilidade das retiradas de água do reservatório, na medida em que esta determina os diferentes estados de armazenamento receptores das cargas que aportam ao lago.

Surtem daí tantos cenários quanto se queiram simular, resultando da combinação de diferentes séries temporais de armazenamento (todas equiprováveis) conjugadas às suas respectivas respostas em face da carga poluidora que adentra. Cada combinação como essa implicará em uma nova matriz de probabilidade/permanência de cada um dos seis parâmetros considerados em uma dada classe de enquadramento. Uma vez sintetizado um número

estatisticamente significativo de valores para cada uma dessas probabilidades, aí sim, pode-se dispor de uma amostra da qual pode-se extrair a estimativa do risco probabilístico associado a cada enquadramento e para cada parâmetro qualitativo considerado. Esse risco será a probabilidade de o valor de permanência em determinada classe de água doce da Resolução Conama nº 357/2005 ser alterado, o que pode ocorrer com a diminuição, intensificação ou ocorrência de novos impactos ambientais negativos, que podem resultar em valores inferiores ou superiores dos parâmetros que definem a qualidade das águas inicialmente determinados, por exemplo, com a condição de lançamentos/impactos atuais ser inferior ou superior ao inicialmente encontrado.

Os resultados obtidos dessas simulações do tipo Monte Carlo evidenciam congruência com a percepção intuitiva de que, por exemplo, o nível de operacionalidade prática da gestão dos recursos hídricos, que se relaciona diretamente com a efetividade dos mecanismos de boa gestão, encontra-se em estreita relação com o risco qualitativo, pois quanto mais eficiente essa operacionalidade, mais próxima estará a permanência do enquadramento do reservatório em determinada Classe obtida com base no modelo de otimização/simulação, portanto, mais próximo das condições ideais de se operar o reservatório com máxima eficiência, submetido à condição de futuro desconhecido, ou seja, sob a incontornável imposição natural de, com o conhecimento atual, não se poder conhecer os aportes ao corpo hídrico no ano seguinte ao simulado com a série temporal disponível.

Uma condição hipotética de absoluto descontrole em termos de retiradas de água, ou seja, hipótese da prevalência completa das retiradas ilegais de água dos reservatórios sobre as vazões outorgadas, em detrimento do nível de armazenamento, facilita a compreensão da dependência entre as variáveis mencionadas. Nessa hipótese, nenhum dos cenários advindos das simulações de Monte Carlo chega a fornecer valores de permanência sequer iguais àquele calculado com o modelo de otimização/simulação, pois mesmo que seja gerado um número considerável de cenários, os valores de permanência na classe de enquadramento investigada sempre serão menores que aquele associado à máxima eficiência de operacionalidade prática dos mecanismos de gestão. Em outras palavras, o descontrole gerencial arruína a eficiência e maximiza o risco de insegurança hídrica qualitativa das ofertas propiciadas pelos reservatórios.

Por outro lado, o aperfeiçoamento da operacionalização dos mecanismos de gestão previstos na política de recursos hídricos leva a uma aproximação efetiva entre os resultados

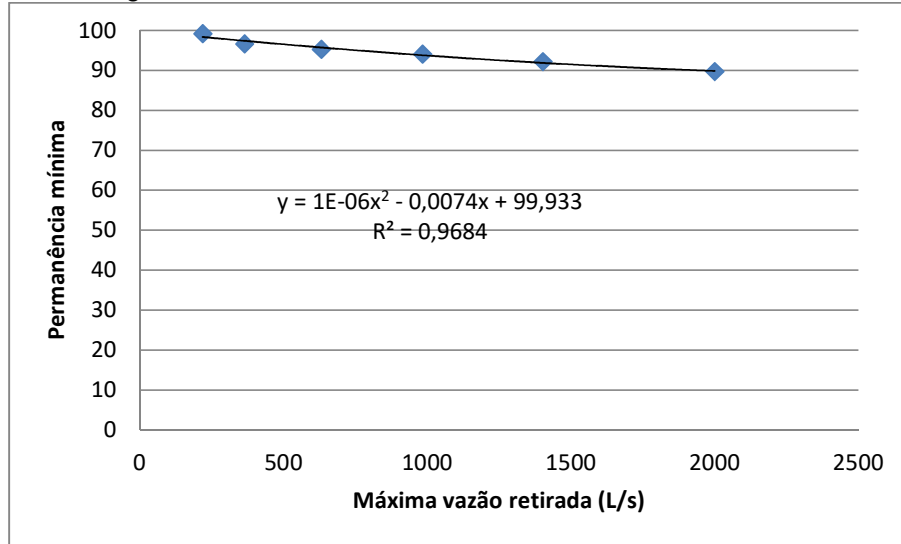
advindos da forma prática de dar uso à oferta de determinado reservatório e aqueles obtidos conforme preconizado e subjacente às regras operativas incluídas no modelo de otimização/simulação. Essa é, sem dúvida, a meta maior a ser perseguida por qualquer órgão de gestão que busque a excelência.

Conforme evidenciaram os resultados apresentados no relatório R12 – Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos, o fósforo apresenta-se como o mais relevante parâmetro qualitativo, conclusão igualmente contida nos inventários ambientais de açudes, em particular, quanto à classificação do estado trófico dos corpos d'água. Portanto, o estudo do risco tendo como foco o referido parâmetro (fósforo total) constitui-se em análise envoltória, pois uma vez mitigadas ou eliminadas as consequências dos excessos devido à presença dessa substância na água, as medidas estruturais e não estruturais que propiciaram essa condição são as mesmas que impactam benéficamente os demais problemas ambientais identificados, uma vez que todos eles têm no fósforo um indicador essencial (piscicultura, pecuária, lixiviação natural do solo na área de influência de cada reservatório, uso de fertilizantes e deficiências na infraestrutura de coleta e tratamento de esgotos).

A seguir, apresentam-se os resultados de permanência mínima por classe, de acordo com a vazão mínima de referência para os 5 reservatórios de interesse (Figuras 60 a 64). A maneira mais representativa de explicitação do risco para os casos em tela consistiu em mostrar a curva que relaciona a vazão de referência, que é o máximo valor de vazão retirada ao longo de todas as simulações de Monte Carlo realizadas, com o valor mínimo da permanência na classe de enquadramento mais restritiva (Classe I), determinado dentre aqueles advindos das referidas simulações para cada vazão de referência.

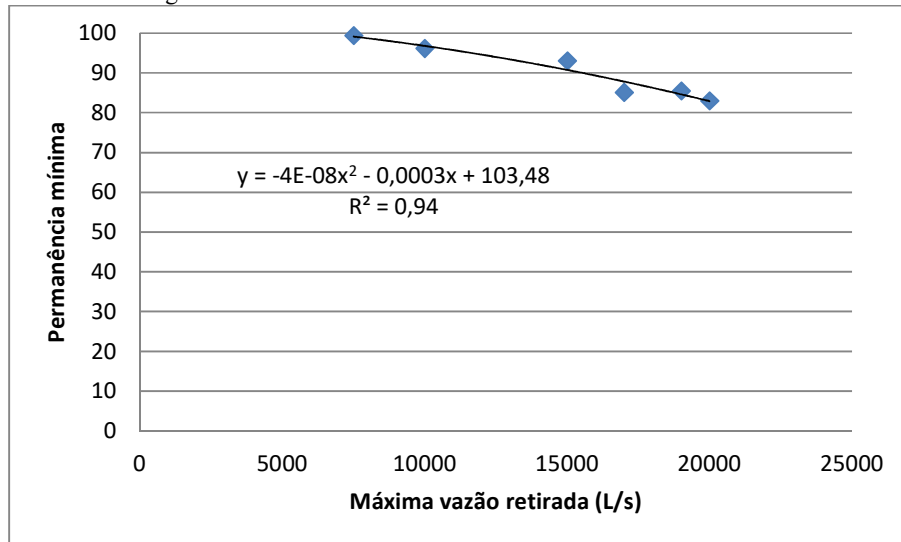
Via de regra, o leque considerado de vazões máximas regulares nas figuras apresentadas a seguir inicia com a vazão regularizada de aproximadamente 99,9% e se estende até garantias mais baixas ao longo da curva de regularização determinada no R13 – Avaliação de Segurança Hídrica: Aspectos Quantitativos. Na medida em que cai o nível de garantia, evidentemente crescem as vazões e mais flexíveis em termos de variabilidade se tornam as séries de armazenamentos nos reservatórios considerados.

Figura 60 - Acaraú Mirim: Permanência mínima X vazão de referência



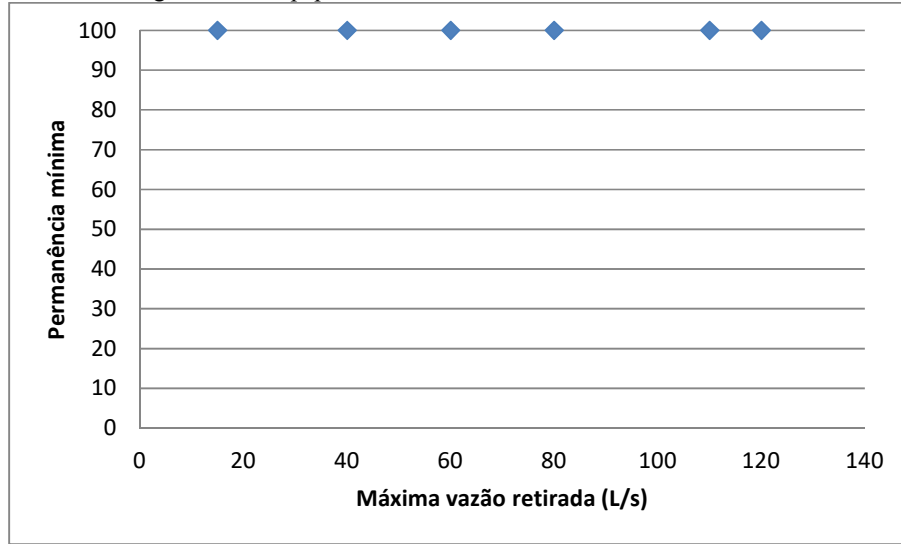
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 61 - Araras: Permanência mínima X vazão de referência



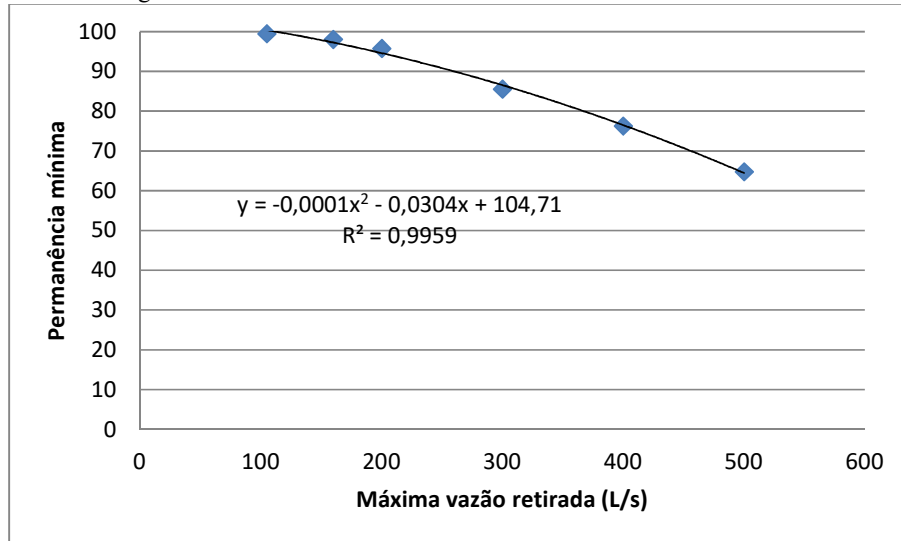
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 62 - Jenipapo: Permanência mínima X vazão de referência



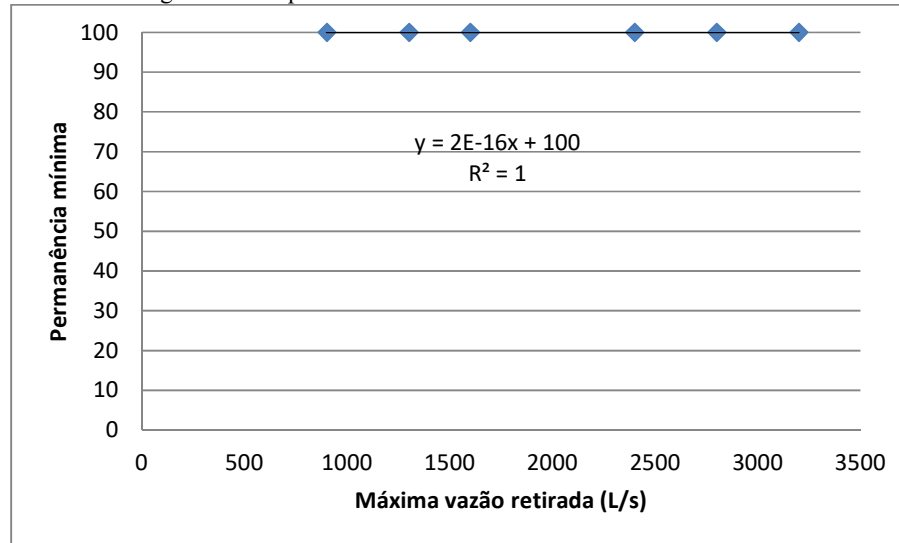
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 63 - São Vicente: Permanência mínima X vazão de referência



Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Figura 64 - Taquara: Permanência mínima X vazão de referência



Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Considerado o conjunto dos 5 açudes, analisados sob o aspecto qualitativo, os resultados encontrados mostram que os reservatórios Jenipapo e Taquara, apresentam situação favorável, em que a permanência na classe de enquadramento mais desejável dentre as quatro consideradas, igualmente com risco zero de ocorrência de um valor inferior, é de 100%.

Conclui-se, portanto, que em termos qualitativos das ofertas hídricas, os resultados obtidos pelo modelo qualiquantitativo apresentam riscos pouco expressivos, uma vez que, mesmo nas condições menos favoráveis (aleatoriedade das retiradas até o teto considerado no leque de vazões simuladas), a diferença entre a permanência encontrada e o menor dos valores ordenados nunca ultrapassa 33,9 pontos percentuais.

Isso, em grande medida, advém da considerável extensão das séries pseudo-históricas afluentes utilizadas no estudo, as quais englobam grande diversidade de eventos de vazão que determinam, em máxima medida, a trajetória de armazenamento dos mananciais e, por conseguinte, o estado qualitativo das águas em termos de sua classificação, conforme estabelecido na Resolução Conama nº 357/2005.

5.5 Ações Articuladas

As medidas estruturais e não estruturais propostas se articulam com vistas a assegurar a gestão adequada dos riscos identificados, de maneira a mitigá-los ou mesmo eliminá-los do contexto da Segurança Hídrica dos 5 reservatórios da Bacia do Acaraú, no que se refere às medidas de cunho qualitativo, e dos 15 reservatórios dessa bacia, no que refere às medidas de cunho quantitativo.

Essas ações buscam atingir o cerne dos problemas ambientais que ameaçam a qualidade e a quantidade das águas desses mananciais, propiciando a sustentabilidade das atividades econômicas que fazem uso dos reservatórios, ao mesmo tempo em que contribuem fortemente para um melhor nível de qualidade de vida das populações abastecidas.

Conforme visto em vários relatórios anteriores do PSH, grande parte das bacias hidrográficas têm convivido com os mesmos tipos de problemas, até porque inserem-se em uma mesma realidade socioeconômica, onde a cultura de conversão da natureza em desenvolvimento é homogênea, tanto no que contém de positivo como de negativo. Assim, não é de se admirar que as providências recomendáveis ao controle, mitigação, ou mesmo eliminação dos problemas, tanto de natureza estrutural como não estrutural, sejam comuns e aplicáveis a várias bacias.

Do ponto de vista qualitativo, no que diz respeito à ocupação e ao uso do solo nas bacias hidrográficas de cada um dos 5 reservatórios da Bacia do Acaraú, tem-se como política prioritária a adoção de práticas que objetivam recuperar, prevenir e controlar as Áreas de Preservação Permanentes dos corpos hídricos, levando em consideração os benefícios de tais medidas na segurança hídrica. Mais especificamente, sugere-se elaborar Projetos de Recuperação de Matas Ciliares (PRMC), que levem em consideração os seguintes aspectos:

- Serviços de mobilização e sensibilização de comunidades lindeiras aos corpos hídricos;
- Avaliação dos custos de realocação e/ou desapropriação de residências localizadas em APPs, que normalmente são consideradas como áreas de risco;
- Integração social em todas as medidas adotadas, buscando conexão com outras iniciativas nas quais possam criar uma sinergia com escalas mais amplas de planejamento/ação;
- Proposição de projeto de Lei Estadual por Iniciativa Popular que redefina a largura das APPs dos corpos hídricos, já que no Código Florestal Brasileiro, de forma generalizada, não são levadas em consideração: fisionomia da vegetação, estado de degradação da área,

tipo do solo, declividade, comprimento da vertente etc., características que influenciam diretamente na eficiência da mata ciliar;

- Revegetação das Áreas de Preservação Permanente;
- Manutenção das Áreas de Preservação Permanente;
- Viabilização de assessoria técnica para os pequenos agropecuaristas, com a finalidade de direcioná-los a práticas sustentáveis, evitando pressões sobre as áreas de preservação permanente;
- Implantação de PSA (Pagamento por Serviços Ambientais), que é uma remuneração a quem, direta ou indiretamente, preserva o meio ambiente.

Políticas relevantes devem ser adotadas com vistas a (i) desenvolvimento sustentável da piscicultura, com a revisão da própria relação benefícios/malefícios; (ii) melhorias no aproveitamento dos recursos naturais; (iii) verificar se o desenvolvimento das atividades está ocorrendo de acordo com a capacidade de suporte do reservatório, no intuito de otimizar a qualidade ambiental e o uso dos recursos naturais. Como ações estratégicas específicas propõe-se:

- Estudar a possibilidade de ajustar a metodologia de outorga de direito de uso, levando em consideração a capacidade de suporte dos corpos d'água, priorizando-se, em períodos de seca prolongada, o abastecimento humano e a dessedentação animal;
- Revisar as outorgas já concedidas e regularizar atividades que ainda não possuam outorga (quando passíveis de regularização), com a devida incorporação do cálculo da capacidade de suporte;
- Viabilizar junto à Secretaria da Agricultura, Pesca e Aquicultura, a elaboração de um plano de assessoria técnica aos piscicultores, a fim de otimizar o manejo alimentar e, conseqüentemente, reduzir o impacto por desperdício alimentar;
- Intensificar rotinas de fiscalização/controle, visando garantir o cumprimento dos limites estabelecidos com base na capacidade de suporte.

Igualmente, políticas adequadas devem levar a formular diretrizes governamentais destinadas à prestação de assessoria técnica aos pequenos pecuaristas, com o objetivo de adequar aos limites ecossistêmicos a atividade de pecuária extensiva, principalmente bovina, caprina e ovina, sem perder de vista as práticas socialmente justas, ambientalmente corretas e

economicamente viáveis. Em específico, com relação à pecuária bovina, caprina e ovina tem-se como recomendável:

- Incentivar os pequenos pecuaristas a buscar órgãos competentes, com a finalidade de adesão a planos de assessoria técnica e linhas de crédito, no intuito de que sejam incorporadas práticas de manejo sustentável na atividade;
- Adotar medidas que impeçam o confinamento dos animais nos espaços marginais aos reservatórios, promovendo a retirada dos rebanhos que pastejam nas áreas de preservação permanente dos corpos hídricos, além de incentivar os pecuaristas a manterem seus rebanhos nos limites de suas propriedades, preservando as APPs dos reservatórios;
- Paralelamente, visando viabilizar o conteúdo do item anterior, construir bebedouros fora das APPs para tornar possível a dessedentação animal e, assim, os rebanhos não necessitem se aproximar dos corpos hídricos.

No que diz respeito ao setor de saneamento ambiental, políticas que fomentem maior fiscalização e investimentos para a ampliação da rede coletora de esgoto e de seu tratamento, bem como ações conjuntas entre o poder público e a sociedade civil, no sentido de diminuir ou eliminar os espaços de vulnerabilidade socioambiental, devem ser empreendidas. Como ações específicas tem-se:

- Ampliação ou implantação da rede coletora de esgoto nas comunidades identificadas como problemáticas, o que, direta ou indiretamente, impacta na qualidade das águas dos reservatórios de interesse;
- Melhorias nas estações de tratamento de esgoto problemáticas ou a própria implantação dessas estruturas, onde a magnitude do problema apresentar-se compatível com a solução;
- Implantação de fossas sépticas em áreas onde sejam inviáveis economicamente a instalação de redes coletoras e de estações de tratamento de esgotos;
- Instituição de programas de incentivo à formação de consórcios intermunicipais, visando a coleta e destinação adequada dos resíduos sólidos.

Por fim, mas não menos importante, tem-se como muito relevante a contínua expansão dos programas de Educação Ambiental, envolvendo prioritariamente as comunidades localizadas nas adjacências dos corpos de água.



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Do ponto de vista quantitativo foram apresentadas no tópico 5.2.2 deste capítulo as proposições do Projeto Malha D'água direcionadas às áreas da Bacia Hidrográfica do Acaraú.





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

6. PLANO DE AÇÕES: ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS



6. PLANO DE AÇÕES: ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS

6.1 Hierarquização das Ações

Tendo em vista a necessidade de hierarquizar as intervenções estruturais e não estruturais apontadas como necessárias para conferir à população usuária das águas dos reservatórios de interesse a Segurança Hídrica de natureza qualitativa e quantitativa, utilizou-se a Matriz de Priorização de GUT (Gravidade x Urgência x Tendência). Primeiramente proposta por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe em 1981 (KEPNER e TREGOE, 1981), essa matriz é amplamente utilizada na etapa “Solução de Problemas” em qualquer aplicação da gestão, quando se deseja definir prioridades para diversas alternativas de ações, devido a sua simples implementação, contribuindo para um planejamento estratégico de tópicos considerados importantes, podendo ser utilizada nos mais diversos tipos de situações e conjunturas.

A matriz GUT objetiva uma priorização das ações através de valores estipulados para a gravidade, a urgência e a tendência do evento, orientando a tomada de decisões. A gravidade analisa a intensidade e profundidade dos danos que o problema pode causar, caso não se atue sobre ele; a urgência é o tempo em que consequências indesejáveis aparecem, caso não se atue sobre o problema e a tendência retrata o desenvolvimento que o problema terá na ausência de alguma ação.

Os três fatores analisados na matriz GUT receberam valores que variam de 1 a 5, sendo o valor 5 atribuído para maiores graus de gravidade, urgência e tendência necessitados pela ação. A Tabela 29 ilustra como se dá a atribuição desses valores para cada fator. Por fim, a prioridade é então calculada através da multiplicação dos valores presentes nas colunas de gravidade, urgência e tendência por linha, resultando em um valor de prioridade para cada linha da matriz.

Tabela 29 - Elementos da Matriz GUT

Nota	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar imediatamente
4	Muito grave	É urgente	Irá piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não irá mudar

Fonte: KEPNER e TREGOE (1981)

Enfatize-se de início que, sendo as medidas de cunho não estrutural indicadas para serem executadas preferencialmente de maneira direta pelo Poder Público, propõe-se que tenham início ou sejam reforçadas de imediato e de forma paralela uma a outra, tendo em vista o passivo ambiental que deverá ser resgatado em todas as áreas estudadas no âmbito do PSH.

6.1.1 Resultados

As tabelas deste tópico apresentam as ações estruturais e não estruturais prioritárias para serem implantadas na Bacia do Acaraú, segundo a metodologia da Matriz de Priorização GUT. A escolha dos valores de gravidade, urgência e tendência se deu a partir das observações de campo descritas no produto R08 - Inventários Ambientais dos Açudes Estratégicos da Bacia do Acaraú, considerando os impactos ambientais negativos identificados nas áreas de influência de cada um dos cinco reservatórios para os quais foram elaborados os inventários ambientais de açudes. Assim, as ações constituídas de medidas voltadas à mitigação dos problemas ambientais diagnosticados como mais expressivos possuem, conseqüentemente, maiores valores de prioridade, devido à maior gravidade, urgência e tendência em solucionar/mitigar os impactos ambientais negativos identificados.

A Tabela 30 apresenta as prioridades para as ações, em ordem decrescente, para a Bacia do Acaraú. Além das ações estruturais, que obtiveram valores máximos de prioridade, ações como “Disposição adequada de resíduos sólidos”, “Educação Ambiental”, “Proteção e recuperação de áreas de preservação permanente” e “Controle da Erosão”, destacam-se por apresentar valores elevados, representando assim a necessidade de serem postas em prática prioritariamente.

A hierarquização levou em consideração, principalmente, as observações de despejos de efluentes sanitários e de resíduos sólidos pela população das comunidades situadas no entorno dos açudes, o desmatamento e queima da vegetação nativa para implantação de áreas de pasto, onde o gado circula livremente e os cultivos em áreas de vazante em regiões próximas à bacia hidráulica. Devido aos anos consecutivos de seca, essas áreas desmatadas, muitas vezes em APPs, frequentemente encontram-se abandonadas e, conseqüentemente, expostas aos agentes erosivos. Para a Bacia do Acaraú não foi proposta a ação de “Controle da geração de efluentes por aviários”, por ser uma atividade pouco observada nessa bacia durante as campanhas de campo.

Tabela 30 - Matriz de Hierarquização para as ações não estruturais e estruturais propostas para a Bacia do Acaraú

Ações	Gravidade	Urgência	Tendência	Prioridade
Disposição adequada de resíduos sólidos	5	5	5	125
Sistema de esgotamento sanitário*	5	5	5	125
Proposições do Projeto Malha D' Água*	5	5	5	125
Educação Ambiental	5	5	5	125
Proteção e recuperação de áreas de preservação permanente	5	5	5	125
Controle da pecuária bovina	5	5	4	100
Controle da erosão	5	4	4	80
Incentivo a medidas de combate à desertificação	4	4	4	64
Incentivo ao manejo adequado da agricultura	4	4	4	64
Mitigação de conflitos gerados por usos múltiplos da água	5	3	3	45
Incentivo ao engajamento e sustentabilidade das populações rurais	4	3	3	36
Proteção das zonas de recarga de aquíferos	4	3	3	36
Incentivo ao manejo adequado da biodiversidade diante das atividades produtivas	3	3	3	27
Controle da pesca artesanal	3	3	3	27
Incentivo ao manejo adequado das áreas de extração de areia	3	2	2	12
Promoção do macrozoneamento ambiental das bacias hidrográficas	3	2	2	12
Elaboração de projeto de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)	3	2	2	12
Redução da carga orgânica advinda de piscicultura	2	2	2	8
Manejo e fiscalização das Unidades de Conservação	2	2	2	8
Ampliação da base de dados e informações	2	2	1	4
Intensificação dos acordos com universidades e de incentivos acadêmicos	2	2	1	4

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).

Nota: * ações estruturais.

6.2 Priorização dos reservatórios a receber as ações

Adicionalmente, foram elaborados critérios que permitem, mediante atribuição de pesos objetivos para cada aspecto influente na hierarquização pretendida, determinar a ordem preferencial dos reservatórios para a aplicação das ações estruturais e não estruturais.

Tendo em vista o preconizado nos Termos de Referência, têm-se como norteadores dos critérios a serem propostos, parâmetros que possam traduzir adequadamente os seguintes indicadores:

- (i) A vulnerabilidade dos sistemas hídricos de interesse;
- (ii) A severidade dos impactos sociais, econômicos e ambientais da falha dos mesmos.

Em relação ao primeiro indicador, a vulnerabilidade contemplada associa-se aos riscos de natureza qualitativa que caracterizam a oferta hídrica dos reservatórios de interesse, uma vez que do ponto de vista quantitativo trabalhou-se com a determinação da curva completa de garantia versus vazão regularizada. Por outro lado, a vulnerabilidade da perspectiva quantitativa foi abordada caso a caso, identificando-se para cada cidade/comunidade a ser abastecida pelos reservatórios em estudo, a solução hidráulica tecnicamente recomendável para garantir o seu atendimento integral.

Nesse contexto, será adotada como mensurador objetivo uma escala de zero (0) a um (1), em que o zero é atribuído ao reservatório que apresentar a menor soma de tempo de permanência com suas águas enquadradas nas Classes I e II, segundo a Resolução Conama nº 357/2005, considerando-se os seis parâmetros analisados no R12 – Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos (DBO, OD, fósforo total, nitrogênio total, clorofila a e coliformes termotolerantes).

Ressalta-se que, enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, conforme determina a Resolução Conama nº 357/2005. Dentre os usos preponderantes das águas classe 2 destaca-se o abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional. Como as permanências avaliadas no R12 - Avaliação da Segurança Hídrica: Aspectos Qualitativos variam em um intervalo de zero (0) a cem (100), tem-se aqui um mero reescalonamento de valores. Assim, ao reservatório que apresentar a maior soma de permanência de enquadramento nas classes III e IV, condicionado pelos parâmetros anteriormente referidos, será atribuído o valor 1, inserindo-o como prioritário sob essa ótica qualitativa do recurso hídrico.

O segundo indicador considerado diz respeito à população que se serve das águas dos mananciais de interesse. Ao reservatório com menor número de pessoas beneficiárias de suas

águas será atribuído o valor 0 (zero), enquanto que o valor 1 (um) será utilizado para identificar o açude com maior população usuária de suas águas.

A soma dos indicadores descritos, relativos aos aspectos qualitativos dos recursos hídricos e à população usuária das águas, foi procedida para cada reservatório, considerando os horizontes de 2020 e 2030. A partir dessa soma, reescalou-se novamente os valores para que o índice final esteja entre 0 (zero) e 1 (um), facilitando seu entendimento. Os critérios descritos priorizam o uso da água para atendimento das demandas humanas, conforme expresso na Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a qual determina que, em situações de escassez, os usos prioritários dos recursos hídricos são o consumo humano e a dessedentação de animais.

6.2.1 Resultados

As Tabelas 31 e 32 apresentam a hierarquização dos reservatórios pertencentes à Bacia do Acaraú quanto a vulnerabilidade e severidade qualitativa, considerando os horizontes de 2020 e 2030. Percebe-se, após análise, que o Açude Araras apresentou o maior, portanto, o pior índice para essa situação nos dois cenários estudados. Isso pode ser explicado pela grande quantidade de gado que margeia a bacia hidráulica e pela presença de culturas de vazante, além do elevado número de pessoas que usufruem da sua água, resultando em uma maior severidade.

Tabela 31 - Matriz de Hierarquização para os reservatórios da Bacia do Acaraú – 2020

Reservatório	Vulnerabilidade	Severidade	Índice
Araras	0,270	1,000	0,924
Jenipapo	0,279	0,051	0,223
Acaraú Mirim	0,234	0,088	0,217
Taquara	0,117	0,102	0,140
São Vicente	0,216	0,000	0,138

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).

Tabela 32 - Matriz de Hierarquização para os reservatórios da Bacia do Acaraú – 2030

Reservatório	Vulnerabilidade	Severidade	Índice
Araras	0,270	1,000	0,905
Jenipapo	0,279	0,054	0,220
Acaraú Mirim	0,234	0,093	0,216
Taquara	0,117	0,101	0,136
São Vicente	0,216	0,000	0,135

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).

6.3 Cronograma

Conforme já enfatizado no subtópico 5.3 do presente relatório, as ações não estruturais propostas constituem-se, prioritariamente, em programas afetos à esfera de atuação estatal, cuja efetivação tem caráter permanente e continuado, ou seja, devem ser implementados e terem prosseguimento enquanto não cessarem as causas que implicaram em sua propositura. Assim, por exemplo, uma ação não estrutural de controle da atividade de piscicultura deverá ser implementada enquanto o reservatório em questão contar com produtores que desenvolvam esse tipo de atividade. Sob prisma análogo devem ser consideradas todas as demais ações não estruturais propostas, mesmo porque a implementação das mesmas encontra correspondência no rol de atribuições dos entes estatais intervenientes, seja na esfera municipal, estadual ou federal, ou ainda em regime de atuação subsidiária, envolvendo entidades e órgãos desses níveis administrativos. Afinal, há temas pautados transversalmente ao conjunto de medidas não estruturais propostas, tais como as políticas públicas envolvendo resíduos sólidos, controle de uso e ocupação de solos, processos erosivos, supressão vegetal e educação ambiental, que demandam esforços conjugados das prefeituras, do Governo Estadual e da União. Como exemplo, tem-se a Política Nacional de Educação Ambiental, instituída pela Lei Federal nº 9.795/99, que incumbe ao poder público definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente.

Para a Bacia do Acaraú, apresenta-se a seguir sugestão de cronograma de projeto e implantação das obras de saneamento, em que podem ser observadas as várias etapas envolvidas na solução infraestrutural de sistemas de esgotamento sanitário para a área onde se localizam os reservatórios analisados (Figura 65). A preferência/prioridade, em nível de pré-viabilidade, para o

início da execução das intervenções foi definida de acordo com a ordem decrescente das populações dos aglomerados urbanos presentes nas áreas de influência de cada um dos reservatórios estudados.

Figura 65 - Cronograma de projeto e implantação das obras de sistemas de esgotamento sanitário na Bacia do Acaraú

Área de Influência	2019	2020	2021	2022
Bacia do Acaraú				
Acaraú Mirim				
Araras				
Taguara				
Área de Influência	2023	2024	2025	
Acaraú Mirim				
Araras				
Taguara				

Fonte: Nippon Koei Lac (2018).



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES



7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 Perspectiva Quantitativa

A segurança hídrica dos reservatórios pertencentes à bacia do Acaraú apresenta diferentes aspectos quando contemplada das perspectivas quantitativa e qualitativa.

Analisando-se inicialmente da perspectiva quantitativa, o primeiro caso específico a ser abordado é o do reservatório Araras. Em termos de capacidade, esse reservatório é o mais relevante regularizador de vazões na bacia, portanto, a fonte com maior capacidade de prover segurança hídrica para as demandas que lhe são compativelmente atreladas. Caso o CAC – Cinturão das Águas do Ceará venha a ser totalmente implantado, este açude poderá vir a receber águas do PISF – Projeto de Integração do São Francisco, através de prolongamento dos canais que capilarizarão as águas transpostas através do Eixo Norte, atualmente em fase de conclusão.

A barragem Araras foi construída pelo DNOCS, prioritariamente com vistas ao aproveitamento hidroagrícola dos potenciais edáficos da bacia, na porção a jusante da seção barrada. Conforme demonstrado nos estudos de Segurança Hídrica quantitativa, com base nas séries de afluições fornecidas pela Cogerh, a barragem regulariza, com 99,9% de garantia uma vazão de 7,653 m³/s, valor esse superior ao total de demandas fornecidas pela Cogerh, que somam 3,264 m³/s. A essa diferença devem ser consideradas as perdas em trânsito, da ordem de 1,261 m³/s*, o que contribui para reduzir a disponibilidade hídrica da Bacia.

Gerir a inserção desse reservatório no contexto da atual crise não é tarefa simples. Principalmente quando se sabe que, em função da exaustão de outros mananciais de menor porte na região, as águas do açude Araras vêm sendo utilizadas no presente para socorrer, via adutoras emergenciais de engate rápido, demandas outras, fora da sua esfera de cunho técnico, dado que, em condições normais de disponibilidade hídrica, outras fontes hídricas seriam mais atrativas. Atenua as eventuais objeções a essas transferências não planejadas o fato de tratar-se de

* Vale lembrar que as perdas em trânsito representam um montante representativo do consumo hídrico da Bacia, não devendo ser ignoradas. As referidas perdas de trânsito variam ano a ano, conforme as características do inverno, das áreas de vazantes costumeiramente plantadas ao longo rio durante o verão, do trabalho feito por máquinas (PC) e da fiscalização aplicada. Sendo assim, estima-se, de acordo com dados de vazão liberada pela comporta do Açude Araras para perenização (2,494 m³/s) e vazões medidas a partir das áreas instaladas (1,232 m³/s), perdas de trânsito da ordem de 1,261 m³/s. Foi considerada a extensão do vale até a barragem Santa Rosa (captação do Distrito Irrigado do Baixo Acaraú), que é de 155 km, sem considerar o sub-trecho entre a referida barragem e a cidade de Acaraú. As informações estão de acordo com dados do cadastro de usuários da Bacia do Acaraú, 2014 (COGERH).

atendimento às demandas humanas, priorizada legalmente. Muito embora, o perdurar ou o agravamento da situação de armazenamento daquele manancial possa suscitar discussão envolvendo o direito aos recursos naturais, no caso, direito à água.

O peculiar caso do reservatório Araras exemplifica ainda uma condição bastante específica de gestão hídrica de grande complexidade, quando, no futuro, ocorrer a mistura de águas locais com águas sanfranciscanas, caso o CAC venha ser construído integralmente. Em 2005, conforme se sabe, os estados receptores das águas transpostas do rio São Francisco assinaram com a União o Pacto pela Sustentabilidade do PISF, o qual preconiza o pagamento tanto pela disponibilidade quanto pelo consumo das águas transpostas, por parte do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

Estudos em elaboração pela Fundação Getúlio Vargas para o governo federal, onde foi simulada a tarifa de disponibilidade, ou seja, a tarifa a ser cobrada independentemente das vazões utilizadas por cada estado, estimaram em 70,97 milhões de Reais o valor anual a ser pago pelo estado do Ceará para dispor da Segurança Hídrica propiciada pelo projeto (FGV, no prelo). Concernente à tarifa de consumo, a mesma fonte estimou que, por cada 1,0 m³/s utilizado pelos estados, a operadora do PISF deverá receber 8,3 milhões de Reais por ano. As simulações realizadas demonstraram que, na condição de plena utilização da capacidade de transporte hidráulico, o estado Ceará deverá desembolsar 94,62 milhões de Reais por ano. Os valores citados referem-se a julho de 2012, atualizado pelo IPCA até dezembro de 2015.

Esses números revelam que, mesmo que os estados não façam uso dos sofisticados mecanismos de gestão de águas preconizados nos estudos do PISF, sendo a chamada Sinergia Hídrica o principal deles, a conta a ser paga será deveras amarga, principalmente em face da atual capacidade de investimento dos estados beneficiários. No caso do Ceará, este responde sozinho por mais de 43% dos custos relativos às tarifas de disponibilidade e de consumo, na condição mencionada. A Sinergia Hídrica é um dos conceitos fundamentais da forma de operação do PISF e consiste em tirar proveito da ligação física (Eixos Norte e Leste) entre o semiárido setentrional e rio São Francisco a partir do acionamento sistemático do projeto, guiado pelo objetivo de minimizar as perdas hídricas por evaporação e por vertimento nos açudes receptores das águas transpostas.

A gestão dos receptores das águas do PISF, cuja conclusão das obras do Eixo Norte está prevista para 2018, deverá incorporar os benefícios auferíveis com o conceito de Sinergia Hídrica, principal pilastra argumentativa da transposição sanfranciscana que, pelo menos em nível de planejamento, converteu esse projeto de aumento de oferta de água em um indutor do aperfeiçoamento dos mecanismos de gestão hídrica. Esse conceito é aplicável principalmente aos corpos de água que apresentam relevantes perdas d'água por evaporação, pela maior permanência da exposição dos espelhos de água à radiação solar e por vertimento, nos episódios hidrológicos em que a gestão parcimoniosa minimiza o risco de colapso nos períodos de estiagem, quando as recargas dos reservatórios não são suficientes para atender a todas as demandas a eles impostas.

À época do desenvolvimento dos Estudos de Inserção Regional do PISF (BRASIL, 2000b), ainda não existia a ideia de circundar o estado do Ceará com o sistema de canais que integram o CAC. Por essa razão, o reservatório Araras não foi considerado na análise de Sinergia Hídrica procedida. O aproveitamento dos benefícios da Sinergia Hídrica tem reflexos diretos na conta a ser paga pelo estado do Ceará pela Segurança Hídrica propiciada pelo PISF. Os valores relativos à tarifa de consumo podem ser reduzidos em percentuais consideráveis, caso a Cogeh venha a incorporar em suas práticas de gestão hídrica as diretrizes advindas da Sinergia Hídrica.

Portanto, é recomendável que a companhia elabore um estudo que, além de atualizar os conteúdos disponíveis nos chamados Estudos de Inserção Regional do PISF - posto que sua feitura foi concluída em 2000 e, nesse ínterim, as séries temporais tiveram a agregação de pelo menos 16 anos –, inclua os demais reservatórios que agora surgem como potenciais receptores dessas águas transpostas.

Entendendo-se que a segurança hídrica consiste, essencialmente, no estabelecimento de condições estruturantes e mecanismos institucionais que garantam estabilidade da oferta e do fornecimento de água para a população e para os diversos usos e usuários, há que se enfatizar que, uma vez presentes tais condições estruturantes e mecanismos institucionais estaria consumada a segurança hídrica. Ou seja, uma vez modificado o atual cenário pela implementação do conteúdo proposto no R16 - Plano de Ações: Estruturais e Não Estruturais, as condições ambientais seriam reestabelecidas continuamente e, em virtude da mudança no cenário ambiental das áreas influentes, o planejamento exibiria aderência com a realidade fática.

Assim, caso o R16 - Plano de Ações: Estruturais e Não Estruturais já tivesse sido implementado e o Eixo Norte do PISF estivesse em funcionamento, não estaria acontecendo a crise hídrica que se vivencia na atualidade. O maior açude Araras do grupo de interesse na bacia do Acaraú exibe uma disponibilidade hídrica que, mesmo para a garantia mais arrojada (99%), encontra-se em um patamar bastante confortável em termos de uso de suas águas para fins consuntivos.

Em decorrência da atual crise hídrica, conforme acima mencionado, o açude Araras tornou-se fonte para uma verdadeira transposição de águas via adutora de engate rápido com vistas a suprir cidades a montante da seção barrada, chegando até município de Crateús, no Sertão de Crateús. A crise hídrica e outros fatores organizacionais paralisou o perímetro Araras Norte e restringiu ao extremo a área de plantio do Projeto Baixo Acaraú. A necessidade de intervenções infraestruturais baseadas em adutoras dessa natureza é evidência de vulnerabilidade e traz em si, potencialmente, a possibilidade de, uma vez passada a crise, tais sistemas serem desprezados pela prestadora de serviço de saneamento, conforme já ocorreu em outros estados nordestinos, onde, mesmo sem se tratar de adutoras de engate rápido, a prestadora desse serviço público simplesmente deixou inoperante o sistema para voltar a lidar com as fontes hídricas mais próximas (embora inseguras) tão logo as chuvas retornaram à normalidade. Essa atitude não estaria sujeita a críticas se o sistema operacionalmente mais oneroso tivesse sua conservação e manutenção asseguradas.

Por fim, vale ressaltar que a região, futuramente, terá reforço hídrico pela construção dos reservatórios Poço Comprido e Pedregulho, cujos projetos executivos estão em processo de licitação na Secretaria de Recursos Hídricos (SRH).

7.2 Perspectiva Qualitativa

Do ponto de vista da Segurança Hídrica qualitativa, que aborda os 5 reservatórios da Bacia do Acaraú que tiveram seus inventários ambientais elaborados no âmbito deste PSH, há realidades distintas a serem enfatizadas, pois para cada um dos reservatórios os determinantes ambientais da qualidade das águas, embora comuns a todos os mananciais, efetivam-se em graus de importância diferenciados. Assim, embora a debilidade do saneamento ambiental seja onipresente nas áreas de influência de cada reservatório estudado, apresenta diferentes graus de determinação da degradação desses corpos hídricos.

O quadro geral da evolução dos estados tróficos dos reservatórios de interesse é apresentado na Figura 66. Para os cenários futuros de 2020 e 2030, verifica-se o surgimento de permanências do lago em estados de hipereutrofização onde essa condição inexistia no cenário atual, resultante da consideração da série de análises disponíveis no banco de dados fornecido pela Cogeh. É o caso dos reservatórios de São Vicente, Acaraú Mirim e Taquara.

No cenário atual, apenas no açude Araras há permanência em estado trófico mais adverso (hipereutrófico). Também conforme esperado, nos cenários futuros ocorre uma redistribuição dos percentuais de permanência: de estados mais desejáveis para os estados mais adversos, como se observa, em maior ou menor grau, para todos os demais lagos de interesse. Os açudes São Vicente, Acaraú Mirim e o próprio Araras apresentam a maior concentração desses percentuais de permanência em estado hipereutrófico.

Todos os reservatórios estudados evidenciam a preponderância da influência das atividades econômicas usuárias de suas águas, bem como as influências dos caudais lixiviados afetos à diversidade do uso e ocupação do solo. Tal situação encontra-se retratada tanto pelas análises de qualidade da água advindas das campanhas de campo realizadas pela Cogeh, como pelo consórcio, ao longo do desenvolvimento dos presentes estudos. Dentre os reservatórios que tiveram abordagem qualitativas, já não há mais a prática de piscicultura intensiva. Assim, os determinantes ambientais dos estados tróficos que respondem pelas cargas de fósforo e outras substâncias resumem-se ao esgoto sanitário, às cargas advindas do uso do solo e à pecuária extensiva. A pecuária, influência comum em grande parte dos reservatórios, responde pela maior parte da degradação das águas represadas, seguida de perto pelos subprodutos do uso e ocupação do solo nas respectivas bacias hidrográficas. Nos reservatórios São Vicente e Taquara, a influência da pecuária é mais expressiva.

Importa registrar que em nenhum dos reservatórios foram encontrados problemas associados a práticas nocivas de uso do meio ambiente que fossem desconhecidas das entidades governamentais e não governamentais, dos técnicos ou mesmo do cidadão comum conhecedor das formas de exploração dos recursos naturais nas Bacia do Acaraú. Na verdade, os problemas refletidos nos parâmetros qualitativos considerados evidenciam-se de forma semelhante em todos os reservatórios, fato condizente com o conhecimento empírico sobre esses corpos d'água,

submetidos aos impactos antrópicos comuns a uma mesma cultura de lidar com a natureza de forma predatória, visando exclusivamente o desenvolvimento socioeconômico.

Da parte dos órgãos estatais responsáveis, quando chamados à tarefa de regulamentar e implementar as medidas cabíveis em cada caso, é intuitivo perceber que os esforços necessários não serão maiores do que aqueles que seriam demandados caso o problema fosse mais grave e, por exemplo, envolvesse contaminação por metais pesados, ou mesmo por agrotóxicos, identificados fosse no banco de dados de qualidade da água da Cogerh, fosse nas campanhas empreendidas pela Nippon Koei Lac.

Não há, portanto, nenhuma situação adversa de cunho qualitativo concernente aos corpos hídricos analisados que seja diferente dos típicos problemas ambientais encontrados em bacias similares do Nordeste Brasileiro. Daí serem comuns as ações propostas na forma de medidas estruturais e não estruturais que, articuladas corretamente em sua operacionalidade por parte do poder público, são suficientes para superar os problemas identificados, a custos, conforme visto no R16 – Plano de Ações: Estruturais e Não Estruturais, compatíveis com a capacidade de investimento do Estado do Ceará.

Mesmo existindo situações em que os usos dos recursos naturais ocorrem em desacordo com a legislação em vigor, na clandestinidade, como eventuais usos consuntivos da água sem o conhecimento dos órgãos outorgantes (SRH ou ANA), ou ainda, os usos de natureza não consuntiva, mas com impacto na qualidade das águas dos reservatórios, como a diluição de substâncias advindas de atividades antrópicas desenvolvidas em APP dos lagos estudados, a implementação adequada das medidas não estruturais propostas neste PSH se constituirá em uma estrutura de proteção que, além de solucionar os problemas de maior evidência diagnosticados nos inventários ambientais de açudes contribuirá para reduzir o uso irregular da água, por serem medidas que promovem uma maior presença estatal nas áreas com a finalidade de proteção dos recursos naturais, além de incentivarem a participação da sociedade nesse processo de efetivação dos mecanismos de aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos.

Conferir Segurança Hídrica de natureza qualitativa para os serviços de oferta de água dos reservatórios de interesse tem como principal medida estrutural o resgate do passivo ambiental concernente ao saneamento ambiental, conforme detalhado no R16 - Plano de Ações: Estruturais e Não Estruturais. Mais informações sobre os assuntos abordados neste Plano de Segurança



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ

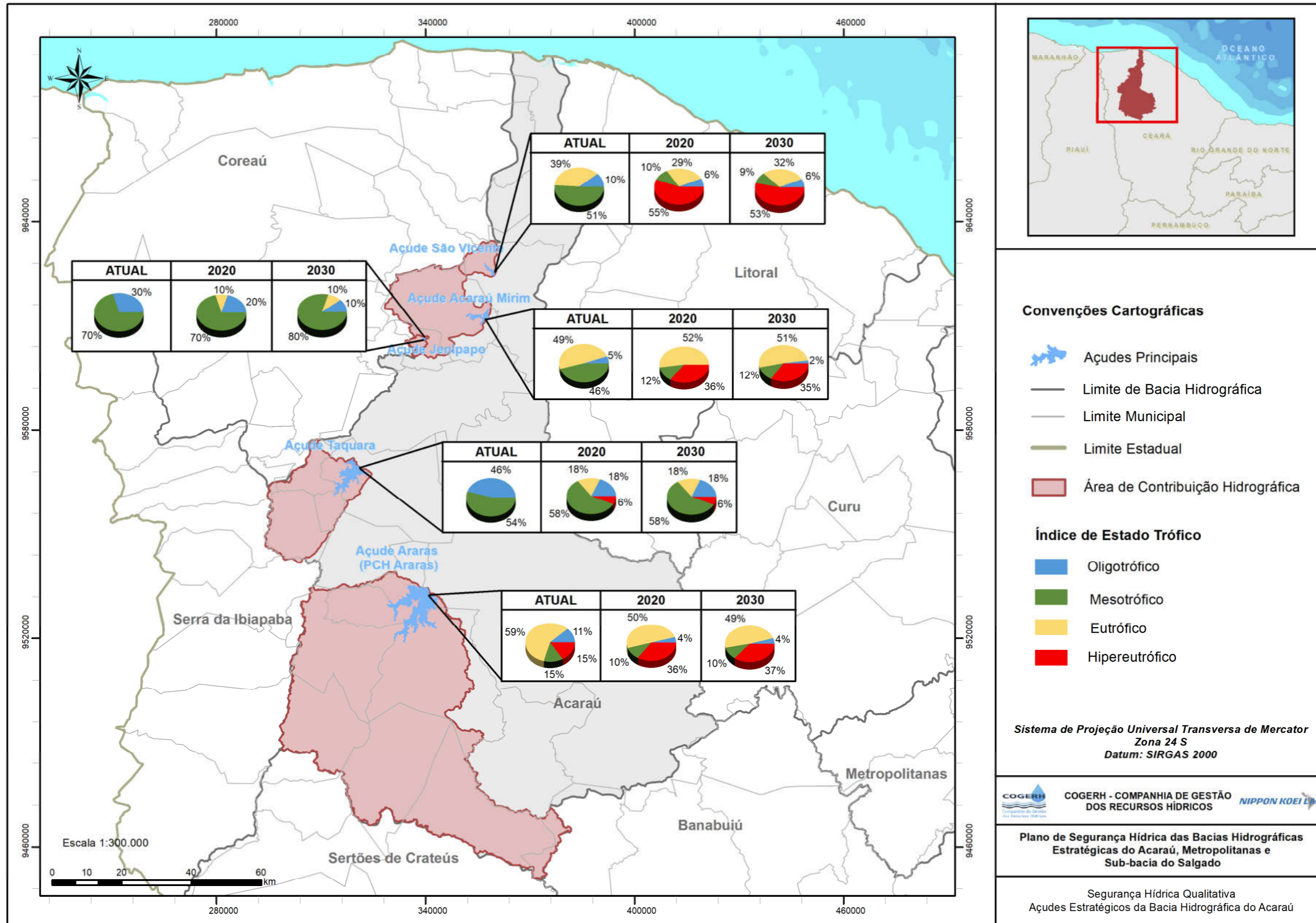


**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Hídrica da Bacia do Acaraú poderão ser obtidas nos 10 relatórios anteriores do PSH que se referem à Bacia do Acaraú.



Figura 66 - Segurança hídrica qualitativa dos reservatórios da Bacia do Acaraú



Fonte: Nippon Koei Lac (2018).



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIAS
ECONÔMICAS
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 31000: Gerenciamento de risco – Princípios e diretrizes**, 2009.

Agevap. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo**. Elaboração: Fundação COPPETEC, Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente. Rio de Janeiro. 2006.

Almeida, A. B. **O Conceito de Risco Socialmente Aceitável como Componente Crítico de uma Gestão do Risco Aplicada aos Recursos Hídricos**, VII Congresso da Águas, Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, 2004.

Alexandre, A. M. B.; Martins, E. S.; Clarke R. T.; Reis Jr, D. **Regionalização de Parâmetros de Modelos Hidrológicos**, 2016. Disponível em <http://www.funceme.br/produtos/manual/acudes_e_rios/Regionalizacao/textos/RegSMAP_PaperABRH.pdf> Acesso em fevereiro de 2017.

Beltrán; J. M. **Integrated approach to address salinity problems in irrigated agriculture**. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p 4 – 8, 2010.

Borges, L.A.C.; Rezende, J.L.P.; Pereira, J.A.J.; COELHO JUNIOR, M.L. **Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira**. *Ciência Rural*, v. 41, n.7, p. 1202-1210, 2011.

Boyd, C. E.; Queiroz, J. F. **Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros**. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C.; FRACALOSI, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. p. 25-44.

Brady, N. C.; Weil, R. R. **The nature and properties of soils**. 14. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 975p, 2008.

Brasil. Agência Nacional de Águas - ANA. **Portal de Metadados Espaciais da Agência Nacional de Águas**. 2016. <<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em agosto de 2016.

Brasil. Agência Nacional de Águas - ANA. **Manual Operativo do Programa Produtor de Água**. 2ª Edição. Brasília: ANA, 2012.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação x Áreas de Risco: O que uma coisa tem a ver com a outra?** Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Elaboração: Wigold Bertoldo Schäffer, Marcos Reis Rosa, Luiz Carlos Servulo de Aquino, João de Deus Medeiros. Brasília: MMA, 2011.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade da CAATINGA: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Org.: José Maria Cardoso da Silva, Marcelo Tabarelli, Mônica Tavares da Fonseca, Lívia Vanucci Lins. Brasília: Universidade Federal de Pernambuco, 2003.

Brasil. Agência Nacional de Águas - ANA. **Indicadores de qualidade - Índice do Estado Trófico (IET)**. Brasília, 2000a. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>>. Acesso em agosto de 2016.





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Brasil. Ministério da Integração - MI/Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais – FUNCATE. **Análise da Eficiência da Açudagem nas Bacias Receptoras** – Inserção Regional do Projeto de Transposição de Águas do São Francisco. Brasília, 2000b.

Brito, W. O.; **Outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos na piscicultura: o caso do reservatório Acauã – PB**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 144p., 2008.

Cagece. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Saneamento Básico: o compromisso de todos por mais qualidade de vida**. Campanha da Fraternidade – Cagece, 48p., 2016.

Câmara, F.R.A.; **Relações Ecológicas Entre Comunidades Fitoplanctônicas e Zooplanctônica em Reservatórios Eutrofizados Durante Período de Pluviosidade Atípica**. Tese (doutorado), Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2011.

Carlson, R. E. **A trophic state index for lakes**. Limnology and Oceanography. March, V22 (2): 361-369, 1977.

Chhabra, R. **Soil salinity and water quality**. Rotterdam: A. A. Balkema Publishers, 283p, 1996.

Cogerh. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – UFC – Universidade Federal do Ceará. **Estudos de regionalização de parâmetros de modelo hidrológico chuva-vazão para as bacias totais e incrementais dos reservatórios monitorados pela Cogerh**. Disponibilizado em capítulos, 2013.

Cogerh. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Base de dados de demandas para a Bacia do Acaraú**, 2017.

Cogerh. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Dados de demandas das fichas cadastrais de concessão de uso de água da Cogerh**. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza. Concedidos pela Cogerh em novembro de 2017.

Cogerh. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Base Cartográfica da Cogerh** <<https://portal.cogerh.com.br/base-cartografica.html>>. Acesso em agosto de 2016.

Cogerh. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Estudos sobre índices de qualidade de água aplicados nos reservatórios do Ceará - Avaliação preliminar**. Fortaleza – CE, 2016, 8 p. Disponibilizado pela Cogerh em agosto de 2016.

Cogerh. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Plano de Gerenciamento das Águas da Bacia do Acaraú**. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, 2010.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **SIAGAS – Sistema de Informação de Águas Subterrâneas**. 2003.

Cornel, G.E.; Whoriskey, F.E.G. **The effects of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage**, Aquaculture, n.109, p.101-107, 1993.

Diógenes, M. S. P. **Educação Ambiental Integrada: Uma contribuição teórico-metodológica baseada na percepção ambiental da bacia do rio Cocó** – CE. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011.





IPECE

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

FGV. Fundação Getúlio Vargas. **Avaliação Econômico-Financeira do Projeto de Integração do Rio São Francisco – Eixo Leste e Eixo Norte.** no prelo.

Figueiredo, A. F. R. **Análise do risco de salinização dos solos da bacia hidrográfica do Rio Colônia** – Sul da Bahia. 84 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus. 2005.

Folke, C.; Kautsky, N. **Aquaculture with its Environment; Prospects for Sustainability.** Ocean and Coastal Management, Orlando, v.17, p. 5-24, 1992.

Freitas, P. L. **Contribuição do uso da terra e do manejo do solo para a recarga de aquíferos.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005.

Gheyi, H. R.; *et al.* **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 383p, 1997.

Gonçalves, M. A. **Ecofisiologia de Algas fitoplanctônicas na lagoa Juparanã (Linhares - ES): variação espacial temporal e bioindicadores do estado trófico.** Dissertação de Mestrado em Biologia Vegetal – Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

Hashimoto, T.; Stedinger, J. R.; Loucks, D. P. **Reliability, Resiliency, and Vulnerability Criteria for Water Resource System Performance Evaluation.** Water Resources Research, vol. 18, n. 1, p. 14-20, 1982.

Hiez, G.L.G.; Rancan, L. **Aplicação do Método do Vetor Regional no Brasil.** Anais do V Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, v. 2. 1983.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **Monitoramento da qualidade das águas dos reservatórios do estado do Paraná,** no período de 1999 a 2004. Curitiba, 2004. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/rel_monit_qual_aguas_reserv_9904%281%29.pdf>. Acesso em: 01 set. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de Dados Geográficos,** 2015. Acesso em junho de 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções populacionais municipais para os anos 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017.** Acesso em agosto de 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Índice de cartas e mapas – bases cartográficas contínuas, versão 2015.** Acesso em agosto de 2016.

Ipece. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO CEARÁ: Evidências Recentes e Reflexões.** Fortaleza-CE, 402p., 2015.

Kepner, C. H.; Tregoe, B. B. **O Administrador Racional.** São Paulo: Atlas, 1981.

Kubitza, F. **Qualidade da água na produção de peixes – Parte II.** Panorama da Aquicultura, v.8, n.46, p.35-41,1998.

Lamparelli, M.C. **Grau de trofia em corpos d’água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento.** Tese (doutorado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

- Lopes, J.E.G.; Braga Jr., B.P.F.; Conejo, J.G.L. **Simulação hidrológica: Aplicações de um modelo simplificado.** In: Anais do III Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v.2, 42-62, Fortaleza. 1981.
- Loucks, D. P. **Sustainable water resources management.** Water International Resource Association, v. 25, n. 1 p. 3-10, mar, 2000.
- Magalhães, A. B. **Ocorrência de cianobactérias em mananciais de abastecimento de água para consumo humano no município de Viçosa-MG.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa. A127, 2007.
- Mierzwa, F. **A poluição das águas.** 2002. Disponível em: <<http://www.phd.poli.usp.br/phd/grad/phd2218/materia/Mierzwa/Aula4-OMeioAquaticoII.pdf>>. Acesso em:10/04/2017.
- Molinas, P. A. A. **Gestão dos Recursos Hídricos no Semiárido Nordeste: A Experiência Cearense.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 01, p. 69-87, 1996.
- Munns, R. **The impact of salinity stress. Plantstress.** 2012. Disponível em: http://www.plantstress.com/Articles/salinity_i/salinity_i.htm.
- Nogueira, A. M. **Mata ciliar na proteção de fluxo de nutrientes em corpos hídricos lacustres.** Dissertação de mestrado em Ciências Ambientais – Universidade Federal de Alfenas-MG, 87 p., 2016.
- Pacheco, R. P. **Custos para Implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário,** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental; 116 f, 2011.
- Pereira, R. S. **Poluição Hídrica: Causas e Consequências.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, v.1, n.1, p. 20-36, 2004.
- Pereira, P. H.; Cortez, B. A; Trindade, T.; Mazochi, M. N. **Conservador das Águas.** Minas Gerais: Dep. Meio Ambiente Extrema, 2011.
- PMI. Project Management Institute. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK).** Quinta Edição. Project Management Institute. 2013.
- Qadir, M.; *et al.* **Sodium Removal from a Calcareous Saline-Sodic Soil through Leaching and Plant Uptake During Phytoremediation.** Land Degradation and Development.,v.14, p.301-307, 2003.
- Sarmiento, F. J. **Transposição do Rio São Francisco – Realidade e Obra a Construir.** Edicel, Brasília, 131 p, 2005.
- Sarmiento, F. J.; Martins, E. S. **Cálculo dos Coeficientes de Thiessen em Microcomputador.** In: XIV Congresso Latino Americano de Hidráulica, 1990, Montevideo, Uruguai. Anais do XIV Congresso Latino Americano de Hidráulica, 1990.
- SDLR. Secretaria do Desenvolvimento Local e Regional. **Vale do Acaraú: Plano de Desenvolvimento Regional.** 2003.
- Salas, H. J.; Martino, P. **A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes.** Water Research, Great Britain, v. 25, n. 3, p. 341-350, 1991.





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

- Schafer, A. **Fundamentos da Ecologia e biogeografia das águas subterrâneas**. Porto Alegre, UFRGS, 1985. 532p.
- Silva, R. C., e Araújo, T. M. **Qualidade da água do manancial em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. Trabalho de conclusão de curso (graduação em Engenharia Química), 53 f., 2003.
- Silva, K. L.; *et al.* **Mapeamento e Análise do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Rio Cuiá a Partir de Imagem do Satélite Quickbird**. In: Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação, 5, 2010, Maceió. Anais Maceió, 2010.
- Silva, M. S. G. M. Losekann, M. E.; Hisano, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2013.
- SRH, Secretaria dos Recursos Hídricos. **Projeto de implantação de sistemas de adutoras para o abastecimento humano no estado do Ceará – Projeto Malha D’Água**. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, no prelo.
- SRH. Secretaria de Recursos Hídricos. **Prática Inovadoras de Controle Edáfico e Hidroambiental para o Semiárido do Ceará: Tecnologias e Práticas Hidroambientais para Convivência com o Semiárido**. Elaboração: João Bosco de Oliveira. Fortaleza: Secretaria de Recursos Hídricos, 2010.
- SRH. Secretaria de Recursos Hídricos. **Proposta de Projeto Piloto Executivo para o PRODHAM / PROGERIRH**. Org.: João Bosco de Oliveira. Ceará: 1999.
- SRH. Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará. **Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará**, <<http://atlas.srh.ce.gov.br/>> Acesso em dezembro de 2017.
- SRH. Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará. **Consolidação da Política e dos Programas de Recursos Hídricos do Estado do Ceará – Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLANERH**. Governo do Estado do Ceará, Fortaleza, 2005.
- Toledo Jr., A. P.; Talarico, M.; Chinez, S. J.; Agudo, E. G. **Aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Anais.Camboriú, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, p.1-34. 1983.
- Tundisi, J. G. *et al.* **Eutrofização na América do Sul: causas, tecnologias de gerenciamento e controle**. IIE, Iiega, IAP, Ianas, ABC, 2006. 531p.
- Vieira, A. S. **Modelo de simulação quali-quantitativo multiobjetivo para o planejamento integrado dos sistemas de recursos hídricos**. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 275 f., 2011.
- Vollenweider, R. A. **Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication**. Mere. Inst. Ital. Idrobiol. Bott. Marco de Marchi, n. 33, p. 53-83, 1976.
- Von Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005.





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E FOMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Von Sperling, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, v. 2, 239 p, 1996.

Wanderley, R. A. **Salinização de solos sob aplicação de rejeito de dessalinizadores com e sem adição de fertilizantes.** 52 f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade de Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

Zoby, J. L. G. **Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil.** Revista Águas Subterrâneas, Natal, Supl. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E FOMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

ANEXO



Plano de Segurança Hídrica das Bacias Hidrográficas Estratégicas do Acaraú, Metropolitanas e da Sub-Bacia do Salgado

VAZÕES AFLUENTES REGIONAIS

1. Acaraú Mirim

Tabela 33 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Acaraú Mirim

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	0,000	0,200	0,600	0,400	3,000	1,500	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1913	0,000	0,600	9,000	25,100	18,100	7,600	2,200	0,400	0,000	0,200	0,000	0,100
1914	0,700	3,600	7,900	9,500	2,000	2,100	0,200	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000
1915	0,000	0,000	0,000	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1916	0,000	0,200	2,700	18,800	8,000	4,600	0,200	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100
1917	0,900	4,300	22,300	21,700	38,500	7,300	1,000	0,000	0,200	0,000	0,200	0,300
1918	0,800	2,400	19,900	34,000	29,800	11,000	1,300	0,600	0,000	0,000	0,000	0,100
1919	0,000	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1920	0,000	0,000	2,700	18,700	9,500	1,800	0,500	0,100	0,000	0,000	0,000	0,100
1921	0,200	3,300	32,700	27,200	55,000	1,600	3,800	0,000	0,300	0,100	0,100	0,100
1922	0,100	0,400	4,400	20,900	10,100	3,000	0,800	0,300	0,000	0,000	0,200	0,000
1923	0,200	4,600	9,500	20,700	9,800	7,700	1,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,200	2,700	55,000	64,000	47,400	10,000	0,300	0,000	0,100	0,300	0,000	0,400
1925	2,100	4,000	33,100	48,500	13,100	3,400	0,900	0,100	0,200	0,000	0,000	0,000
1926	0,300	3,300	21,800	71,100	10,900	6,700	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,100	0,600	8,200	33,100	12,000	5,500	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,100	0,200	2,100	16,500	3,600	1,600	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,100	1,100	12,200	30,000	7,000	5,000	0,400	0,000	0,100	0,100	0,000	0,100
1930	0,300	2,600	15,200	21,600	2,000	3,700	0,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,000	0,600	2,100	1,400	0,800	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,100	0,300	1,200	0,300	0,300	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,000	0,200	7,300	38,200	4,400	1,900	0,900	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1934	0,500	24,100	108,500	6,300	50,000	3,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1935	0,300	2,100	14,900	40,100	13,100	8,500	0,800	0,000	0,000	0,100	0,000	0,000
1936	0,000	0,500	0,700	2,300	1,900	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,000	0,200	1,200	7,300	6,700	2,700	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1938	0,100	0,100	4,800	18,800	4,600	0,900	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,000	0,500	8,600	13,300	8,900	2,600	1,700	0,000	0,100	0,100	0,000	0,000
1940	0,200	1,100	7,000	63,000	9,400	6,400	0,500	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	0,100	0,800	1,800	0,900	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,000	0,000	0,400	1,000	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1943	0,000	0,000	0,500	1,500	2,300	1,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1944	0,000	0,100	1,700	3,800	5,200	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1945	0,300	7,000	15,700	13,000	13,200	3,900	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1946	0,200	0,900	6,600	14,000	2,800	3,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1947	0,000	0,100	0,400	1,400	0,900	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1948	0,000	0,100	2,000	5,700	4,400	1,300	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,000	0,100	2,600	10,900	6,800	1,300	0,200	0,200	0,000	0,000	0,100	0,000
1950	0,100	0,100	0,700	3,300	3,300	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,000	0,000	0,000	0,100	0,700	0,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1952	0,000	0,000	0,300	1,600	3,100	0,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1953	0,000	0,000	0,000	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,100	0,500	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,000	0,800	2,000	1,400	0,600	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,000	0,000	0,100	1,100	1,100	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,000	0,100	0,300	0,500	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,100	1,000	0,200	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,100	1,200	4,000	3,900	0,500	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,100	0,400	11,300	22,400	4,200	0,500	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,100	0,300	5,800	20,400	6,600	0,600	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1964	0,600	6,500	17,700	32,600	31,900	6,800	4,200	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000
1965	0,100	0,100	1,700	50,900	33,900	15,800	1,700	0,100	0,200	0,700	0,000	0,000
1966	0,000	0,200	0,700	3,900	3,900	2,300	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,900	7,100	29,400	83,200	3,700	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1968	0,200	0,300	5,500	25,600	46,800	0,500	1,000	0,100	0,000	0,000	0,100	0,000
1969	0,200	0,200	2,700	15,300	12,100	3,300	2,400	0,300	0,000	0,100	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,400	1,700	0,100	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,000	0,400	4,100	17,100	11,700	7,200	4,600	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,000	0,100	0,800	2,700	5,600	2,300	1,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,900	2,800	13,600	51,500	12,400	9,400	12,100	1,500	0,200	0,400	0,000	0,400
1974	2,200	6,000	24,700	107,100	19,600	23,700	0,400	0,000	0,200	0,000	0,000	0,100
1975	0,100	1,700	9,500	16,800	25,300	4,300	3,800	0,000	0,300	0,000	0,000	0,200
1976	0,300	3,000	16,200	17,000	5,900	1,400	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,100	0,600	1,000	3,200	3,200	2,200	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1978	0,000	0,200	1,200	4,900	4,700	0,100	1,300	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1979	0,000	0,100	1,900	4,300	3,800	0,700	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1980	0,000	1,500	5,400	8,600	1,500	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,100	5,300	4,400	4,400	0,200	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,100	1,700	10,800	17,700	4,500	1,300	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,300	0,300	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,200	2,800	43,600	21,400	7,100	0,900	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000
1985	1,300	20,000	67,600	49,400	67,600	4,200	1,100	0,300	0,100	0,000	0,000	0,200
1986	1,000	6,500	55,200	60,800	26,700	6,500	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,100	0,100	8,300	6,900	2,400	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,200	1,700	13,600	72,900	16,500	15,800	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1989	0,800	1,000	19,300	47,600	22,400	5,400	3,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,800
1990	0,100	1,500	2,600	7,700	9,700	0,200	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,100	0,900	6,300	11,600	6,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,100	0,200	1,800	2,000	0,300	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,000	0,100	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,100	0,800	5,900	22,800	13,400	12,100	2,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1995	0,600	4,700	16,900	37,700	33,600	5,500	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,200	0,600	8,000	54,200	5,200	0,100	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,000	0,000	0,300	1,900	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,100	0,100	0,400	0,800	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,200	4,100	7,000	10,700	2,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,300	3,500	11,900	25,400	3,600	2,000	3,700	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,200	0,700	9,600	3,400	1,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	0,300	0,300	2,600	6,900	4,700	0,800	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,100	1,300	14,600	11,800	5,300	2,000	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,500	5,300	6,400	4,800	4,800	2,900	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,000	0,000	0,500	1,000	0,600	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,000	0,400	5,100	6,100	2,400	0,100	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,300	0,900	3,100	1,900	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,100	0,500	5,900	30,700	12,000	2,000	0,200	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,300	1,100	7,000	28,800	40,100	9,300	3,900	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,100	0,100	0,200	0,900	0,700	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2011	0,300	3,900	10,400	18,900	13,600	5,300	3,600	0,100	0,000	0,100	0,000	0,000
2012	0,000	0,200	0,400	0,800	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



2. Araras

Tabela 34 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Araras

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	14,290	69,850	97,320	175,910	99,110	17,900	0,460	0,590	0,070	0,000	0,040	0,450
1913	3,180	46,010	98,570	95,460	65,920	19,560	7,470	0,890	0,720	0,280	0,150	7,610
1914	19,840	17,280	26,300	40,390	19,430	15,820	1,810	5,840	0,000	4,030	0,150	0,090
1915	3,360	2,340	4,990	12,650	1,140	0,730	0,060	0,000	0,000	0,000	0,030	3,000
1916	5,760	6,440	29,380	39,560	25,210	3,000	0,000	0,000	0,000	0,210	2,620	6,070
1917	23,480	65,870	143,080	89,490	84,650	17,100	1,200	0,000	0,000	0,000	3,480	1,580
1918	12,510	10,150	46,630	50,960	54,350	15,850	0,910	2,270	0,190	0,030	0,760	1,250
1919	0,190	2,880	0,600	0,400	0,140	0,090	0,150	0,040	0,000	0,000	0,000	0,010
1920	0,010	0,580	29,600	56,260	56,260	5,090	8,950	3,370	0,000	1,950	0,120	3,060
1921	4,940	49,650	137,190	116,570	131,590	13,400	13,570	0,100	1,360	1,170	8,880	0,140
1922	1,210	8,370	33,070	107,640	62,430	25,210	11,210	1,070	0,040	0,150	8,990	0,660
1923	3,920	55,900	34,230	74,330	15,530	8,890	3,450	0,000	0,000	0,230	0,440	0,000
1924	18,340	48,450	170,570	339,440	124,520	53,470	2,310	1,430	0,000	2,370	0,000	4,930
1925	33,530	24,620	51,480	137,250	42,400	2,350	2,020	1,310	1,900	2,360	1,550	0,200
1926	6,760	26,080	69,230	108,800	72,250	5,400	0,000	0,000	0,040	0,130	0,000	0,150
1927	4,530	17,710	48,270	158,100	22,530	5,470	2,860	0,500	0,140	1,040	0,000	0,000
1928	3,660	2,680	47,420	41,970	10,450	3,840	1,930	0,000	0,030	0,090	0,020	1,170
1929	3,670	17,680	75,200	64,190	43,290	8,940	4,590	0,000	0,000	0,650	0,000	4,050
1930	7,960	12,550	31,930	31,750	9,230	9,530	0,740	0,000	0,200	0,600	0,000	0,100
1931	2,170	14,380	20,500	34,370	3,950	0,690	0,710	1,100	0,300	0,050	0,010	0,300
1932	0,970	3,360	8,590	2,780	1,760	0,650	1,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	1,460	7,840	35,910	108,470	5,470	0,000	1,370	0,250	0,000	2,160	0,090	2,220
1934	16,390	81,710	129,610	91,910	83,640	10,830	0,000	0,440	0,040	0,030	1,480	10,070
1935	19,030	45,170	80,330	172,180	81,230	36,540	2,270	0,000	0,000	0,000	0,000	4,370
1936	3,700	29,100	8,550	15,830	12,260	4,160	0,030	0,000	0,000	0,010	0,260	0,170
1937	0,540	17,210	13,120	38,480	39,080	13,920	3,360	0,350	0,080	0,090	0,000	0,550
1938	5,290	4,230	39,910	60,820	13,720	4,390	0,000	0,000	0,000	0,000	0,140	0,190
1939	2,790	24,290	37,220	55,990	25,060	7,140	5,420	0,140	2,370	2,320	0,270	0,390
1940	11,100	16,830	89,950	140,500	75,060	34,290	6,330	1,060	1,000	0,000	0,000	0,000
1941	0,700	3,590	15,970	17,170	8,050	0,650	0,920	0,030	0,000	0,000	0,200	0,060
1942	0,220	2,310	6,430	7,970	1,890	0,190	0,000	1,080	0,010	0,000	0,070	1,780
1943	8,690	7,290	16,750	13,510	4,710	1,400	0,650	0,080	0,000	0,000	0,130	0,580
1944	2,140	0,960	23,920	21,910	16,300	1,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	3,620



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	5,560	51,440	45,160	73,530	25,320	6,410	2,390	0,000	0,000	0,460	0,000	0,760
1946	10,850	22,210	24,440	73,370	6,980	3,110	0,000	0,000	0,000	0,060	0,030	3,570
1947	5,640	19,180	58,550	62,410	25,710	0,690	0,000	0,000	0,000	0,000	7,500	3,060
1948	3,370	8,510	42,210	19,210	22,810	2,160	1,560	0,180	0,080	0,100	0,000	2,270
1949	0,730	9,310	30,250	25,850	26,460	3,790	1,870	0,560	0,000	0,130	6,240	0,370
1950	12,130	13,460	64,160	155,150	37,670	6,090	0,450	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040
1951	1,530	1,010	3,570	15,280	7,280	5,480	0,040	0,000	0,000	0,270	0,000	3,080
1952	1,370	4,550	26,140	26,360	13,450	4,200	0,030	0,000	0,270	0,000	0,160	0,730
1953	0,250	2,580	3,450	10,500	5,000	0,860	0,220	0,010	0,140	0,070	0,010	0,470
1954	0,590	3,100	13,580	7,620	9,810	1,770	0,000	0,300	0,000	0,000	0,980	0,190
1955	4,420	3,440	17,990	53,730	24,450	7,610	0,000	0,960	0,000	0,750	0,220	0,350
1956	0,940	10,060	28,850	53,180	11,980	1,280	1,120	0,340	0,040	0,000	0,020	0,450
1957	8,890	1,730	22,270	132,540	8,180	1,060	0,460	0,000	0,000	1,280	0,000	1,200
1958	4,690	8,240	4,560	0,830	4,930	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
1959	1,110	5,390	18,810	9,560	10,710	1,480	0,000	1,740	0,000	0,150	0,090	0,070
1960	0,030	0,630	16,390	16,720	1,630	1,370	0,280	0,000	0,000	0,060	0,000	0,880
1961	5,980	17,680	25,630	66,790	15,000	0,570	0,600	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000
1962	8,200	9,480	35,450	30,420	26,020	8,690	0,440	0,000	0,000	0,000	0,530	1,040
1963	6,270	29,070	130,910	170,580	15,800	5,140	0,540	0,000	0,000	0,000	3,000	6,490
1964	36,020	100,910	156,960	246,400	119,520	13,210	7,470	6,120	0,000	0,340	0,000	0,680
1965	4,460	2,120	25,510	146,590	37,330	47,370	0,530	0,410	0,480	8,030	0,000	0,350
1966	0,290	8,150	15,400	17,590	14,380	2,230	0,770	0,000	0,130	0,000	0,310	0,960
1967	3,640	23,460	85,320	149,730	92,970	2,070	2,440	0,060	0,000	0,000	0,030	4,860
1968	15,080	8,550	83,310	86,520	107,390	2,910	1,020	0,680	0,000	0,000	0,310	1,740
1969	4,690	9,510	36,740	63,300	18,110	3,680	10,630	0,270	0,000	0,020	0,000	0,010
1970	3,420	4,170	21,580	22,240	1,260	1,740	0,830	0,170	0,060	0,060	1,040	0,330
1971	5,920	12,670	27,140	59,370	55,120	19,570	13,010	0,460	0,000	1,680	0,730	0,090
1972	2,330	5,510	12,320	28,290	6,780	2,720	0,820	5,020	0,000	0,000	0,000	4,080
1973	12,030	22,910	47,140	141,790	48,800	38,610	12,030	0,480	0,770	3,870	0,040	2,210
1974	27,760	31,790	80,450	316,530	150,700	14,660	1,830	0,040	1,490	0,660	0,000	8,100
1975	9,680	26,790	63,310	53,460	102,260	18,370	13,800	0,000	0,020	0,130	0,050	4,000
1976	1,770	27,290	50,820	50,610	14,680	1,810	0,020	0,070	1,160	0,090	3,280	0,600
1977	9,870	15,140	48,260	37,670	30,090	13,920	12,760	0,020	0,000	0,000	0,000	10,950
1978	22,420	20,740	45,720	42,660	28,400	1,430	4,320	0,060	0,340	0,880	1,570	1,740
1979	4,280	3,630	14,230	12,570	18,630	4,090	0,610	0,030	0,080	0,010	1,120	1,120





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTUDOS
ECONÔMICOS
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	5,910	40,690	74,480	14,450	4,950	2,720	0,020	0,010	0,030	0,000	1,070	0,110
1981	3,250	2,530	42,900	12,400	8,510	0,090	0,000	0,410	0,000	0,000	0,000	2,110
1982	6,000	10,740	19,950	23,910	7,480	1,610	0,750	0,010	0,000	0,670	0,320	0,280
1983	0,100	3,840	5,710	4,760	0,600	0,150	0,030	0,000	0,000	0,010	0,000	0,030
1984	0,860	1,670	32,670	100,200	39,720	19,740	0,870	0,290	0,000	0,070	0,720	0,600
1985	25,050	87,780	247,240	247,540	115,990	58,690	34,150	0,520	0,000	0,000	0,000	24,460
1986	26,630	75,710	168,370	188,700	76,200	16,370	5,560	1,300	0,180	0,000	0,000	0,090
1987	4,300	7,180	93,550	22,230	9,360	8,880	0,280	0,000	0,010	0,000	0,000	0,030
1988	2,440	12,770	56,690	75,450	51,080	18,580	0,760	0,000	0,000	0,000	0,000	8,100
1989	14,430	8,500	56,720	126,720	125,410	10,230	21,360	0,160	0,240	0,000	0,000	15,070
1990	2,450	33,160	30,540	55,720	22,060	2,990	5,290	0,230	0,840	0,000	2,480	0,110
1991	7,890	10,710	34,680	24,970	31,170	0,370	0,530	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	7,150	13,910	29,090	22,370	0,000	0,580	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
1993	1,330	3,580	6,680	12,050	5,990	0,880	1,160	0,000	0,100	0,000	0,040	0,750
1994	11,990	12,800	61,000	78,210	52,590	38,860	2,540	0,720	0,000	0,000	0,000	4,560
1995	4,190	14,310	52,910	161,200	119,440	11,840	3,610	0,000	0,000	0,410	0,000	0,800
1996	6,700	12,070	97,350	145,150	33,150	1,230	3,070	4,040	0,000	0,260	4,800	1,140
1997	7,040	1,830	30,760	41,370	14,950	0,290	0,000	0,420	0,050	0,000	1,160	0,870
1998	9,610	5,530	9,420	6,430	1,800	0,420	0,060	0,370	0,000	0,000	0,000	0,500
1999	2,850	6,080	43,820	40,310	52,890	5,050	0,050	0,000	0,000	0,400	1,640	3,680
2000	17,050	40,210	60,830	72,710	7,890	7,710	5,320	3,270	2,910	0,000	0,050	1,670
2001	3,420	10,940	28,160	62,720	6,730	3,370	0,080	0,080	0,170	0,000	0,010	0,020
2002	24,210	4,340	37,060	62,260	31,920	7,100	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300
2003	4,540	27,970	75,210	66,080	16,500	20,230	0,030	0,040	0,000	0,000	0,030	1,100
2004	56,160	99,900	64,160	34,620	24,290	16,890	9,240	0,310	0,000	0,000	0,000	0,110
2005	7,120	6,810	33,330	19,670	32,310	6,160	0,120	0,080	0,000	0,000	0,140	1,880
2006	0,920	8,780	33,200	52,840	39,740	5,450	0,210	0,500	0,040	0,080	0,020	0,630
2007	0,370	13,640	25,710	48,400	6,040	2,900	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	3,150
2008	4,470	9,950	65,640	91,850	37,170	1,790	0,720	0,860	0,000	0,000	0,000	0,900
2009	11,770	24,780	62,610	209,010	140,990	36,050	11,270	2,540	0,000	0,000	0,240	2,440
2010	13,380	0,850	6,630	17,840	4,580	2,640	0,020	0,000	0,000	3,780	0,220	12,340
2011	22,050	31,050	53,110	100,040	80,580	10,130	14,880	0,700	0,000	1,110	0,000	0,000
2012	1,600	17,030	10,460	8,190	0,440	0,150	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



3. Arrebita

Tabela 35 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Arrebita

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	1,240	5,430	4,260	5,360	2,570	0,730	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1913	0,070	2,310	3,630	2,560	1,700	0,400	0,440	0,000	0,000	0,020	0,000	0,260
1914	1,100	1,300	0,960	2,040	0,960	0,450	0,110	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000
1915	0,110	0,080	0,340	0,320	0,200	0,050	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,050
1916	0,460	0,760	2,600	2,260	0,650	0,530	0,030	0,000	0,000	0,000	0,250	0,640
1917	1,990	4,720	4,450	2,170	4,590	1,350	0,110	0,000	0,000	0,000	0,420	0,200
1918	0,910	1,490	2,490	2,670	3,750	0,480	0,430	0,370	0,000	0,030	0,180	0,200
1919	0,240	0,170	1,210	1,700	0,530	0,060	0,160	0,090	0,000	0,000	0,540	0,000
1920	0,070	0,260	2,570	1,800	1,600	0,720	0,320	0,030	0,000	0,020	0,000	0,120
1921	0,260	1,770	2,940	3,530	4,870	0,330	0,830	0,000	0,000	0,040	0,170	0,000
1922	0,070	0,260	1,460	4,070	1,720	0,390	0,390	0,070	0,000	0,000	0,810	0,080
1923	0,240	2,580	1,820	3,040	1,450	0,260	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	1,080	1,930	4,120	7,520	4,190	1,570	0,020	0,000	0,000	0,230	0,000	0,080
1925	1,110	1,480	3,320	4,370	2,240	0,710	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1926	0,780	2,070	3,080	5,120	3,130	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,050
1927	0,220	0,860	2,500	3,910	1,650	0,810	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,390	0,830	1,880	1,740	0,430	0,170	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1929	0,460	0,970	2,730	2,970	1,170	0,030	0,000	0,000	0,000	0,090	0,000	0,190
1930	0,880	1,300	1,860	2,170	0,280	0,500	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,120	0,380	1,070	1,240	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,230	0,540	0,730	1,100	0,200	0,050	0,240	0,000	0,060	0,000	0,070	0,000
1933	0,250	0,640	2,990	5,400	0,590	0,140	0,130	0,010	0,030	0,010	0,000	0,130
1934	0,940	3,340	5,280	3,360	2,670	0,830	0,010	0,000	0,000	0,000	0,290	0,330
1935	0,440	1,240	2,270	3,770	1,450	0,660	0,050	0,090	0,000	0,000	0,000	0,170
1936	0,560	1,160	0,850	0,940	1,430	0,340	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,080	1,300	1,160	2,110	1,340	0,690	0,220	0,040	0,030	0,010	0,000	0,030
1938	0,160	0,120	2,800	4,030	0,620	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1939	0,090	2,740	3,470	3,210	2,020	0,220	0,250	0,090	0,050	0,350	0,060	0,020
1940	1,040	1,020	4,170	5,780	1,520	0,830	0,290	0,070	0,050	0,000	0,000	0,090
1941	0,050	0,410	2,370	1,440	0,370	0,030	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1942	0,090	0,590	0,860	0,500	0,150	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,020	0,560
1943	0,490	0,260	1,680	2,230	0,910	0,080	0,340	0,030	0,020	0,000	0,000	0,120
1944	0,230	0,150	2,870	1,320	1,870	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,430



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS ECONÔMICOS DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	0,730	2,870	3,840	2,010	2,570	0,260	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1946	1,010	1,330	1,220	1,530	0,240	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,150
1947	0,090	1,050	1,790	3,150	1,600	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,500	0,220
1948	0,150	0,470	0,680	1,530	1,090	0,110	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,010	0,800	2,480	1,410	0,970	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,510	0,000
1950	0,700	0,370	2,270	3,000	1,700	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,060	0,070	0,180	0,900	0,170	0,230	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,610
1952	0,240	0,250	1,610	1,980	0,420	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,240
1953	0,030	0,420	0,360	1,020	0,140	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,680	0,740	0,870	0,260	0,190	0,030	0,010	0,000	0,000	0,050	0,000
1955	1,070	0,790	1,340	3,920	1,260	0,020	0,000	0,000	0,000	0,040	0,010	0,000
1956	0,010	0,590	2,530	1,270	0,420	0,030	0,010	0,030	0,000	0,000	0,000	0,050
1957	0,150	0,110	1,830	3,060	1,330	0,180	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1958	0,350	0,310	0,150	0,070	0,150	0,000	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1959	0,130	0,830	1,740	0,690	1,320	0,370	0,060	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,030	0,070	1,700	2,180	0,570	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060
1961	0,790	2,480	2,740	2,670	2,080	0,110	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,420	1,240	3,630	1,430	1,180	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,120
1963	0,390	2,190	3,700	5,390	1,020	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,090	0,580
1964	1,350	4,030	2,870	4,850	3,150	0,790	0,240	0,160	0,510	0,000	0,000	0,000
1965	0,170	0,180	1,690	6,110	1,680	1,820	0,220	0,000	0,000	0,210	0,000	0,000
1966	0,000	0,870	0,560	0,860	1,400	0,330	0,070	0,020	0,000	0,000	0,000	0,020
1967	0,100	1,650	2,930	3,450	3,650	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,380
1968	0,510	0,540	3,840	3,070	4,560	0,280	0,250	0,000	0,000	0,000	0,010	0,290
1969	0,500	0,710	2,500	2,530	0,990	0,290	0,500	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,210	0,100	1,040	1,050	0,130	0,060	0,080	0,020	0,000	0,000	0,120	0,000
1971	0,290	0,280	1,910	3,730	3,340	1,460	0,550	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,690	1,250	1,050	2,830	1,620	0,310	0,050	0,270	0,000	0,000	0,000	0,290
1973	1,040	1,590	2,400	3,830	1,730	0,710	1,080	0,010	0,180	0,080	0,000	0,340
1974	1,830	2,610	3,210	7,820	9,980	1,310	0,020	0,000	0,010	0,170	0,000	0,270
1975	0,670	2,290	3,400	3,730	4,020	0,340	0,370	0,070	0,020	0,010	0,000	0,310
1976	0,110	1,240	1,980	2,630	0,510	0,070	0,210	0,040	0,000	0,000	0,040	0,000
1977	1,030	0,580	0,820	1,870	1,510	1,060	0,560	0,010	0,000	0,000	0,000	0,080
1978	0,690	1,070	2,940	3,290	1,280	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,070	0,020
1979	0,450	0,560	1,570	1,120	1,280	0,290	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTATÍSTICA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0,060	1,060	1,080	0,330	0,090	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,130	0,150	3,380	0,810	0,200	0,010	0,000	0,040	0,000	0,000	0,020	0,170
1982	0,390	0,980	1,200	1,880	0,520	0,010	0,000	0,030	0,000	0,000	0,020	0,040
1983	0,000	0,430	0,390	0,210	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1984	0,260	0,790	2,290	3,300	1,190	0,400	0,190	0,010	0,080	0,020	0,000	0,010
1985	1,540	3,050	4,030	10,930	3,860	2,070	0,490	0,100	0,010	0,000	0,000	1,110
1986	1,120	3,090	6,100	6,210	1,460	0,720	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040
1987	0,290	0,390	2,990	0,300	0,180	0,370	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1988	0,400	1,090	0,920	4,000	2,550	1,460	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,340
1989	1,360	0,200	2,850	4,670	3,630	0,190	0,590	0,010	0,000	0,010	0,000	1,040
1990	0,050	1,340	0,670	2,050	0,520	0,200	0,250	0,000	0,040	0,000	0,020	0,000
1991	0,780	0,950	1,740	1,750	1,220	0,020	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,700	0,980	1,970	0,720	0,030	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,100	0,580	0,490	0,830	0,300	0,290	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1994	0,590	1,580	1,200	4,780	4,280	2,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1995	0,730	1,360	1,930	1,830	2,520	0,430	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,430	0,550	3,370	4,500	1,290	0,040	0,310	0,210	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,330	0,230	1,070	1,920	0,580	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,070
1998	0,830	0,210	0,910	0,220	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,190	0,530	1,250	0,900	0,780	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070	0,180
2000	1,050	1,360	2,440	3,380	0,240	0,410	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,010	0,150	0,300	1,090	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	2,010	0,130	1,340	2,600	1,150	0,680	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,450	1,140	3,510	1,180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	2,740	1,310	1,060	1,200	0,290	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,400	0,230	1,010	1,070	0,520	0,410	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,310	0,770	2,980	3,060	4,370	0,480	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,160
2007	0,060	4,380	0,230	3,660	0,420	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300
2008	0,550	0,810	5,340	2,230	2,750	0,000	0,030	0,140	0,000	0,000	0,150	0,350
2009	8,220	5,240	19,520	25,090	17,810	2,790	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,660	0,040	0,660	0,750	0,290	0,140	0,010	0,000	0,000	0,020	0,000	0,240
2011	1,790	1,620	1,490	3,500	1,600	0,800	0,870	0,000	0,000	0,240	0,000	0,000
2012	0,260	0,370	0,950	0,560	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



4. Ayres de Sousa

Tabela 36 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Ayres de Sousa

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	2,390	21,390	54,580	73,950	93,880	13,400	4,000	3,730	2,500	0,220	0,450	0,250
1913	2,110	17,430	66,400	80,870	59,880	18,770	6,860	2,940	0,710	1,630	0,140	2,520
1914	11,790	17,410	17,310	32,250	11,170	14,280	4,620	5,290	0,180	1,720	0,100	0,000
1915	1,160	1,240	2,830	3,910	1,470	0,900	0,060	0,050	0,060	0,010	0,000	0,370
1916	1,210	3,690	17,920	33,390	12,130	4,620	0,050	0,000	0,030	0,020	2,240	2,350
1917	14,290	37,460	66,300	45,200	59,520	14,070	2,280	0,260	0,170	0,300	4,030	3,220
1918	14,540	12,970	26,680	28,720	52,330	14,690	0,930	4,450	0,090	0,140	0,020	0,260
1919	1,320	2,760	1,290	0,870	1,350	0,360	0,120	0,060	0,080	0,000	0,000	0,030
1920	0,060	0,270	8,070	23,310	14,960	10,030	3,990	0,830	0,010	0,310	0,530	2,580
1921	3,050	20,000	46,290	57,550	80,420	9,100	14,880	0,100	0,830	1,680	2,500	0,260
1922	1,720	6,000	16,360	48,270	35,110	14,520	8,260	1,640	0,120	0,060	2,370	0,540
1923	2,810	21,400	28,630	57,270	12,220	8,970	2,690	0,160	0,030	0,020	0,200	0,140
1924	3,740	18,040	67,270	123,560	80,020	35,470	0,170	0,460	0,360	3,060	0,440	5,720
1925	8,590	15,440	40,700	128,520	68,770	11,180	7,910	0,600	1,120	0,880	0,510	0,710
1926	6,810	28,280	51,880	88,830	52,230	7,360	1,250	0,110	0,270	0,140	0,160	0,480
1927	1,770	5,580	15,590	64,010	14,910	11,100	5,510	0,620	0,160	0,170	0,060	0,160
1928	1,660	2,460	13,260	24,070	4,960	1,030	0,980	0,080	0,070	0,040	0,120	0,540
1929	4,750	21,040	97,940	79,940	37,910	9,540	1,030	1,220	0,350	1,690	0,190	1,860
1930	8,830	17,050	21,770	26,040	5,940	14,740	0,370	0,170	0,110	0,400	0,200	0,290
1931	1,660	7,870	17,840	28,390	7,350	0,930	0,300	0,120	0,010	0,010	0,010	0,050
1932	0,660	2,240	4,830	4,800	2,250	1,940	0,990	0,020	0,130	0,000	0,060	0,000
1933	0,260	0,630	2,910	8,570	1,720	0,250	0,130	0,000	0,010	0,100	0,010	0,490
1934	2,220	18,040	42,400	27,550	41,520	10,190	0,750	0,460	0,060	0,110	0,280	2,340
1935	4,810	17,190	34,350	46,630	32,710	8,330	1,240	0,240	0,200	0,020	0,010	1,280
1936	1,250	7,780	4,730	6,190	6,420	1,170	0,030	0,050	0,020	0,010	0,050	0,010
1937	0,320	8,530	11,180	20,730	22,010	7,080	2,370	0,340	0,030	0,040	0,070	0,080
1938	1,230	1,620	16,160	27,400	5,520	2,900	0,600	0,170	0,030	0,260	0,050	0,210
1939	1,190	14,250	25,200	28,180	13,000	3,570	1,740	0,980	0,340	0,750	0,070	0,160
1940	3,050	6,670	22,930	64,020	36,970	14,980	1,650	0,590	0,360	0,130	0,170	0,200
1941	0,150	1,430	7,750	11,060	5,460	0,730	0,290	0,170	0,050	0,060	0,040	0,030
1942	0,160	0,570	2,620	2,780	2,080	0,160	0,080	0,070	0,030	0,020	0,020	0,460
1943	1,710	1,150	6,800	9,380	5,730	1,340	1,500	0,120	0,100	0,040	0,110	0,480

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1944	0,710	0,720	10,800	13,740	25,130	2,960	1,030	0,170	0,110	0,060	0,040	3,760
1945	4,870	27,830	26,520	41,250	43,240	7,920	1,880	0,030	0,030	0,100	0,000	0,260
1946	7,740	16,280	36,420	55,920	17,940	10,340	0,360	0,220	0,110	0,070	0,090	2,530
1947	3,070	5,380	19,720	88,490	37,650	9,770	1,700	0,490	0,280	0,300	5,450	4,440
1948	3,200	9,280	17,340	33,340	33,430	8,360	2,820	0,860	0,860	0,250	0,100	1,190
1949	1,280	6,910	31,950	51,890	31,120	5,700	3,180	1,170	0,550	0,310	3,380	0,150
1950	3,150	4,670	30,340	92,970	20,160	1,590	1,100	0,500	0,260	0,300	0,270	1,220
1951	3,440	0,750	5,760	19,550	9,780	9,240	0,590	0,130	0,220	0,310	0,050	2,900
1952	1,780	2,940	21,290	51,310	19,470	1,360	0,950	0,270	0,510	0,120	0,090	0,430
1953	0,180	0,980	3,670	11,930	2,290	0,360	0,190	0,090	0,080	0,060	0,030	0,290
1954	0,140	8,280	20,670	13,150	20,840	7,750	0,330	0,160	0,070	0,090	0,730	0,700
1955	7,530	13,500	27,600	126,090	39,660	1,980	0,470	0,260	0,210	0,430	0,640	0,460
1956	0,950	13,910	37,990	32,500	6,030	3,490	0,540	0,250	0,170	0,130	0,190	0,440
1957	6,020	3,220	22,260	73,060	41,300	5,990	0,670	0,630	0,200	0,150	0,130	0,640
1958	4,280	3,200	1,620	1,830	1,570	0,290	0,070	0,060	0,070	0,010	0,020	0,040
1959	0,670	14,580	41,800	19,360	31,640	7,040	0,380	2,930	0,210	0,060	0,250	0,100
1960	0,920	0,750	23,210	34,470	4,890	2,450	1,020	0,120	0,100	0,060	0,040	0,260
1961	3,900	52,580	94,930	98,950	75,990	6,980	2,270	0,190	0,160	0,060	0,070	0,950
1962	4,200	7,340	39,400	28,720	27,390	3,200	0,550	0,080	0,070	0,020	0,720	1,010
1963	8,440	21,140	65,820	84,140	18,110	1,190	0,440	0,110	0,010	0,030	0,960	3,410
1964	9,690	34,730	36,360	75,260	55,570	13,150	2,610	2,050	0,610	0,010	0,000	0,000
1965	2,940	4,040	28,830	87,940	45,160	31,820	1,890	0,020	0,170	2,840	0,000	0,400
1966	0,210	4,270	7,350	14,850	9,930	1,900	1,360	0,070	0,040	0,000	0,000	0,080
1967	1,130	4,830	26,680	38,630	66,250	4,240	1,950	0,050	0,470	0,010	0,000	1,100
1968	3,290	3,900	39,120	50,000	90,310	2,840	3,060	0,040	0,200	0,000	0,020	2,010
1969	3,590	9,000	46,340	41,990	18,590	7,160	14,840	1,020	0,000	0,030	0,010	0,030
1970	1,430	1,740	11,600	15,110	2,120	1,220	0,910	0,000	0,120	0,000	0,180	0,020
1971	3,670	9,180	21,730	39,680	30,300	10,090	9,900	1,170	0,020	0,380	0,110	0,030
1972	1,620	2,560	6,630	16,020	13,590	6,680	1,020	1,310	0,000	0,000	0,000	0,750
1973	9,140	17,990	42,660	111,530	36,750	20,700	21,590	0,620	1,410	0,900	0,060	1,280
1974	10,810	19,930	45,640	170,270	92,340	21,730	0,200	0,010	0,760	0,520	0,120	1,200
1975	5,040	19,150	26,550	22,520	39,790	14,900	7,440	1,370	0,370	0,030	0,190	3,030
1976	1,800	13,060	24,610	27,680	5,480	2,730	0,130	0,160	0,000	0,380	0,260	0,330
1977	5,170	6,850	21,700	20,360	27,480	19,880	5,810	0,090	0,000	0,050	0,000	1,460
1978	5,620	7,110	13,350	40,720	24,080	1,650	2,380	0,000	0,050	0,040	0,930	0,490



IPECE

INSTITUTO
DE PESQUISA
ESTATÍSTICA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1979	2,680	2,560	5,990	8,490	15,780	2,360	0,240	0,100	0,130	0,240	0,040	0,040
1980	0,300	9,230	16,400	3,800	1,460	1,250	0,020	0,000	0,250	0,000	0,150	0,200
1981	0,620	0,250	7,490	4,560	1,970	0,100	0,000	0,170	0,000	0,000	0,020	0,360
1982	1,160	3,490	6,840	9,240	4,380	1,690	0,140	0,000	0,000	0,010	0,080	0,030
1983	0,020	2,360	3,470	3,170	0,470	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1984	0,460	1,230	9,080	22,260	19,500	3,410	0,510	0,030	0,020	0,020	0,010	0,590
1985	5,170	19,550	50,880	81,960	60,060	24,770	11,020	0,660	0,210	0,000	0,010	10,510
1986	6,750	16,330	41,020	86,470	59,270	24,830	2,300	0,510	0,230	0,110	0,160	0,070
1987	1,800	1,600	29,220	9,540	3,460	5,040	0,910	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000
1988	1,390	2,930	14,500	27,960	21,190	12,090	0,160	0,080	0,010	0,020	0,020	4,570
1989	4,560	2,860	15,360	52,220	40,500	5,930	11,300	0,430	0,200	0,070	0,300	7,780
1990	0,500	7,940	9,760	12,370	12,880	3,310	1,080	0,020	0,050	0,030	2,060	0,000
1991	3,170	5,050	13,930	10,970	7,620	0,610	0,070	0,000	0,000	0,040	0,000	0,000
1992	2,000	2,890	8,300	6,520	0,110	1,430	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,400	1,040	2,100	3,520	1,730	0,720	0,240	0,000	0,030	0,000	0,000	0,170
1994	2,530	3,250	16,160	32,070	16,500	19,720	3,240	0,010	0,000	0,000	0,010	1,180
1995	4,570	9,170	14,770	35,600	38,190	8,520	3,220	0,020	0,000	1,220	0,510	0,270
1996	3,970	4,780	28,890	55,670	5,040	1,740	0,870	1,430	0,010	0,010	2,410	0,080
1997	2,610	3,580	15,310	24,870	8,090	0,100	0,070	0,080	0,000	0,000	0,020	0,490
1998	4,440	0,950	5,890	4,340	0,910	0,210	0,030	0,030	0,000	0,000	0,000	0,090
1999	1,210	3,450	15,100	7,880	15,170	2,170	0,030	0,000	0,000	0,000	0,460	0,850
2000	2,610	7,110	13,970	28,680	4,430	3,270	2,720	0,400	0,210	0,000	0,000	0,510
2001	1,710	5,580	7,740	28,120	3,500	1,790	0,120	0,000	0,000	0,000	0,050	0,140
2002	6,730	1,330	13,140	15,320	8,700	5,790	0,610	0,000	0,000	0,000	0,040	0,570
2003	1,970	7,890	22,640	28,950	6,910	5,120	0,070	0,060	0,000	0,000	0,160	0,590
2004	15,610	33,150	23,670	17,090	14,150	10,040	4,190	0,030	0,000	0,000	0,000	0,040
2005	1,850	1,920	6,250	5,170	5,590	1,650	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,280
2006	0,110	1,210	4,780	10,110	10,550	2,480	0,050	0,040	0,000	0,000	0,000	0,190
2007	0,080	6,540	8,650	18,670	2,800	2,190	0,140	0,000	0,000	0,020	0,000	0,440
2008	2,040	2,820	10,580	31,230	14,900	1,190	0,120	0,220	0,050	0,010	0,090	0,500
2009	3,700	9,000	19,330	66,330	75,390	20,590	3,210	0,820	0,000	0,000	0,000	0,260
2010	3,350	0,910	2,170	3,850	3,000	0,910	0,000	0,000	0,000	1,770	0,000	5,060
2011	13,140	17,040	20,600	44,370	15,640	4,650	2,560	0,390	0,000	0,700	0,090	0,020
2012	0,840	2,720	2,950	3,250	0,200	0,370	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E FOMENTO
ECONÔMICO
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos



5. Bonito

Tabela 37 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Bonito

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	0,010	0,120	0,360	1,050	1,100	0,250	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1913	0,010	0,100	0,480	0,680	0,840	0,270	0,090	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010
1914	0,080	0,120	0,150	0,250	0,160	0,140	0,020	0,050	0,000	0,020	0,000	0,000
1915	0,010	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1916	0,000	0,010	0,060	0,170	0,150	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,020
1917	0,050	0,200	0,750	0,920	0,990	0,150	0,010	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010
1918	0,040	0,060	0,260	0,320	0,480	0,180	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1919	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1920	0,000	0,000	0,020	0,090	0,190	0,040	0,050	0,020	0,000	0,000	0,000	0,010
1921	0,010	0,060	0,600	1,220	1,630	0,290	0,350	0,000	0,010	0,010	0,050	0,000
1922	0,020	0,030	0,150	0,970	0,980	0,440	0,220	0,040	0,000	0,000	0,030	0,000
1923	0,020	0,160	0,160	0,410	0,170	0,130	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,020	0,080	0,820	4,590	1,670	0,940	0,050	0,030	0,000	0,020	0,000	0,060
1925	0,100	0,210	0,260	2,220	2,190	0,130	0,170	0,030	0,020	0,000	0,010	0,000
1926	0,050	0,170	0,910	1,210	1,280	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,000	0,020	0,110	0,910	0,140	0,090	0,060	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000
1928	0,020	0,020	0,410	1,000	0,120	0,050	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,020	0,100	0,980	1,470	1,310	0,150	0,050	0,020	0,000	0,010	0,000	0,040
1930	0,070	0,160	0,350	0,360	0,160	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,010	0,060	0,100	0,240	0,040	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,000	0,000	0,030	0,600	0,110	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
1934	0,030	0,210	0,770	1,080	1,020	0,120	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,020
1935	0,060	0,260	0,460	2,150	1,120	0,350	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1936	0,010	0,070	0,020	0,080	0,040	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,000	0,030	0,060	0,180	0,290	0,110	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1938	0,010	0,000	0,090	0,260	0,100	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,000	0,040	0,080	0,130	0,120	0,020	0,030	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000
1940	0,010	0,030	0,280	0,910	1,030	0,660	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	0,010	0,020	0,060	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1943	0,010	0,000	0,070	0,210	0,060	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1944	0,000	0,000	0,050	0,180	0,110	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E GESTÃO
ECONÔMICA
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	0,030	0,270	0,610	1,040	0,140	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1946	0,040	0,130	0,520	0,630	0,080	0,160	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1947	0,020	0,030	0,360	1,090	0,670	0,100	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,020
1948	0,010	0,040	0,180	0,160	0,280	0,060	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010
1949	0,000	0,010	0,070	0,120	0,180	0,030	0,030	0,010	0,000	0,000	0,030	0,000
1950	0,020	0,050	0,410	1,670	0,390	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,000	0,000	0,010	0,020	0,030	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1952	0,000	0,010	0,090	0,180	0,120	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1953	0,000	0,000	0,000	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,030	0,020	0,060	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,010	0,060	0,330	0,230	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,030	0,150	0,410	0,040	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,010	0,010	0,080	0,980	0,210	0,020	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010
1958	0,000	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,000	0,050	0,080	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,010	0,030	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,010	0,020	0,160	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,000	0,000	0,040	0,070	0,110	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,010	0,100	0,870	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
1964	0,050	0,380	0,630	1,710	1,160	0,280	0,030	0,110	0,010	0,000	0,000	0,000
1965	0,010	0,000	0,030	0,570	0,540	0,530	0,010	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000
1966	0,000	0,020	0,040	0,050	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,040	0,430	1,080	0,540	0,040	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1968	0,040	0,020	0,440	0,660	1,330	0,090	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1969	0,010	0,040	0,160	0,340	0,200	0,030	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,010	0,050	0,100	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,010	0,040	0,090	0,310	0,520	0,260	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,010	0,010	0,030	0,090	0,050	0,020	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,020	0,040	0,160	1,210	0,530	0,580	0,190	0,010	0,010	0,030	0,000	0,010
1974	0,070	0,090	0,510	3,260	2,000	0,190	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1975	0,010	0,030	0,090	0,060	0,210	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1976	0,000	0,010	0,040	0,260	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,010	0,010	0,160	0,090	0,350	0,210	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040
1978	0,230	0,300	0,630	1,040	0,300	0,040	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1979	0,030	0,010	0,040	0,030	0,100	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0,010	0,220	0,730	0,220	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,010	0,010	0,200	0,070	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,010	0,030	0,050	0,060	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,020	0,350	0,350	0,430	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,050	0,660	5,160	2,390	1,420	0,830	0,630	0,010	0,000	0,000	0,000	0,160
1986	0,110	0,280	1,300	2,410	1,150	0,110	0,140	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,010	0,010	0,410	0,140	0,020	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,010	0,160	0,560	0,730	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1989	0,050	0,050	0,310	1,680	1,850	0,150	0,340	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070
1990	0,070	0,390	0,500	0,670	0,470	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
1991	0,020	0,010	0,120	0,130	0,190	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,010	0,030	0,070	0,040	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,010	0,020	0,230	0,350	0,310	0,300	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1995	0,010	0,020	0,150	0,460	1,010	0,300	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,020	0,030	0,320	1,770	0,320	0,000	0,040	0,070	0,000	0,000	0,020	0,000
1997	0,010	0,000	0,050	0,130	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,010	0,060	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
2000	0,020	0,080	0,160	0,360	0,080	0,140	0,080	0,050	0,040	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,020	0,050	0,230	0,030	0,020	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
2002	0,020	0,010	0,110	0,260	0,230	0,090	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,000	0,050	0,450	0,500	0,170	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,080	0,430	0,920	0,270	0,420	0,260	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,010	0,040	0,100	0,220	0,300	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,020	0,150	0,310	0,440	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,020	0,160	0,250	0,090	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,010	0,020	0,130	0,310	0,110	0,050	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,010	0,020	0,100	1,360	1,810	0,840	0,170	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,040	0,010	0,010	0,090	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,030
2011	0,120	0,150	0,180	0,660	1,080	0,100	0,180	0,010	0,000	0,020	0,000	0,000
2012	0,010	0,070	0,040	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



6. Carão

Tabela 38 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Carão

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	0,030	0,410	1,360	6,220	2,590	0,410	0,020	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000
1913	0,000	0,240	1,960	3,920	2,410	0,810	0,300	0,030	0,010	0,000	0,000	0,010
1914	0,100	0,040	0,050	0,150	0,050	0,070	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
1915	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1916	0,000	0,000	0,060	0,390	0,460	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1917	0,060	0,780	11,930	3,390	4,700	0,970	0,090	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1918	0,020	0,010	0,070	0,140	0,370	0,060	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1919	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1920	0,000	0,000	0,050	1,040	1,030	0,200	0,150	0,040	0,000	0,010	0,000	0,000
1921	0,000	0,160	1,820	3,080	4,550	0,240	0,330	0,020	0,020	0,000	0,010	0,000
1922	0,000	0,000	0,090	0,990	0,800	0,480	0,140	0,030	0,000	0,000	0,010	0,000
1923	0,000	0,140	0,180	1,270	0,320	0,160	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,040	1,100	12,420	40,290	7,000	2,820	0,190	0,000	0,000	0,020	0,000	0,010
1925	0,040	0,060	0,140	0,400	0,130	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1926	0,000	0,060	0,990	5,800	4,270	0,260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,000	0,030	0,280	2,660	0,450	0,160	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,000	0,000	0,060	0,180	0,030	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,000	0,010	0,110	0,280	0,140	0,090	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1930	0,010	0,020	0,090	0,090	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,000	0,000	0,040	0,150	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,000	0,010	0,520	0,760	0,140	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1934	0,010	0,470	3,300	3,300	2,880	0,420	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1935	0,020	0,160	0,420	3,090	1,630	0,920	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1936	0,000	0,100	0,080	0,020	0,070	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,000	0,010	0,010	0,070	0,100	0,070	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1938	0,000	0,000	0,070	0,240	0,040	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,000	0,010	0,040	0,210	0,050	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1940	0,000	0,010	0,370	1,310	1,310	0,390	0,150	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	0,000	0,010	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1943	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1944	0,000	0,000	0,020	0,030	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	0,010	0,310	0,560	1,670	1,060	0,280	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1946	0,010	0,030	0,060	0,160	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1947	0,000	0,010	0,370	0,560	0,120	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1948	0,000	0,000	0,060	0,050	0,080	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,000	0,000	0,030	0,050	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1950	0,000	0,000	0,030	0,400	0,540	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,000	0,000	0,010	0,930	0,170	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,010	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,000	0,010	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,010	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,050	0,390	0,980	0,560	0,020	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,010	0,020	0,050	0,040	0,110	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,070	1,960	5,910	0,250	0,470	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1964	0,170	1,740	8,160	22,830	7,660	0,580	0,660	0,360	0,010	0,000	0,000	0,000
1965	0,000	0,000	0,020	0,290	0,170	0,230	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
1966	0,000	0,010	0,010	0,060	0,020	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,020	0,520	2,770	2,010	0,130	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1968	0,000	0,010	0,310	0,350	0,500	0,010	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1969	0,000	0,000	0,040	0,220	0,100	0,060	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,000	0,000	0,010	0,060	0,100	0,030	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,000	0,010	0,050	0,500	0,600	0,110	0,040	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
1974	0,030	0,070	0,630	24,980	6,110	0,420	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1975	0,000	0,010	0,090	0,220	0,550	0,310	0,140	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1976	0,000	0,010	0,050	0,070	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,000	0,000	0,020	0,240	0,210	0,170	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1978	0,000	0,010	0,050	0,100	0,100	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	0,000	0,020	0,040	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0,000	0,020	0,060	0,030	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	0,020	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,000	0,010	0,060	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,010	0,790	0,430	0,310	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,020	0,290	3,260	33,590	2,680	0,730	0,510	0,020	0,000	0,000	0,000	0,040
1986	0,010	0,140	2,750	5,940	2,270	0,850	0,210	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,000	0,060	0,030	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,150	1,370	0,930	0,410	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1989	0,010	0,010	0,090	1,000	1,540	0,040	0,100	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010
1990	0,000	0,020	0,020	0,190	0,070	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,000	0,010	0,270	0,410	0,160	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,000	0,020	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,000	0,010	0,120	0,300	0,080	0,290	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1995	0,000	0,020	0,120	0,950	1,260	0,100	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,000	0,010	0,430	7,780	1,100	0,040	0,040	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,010	0,000	0,110	0,340	0,260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,000	0,090	0,100	0,230	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,020	0,100	0,200	0,770	0,160	0,100	0,040	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,000	0,040	0,340	0,040	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	0,010	0,000	0,030	0,160	0,110	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,000	0,010	0,100	0,200	0,050	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,130	1,360	0,880	0,410	0,230	0,290	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,010	0,010	0,070	0,070	0,210	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,000	0,020	0,030	0,080	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,000	0,020	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,000	0,000	0,190	0,630	0,300	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,000	0,010	0,200	5,040	7,100	0,840	0,210	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,010	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2011	0,020	0,060	0,260	0,320	0,630	0,200	0,090	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

7. Carmina

Tabela 39 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Carmina

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	0,000	0,080	0,420	2,780	0,920	0,250	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1913	0,000	0,060	0,460	1,110	0,780	0,320	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1914	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1915	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1916	0,000	0,000	0,010	0,090	0,100	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1917	0,010	0,130	5,460	2,630	3,390	0,490	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1918	0,000	0,000	0,010	0,020	0,100	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1919	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1920	0,000	0,000	0,000	0,120	0,140	0,050	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1921	0,000	0,010	0,670	1,160	2,420	0,170	0,180	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1922	0,000	0,000	0,030	0,450	0,540	0,350	0,080	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
1923	0,000	0,010	0,010	0,100	0,050	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,000	0,120	2,130	25,530	2,720	1,650	0,160	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
1925	0,000	0,010	0,030	0,120	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1926	0,000	0,010	0,330	2,310	1,500	0,190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,000	0,010	0,040	0,380	0,130	0,040	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,000	0,000	0,010	0,060	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,000	0,000	0,010	0,040	0,030	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1930	0,000	0,000	0,030	0,050	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,000	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,000	0,000	0,010	0,040	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1934	0,000	0,040	1,100	1,820	1,520	0,270	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1935	0,000	0,010	0,040	0,290	0,210	0,150	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1936	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,000	0,000	0,000	0,010	0,050	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1938	0,000	0,000	0,010	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1940	0,000	0,000	0,010	0,140	0,170	0,080	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1943	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1944	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	0,000	0,080	0,180	0,420	0,410	0,120	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1946	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1947	0,000	0,000	0,040	0,080	0,070	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1948	0,000	0,000	0,020	0,020	0,060	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,000	0,000	0,000	0,020	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1950	0,000	0,000	0,010	0,310	0,870	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,000	0,000	0,000	0,420	0,110	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,000	0,030	0,100	0,120	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,000	0,000	0,030	0,050	0,100	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,010	0,450	2,090	0,150	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1964	0,000	0,060	0,530	3,010	5,680	0,430	0,270	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000
1965	0,000	0,000	0,020	0,920	0,410	0,510	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1966	0,000	0,000	0,010	0,030	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,010	0,440	2,680	4,510	0,130	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1968	0,000	0,000	0,340	0,590	0,940	0,070	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1969	0,000	0,000	0,020	0,210	0,070	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,000	0,020	0,540	24,780	2,700	2,260	0,370	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,000	0,000	0,020	0,320	0,180	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,000	0,040	0,500	17,310	3,420	1,210	0,450	0,070	0,000	0,020	0,000	0,000
1974	0,120	1,780	16,020	60,040	1,680	2,450	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1975	0,000	0,100	2,920	9,040	16,480	2,470	0,850	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1976	0,000	0,020	1,100	2,750	0,340	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
1977	0,000	0,040	0,350	2,660	2,050	1,250	0,510	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1978	0,050	0,050	0,610	3,330	2,360	0,160	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	0,000	0,010	0,090	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0,000	0,020	0,250	0,070	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	0,010	0,030	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,010	0,510	0,700	0,260	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,010	0,140	3,270	54,600	0,050	0,150	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1986	0,010	0,130	3,640	5,130	1,270	0,340	0,080	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,000	0,040	0,030	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,040	0,420	0,290	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1989	0,000	0,000	0,000	0,170	0,290	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1990	0,000	0,000	0,000	0,040	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,000	0,000	0,080	0,210	0,110	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,000	0,000	0,030	0,130	0,040	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1995	0,000	0,000	0,040	0,310	1,030	0,050	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,000	0,000	0,190	7,890	1,350	0,140	0,040	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,000	0,000	0,010	0,070	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,000	0,010	0,010	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,000	0,060	0,280	1,780	0,190	0,210	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,000	0,010	0,160	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	0,000	0,000	0,010	0,100	0,070	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,000	0,000	0,050	0,190	0,060	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,040	0,320	0,310	0,200	0,110	0,140	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,000	0,000	0,030	0,040	0,060	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,000	0,010	0,040	0,120	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,000	0,000	0,240	1,440	0,280	0,030	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,000	0,010	0,110	6,990	15,080	0,450	0,250	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2011	0,000	0,000	0,010	0,050	0,140	0,050	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

8. Edson Queiroz

Tabela 40 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Edson Queiroz

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	8,118	39,695	55,302	99,963	2,200	0,900	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1913	0,000	6,500	24,400	27,200	20,100	5,900	4,700	0,100	0,700	0,400	0,100	1,600
1914	3,600	4,500	4,000	6,900	7,900	6,900	1,600	2,900	0,000	0,200	0,000	0,000
1915	0,200	0,100	0,600	0,500	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1916	0,400	0,800	4,900	9,600	5,400	4,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	1,000
1917	3,000	11,700	60,400	24,100	67,600	11,500	0,600	0,100	0,000	0,000	0,500	0,700
1918	0,800	1,600	7,200	7,600	13,000	2,800	1,500	0,900	0,400	0,000	0,000	0,100
1919	0,600	0,800	0,100	0,100	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1920	0,000	0,000	4,900	13,700	11,700	5,000	3,300	0,400	0,300	0,100	0,100	0,400
1921	0,600	5,000	41,100	30,100	55,300	3,100	6,100	0,200	0,100	0,100	0,600	0,000
1922	0,100	0,400	5,700	26,300	13,700	11,200	3,100	1,000	0,000	0,000	1,700	0,100
1923	0,300	8,100	5,500	16,400	6,300	2,100	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	1,700	12,300	51,000	177,300	69,700	26,800	1,700	2,800	0,000	0,400	0,300	0,800
1925	4,200	7,800	13,400	21,700	7,000	1,200	0,200	0,000	0,000	0,100	0,000	0,100
1926	0,200	2,500	14,500	39,800	41,300	21,000	3,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,800	3,200	9,400	29,600	10,600	1,600	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,200	0,100	2,400	5,300	3,400	2,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,700	5,300	17,500	28,500	15,500	4,500	2,800	0,300	0,100	0,100	0,000	0,300
1930	0,600	1,000	4,500	11,700	3,100	2,500	0,500	0,100	0,000	0,000	0,000	0,100
1931	0,100	1,800	6,900	2,600	1,900	0,100	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,100	0,200	0,100	0,300	0,100	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,100	0,300	3,500	11,600	5,400	0,400	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1934	1,200	1,100	2,600	2,400	2,400	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300
1935	1,100	5,500	12,700	34,600	21,800	12,100	0,700	0,200	0,000	0,000	0,000	0,200
1936	0,400	3,300	2,300	1,600	3,100	3,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,100	2,400	3,400	14,000	12,200	3,000	1,100	0,300	0,000	0,100	0,000	0,100
1938	0,300	0,400	8,100	8,600	2,000	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,200	5,800	17,800	18,500	10,100	2,400	2,200	0,000	0,300	0,200	0,000	0,000
1940	1,000	4,600	21,200	67,400	43,700	21,800	4,400	0,400	0,000	0,000	0,000	0,100
1941	0,300	1,300	5,700	13,600	2,300	4,000	0,800	0,000	0,000	0,100	0,000	0,100
1942	0,200	1,400	4,300	3,800	3,200	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,300
1943	0,700	0,700	2,600	3,000	1,800	0,800	1,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1944	0,500	0,100	2,800	3,200	5,600	0,700	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	1,300	9,400	15,600	33,500	32,800	5,600	2,600	0,200	0,000	0,000	0,200	0,500
1946	3,400	5,100	4,600	8,200	2,800	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1947	0,200	1,400	12,200	22,000	17,500	4,900	1,100	0,000	0,000	0,000	0,800	0,300
1948	0,300	0,300	7,100	12,400	15,300	2,900	0,800	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,100	1,600	5,100	8,100	8,900	1,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,500	0,000
1950	0,600	0,900	7,100	20,200	12,500	0,800	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,100	0,000	0,200	0,800	0,300	1,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300
1952	0,200	0,700	6,200	13,600	5,500	1,100	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000	0,600
1953	0,000	0,600	1,200	5,500	2,000	0,500	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,400	1,100	1,000	2,500	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,400	0,200	2,800	13,600	8,900	0,200	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,700	4,000	7,100	0,400	0,100	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,100	0,000	1,700	15,000	1,800	0,300	1,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,100	0,200	0,100	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,100	0,300	0,300	0,600	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,500	0,700	0,200	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,100	0,800	2,200	4,600	2,200	0,100	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,200	0,900	6,500	4,100	5,900	0,500	0,800	0,000	0,100	0,000	0,100	0,200
1963	0,900	2,800	30,500	30,900	3,200	2,300	0,100	0,500	0,000	0,000	0,200	1,700
1964	4,600	14,600	29,000	43,800	49,600	11,600	6,200	3,200	0,300	0,000	0,000	0,200
1965	0,300	0,300	5,900	37,500	12,200	15,000	0,600	0,000	0,100	0,600	0,000	0,100
1966	0,100	0,800	1,900	5,400	2,500	0,500	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,100	2,200	20,900	44,200	51,100	4,500	1,700	1,400	0,900	0,000	0,000	1,600
1968	1,100	1,000	20,700	12,400	27,200	1,000	1,500	0,300	0,000	0,100	0,000	0,300
1969	0,600	1,100	5,400	12,800	3,900	4,200	7,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,900	0,600	3,300	4,500	1,400	0,300	0,300	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000
1971	0,300	0,800	2,600	10,700	14,100	6,400	5,100	0,600	1,100	0,300	0,100	0,000
1972	0,400	0,700	1,100	4,700	1,500	1,200	0,400	0,800	0,000	0,000	0,000	0,300
1973	0,500	1,400	8,100	29,500	28,700	8,800	4,600	0,100	0,100	0,100	0,000	0,300
1974	11,400	8,000	43,700	251,700	81,300	12,400	2,600	0,100	0,200	0,100	0,000	0,600
1975	0,700	3,300	12,300	11,500	22,700	8,000	4,300	0,100	0,100	0,000	0,000	0,400
1976	0,500	6,500	15,100	12,700	2,400	0,700	0,300	0,100	0,000	0,000	0,200	0,000
1977	1,500	2,000	6,000	16,900	17,900	6,700	6,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,800
1978	1,700	6,000	10,500	18,100	7,000	1,900	1,700	0,000	0,200	0,000	0,300	0,300
1979	0,300	0,400	2,000	5,000	6,000	2,300	0,200	0,000	0,000	0,000	0,100	0,000





ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0,400	5,700	9,500	2,500	0,600	1,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,100	0,100	7,700	1,800	1,100	0,200	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,100
1982	0,300	1,200	3,400	6,500	5,000	0,400	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,600	0,300	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,100	2,800	17,500	18,800	9,200	2,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1985	4,200	26,500	120,100	240,600	57,000	38,400	11,700	1,400	0,100	0,000	0,100	5,600
1986	9,200	30,600	108,000	98,700	31,000	15,400	2,000	2,000	1,000	0,100	0,100	0,200
1987	0,400	2,000	20,400	6,700	1,300	6,100	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,700	2,400	12,700	49,100	36,800	8,100	5,700	0,000	0,100	0,000	0,000	1,100
1989	1,800	1,100	13,600	44,500	36,200	3,300	3,700	0,400	0,200	0,000	0,000	2,600
1990	0,100	4,700	1,800	7,100	8,300	3,300	3,000	0,200	0,100	0,000	0,200	0,000
1991	0,700	2,600	15,400	15,800	11,600	1,900	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	4,300	2,400	6,500	6,100	0,000	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,100	0,600	0,800	0,900	0,300	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,500	1,600	6,400	13,100	6,500	8,100	2,000	0,000	0,100	0,000	0,000	0,600
1995	0,400	2,400	12,500	25,200	19,900	2,600	0,700	0,000	0,000	0,100	0,300	0,000
1996	2,200	2,700	33,000	53,900	11,300	2,900	0,900	1,200	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,800	0,600	6,300	10,400	5,400	0,000	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,100
1998	0,600	0,500	0,700	0,600	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,100	1,600	3,200	4,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100	0,100
2000	1,000	9,500	9,900	18,300	3,800	4,900	2,800	1,800	0,100	0,000	0,000	0,300
2001	0,200	0,400	1,200	7,500	0,500	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	3,800	0,100	4,600	10,400	2,300	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,300	0,800	8,000	7,700	1,000	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	16,700	16,500	17,900	5,400	3,900	4,600	1,400	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,700	0,300	2,300	1,800	2,700	0,700	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,600	1,900	6,400	7,400	2,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
2007	0,000	1,300	1,000	4,500	0,900	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
2008	0,200	0,200	10,300	22,700	15,500	2,900	0,100	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	1,700	1,700	5,100	28,400	36,500	6,600	2,200	0,800	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,900	0,100	0,200	2,100	0,300	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
2011	1,400	2,500	2,600	10,300	7,900	4,200	2,600	0,200	0,000	0,200	0,000	0,000
2012	0,100	0,600	0,400	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



9. Farias de Sousa

Tabela 41 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Farias de Sousa

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1920	0,000	0,000	0,200	1,060	0,740	0,040	0,000	0,000	0,000	0,020	0,000	0,010
1921	0,040	0,580	2,390	1,430	1,540	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1922	0,000	0,020	0,150	0,790	0,420	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060	0,000
1923	0,010	0,270	0,400	0,510	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,040	0,050	1,000	2,510	0,210	0,410	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
1925	0,280	0,160	0,420	2,220	0,590	0,020	0,010	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000
1926	0,010	0,120	0,560	1,040	1,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,080	0,250	0,590	3,570	0,290	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,000	0,010	0,810	1,570	0,330	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1929	0,040	0,270	2,010	1,780	0,850	0,100	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1930	0,030	0,060	0,350	0,380	0,020	0,130	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,010	0,070	0,170	0,300	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,000	0,040	0,110	0,420	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1934	0,140	0,690	1,630	1,480	0,980	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
1935	0,070	0,280	1,560	3,590	1,260	0,900	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1936	0,000	0,120	0,050	0,050	0,080	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,010	0,090	0,110	0,310	0,470	0,200	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1938	0,030	0,050	0,620	2,000	0,100	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,020	0,310	1,010	1,320	0,630	0,110	0,080	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000
1940	0,100	0,260	1,580	3,140	0,880	0,520	0,300	0,060	0,010	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	0,010	0,100	0,090	0,090	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,000	0,010	0,040	0,030	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1943	0,010	0,030	0,120	0,070	0,040	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1944	0,010	0,010	0,100	0,160	0,150	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1945	0,050	0,370	0,620	1,150	0,410	0,070	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
1946	0,090	0,270	0,180	1,080	0,060	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1947	0,040	0,080	0,440	0,540	0,200	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020
1948	0,020	0,050	0,710	0,280	0,190	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,000	0,020	0,140	0,120	0,080	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
1950	0,010	0,050	0,410	1,650	0,290	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,000	0,000	0,010	0,180	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1952	0,000	0,020	0,100	0,150	0,070	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1953	0,000	0,010	0,020	0,040	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,010	0,060	0,070	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
1955	0,080	0,010	0,320	0,780	0,360	0,560	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000
1956	0,010	0,060	0,360	0,730	0,490	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,080	0,010	0,100	0,880	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,010	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,040	0,170	0,070	0,090	0,030	0,000	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,590	0,420	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1961	0,040	0,200	0,620	0,910	0,260	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,030	0,180	0,550	0,610	0,440	0,210	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,060	0,310	1,960	1,230	0,340	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,020	0,030
1964	0,220	0,630	2,630	3,730	2,620	0,030	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1965	0,020	0,020	0,280	2,000	0,540	0,540	0,030	0,020	0,030	0,080	0,000	0,010
1966	0,000	0,050	0,080	0,270	0,170	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,020
1967	0,020	0,140	0,550	1,780	0,970	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1968	0,060	0,030	0,580	1,560	1,380	0,030	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,010
1969	0,030	0,040	0,230	0,610	0,180	0,010	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,020	0,010	0,120	0,210	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,010	0,060	0,370	0,920	0,700	0,310	0,110	0,010	0,000	0,020	0,000	0,000
1972	0,020	0,030	0,090	0,540	0,040	0,040	0,010	0,160	0,000	0,000	0,000	0,050
1973	0,140	0,410	0,610	2,300	0,810	0,430	0,160	0,000	0,030	0,020	0,000	0,020
1974	0,340	0,580	0,660	4,620	2,320	0,310	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,110
1975	0,040	0,190	0,740	0,630	1,170	0,150	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1976	0,000	0,490	1,320	0,710	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,090	0,220	0,930	0,570	0,670	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1978	0,050	0,080	0,330	0,390	0,680	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,030	0,060	0,070	0,110	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
1980	0,030	0,270	0,890	0,200	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
1981	0,010	0,010	0,140	0,080	0,020	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,010	0,020	0,060	0,090	0,030	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,020	0,050	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,010	0,280	1,430	0,420	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,140	0,640	3,390	2,830	1,420	0,480	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060
1986	0,100	1,030	3,190	2,530	0,610	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,020	0,020	0,690	0,050	0,070	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1988	0,000	0,030	0,270	0,670	0,590	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1989	0,060	0,010	0,200	1,140	1,330	0,250	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,140
1990	0,000	0,060	0,020	0,380	0,080	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
1991	0,020	0,090	0,570	0,160	0,250	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,020	0,060	0,090	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,010	0,020	0,070	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,030	0,050	0,580	0,500	0,230	0,330	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1995	0,010	0,040	0,500	3,680	0,920	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,040	0,050	1,110	2,160	0,240	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,010	0,000	0,130	0,140	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,020	0,040	0,050	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,010	0,020	0,520	0,980	1,380	0,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,010
2000	0,210	0,380	0,950	1,370	0,220	0,070	0,020	0,090	0,040	0,000	0,000	0,010
2001	0,030	0,110	0,550	1,290	0,100	0,100	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	0,220	0,050	0,460	1,320	0,450	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,010	0,210	1,000	0,650	0,040	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
2004	0,650	1,210	0,800	0,630	0,160	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,020	0,010	0,200	0,110	0,410	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,030	0,170	0,920	0,550	0,040	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,010	0,090	0,280	0,610	0,070	0,060	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
2008	0,020	0,040	0,620	0,800	0,390	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,070	0,140	0,540	2,900	2,190	0,390	0,140	0,030	0,000	0,000	0,000	0,020
2010	0,050	0,000	0,030	0,150	0,020	0,040	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000	0,050
2011	0,090	0,200	0,400	1,450	1,260	0,090	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	0,000	0,050	0,080	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

10. Forquilha

Tabela 42 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Forquilha

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	6,720	12,590	17,960	32,540	25,830	9,000	0,000	0,790	0,000	0,000	0,350	0,270
1913	4,420	15,650	22,940	40,700	47,480	29,690	15,690	2,860	3,100	2,180	1,850	1,580
1914	21,480	16,400	32,620	24,550	51,040	64,480	7,790	9,700	0,000	0,220	1,260	0,190
1915	1,210	0,650	1,970	3,210	2,440	0,770	0,080	0,100	0,010	0,000	0,030	1,000
1916	1,150	0,670	6,020	11,180	11,750	16,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,630	2,890
1917	17,350	51,630	131,260	90,260	161,290	32,440	3,360	0,180	0,240	0,000	1,940	6,840
1918	5,390	12,650	20,820	34,690	12,550	13,820	0,710	13,460	1,070	0,340	0,070	5,040
1919	1,310	3,860	1,590	0,620	2,180	0,000	0,020	0,780	0,060	0,020	0,020	0,000
1920	0,020	0,230	12,600	7,660	11,260	9,310	3,390	0,720	0,000	0,120	0,780	5,350
1921	3,470	17,690	64,520	71,630	82,240	12,030	48,580	0,190	0,100	0,000	1,020	1,430
1922	2,770	7,170	9,590	53,350	45,470	24,570	24,740	3,990	0,000	0,070	4,430	2,370
1923	6,600	27,480	18,110	18,920	6,810	5,890	11,120	0,000	0,000	0,000	0,030	0,040
1924	8,490	11,630	56,320	147,230	70,050	61,820	1,340	0,000	0,000	0,000	0,250	1,260
1925	4,450	1,810	8,170	12,000	7,080	1,510	0,040	0,000	0,110	1,220	0,000	1,470
1926	1,760	1,230	12,620	33,040	41,800	9,820	0,280	0,000	0,000	0,000	1,230	0,260
1927	1,970	8,360	6,840	29,210	29,170	9,290	6,690	0,720	0,010	0,010	0,030	0,780
1928	1,850	0,290	5,340	13,970	17,830	5,340	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	1,180	12,000	28,360	19,230	21,470	2,040	11,790	0,620	0,060	0,290	0,100	0,990
1930	6,420	3,710	8,550	8,270	3,090	5,350	0,000	0,170	0,060	0,190	0,000	0,010
1931	3,300	10,540	13,740	10,470	6,620	4,830	0,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,110
1932	1,590	2,560	3,820	2,670	0,560	0,990	0,350	0,030	0,300	0,010	0,000	0,060
1933	1,470	1,980	8,780	45,220	8,970	1,320	0,150	0,020	0,000	0,300	0,210	0,990
1934	1,320	11,860	34,840	33,070	82,230	10,200	0,070	0,320	0,190	0,190	0,280	5,530
1935	5,340	23,000	33,860	64,320	63,090	33,960	7,960	2,010	0,200	0,360	0,080	0,510
1936	1,520	7,590	5,580	1,840	7,310	10,600	1,070	0,000	0,000	0,040	0,030	0,020
1937	0,010	4,690	4,910	17,970	26,560	13,300	3,040	0,340	0,080	0,560	0,320	0,210
1938	3,710	0,820	31,490	53,900	25,450	5,120	0,710	0,300	0,220	0,110	0,210	0,320
1939	1,440	19,300	25,520	23,760	9,970	6,950	3,800	2,130	0,730	3,050	1,210	0,520
1940	3,880	6,850	36,880	81,150	87,980	37,220	27,260	2,530	0,510	1,080	0,080	2,590
1941	1,760	7,060	24,410	31,010	9,430	2,930	1,150	0,180	0,010	0,080	0,130	0,560
1942	0,280	3,150	5,800	6,090	2,310	1,120	0,200	0,020	0,000	0,180	0,040	0,290
1943	0,970	1,640	6,060	11,140	2,500	0,920	2,210	0,020	0,000	0,050	0,400	1,520
1944	3,360	1,130	16,320	20,510	41,880	4,450	2,740	0,050	0,000	0,080	0,070	3,530

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	3,590	28,820	22,380	57,040	54,630	27,030	17,780	1,030	0,230	0,350	0,500	1,170
1946	16,020	23,450	45,380	51,420	11,070	6,290	0,090	0,040	0,020	0,170	0,500	2,700
1947	3,190	10,990	32,850	39,770	27,040	9,850	2,090	0,640	0,050	0,100	8,990	1,400
1948	5,190	2,870	28,720	22,810	27,870	15,300	5,670	0,620	0,430	0,440	0,080	0,200
1949	0,520	6,060	38,550	48,840	32,450	6,780	2,400	2,660	0,330	0,090	4,260	0,060
1950	0,540	5,450	32,620	128,060	53,290	2,370	2,040	0,420	0,330	1,620	0,250	0,670
1951	3,060	1,230	3,010	18,870	9,230	31,710	3,330	0,000	0,000	0,700	0,460	2,230
1952	2,140	3,100	20,720	29,500	27,530	1,770	0,000	0,030	0,100	0,000	0,060	2,260
1953	0,300	0,740	3,020	10,690	10,690	4,750	0,240	0,020	0,020	0,010	0,030	0,170
1954	1,360	5,060	9,070	7,090	24,440	3,680	0,310	0,170	0,000	0,010	0,030	0,180
1955	1,200	3,680	10,650	26,730	36,330	6,650	0,170	0,240	0,000	0,880	0,100	2,520
1956	0,270	10,240	24,110	41,210	7,180	4,680	1,230	1,880	0,050	0,250	0,050	0,830
1957	4,170	0,970	30,850	67,970	16,100	1,680	0,080	0,040	0,040	0,000	0,100	1,190
1958	0,280	1,020	1,400	2,390	6,220	1,330	1,410	0,000	0,000	0,010	0,040	0,470
1959	2,860	9,660	20,230	18,410	25,910	12,780	1,710	1,580	0,260	0,030	0,160	0,140
1960	0,480	0,300	26,520	26,780	3,150	4,100	2,530	0,200	0,150	0,100	0,000	1,080
1961	3,050	25,370	65,850	74,940	46,660	14,500	6,330	0,010	0,120	0,450	0,090	1,740
1962	8,400	14,340	69,420	48,180	35,110	16,160	2,040	0,140	0,830	0,040	0,730	2,580
1963	14,500	28,260	106,610	81,840	28,600	5,970	1,990	0,000	0,000	0,000	1,310	9,300
1964	26,220	54,670	93,280	152,150	106,030	48,070	36,040	11,060	2,240	1,410	0,920	0,700
1965	6,660	4,940	21,480	74,880	38,540	64,540	5,370	0,100	0,320	1,030	0,070	0,320
1966	0,140	3,700	5,940	11,850	20,440	12,450	8,490	1,480	0,470	0,020	0,160	0,950
1967	2,380	10,390	37,720	49,240	54,290	12,420	7,290	4,260	0,240	0,000	0,040	1,020
1968	6,440	3,580	28,580	24,890	49,660	4,020	4,500	0,750	0,000	0,210	0,010	1,040
1969	2,760	2,710	16,570	51,610	21,890	27,470	35,750	4,440	0,370	0,580	0,080	0,230
1970	4,030	2,080	16,330	17,890	2,810	2,370	0,910	0,090	0,100	0,040	0,600	0,540
1971	2,950	6,380	14,790	22,180	27,420	22,500	15,060	2,230	0,860	2,970	1,040	0,370
1972	3,000	5,920	8,720	11,570	7,080	7,980	2,090	2,030	0,000	0,030	0,070	3,540
1973	4,970	11,360	34,310	81,900	68,430	50,820	20,210	1,330	0,160	0,530	0,210	3,050
1974	54,720	47,750	154,500	245,630	269,600	48,350	15,680	1,730	6,270	2,250	0,820	11,480
1975	11,120	23,730	59,490	63,820	86,230	42,540	42,090	0,760	3,530	1,370	0,360	6,850
1976	5,620	20,360	37,680	41,610	7,000	2,850	0,640	0,600	0,000	2,200	1,230	0,970
1977	8,430	20,680	37,720	59,640	80,900	59,730	26,570	0,920	0,320	0,200	0,030	1,050
1978	0,710	9,800	20,430	26,360	39,870	17,570	7,430	0,580	0,920	0,830	1,400	1,280
1979	1,610	3,470	5,500	7,940	15,540	5,470	1,250	0,280	0,920	0,000	0,930	0,090



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	1,660	24,410	31,550	10,870	4,670	6,390	0,550	0,050	0,660	0,130	0,140	0,580
1981	1,150	0,910	23,100	10,830	5,530	0,880	0,060	0,030	0,000	0,010	0,060	1,920
1982	3,010	3,060	14,390	13,060	19,360	5,840	0,750	0,080	0,000	0,310	0,600	0,140
1983	0,280	6,560	8,830	7,880	3,400	0,340	0,220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,570	1,730	8,830	29,740	49,540	25,680	18,690	7,650	0,020	0,440	0,360	1,090
1985	13,750	48,860	123,190	165,770	116,850	79,210	39,680	4,960	0,000	0,000	0,000	9,370
1986	14,710	40,560	113,390	202,070	113,940	40,720	9,250	4,830	0,590	4,680	1,090	0,460
1987	3,140	9,760	45,070	41,410	6,350	33,570	1,060	0,510	0,060	0,000	0,400	0,130
1988	4,010	5,150	17,330	58,480	67,440	22,280	7,890	0,180	1,220	0,000	0,310	4,920
1989	10,150	2,550	19,190	65,860	73,270	44,840	33,030	1,720	1,630	1,030	0,020	14,460
1990	2,280	10,010	7,020	20,130	26,670	4,950	8,350	1,160	0,780	0,080	0,010	0,040
1991	2,620	3,850	18,100	31,900	28,890	5,410	0,610	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	3,880	21,880	37,470	34,680	3,850	1,480	0,030	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000
1993	0,170	1,050	4,160	2,720	2,980	0,400	0,680	0,000	0,000	0,280	0,070	0,130
1994	2,350	7,220	19,310	35,210	42,240	77,180	15,670	0,000	0,000	0,070	0,470	7,730
1995	6,920	11,140	23,450	83,820	91,470	35,790	27,960	0,000	0,000	0,010	0,110	1,990
1996	30,530	22,650	50,100	131,550	49,370	2,460	1,560	6,580	0,120	1,610	1,180	0,280
1997	2,380	4,760	14,210	18,470	18,390	0,070	0,000	0,080	0,000	0,000	0,030	0,920
1998	6,530	1,970	7,480	3,720	0,680	0,150	0,350	0,430	0,000	0,000	0,050	0,220
1999	1,010	1,340	7,080	6,900	21,320	1,960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,700	1,580
2000	4,720	5,320	11,010	40,400	13,280	9,100	12,170	20,030	1,970	0,000	0,150	0,450
2001	3,380	1,830	6,690	23,140	1,820	5,150	0,380	0,050	0,030	0,010	0,030	0,170
2002	13,840	3,720	18,780	45,710	32,220	20,650	2,230	0,000	0,020	0,000	0,010	0,110
2003	5,040	14,800	31,700	53,530	34,430	25,910	0,040	0,120	0,000	0,000	0,050	0,830
2004	47,740	56,490	42,420	18,700	9,720	26,490	10,080	0,660	0,060	0,000	0,000	0,040
2005	2,390	2,460	9,480	11,980	31,360	23,480	0,640	0,240	0,010	0,000	0,000	1,230
2006	2,090	6,670	19,440	53,260	51,240	36,330	8,480	0,310	0,040	0,000	0,090	0,450
2007	1,830	12,240	15,020	39,950	11,790	10,520	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,570
2008	2,780	1,370	18,030	38,630	29,110	6,350	4,040	3,110	0,010	0,000	0,010	0,040
2009	4,050	11,940	32,960	122,130	157,000	69,030	38,250	21,600	0,160	0,010	0,010	0,090
2010	12,660	2,090	7,860	36,160	6,670	4,220	0,000	0,000	0,000	0,040	0,010	3,890
2011	19,880	17,850	25,040	47,510	41,370	14,460	16,020	0,950	0,010	1,400	0,370	0,000
2012	1,790	17,480	5,910	2,680	0,790	2,370	0,160	0,000	0,000	0,000	0,040	0,020



11. Jenipapo

Tabela 43 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Jenipapo

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1920	0,000	0,000	1,100	8,000	4,100	0,800	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1921	0,100	1,400	14,000	11,700	23,600	0,700	1,600	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000
1922	0,000	0,200	1,900	9,000	4,300	1,300	0,400	0,100	0,000	0,000	0,100	0,000
1923	0,100	2,000	4,100	8,900	4,200	3,300	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,100	1,100	23,600	27,500	20,300	4,300	0,100	0,000	0,000	0,100	0,000	0,200
1925	0,900	1,700	14,200	20,800	5,600	1,500	0,400	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000
1926	0,100	1,400	9,400	30,500	4,700	2,900	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,000	0,300	3,500	14,200	5,100	2,300	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,000	0,100	0,900	7,100	1,500	0,700	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,000	0,500	5,200	12,900	3,000	2,200	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1930	0,100	1,100	6,500	9,300	0,900	1,600	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,000	0,300	0,900	0,600	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,000	0,100	0,500	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,000	0,100	3,100	16,400	1,900	0,800	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1934	0,200	10,400	46,600	2,700	21,500	1,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1935	0,100	0,900	6,400	17,200	5,600	3,600	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1936	0,000	0,200	0,300	1,000	0,800	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,000	0,100	0,500	3,100	2,900	1,100	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1938	0,000	0,000	2,100	8,100	2,000	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,000	0,200	3,700	5,700	3,800	1,100	0,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1940	0,100	0,500	3,000	27,000	4,000	2,800	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	0,000	0,400	0,800	0,400	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,000	0,000	0,200	0,400	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1943	0,000	0,000	0,200	0,700	1,000	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1944	0,000	0,000	0,700	1,600	2,200	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1945	0,100	3,000	6,700	5,600	5,700	1,700	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1946	0,100	0,400	2,800	6,000	1,200	1,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1947	0,000	0,000	0,200	0,600	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1948	0,000	0,100	0,800	2,400	1,900	0,500	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,000	0,100	1,100	4,700	2,900	0,600	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1950	0,000	0,000	0,300	1,400	1,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,000	0,000	0,000	0,100	0,300	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1952	0,000	0,000	0,100	0,700	1,300	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1953	0,000	0,000	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,200	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,000	0,300	0,900	0,600	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,000	0,000	0,000	0,500	0,500	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,000	0,000	0,100	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,000	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,000	0,500	1,700	1,700	0,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,000	0,200	4,800	9,600	1,800	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,100	2,500	8,800	2,800	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1964	0,300	2,800	7,600	14,000	13,700	2,900	1,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1965	0,000	0,100	0,700	21,800	14,500	6,800	0,700	0,100	0,100	0,300	0,000	0,000
1966	0,000	0,100	0,300	1,700	1,700	1,000	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,400	3,000	12,600	35,700	1,600	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1968	0,100	0,100	2,300	11,000	20,100	0,200	0,400	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1969	0,100	0,100	1,200	6,600	5,200	1,400	1,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,100	0,700	0,100	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,000	0,200	1,800	7,300	5,000	3,100	2,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,000	0,000	0,300	1,100	2,400	1,000	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,400	1,200	5,900	22,100	5,300	4,000	5,200	0,600	0,100	0,200	0,000	0,200
1974	1,000	2,600	10,600	46,000	8,400	10,200	0,200	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000
1975	0,000	0,700	4,100	7,200	10,900	1,900	1,600	0,000	0,100	0,000	0,000	0,100
1976	0,100	1,300	7,000	7,300	2,500	0,600	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,000	0,300	0,400	1,400	1,400	0,900	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1978	0,000	0,100	0,500	2,100	2,000	0,000	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	0,800	1,900	1,600	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1980	0,000	0,600	2,300	3,700	0,600	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	2,300	1,900	1,900	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,700	4,600	7,600	2,000	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,100	1,200	18,700	9,200	3,000	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,600	8,600	29,000	21,200	29,000	1,800	0,500	0,100	0,000	0,000	0,000	0,100
1986	0,400	2,800	23,700	26,100	11,500	2,800	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,100	3,500	3,000	1,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1988	0,100	0,700	5,800	31,300	7,100	6,800	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1989	0,400	0,400	8,300	20,400	9,600	2,300	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300
1990	0,000	0,700	1,100	3,300	4,200	0,100	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,100	0,400	2,700	5,000	2,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,000	0,100	0,800	0,900	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,000	0,400	2,500	9,800	5,800	5,200	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,100
1995	0,300	2,000	7,200	16,200	14,400	2,400	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,100	0,200	3,500	23,300	2,200	0,100	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,000	0,000	0,100	0,800	0,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,000	0,000	0,200	0,300	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,100	1,800	3,000	4,600	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,100	1,500	5,100	10,900	1,500	0,900	1,600	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,100	0,300	4,100	1,500	0,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	0,100	0,100	1,100	3,000	2,000	0,400	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,000	0,600	6,300	5,000	2,300	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,200	2,300	2,800	2,000	2,100	1,200	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,000	0,000	0,200	0,400	0,300	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,000	0,200	2,200	2,600	1,100	0,000	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,100	0,400	1,300	0,800	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,000	0,200	2,500	13,200	5,200	0,900	0,100	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,100	0,500	3,000	12,400	17,200	4,000	1,700	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,000	0,100	0,100	0,400	0,300	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2011	0,100	1,700	4,500	8,100	5,800	2,300	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	0,000	0,100	0,200	0,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



12. Jatobá II

Tabela 44 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Jatobá II

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	0,010	0,050	0,070	0,100	0,230	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1913	0,010	0,090	0,100	0,190	0,230	0,140	0,080	0,000	0,020	0,000	0,000	0,030
1914	0,080	0,040	0,070	0,120	0,190	0,430	0,180	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000
1915	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1916	0,000	0,000	0,010	0,010	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1917	0,010	0,030	0,180	0,090	0,250	0,040	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1918	0,020	0,060	0,050	0,060	0,060	0,070	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1919	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1920	0,000	0,000	0,000	0,010	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1921	0,000	0,010	0,080	0,090	0,290	0,030	0,000	0,020	0,000	0,000	0,010	0,000
1922	0,000	0,010	0,020	0,210	0,180	0,120	0,030	0,030	0,000	0,000	0,010	0,000
1923	0,010	0,020	0,030	0,130	0,030	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,010	0,080	0,200	1,360	0,510	0,390	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1925	0,120	0,080	0,190	0,160	0,020	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1926	0,000	0,030	0,100	0,220	0,100	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,000	0,030	0,030	0,090	0,360	0,050	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,000	0,000	0,030	0,030	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,000	0,020	0,060	0,090	0,040	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1930	0,000	0,010	0,020	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,000	0,000	0,010	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,000	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1934	0,000	0,020	0,120	0,130	0,180	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1935	0,000	0,020	0,070	0,230	0,180	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1936	0,000	0,040	0,020	0,040	0,060	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,000	0,020	0,020	0,110	0,060	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1938	0,000	0,000	0,050	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,000	0,000	0,020	0,020	0,010	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1940	0,000	0,020	0,210	0,320	0,460	0,100	0,070	0,020	0,030	0,000	0,000	0,010
1941	0,010	0,010	0,080	0,120	0,040	0,030	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1943	0,000	0,000	0,010	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1944	0,000	0,000	0,010	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	0,010	0,030	0,010	0,020	0,060	0,040	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
1946	0,020	0,040	0,020	0,090	0,030	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1947	0,000	0,000	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000
1948	0,000	0,000	0,030	0,040	0,020	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,000	0,000	0,010	0,010	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1950	0,000	0,000	0,010	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1952	0,000	0,000	0,010	0,030	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1953	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,010	0,010	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,000	0,010	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,000	0,000	0,010	0,040	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,000	0,010	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,010	0,010	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,010	0,040	0,050	0,050	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,000	0,000	0,050	0,060	0,070	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1963	0,020	0,030	0,070	0,070	0,080	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010
1964	0,070	0,060	0,230	0,340	0,370	0,230	0,130	0,050	0,040	0,000	0,000	0,000
1965	0,020	0,000	0,020	0,090	0,050	0,100	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000
1966	0,000	0,030	0,010	0,070	0,030	0,010	0,010	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,030	0,120	0,110	0,220	0,020	0,040	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000
1968	0,000	0,010	0,050	0,020	0,110	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1969	0,010	0,000	0,070	0,040	0,080	0,070	0,050	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,030	0,030	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,000	0,000	0,000	0,010	0,030	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,000	0,000	0,010	0,020	0,020	0,040	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,010
1973	0,000	0,010	0,020	0,090	0,120	0,040	0,090	0,000	0,070	0,010	0,000	0,000
1974	0,060	0,080	0,320	0,510	0,520	0,090	0,050	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010
1975	0,030	0,030	0,130	0,120	0,130	0,160	0,150	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000
1976	0,000	0,030	0,100	0,190	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,010	0,010	0,020	0,050	0,040	0,030	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1978	0,000	0,010	0,010	0,040	0,100	0,020	0,030	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
1979	0,010	0,010	0,000	0,010	0,030	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



IPECE

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0,000	0,020	0,030	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,010	0,000	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,080	0,140	0,140	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,010	0,020	0,160	0,360	0,090	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1986	0,010	0,070	0,170	0,360	0,120	0,060	0,080	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,030	0,010	0,070	0,060	0,000	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,010	0,010	0,060	0,060	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1989	0,010	0,010	0,010	0,130	0,080	0,010	0,020	0,040	0,000	0,000	0,000	0,070
1990	0,000	0,060	0,020	0,070	0,050	0,010	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,000	0,000	0,010	0,010	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,000	0,010	0,050	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,000	0,000	0,020	0,020	0,040	0,090	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1995	0,000	0,010	0,010	0,030	0,080	0,030	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,010	0,010	0,020	0,010	0,030	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,010	0,010	0,050	0,070	0,040	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,010	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,000	0,030	0,030	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
2000	0,010	0,010	0,010	0,050	0,020	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,010	0,020	0,040	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	0,020	0,000	0,040	0,080	0,110	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,000	0,010	0,010	0,020	0,020	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,040	0,160	0,090	0,080	0,010	0,120	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,000	0,000	0,020	0,010	0,050	0,030	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,010	0,010	0,030	0,020	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,020	0,040	0,040	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,010	0,000	0,030	0,080	0,160	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,000	0,010	0,070	0,240	0,250	0,070	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,020	0,000	0,010	0,090	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2011	0,010	0,010	0,000	0,020	0,150	0,010	0,050	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000
2012	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



13. São Vicente

Tabela 45 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório São Vicente

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	0,450	2,510	3,670	3,650	3,210	0,550	0,130	0,060	0,020	0,000	0,000	0,000
1913	0,050	0,780	2,410	2,260	2,600	0,760	0,230	0,040	0,000	0,030	0,000	0,040
1914	0,200	0,310	0,450	0,680	0,560	0,450	0,030	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000
1915	0,010	0,020	0,080	0,230	0,170	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1916	0,030	0,070	0,380	0,680	0,680	0,160	0,010	0,000	0,000	0,000	0,010	0,020
1917	0,430	1,090	2,950	2,420	3,530	1,180	0,670	0,000	0,000	0,000	0,020	0,070
1918	0,160	0,140	0,940	1,010	1,070	0,390	0,050	0,030	0,010	0,000	0,000	0,020
1919	0,030	0,150	0,030	0,040	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1920	0,000	0,010	0,290	0,330	0,130	0,090	0,050	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000
1921	0,040	0,220	2,240	5,040	10,880	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1922	0,020	0,050	0,270	0,090	0,020	0,010	0,000	0,000	0,020	0,000	0,050	0,000
1923	0,030	0,720	0,820	2,630	1,530	0,390	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,180	0,640	4,180	5,220	5,090	1,460	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1925	0,450	0,910	2,240	4,730	2,280	0,580	0,030	0,010	0,050	0,000	0,000	0,000
1926	0,050	1,090	4,140	7,560	3,730	0,580	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,080	0,750	0,570	3,970	1,100	1,720	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1928	0,160	0,080	0,950	3,380	0,520	0,220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,120	1,240	4,640	7,460	1,980	0,720	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
1930	0,060	0,500	0,770	1,620	0,270	0,460	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,000	0,030	0,030	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,010	0,030	0,060	0,020	0,050	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,030	0,150	1,710	3,730	0,860	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1934	0,140	1,500	8,690	8,130	4,640	0,540	0,010	0,010	0,010	0,010	0,040	0,110
1935	0,350	0,360	1,130	1,980	1,470	0,640	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1936	0,020	0,170	0,190	0,060	0,150	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,000	0,180	0,250	1,170	0,520	0,230	0,070	0,000	0,010	0,020	0,000	0,000
1938	0,010	0,010	0,410	1,430	0,400	0,080	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,010	0,140	0,280	0,500	0,270	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1940	0,020	0,100	0,530	2,370	0,870	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	0,040	0,150	0,330	0,050	0,150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,010	0,030	0,060	0,050	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1943	0,010	0,020	0,230	0,230	0,120	0,030	0,030	0,000	0,000	0,000	0,020	0,030
1944	0,030	0,020	0,190	1,480	0,830	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,040

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	0,530	0,950	2,420	2,010	1,380	0,520	0,240	0,000	0,000	0,020	0,000	0,000
1946	0,290	0,370	0,370	1,130	0,090	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1947	0,000	0,080	0,330	1,370	1,120	0,020	0,090	0,000	0,000	0,000	0,090	0,020
1948	0,000	0,010	0,430	0,410	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,000	0,090	0,670	1,540	3,510	0,160	0,000	0,000	0,020	0,000	0,040	0,000
1950	0,130	0,490	0,760	2,470	2,620	0,360	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,010	0,000	0,010	0,140	0,160	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1952	0,020	0,080	0,400	1,030	0,490	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1953	0,020	0,070	0,170	0,540	0,310	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,010	0,030	0,190	0,190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,100	0,320	0,200	2,460	2,260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,130	0,940	3,220	0,870	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,090	0,020	0,380	0,310	0,720	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,010	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,100	1,360	1,090	0,280	0,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,360	1,950	0,310	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,090	1,170	3,540	1,930	0,880	0,140	0,310	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,040	0,290	3,550	7,110	1,920	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,100	0,060	3,530	8,040	1,890	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1964	2,230	3,490	3,330	3,780	1,270	0,210	0,640	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1965	0,080	0,000	0,890	12,190	1,650	1,160	0,680	0,000	0,250	0,270	0,000	0,000
1966	0,000	0,200	0,340	0,480	0,610	0,060	0,180	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000
1967	0,040	0,760	5,090	7,130	4,930	0,530	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,060
1968	0,060	0,230	0,710	2,440	4,480	0,000	0,290	0,000	0,000	0,100	0,000	0,000
1969	0,120	0,200	1,100	2,190	0,910	0,250	0,320	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,160	0,080	0,570	0,610	0,130	0,210	0,060	0,000	0,000	0,000	0,030	0,000
1971	0,050	0,180	0,490	2,980	2,380	0,790	0,480	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,010	0,060	0,280	0,640	0,730	0,050	0,100	0,030	0,000	0,000	0,000	0,030
1973	0,180	0,530	1,860	3,660	1,760	1,040	0,450	0,210	0,000	0,000	0,000	0,010
1974	0,720	2,290	3,820	10,480	3,600	3,240	0,290	0,000	0,000	0,030	0,160	0,040
1975	0,030	1,200	3,550	1,470	3,550	1,560	0,630	0,220	0,080	0,000	0,000	0,090
1976	0,150	0,730	1,470	1,160	0,530	0,470	0,240	0,010	0,000	0,010	0,040	0,000
1977	0,270	1,060	0,850	1,320	0,980	1,050	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1978	0,230	0,670	1,660	1,970	1,590	0,000	0,190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1979	0,050	0,050	0,310	0,720	0,210	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E GESTÃO
ECONÔMICA
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0,050	0,690	1,030	0,760	0,280	0,020	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,020	0,020	0,710	0,250	0,270	0,010	0,000	0,050	0,000	0,000	0,010	0,010
1982	0,080	0,210	1,350	2,930	0,240	0,060	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,010	0,120	0,300	0,290	0,080	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1984	0,030	0,110	0,890	2,840	2,250	0,700	0,180	0,000	0,010	0,000	0,000	0,010
1985	0,450	1,690	3,630	7,560	2,680	1,050	0,570	0,410	0,040	0,000	0,000	0,340
1986	0,400	1,050	2,640	3,360	1,110	0,950	0,290	0,040	0,000	0,000	0,140	0,000
1987	0,040	0,040	1,610	0,920	0,110	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,200	0,330	1,370	2,170	1,830	0,630	0,170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
1989	0,070	0,090	0,290	2,810	2,210	0,300	0,040	0,030	0,000	0,000	0,000	0,140
1990	0,070	0,440	0,610	0,770	0,910	0,070	0,160	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,090	0,120	1,360	1,320	0,960	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,330	0,400	0,890	0,840	0,070	0,060	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,050	0,070	0,330	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,200	0,410	1,040	1,380	1,320	0,730	0,020	0,000	0,030	0,000	0,000	0,110
1995	0,150	0,610	0,960	2,590	4,020	0,380	0,090	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1996	0,140	0,500	2,760	4,740	1,890	0,160	0,100	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,040	0,020	0,550	1,180	0,350	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1998	0,140	0,010	0,270	0,160	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,050	0,230	1,550	0,910	1,050	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020
2000	0,140	0,350	0,560	2,270	0,660	0,280	0,490	0,010	0,010	0,010	0,000	0,020
2001	0,040	0,240	0,450	1,200	0,150	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	0,420	0,130	0,750	0,950	0,980	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,190	0,770	2,760	1,480	0,290	0,420	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,850	1,760	1,200	0,850	1,590	0,470	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,010	0,150	0,590	0,810	0,450	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,110	1,270	2,130	1,340	0,310	0,000	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,600	0,420	0,810	0,310	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050
2008	0,110	0,300	0,990	2,950	1,360	0,110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030
2009	0,210	0,760	1,560	1,710	3,400	1,430	0,460	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,200	0,040	0,100	0,390	0,150	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
2011	0,360	1,180	1,310	1,990	1,350	0,270	0,150	0,000	0,000	0,080	0,000	0,000
2012	0,020	0,150	0,170	0,360	0,130	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



14. Sobral

Tabela 46 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Sobral

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1912	0,000	0,000	0,060	0,100	0,240	0,080	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1913	0,000	0,000	0,040	0,090	0,180	0,100	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1914	0,000	0,010	0,010	0,020	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1915	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1916	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1917	0,000	0,000	0,000	0,020	0,090	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1918	0,000	0,000	0,000	0,020	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1919	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1920	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1921	0,000	0,000	0,000	0,030	0,210	0,010	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1922	0,000	0,000	0,000	0,030	0,060	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1923	0,000	0,000	0,010	0,090	0,080	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	0,000	0,000	0,000	0,060	0,280	0,220	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1925	0,000	0,000	0,030	0,210	0,120	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1926	0,000	0,000	0,010	0,740	1,040	0,310	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	0,000	0,000	0,000	0,030	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1929	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1930	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1931	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1934	0,000	0,000	0,010	0,050	0,060	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1935	0,000	0,000	0,010	0,100	0,140	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1936	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1938	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1940	0,000	0,000	0,000	0,030	0,030	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1942	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1943	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1944	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1945	0,000	0,000	0,060	0,230	0,220	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1946	0,000	0,000	0,010	0,040	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1947	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1948	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1949	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1950	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1952	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1955	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1956	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1957	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1958	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1961	0,000	0,000	0,000	0,010	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1963	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1964	0,000	0,010	0,060	0,340	0,610	0,190	0,050	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1965	0,000	0,000	0,000	0,110	0,110	0,180	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1966	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1967	0,000	0,000	0,000	0,010	0,110	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1968	0,000	0,000	0,010	0,060	0,160	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1969	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1971	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1972	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1973	0,000	0,000	0,000	0,030	0,050	0,020	0,080	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000
1974	0,000	0,010	0,070	0,530	2,120	0,430	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1975	0,000	0,000	0,030	0,060	0,150	0,060	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1976	0,000	0,000	0,010	0,020	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1979	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1980	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1981	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1982	0,000	0,000	0,030	0,200	0,070	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,000	0,000	0,020	0,740	1,360	0,250	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	0,010	0,210	2,180	5,600	0,970	0,750	0,080	0,020	0,010	0,000	0,000	0,010
1986	0,020	0,120	2,290	7,890	0,140	0,120	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	0,000	0,000	0,050	0,110	0,050	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1988	0,000	0,000	0,020	0,630	1,820	0,560	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1989	0,000	0,000	0,170	1,600	1,560	0,130	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010
1990	0,000	0,010	0,030	0,130	0,270	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1991	0,000	0,000	0,030	0,130	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	0,000	0,000	0,030	0,890	0,760	0,840	0,160	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1995	0,010	0,070	0,350	2,740	1,370	0,260	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	0,000	0,010	0,150	1,710	0,310	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2001	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	0,000	0,000	0,040	0,080	0,040	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2004	0,000	0,020	0,040	0,060	0,090	0,070	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2008	0,000	0,000	0,000	0,030	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2009	0,000	0,000	0,000	0,030	0,170	0,100	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

15. Taquara

Tabela 47 - Vazões afluentes em m³/s – Reservatório Taquara

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1920	0,000	0,200	26,400	140,700	97,600	4,700	0,200	0,000	0,200	2,700	0,000	1,100
1921	5,500	76,500	316,100	188,800	203,900	8,700	0,200	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000
1922	0,000	3,100	20,200	104,500	55,700	17,500	0,200	0,000	0,000	0,000	8,000	0,000
1923	0,900	35,700	53,500	67,400	9,300	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1924	5,300	6,700	132,900	332,100	27,500	54,800	0,000	0,000	0,000	1,600	0,000	0,200
1925	36,800	20,900	55,900	293,700	77,900	2,700	0,900	0,000	0,000	2,400	0,000	0,000
1926	1,800	16,000	73,700	137,100	132,400	3,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1927	10,200	32,800	77,400	472,100	37,700	8,900	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1928	0,000	0,700	106,700	207,600	43,900	16,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,300
1929	5,100	35,500	266,400	235,800	112,500	13,100	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,900
1930	4,700	8,700	46,600	50,800	3,100	16,600	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1931	1,100	9,100	22,900	40,400	9,100	1,100	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000
1932	0,200	0,900	2,400	0,400	0,200	0,200	0,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1933	0,200	4,900	14,900	55,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,400
1934	18,900	92,100	215,600	195,200	129,300	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,200
1935	9,300	37,500	205,900	475,200	167,300	119,800	19,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1936	0,400	15,800	6,200	6,400	10,000	2,700	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1937	0,700	12,400	14,600	40,800	61,900	26,000	6,200	0,000	0,000	0,000	0,000	1,800
1938	4,400	6,900	82,100	264,900	13,100	15,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1939	2,900	41,300	134,000	174,600	82,700	15,100	11,100	0,000	2,400	0,000	0,000	0,700
1940	12,600	33,900	209,900	415,500	116,900	68,300	39,700	8,200	1,100	0,000	0,000	0,000
1941	0,000	2,000	13,300	11,300	12,000	1,300	0,200	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000
1942	0,000	0,900	4,700	4,200	2,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1943	1,600	3,500	15,300	9,500	4,900	1,100	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1944	1,300	1,100	12,600	21,100	19,300	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,900
1945	6,200	49,300	81,600	152,400	53,700	8,700	1,100	0,000	0,000	1,300	0,000	0,000
1946	11,300	36,400	24,200	143,100	8,000	15,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	3,300
1947	4,700	10,900	57,700	71,400	26,600	0,000	3,800	0,000	0,000	0,000	2,400	2,700
1948	2,700	6,400	93,800	36,400	25,300	0,700	0,000	0,000	0,200	0,000	0,000	0,200
1949	0,000	2,400	18,000	16,000	11,100	1,600	0,000	0,000	0,000	0,200	2,000	0,000
1950	1,100	6,700	54,100	218,300	37,700	4,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1951	0,200	0,400	2,000	24,200	3,100	3,100	0,000	0,000	0,000	0,400	0,000	2,200
1952	0,200	2,000	13,100	20,200	9,300	2,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200



ipece

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTATÍSTICA ECONÔMICA DO CEARÁ



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1953	0,000	0,900	2,400	6,000	2,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1954	0,200	1,100	8,700	9,500	8,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,700	0,000
1955	10,000	1,600	42,600	103,400	47,300	74,300	0,000	0,000	0,000	1,800	0,900	0,000
1956	0,900	8,200	48,400	96,900	64,600	0,000	5,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,700
1957	10,900	1,600	13,800	116,700	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,900	0,000	0,000
1958	0,400	0,000	0,900	0,000	2,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1959	0,400	4,700	23,100	8,700	12,000	3,800	0,000	5,100	0,000	0,400	0,200	0,200
1960	0,000	0,200	78,300	55,200	11,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200	0,000	1,100
1961	5,300	27,100	82,700	120,500	34,600	3,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1962	4,200	23,500	72,500	80,500	57,900	27,500	1,100	0,000	0,000	0,000	0,200	0,400
1963	8,000	40,600	259,300	162,600	45,300	0,200	3,500	0,000	0,000	0,000	2,700	3,500
1964	28,600	82,700	348,700	493,400	346,300	4,400	12,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,400
1965	2,000	2,000	36,600	265,100	71,000	71,400	3,500	2,900	3,500	10,400	0,000	0,700
1966	0,000	7,100	10,900	35,700	22,600	6,000	0,400	0,000	0,000	0,000	0,900	2,200
1967	2,400	18,400	72,300	236,300	128,400	0,200	3,100	0,000	0,000	0,000	0,000	4,200
1968	8,400	4,400	76,800	206,800	182,100	4,200	0,400	2,200	0,000	0,000	0,000	1,100
1969	3,500	5,800	30,400	81,200	24,400	1,100	6,900	0,900	0,000	0,000	0,000	0,000
1970	2,900	0,700	15,500	28,000	1,100	1,100	0,900	0,000	0,200	0,000	0,200	0,000
1971	2,000	7,500	49,500	122,000	93,200	41,500	14,900	1,100	0,000	2,400	0,000	0,000
1972	3,100	3,800	12,000	72,100	5,500	4,700	2,000	21,300	0,000	0,000	0,000	6,400
1973	18,000	54,400	80,800	305,000	106,900	57,500	21,100	0,000	3,300	2,200	0,000	2,200
1974	44,400	77,200	87,400	611,600	307,000	40,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14,900
1975	6,000	25,100	97,600	83,600	154,400	20,400	17,100	0,000	0,000	0,000	0,000	1,600
1976	0,000	64,100	175,000	94,300	26,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1977	11,300	29,700	123,100	76,100	88,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	4,200
1978	6,900	10,200	43,000	51,500	90,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,200
1979	3,500	8,400	8,700	14,900	22,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,800	0,000
1980	4,700	35,700	118,000	26,800	3,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,300	0,000
1981	1,300	0,700	18,000	10,600	2,400	0,000	0,000	0,900	0,000	0,000	0,000	0,400
1982	1,100	3,100	8,700	12,200	3,300	0,000	1,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1983	0,000	2,200	6,900	9,300	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1984	0,400	1,100	36,800	189,500	55,700	9,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1985	18,600	84,300	449,200	375,100	188,100	63,700	39,700	0,000	0,000	0,000	0,000	7,300
1986	13,500	136,400	422,400	334,800	81,400	13,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1987	2,900	2,900	91,200	6,900	8,700	5,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000





ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTATÍSTICA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



**GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ**
Secretaria dos Recursos Hídricos

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1988	0,400	4,200	35,700	89,200	78,300	0,900	2,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,900
1989	8,200	1,100	26,400	150,600	175,900	33,300	14,400	0,000	0,000	0,000	0,000	18,900
1990	0,000	8,400	2,900	50,600	10,000	0,000	7,100	0,000	0,000	0,000	0,700	0,000
1991	2,900	12,600	76,100	20,600	32,800	0,000	0,000	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000
1992	2,200	8,400	11,500	20,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1993	0,200	1,100	2,200	9,300	10,900	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1994	3,500	6,700	76,800	66,800	31,100	44,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	3,100
1995	1,300	5,300	66,600	487,600	121,800	20,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1996	4,900	6,400	146,200	285,500	32,400	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1997	0,700	0,200	16,900	18,000	13,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1998	2,700	4,900	6,700	2,400	1,600	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1999	0,900	2,900	69,200	130,400	182,800	28,000	0,000	0,000	0,000	0,000	6,400	1,600
2000	27,300	50,100	126,500	181,900	29,500	8,700	2,900	12,200	4,900	0,000	0,000	1,600
2001	3,500	14,600	72,300	170,600	12,900	12,900	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2002	28,600	6,000	61,200	174,200	60,100	7,100	1,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2003	1,300	27,500	132,200	85,900	5,100	8,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,100
2004	85,600	160,200	106,500	83,600	20,600	2,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	2,000	2,000	26,200	15,100	54,600	1,800	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,400
2006	0,400	3,500	22,200	121,800	73,000	4,900	0,200	0,700	0,000	0,200	0,000	0,400
2007	0,700	12,000	37,000	80,300	9,300	7,500	1,100	0,000	0,000	0,000	0,000	1,100
2008	2,900	5,100	81,600	106,300	51,700	0,000	0,900	3,300	0,000	0,000	0,000	0,200
2009	8,900	18,900	71,900	383,600	290,200	51,900	18,000	4,400	0,000	0,000	0,000	2,900
2010	7,300	0,200	3,300	19,700	2,400	5,800	0,000	0,000	0,000	4,200	0,000	6,400
2011	12,000	26,000	53,500	191,700	166,600	12,600	17,700	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2012	0,200	7,300	10,600	10,600	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

