

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-RT7-05**

## INVENTÁRIOS AMBIENTAIS DE AÇUDES DAS BACIAS METROPOLITANAS

# **AÇUDE ARACOIABA**







#### 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

Ubirajara Patrício Álvares da Silva

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

Débora Maria Rios Bezerra

DIRETORIA FINANCEIRA

Paulo Henrique Studart Pinho

GERENTE DO PROJETO

Zulene Almada Teixeira





## EQUIPE TÉCNICA DO CONSÓRCIO

Francisco Jácome Sarmento (Coordenador Geral)

Jonair Mongin

José Antônio de Oliveira Jesus

Romulo de Macedo Vieira

Bruno Costa Castro Alves

Juliana Argélia Garcia de Almeida

Alan Pinheiro de Souza

Akira D. Kobayashi

Talles Chateaubriand de Macedo

Marcela Rafaela de Freitas Silva

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

#### AGRADECIMENTOS/COLABORADORES

Ana Lúcia Maia de Souza

Davi Martins Pereira

Elano Lamartine Leão Joca

Fátima Lorena Magalhães Ferreira

Francisco de Assis de Souza Filho

Walt Disney Paulino





## QUADRO DE CODIFICAÇÃO

Código do Do	cumento	PSH-R	Γ7-05		
<b>Título</b> Contrata		ação dos ser	viços de consultoria (pessoa		
		jurídica) para elaboração do Plano de Segurança			
		Hídrica das bacias hidrográficas estratégicas do			
A		Acaraú,	Acaraú, Metropolitanas e da sub-bacia do Salgado		
Aprovação ini	ração inicial por: Francis		co Jácome Sar	mento	
<b>Data da Aprovação Inicial:</b> 06/04/2		017			
Controle de Revisões					
Revisão Nº	Natureza	!	Data	Aprovação	
01	Forma/Conte	eúdo	02/05/2017	Francisco Jácome Sarmento	
02	Forma/Conteúdo		18/05/2017	Francisco Jácome Sarmento	
03	Forma/Conteúdo		14/06/2017	Francisco Jácome Sarmento	
04	Forma/Conteúdo		06/07/2017	Francisco Jácome Sarmento	
05	Forma		17/07/2017	Francisco Jácome Sarmento	





## **APRESENTAÇÃO**

Este documento, denominado *Inventário Ambiental do Açude Aracoiaba*, 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).

O Produto **Inventários Ambientais dos Açudes Estratégicos das Bacias Metropolitanas** contempla 5 (cinco) açudes:

- 1. Aracoiaba;
- 2. Catucinzenta;
- 3. Gavião:
- 4. Malcozinhado;
- 5. Maranguapinho.

O presente documento apresenta o Inventário Ambiental do Açude Aracoiaba, constituindo-se em parte do conjunto de atividades estabelecidas no Termo de Referência para contratação dos serviços de consultoria (pessoa jurídica) para elaboração do Plano de Segurança Hídrica - PSH anteriormente citado. A contratação das atividades de elaboração dos Inventários Ambientais de Açudes – IVAs foi efetivada pelo Contrato n.º 021/2016, firmado entre a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH e a Nippon Koei LAC.

Na elaboração deste IVA foram utilizadas informações contidas nos seguintes produtos do PSH: 01 – Relatório de Diagnóstico Ambiental das Bacias Metropolitanas, 05 – Relatório de Coleta e Diagnóstico das Águas das Bacias Metropolitanas e 10 – Relatório Parcial de Metodologia de Enquadramento de Reservatórios, além de informações e dados coletados em campo, conforme orientações expressas no Termo de Referência. Adicionalmente, foram realizadas visitas aos centros administrativos das prefeituras de Aracoiaba, Baturité e Guaramiranga, a fim de coletar informações acerca das potenciais fontes de poluição existentes na área de contribuição do açude Aracoiaba e visitas *in loco* para identificação de potenciais fontes poluidoras existentes na área de influência do reservatório.





#### LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia de contribuição — Açude Aracoiaba	19
Figura 2 - Principais vias de acesso – Açude Aracoiaba	20
Figura 3 - Precipitação média anual da área de contribuição hidrográfica – Açude Aracoiaba	24
Figura 4 - Mapa hipsométrico da área de contribuição hidrográfica – Açude Aracoiaba	25
Figura 5 - Piscicultura intensiva em tanques rede no espelho d'água – Açude Aracoiaba	27
Figura 6 - Irrigação por deslocamento linear em plantio de feijão	28
Figura 7 - Irrigação por aspersão em plantio de feijão	28
Figura 8 - Supressão da vegetação para prática agropecuária	29
Figura 9 - Animais pastando no entorno da bacia hidráulica do Açude Aracoiaba	30
Figura 10 - Lançamento irregular de efluente doméstico	31
Figura 11 - Lançamento de efluente doméstico a céu aberto	31
Figura 12 - Disposição indevida de resíduos sólidos	32
Figura 13 - Pontos identificados na área de influência da bacia hidrográfica — Açude Aracoiaba	34
Figura 14 - Estimativa Populacional nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba	41
Figura 15 - Tratamento de água nos domicílios dos municípios da bacia de contribuição do Aracoiaba	-
Figura 16 - Pecuária nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba	51
Figura 17 - Área plantada com lavoura temporária nos municípios da bacia de contribuição do Aracoiaba	_
Figura 18 - Área plantada com lavoura permanente nos municípios da bacia de contribuição do Aracoiaba	-
Figura 19 - Evolução do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Aracoiaba	57
Figura 20 - Histograma do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Aracoiaba	58
Figura 21 - Histograma do volume armazenado entre os anos 2012 a 2016 – Açude Aracoiaba	59
Figura 22 - Frequência de não superação do volume armazenado — Açude Aracoiaba	60
Figura 23 - Histograma do aporte (hm³) – Açude Aracoiaba	60
Figura 24 - Frequência de não superação do aporte de água — Açude Aracoiaba	61
Figura 25 - Localização espacial do ponto de coleta no açude Aracoiaba	63
Figura 26 - Volume e clorofila-a ao longo do tempo – Açude Aracoiaba	77
Figura 27 - Volume e cianobactérias ao longo do tempo – Açude Aracoiaba	78
Figura 28 - Volume e DBO ao longo do tempo – Açude Aracoiaba	79
Figura 29 - Volume e fósforo total ao longo do tempo — Açude Aracoiaba	79





Figura 30 - Volume e nitrogênio total ao longo do tempo – Açude Aracoiaba8
Figura 31 - Volume e oxigênio dissolvido ao longo do tempo – Açude Aracoiaba8
Figura 32 - Volume e pH ao longo do tempo – Açude Aracoiaba8
Figura 33 - Volume e turbidez ao longo do tempo – Açude Aracoiaba8
Figura 34 - Volume e condutividade elétrica ao longo do tempo — Açude Aracoiaba
Figura 35 - Estado trófico do açude Aracoiaba8
Figura 36 - Diagrama de articulação dos principais componentes da modelagem matemática8
Figura 37 - Relação Chuva-Vazão pelo modelo SMAP9
Figura 38 - Relação chuva-vazão das Bacias Metropolitanas com dados de estações situadas dentr dessas bacias
Figura 39 - Relação chuva-vazão - Bacias Metropolitanas com dados de estações situadas dentro próximas dessas bacias
Figura 40 - Relação chuva-vazão - Bacias Metropolitanas9
Figura 41 - Carga total de fósforo na área de contribuição hidrográfica do açude Aracoiaba10
Figura 42 - Concentração média anual de fósforo na área de contribuição hidrográfica do açud Aracoiaba
Figura 43 - Mapa de uso e cobertura do solo da área de contribuição hidrográfica do açude Aracoiab
Figura 44 - Área de influência da bacia hidrográfica do acude Aracoiaba10





### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da área da bacia hidrográfica – Açude Aracoiaba	18
Tabela 2 - Ficha Técnica – Barragem Aracoiaba	21
Tabela 3 - Aglomerados urbanos identificados na bacia hidrográfica do açude Aracoiaba	38
Tabela 4 - População residente, rural e urbana, nos municípios da bacia de contribuição do Aracoiaba	-
Tabela 5 - Número de docentes nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba – ar	
Tabela 6 - Número de matrículas iniciais nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracano 2015	coiaba –
Tabela 7 - Profissionais de saúde/SUS nos municípios da bacia de contribuição do açude Arac ano 2015	
Tabela 8 - Cobertura de abastecimento de água e esgoto nos municípios da bacia de contribu açude Aracoiaba – ano 2015	_
Tabela 9 - Ligações da rede de distribuição de água e da rede coletora de esgoto nos municípios de contribuição do açude Aracoiaba – ano 2015	da bacia 46
Tabela 10 - Tipo de moradia e acesso à energia elétrica nos municípios da bacia de contribuição d Aracoiaba	_
Tabela 11 - Indicadores municipais de coleta e produção de resíduos <i>per capita</i> nos municípios de contribuição do açude Aracoiaba – ano2015	
Tabela 12 - PIB a preços de mercado nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoia	ıba 50
Tabela 13 - População com renda mensal de até R\$70,00 nos municípios da bacia de contribu açude Aracoiaba	•
Tabela 14 - IDHM e IDM dos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba	54
Tabela 15 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do açude Aracoiaba	66
Tabela 16 - Quantitativo e qualitativo de cianobactérias no açude Aracoiaba	67
Tabela 17 - Quantitativo e qualitativo dos demais grupos de fitoplâncton no açude Aracoiaba	67
Tabela 18 - Resultados de análises (em mg/L) da água do açude Aracoiaba	68
Tabela 19 - Classe trófica a partir do IET do fósforo e clorofila	69
Tabela 20 - Classe trófica a partir da contagem de cianobactérias	69
Tabela 21 - Classe trófica a partir da transparência	70
Tabela 22 - Classificação do estado de trofia do açude Aracoiaba	70
Tabela 23 - Procedimento para seleção das profundidades de coleta	71
Tabela 24 - IQAR do açude Aracoiaba	72
Tabela 25 - Classificação das águas do açude Aracoiaba quanto a salinidade e sodificação	73
Tabela 26 - Resultados da análise do sedimento do açude Aracoiaba	74





Tabela 27 - Pontos e coordenadas do açude Aracoiaba	75
Tabela $28$ - Estatística da qualidade de água da série histórica do açude Aracoiaba – $2004$ a $2016$	76
Tabela 29 - Parâmetros utilizados para a construção do primeiro modelo chuva-vazão	90
Tabela 30 - Estações fluviométricas selecionadas para a construção do segundo modelo chuva-vazã	ăo 92
Tabela 31 - Equação de regressão chuva-vazão	92
Tabela 32 - Estação fluviométrica adicionada ao cálculo matemático de chuva e vazão das B Metropolitanas	
Tabela 33 - Equações de regressão chuva-vazão	93
Tabela 34 - Estações fluviométricas selecionadas para o cálculo final da chuva-vazão - B Metropolitanas	
Tabela 35 - Coeficientes médios de exportação de fósforo total adotados no estudo	98
Tabela 36 - Percentual da carga bruta anual de fósforo das fontes poluidoras pontuais e difusas	107
Tabela 37 - Carga anual de poluição pontual, difusa e acumulada de fósforo	108
Tabela 38 - Capacidade de suporte, estimativa de cargas recebidas e variáveis utilizadas	108
Tabela 39 - Espécies químicas dos sedimentos amostrados em porcentagem	111





#### LISTA DE SIGLAS

AAT – Adutora de Água Tratada

ACAT – Associação Comunitária Amigos de Todos

ANA – Agência Nacional das Águas

ARCE - Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará

APP – Área de Preservação Permanente

CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CE - Ceará

CEPIS - Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais

COGERH - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPA - Cooperativa dos Piscicultores do Açude Aracoiaba

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CV – Coeficiente de variação

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DDA – Doença Diarreica Aguda

DEFoFo - Tubos e Conexões Hidráulicas em PVC Modificado

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA – Environmental Protection Agency

EEE – Estação Elevatória de Esgotos

EEAT – Estação Elevatória de Água Tratada

EERD – Estação Elevatória de Rede de Distribuição

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto







- ETA Estação de Tratamento de Água
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FAP Fluxo Acumulado Ponderado
- FCA Fator de Conversão Alimentar
- FJP Fundação João Pinheiro
- FRX Fluorescência de Raios X
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDHM Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
- IDM Índice de Desenvolvimento Municipal
- IET Índice de Estado Trófico
- IFCE Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
- INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- IPECE Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
- IQAR Índice de Qualidade das Águas para Reservatórios
- IVA Inventário Ambiental de Açudes
- LSR Laboratório de Solidificação Rápida
- MDE Modelo Digital de Elevação
- MQUAL Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo/Qualidade da Água
- NASA National Aeronautics and Space Administration
- OD Oxigênio Dissolvido
- OLI Operational Land Imager
- OMS Organização Mundial de Saúde
- PCE Programa de Controle da Esquistossomose





#### PE – Pernambuco

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

PIB – Produto Interno Bruto

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PROURB - Projeto de Desenvolvimento Urbano e Gestão de Recursos Hídricos

PSH – Plano de Segurança Hídrica

PVC - Policloreto de Polivinila

RAP – Reservatório Apoiado

RCC – Resíduos da Construção Civil

RDA – Rede de Distribuição de Água

RDO – Resíduos Domiciliares

RPU – Resíduos Públicos

RSS - Resíduos Sólidos de Saúde

RPVC – Tubo de Plástico Reforçado com Fibra de Vidro com Liner de PVC

SESA - Secretaria de Saúde do Estado do Ceará

SIAB – Sistema de Atenção Básica (Ministério da Saúde)

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SMAP – Soil Moisture Accounting Procedure

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNSA – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Secretaria das Cidades)

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission







STD – Sólidos Totais Dissolvidos

SUS – Sistema Único de Saúde

TIRS – Thermal Infrared Sensor

TR – Termo de Referência

UFC – Universidade Federal do Ceará

UNILAB – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket

USGS – US Geological Survey

UTM – Universal Transversa de Mercator





## **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO	16
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E MEDIDAS MITIGADORAS	18
2.1 Caracterização da Área	18
2.1.1 Caracterização fisiográfica	18
2.1.2 Caracterização ambiental	21
2.1.3 Principais usos	26
2.1.4 Principais impactos	26
2.2 Medidas Mitigadoras	35
3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	38
3.1 Demografia	39
3.2 Educação e saúde	41
3.3 Infraestrutura e saneamento	43
3.4 Resíduos sólidos	49
3.5 Economia	50
3.6 Pecuária	51
3.7 Agricultura	51
3.8 Doenças de veiculação hídrica	53
3.9 Desenvolvimento Humano	53
4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO	57
5. QUALIDADE DA ÁGUA	63
5.1 Análises das coletas realizadas	63
5.1.1 Água	64
5.1.1.1 Estado de trofia	68
5.1.1.2 IQAR	71
5.1.1.3 Qualidade de água para irrigação	
5.1.2 Sedimento	73
5.2 Dados de qualidade da água de 2004 a 2016	75
6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES	86
6.1. Modelagem matemática para definição da área de influência do reservatório	86
6.1.1 Modelo Digital de Elevação - MDE e Direção de Fluxo	86
6.1.2 Modelagem da Relação Chuva-vazão	89
6.1.2.1 Alternativas estudadas	90
6.1.3 Modelo de vazão acumulada	96
6.1.4 Modelo de cargas difusas e pontuais	96







6.1.5 Modelo regressivo referenciador	97
6.1.6 Modelagem espacial distribuída	98
6.1.7 Calibração de parâmetro de depuração	100
6.1.8 Apresentação dos mapas com os resultados obtidos	102
6.2. Resumo do cálculo das cargas de nutrientes	107
6.3 Cenário atual e capacidade de suporte do reservatório	108
7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO	110
8. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS	121





1. INTRODUÇÃO





## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, a gestão integrada de recursos hídricos se constitui em uma das prioridades fundamentais das políticas públicas, face ao incontrolado crescimento populacional, à avassaladora demanda hídrica para os mais variados fins e ao surgimento cada vez mais intenso de conflitos pelas limitadas disponibilidades hídricas (VIEIRA, 2003).

O Nordeste apresenta a escassez hídrica como fator ambiental conhecido desde os primórdios do descobrimento do Brasil, com a expansão populacional da região. Tal fato, sem dúvida, se comporta como limitante para o desenvolvimento da região. No âmbito das políticas governamentais, historicamente há registro de várias iniciativas voltadas a garantir o fornecimento hídrico para a população impactada.

A construção de barragens, visando o abastecimento humano, foi e é considerada uma das soluções mais viáveis e utilizadas em todo mundo. Como se sabe, o princípio básico desse tipo de intervenção de infraestrutura consiste em acumular água nos períodos chuvosos, objetivando a utilização desse recurso em períodos secos ou de enfrentamento de estiagem. Historicamente, a preocupação sempre se concentrou no quantitativo de recurso hídrico nos reservatórios. Entretanto, após grandes surtos de doenças de veiculação hídrica, a relação entre a saúde pública e a qualidade da água passa a ser foco de políticas governamentais que, através de ferramentas legais, tenta limitar o impacto antrópico na qualidade das águas acumuladas nos mananciais.

O Inventário Ambiental de Açudes (IVA) tem como objetivo diagnosticar a atual situação das águas de cada reservatório, bem como o uso a elas relacionado, além de apresentar uma análise da relação desse cenário com a ocupação e uso do solo em sua área de influência.

Na elaboração deste IVA foram utilizados como referência os IVAs de outros açudes fornecidos pela Cogerh. Também foram utilizadas informações do banco de dados de monitoramento da qualidade das águas da Companhia, bem como foram coletadas informações diretamente em campo, com a aplicação de questionário, conforme modelo apresentado no TR. Além disso, foram obtidas informações nas prefeituras dos municípios localizados na bacia de interesse. Merece, por fim, ser reiterado que os seguintes produtos do Plano de Segurança Hídrica foram, igualmente, fontes importantes para o desenvolvimento desse estudo: R01 – Relatório de Diagnóstico Ambiental das Bacias Metropolitanas e R04 – Relatório de Coleta e Diagnóstico das Águas das Bacias Metropolitanas.





## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E MEDIDAS MITIGADORAS





## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E MEDIDAS MITIGADORAS

#### 2.1 Caracterização da Área

#### 2.1.1 Caracterização fisiográfica

A região em questão abrange a bacia de contribuição hidrográfica do reservatório Aracoiaba, localizada entre as coordenadas UTM, Zona 24M, 9533400mN e 9510787mN, e 534940mE e 499076mE, estando inserida na bacia hidrográfica do Rio Choró, nas Bacias Metropolitanas (Figura 1).

Sua área de drenagem é de 532,83 km², englobando majoritariamente os municípios de Aracoiaba, Baturité, Guaramiranga, Mulungu e Redenção (Tabela 1), com o açude inserido no município de Aracoiaba, que possui população de 25.391 habitantes, sendo 13.737 na zona urbana e 11.654 na zona rural, conforme os dados de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Tabela 1 - Distribuição da área da bacia hidrográfica - Açude Aracoiaba

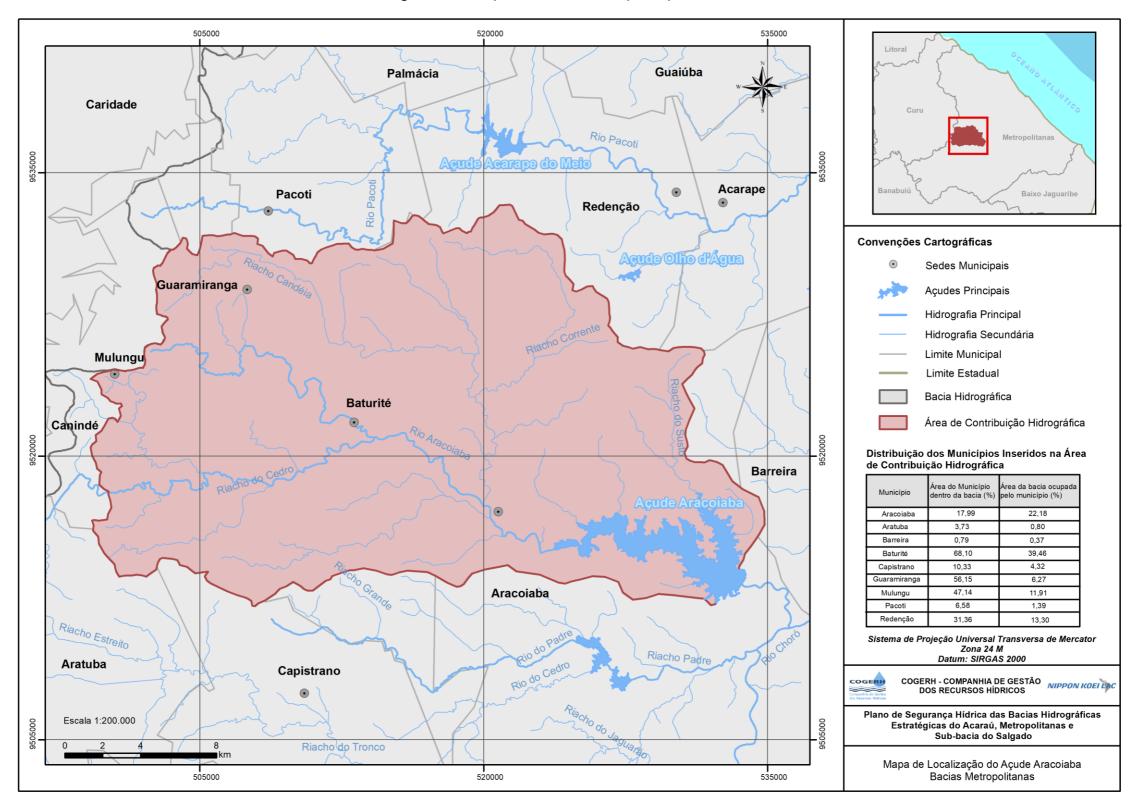
Município	Área do município dentro da bacia (%)	Área da bacia dentro do município (%)
Aracoiaba	17,990	22,180
Aratuba	3,730	0,800
Barreira	0,790	0,370
Baturité	68,100	39,460
Capistrano	10,330	4,320
Guaramiranga	56,150	6,270
Mulungu	47,140	11,910
Pacoti	6,580	1,390
Redenção	31,360	13,300

Fonte: IBGE (2015a).

Os principais tributários do reservatório são: o Rio Aracoiaba, o Riacho do Cedro, o Riacho Candeia, o Riacho Corrente e o Riacho do Susto, sendo o Aracoiaba o rio possuidor do barramento. As principais vias de acesso à região (Figura 2) são as rodovias estaduais CE-060, CE-065, CE-253 e CE-356, que cortam a bacia de contribuição em estudo.



Figura 1 - Localização da bacia de contribuição - Açude Aracoiaba

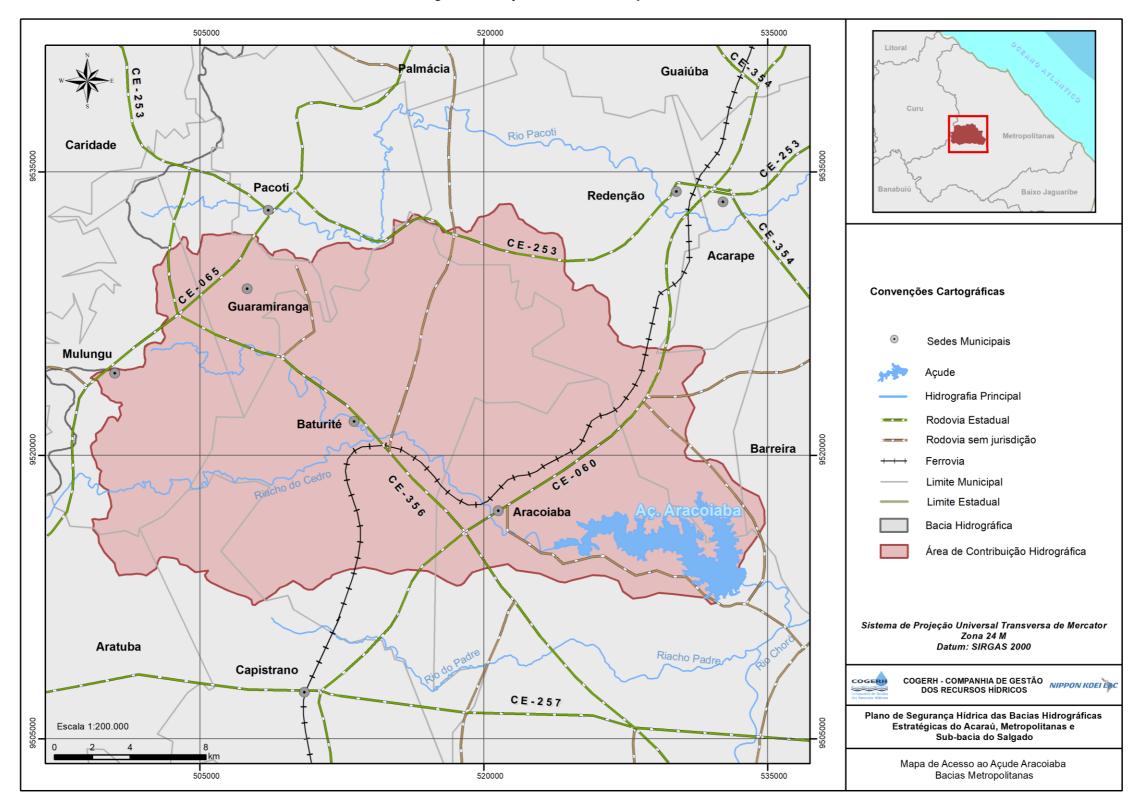


Fonte: elaborado por Nippon Koei LAC (2017), com base cartográfica do IPECE/IBGE e COGERH.





Figura 2 - Principais vias de acesso — Açude Aracoiaba



Fonte: elaborado por Nippon Koei LAC (2017), com base cartográfica do IPECE/IBGE e COGERH.





As informações técnicas referentes à barragem do açude Aracoiaba são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Ficha Técnica - Barragem Aracoiaba

Aracoiaba		
533.307		
9.513.324		
Metropolitanas		
Rio Aracoiaba		
Barragem		
Barragem de Terra - Seção Homo		
170.700.000		
532,83		
1506		
0,5		
2000		
8		
100		
35		
Concreto c/soleira livre		
32		
2,2		
95		
Cota da Soleira(m): 95  Tomada d'água		
Galeria em concreto		
armado		
200		
152		

Fonte: Secretaria dos Recursos Hídricos (2016).

#### 2.1.2 Caracterização ambiental

O clima predominante na área de contribuição da bacia hidrográfica do açude Aracoiaba, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é o Aw', caracterizado como tropical chuvoso, quente e úmido, com estação chuvosa concentrada no outono. Na região são registradas temperaturas consideradas amenas para o semiárido, por se apresentarem na faixa de 19°C a 29°C (médias de mínimas e máximas), à exceção da região da Serra de Baturité, onde as temperaturas se enquadram no intervalo de 16°C a 27°C. A precipitação pluviométrica anual situa-se entre 900 mm e 1.600 mm (Figura 3) e o regime de chuvas é considerado bastante irregular, com anos





marcados por chuvas intensas concentradas geralmente de janeiro a abril e outros por secas (CPRM, 1998).

Com relação às altitudes registradas na área de contribuição hidrográfica (Figura 4), percebem-se a predominância de valores entre 72 e 215 metros. Os maiores valores registrados, que chegam até pouco mais de 1000 metros, estão localizados na região da Serra de Baturité.

Solos da classe Argissolos são predominantes no território, ocorrendo também os Planossolos, dentre outros. Os Argissolos compreendem os solos constituídos por material mineral, medianamente profundos, moderadamente drenados e com presença de horizonte B textural. Apresentam cores avermelhadas ou amareladas e, mais raramente, brunadas ou acinzentadas; a textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt. São considerados forte a moderadamente ácidos. Os Planossolos são solos minerais pouco profundos, imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial de textura mais leve e um horizonte B plânico imediatamente subjacente, que se caracteriza por ser adensado, argiloso ou muito argiloso, pouco permeável e responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspenso) temporário e de presença variável durante o ano (EMBRAPA, 2006).

Do ponto de vista geológico, observa-se na região o predomínio de rochas do embasamento cristalino do Pré-Cambriano, representadas por gnaisses, gabros e migmatitos diversos, além de sedimentos areno-argilosos pertencentes a Formação Barreiras, do Terciário/Quaternário, podendo ainda ser detectados junto aos cursos dos principais rios os depósitos aluviais, de idade quaternária, compostos principalmente por areia, silte, argila e cascalhos (CPRM, 1998).

No que se refere aos domínios hidrogeológicos presentes na bacia do açude Aracoiaba, podem ser encontradas rochas cristalinas, sedimentos da Formação Barreiras e depósitos aluvionares. O cristalino é o domínio predominante e, como a água nesse tipo de rocha é acumulada nas fissuras (fraturas e fendas), a qualidade e quantidade da água extraída não é satisfatória, podendo muitas vezes ser salinizada. No entanto, esse aquífero possui sua importância na medida em que pode ser usado para abastecer comunidades mais remotas e servir como alternativa em período de estiagem. A Formação Barreiras possui como importante característica a sua variação litológica, o que a faz apresentar níveis mais e menos permeáveis, resultando em maiores e menores potencialidades para exploração. Para a bacia em estudo, esse aquífero possui pequenas espessuras, além de se encontrar disperso em manchas, logo, sua potencialidade de



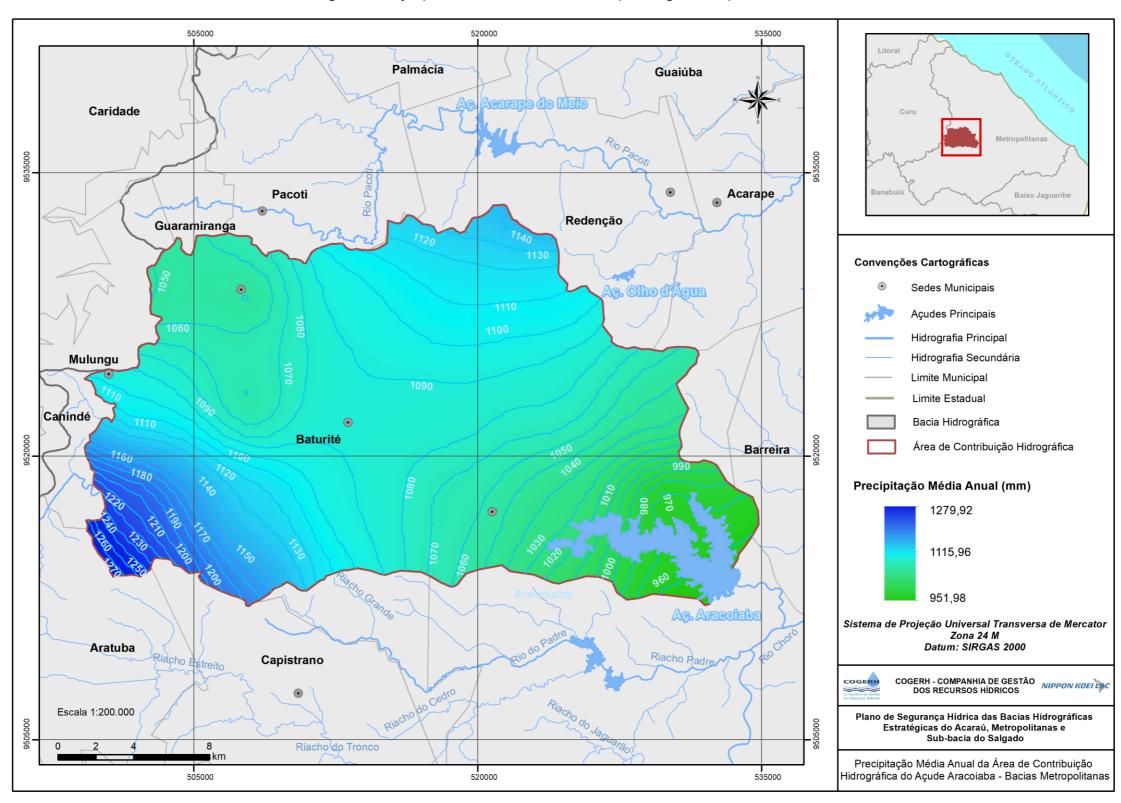


exploração é limitada. Por fim, os depósitos aluvionares são formados por sedimentos arenoargilosos recentes, que margeiam as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região. Eles têm uma importância relativa como alternativa a mananciais, principalmente em regiões semiáridas com predomínio de rochas cristalinas, por produzir vazões significativas (CPRM, 1998).

A vegetação na bacia de contribuição do açude Aracoiaba é caracterizada por caatinga arbustiva densa na área correspondente à Depressão Sertaneja, floresta subcaducifólia tropical pluvial (mata seca) nas vertentes dos maciços residuais, floresta subperenifólia tropical plúvionebular (mata úmida) nas encostas e na serra, e também por vegetação de tabuleiros (CPRM, 1998).



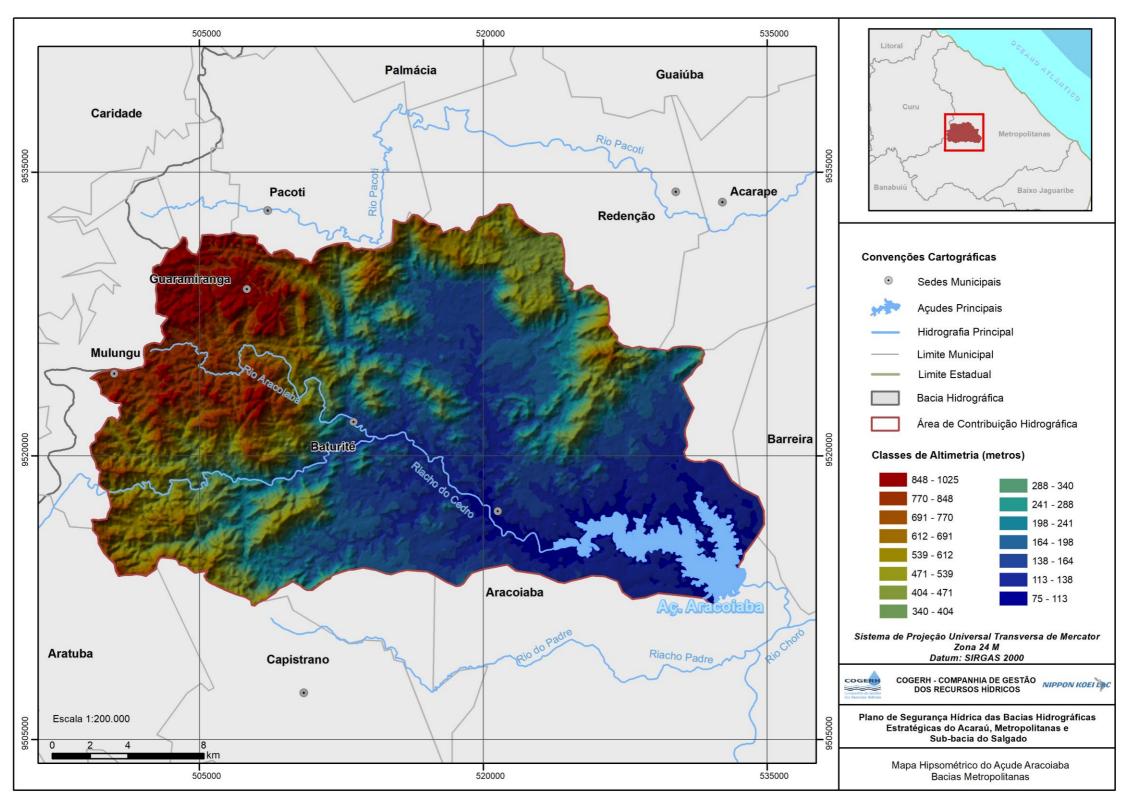
Figura 3 - Precipitação média anual da área de contribuição hidrográfica - Açude Aracoiaba



Fonte: elaborado por Nippon Koei LAC (2017), com base cartográfica do IPECE/IBGE e COGERH.



Figura 4 - Mapa hipsométrico da área de contribuição hidrográfica - Açude Aracoiaba



Fonte: elaborado por Nippon Koei LAC (2017), com base cartográfica do IPECE/IBGE e COGERH.





#### 2.1.3 Principais usos

A água do açude Aracoiaba é destinada ao abastecimento humano do município de Aracoiaba e seus distritos, além dos municípios de Ocara e Baturité, este último apenas quando o açude Tijuquinha está seco, o que ocorre normalmente a partir de agosto. No entanto, nas visitas *in loco* realizadas ao açude identificou-se também o uso da água para a atividade de piscicultura e irrigação de culturas agrícolas, conforme se comenta a seguir.

#### 2.1.4 Principais impactos

Na elaboração deste IVA foi considerada como área de influência do açude Aracoiaba a porção da bacia hidrográfica que responde pela potencial contribuição para a poluição do corpo hídrico. Já sua área de entorno foi considerada como a região que abrange uma distância linear de 1 km a partir do espelho d'água.

Nos pontos identificados na área de influência do açude Aracoiaba, destaca-se a existência de três associações de piscicultura: Associação Comunitária Amigos de Todos (ACAT), Piscicultura Aracoiaba e a Cooperativa dos Piscicultores do Açude Aracoiaba (COPA). As três associações têm sua produção voltada para a criação do peixe popularmente conhecido como tilápia.

Segundo informações prestadas pelos funcionários desses estabelecimentos, o ciclo da tilápia é de aproximadamente 6 meses, as rações utilizadas são a Invivo e a Nutreco Fri-ribe, o Fator de Conversão Alimentar (FCA) se estabelece entre 1,5 e 1,7, e a produção mensal atual é de 8 a 12 toneladas. O atual nível reduzido da água do reservatório se constitui como um fator limitante da produção do peixe que, na Piscicultura Aracoiaba, já chegou a ser de 60 toneladas/mês.

A piscicultura é uma atividade potencialmente poluidora e passível de alteração da qualidade da água do açude em análise. Entre as alterações na qualidade da água associadas à produção piscícola em tanques-rede estão o aumento no nível de nutrientes, da turbidez e de matéria orgânica no sedimento, diminuição da diversidade e biomassa de organismos bentônicos, redução de transparência, de concentração de oxigênio dissolvido e da condutividade elétrica, quedas no pH e, raramente, mudança na temperatura da água. A Figura 5 registrada nas





coordenadas UTM, Zona 24M, 9513910mN e 533807mE (SIRGAS 2000), mostra a prática de piscicultura intensiva no açude Aracoiaba.

Figura 5 - Piscicultura intensiva em tanques rede no espelho d'água – Açude Aracoiaba

Fonte: Nippon Koei LAC (2016).

No que se refere aos cultivos agrícolas existentes no entorno do açude Aracoiaba, é frequente o uso da água liberada como vazão ecológica para a finalidade de irrigação. Quando a cota do reservatório está baixa, como constatado no dia da visita *in loco* realizada pela equipe da Nippon, são utilizadas bombas que retiram água diretamente do açude. Na área de influência desse reservatório são encontradas áreas agricultáveis de pequeno a grande porte, como núcleos de agricultura familiar, com pequenas áreas de cultivo e extensas áreas de culturas agrícolas rotativas.

Quanto aos impactos causados pela agricultura, têm-se como principais causas o uso indiscriminado de agrotóxicos e de fertilizantes. Tais insumos agrícolas, em se tratando do semiárido brasileiro, chegam aos corpos hídricos, na maioria das vezes, durante os períodos chuvosos. Os contaminantes acumulados nas camadas do solo e na epiderme das plantas são carreados pela água das chuvas, em que parte será transportada pelo escoamento superficial chegando aos corpos hídricos, e parte vai infiltrar/percolar até os aquíferos, onde possivelmente também alcançará os corpos hídricos por vazão de base.

Vale ressaltar que a contaminação das águas subterrâneas pode ser muitas vezes mais problemática do que a contaminação das águas superficiais. O fluxo da água no subsolo é muito





mais lento e varia com a condutividade hidráulica no mesmo. Dessa forma, os contaminantes ficam muito mais tempo no meio.

As Figuras 6 e 7 exemplificam a prática de sistemas agrícolas convencionais comumente empregados na região em estudo e foram registradas, respectivamente, nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9515550mN e 534112mE, e 9517030mN e 532922mE (SIRGAS 2000).



Figura 6 - Irrigação por deslocamento linear em plantio de feijão

Fonte: Nippon Koei LAC (2016).



Figura 7 - Irrigação por aspersão em plantio de feijão

Fonte: Nippon Koei LAC (2016).



Na região do entorno do reservatório, nas áreas onde não houve retirada recente da vegetação para fins de agricultura e pecuária, observa-se vegetação típica de caatinga. Enquanto na sua área de influência, que engloba uma área maior que o entorno do açude, observa-se a queima e retirada recentes da vegetação para a criação de áreas de cultivo e de extração de areia que, após exauridas, são abandonadas sem nenhuma recuperação ou reposição de nutrientes ao solo, impossibilitando o restabelecimento da vegetação nativa. Adicionalmente, além de destruir a cobertura vegetal, essas práticas contribuem para a redução da fauna silvestre local.

A vegetação, além de reduzir a entrada no açude de material poluente grosseiro arrastado pelo escoamento superficial, também contribui para evitar o assoreamento do corpo hídrico, seja ele lêntico 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 carreadas de montante pelo escoamento. A Figura 8, registrada nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9516460mN e 525151mE (SIRGAS 2000), apresenta uma área que foi desmatada e queimada para o desenvolvimento de práticas agropecuárias.



Figura 8 - Supressão da vegetação para prática agropecuária

Fonte: Nippon Koei LAC (2016).

Dentre os impactos ambientais negativos gerados pela pecuária e que influenciam na qualidade da água dos açudes, merece destaque o aumento de nutrientes na água oriundos dos dejetos dos animais, já que é comum a existência de animais pastando em áreas próximas a bacia hidráulica do reservatório. A Figura 9, registrada nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9513790mN





e 531057mE, ilustra a prática de pecuária extensiva identificada em todo o perímetro da bacia hidráulica do açude Aracoiaba.

Figura 9 - Animais pastando no entorno da bacia hidráulica do Açude Aracoiaba



Fonte: Nippon Koei LAC (2016).

As comunidades de entorno, como Costa de Baixo, Vazantes e Lagoa de São João, também contribuem como fontes de poluição, na medida em que realizam o despejo inadequado dos seus resíduos. Podem ser encontrados focos de esgoto a céu aberto na região de entorno e na área de influência do açude.

O esgoto doméstico é constituído, primeiramente, por matéria orgânica biodegradável, microrganismos (bactérias, vírus, etc.), nutrientes (nitrogênio, fósforo, etc.), óleos e graxas, detergentes e metais. Dessa forma, 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. As Figuras 10 e 11, registradas, respectivamente, nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9516448mN e 524677mE, e 9516450mN e 524693mE (SIRGAS 2000), ilustram o lançamento a céu aberto de efluente doméstico.





Figura 10 - Lançamento irregular de efluente doméstico



Fonte: Nippon Koei LAC (2016).

Figura 11 - Lançamento de efluente doméstico a céu aberto



Fonte: Nippon Koei LAC (2016).

O impacto negativo na qualidade hídrica, gerado pela disposição indevida de resíduos sólidos, pode 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, intoxicação de organismos presentes no ecossistema,





incluindo o homem, quando este utiliza água contaminada para consumo. A Figura 12, registrada nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9518040mN e 531680mE, apresenta local com disposição indevida de resíduos sólidos na área de influência do açude Aracoiaba.



Figura 12 - Disposição indevida de resíduos sólidos

Fonte: Nippon Koei LAC (2016).

No dia 07 de dezembro de 2016, ainda no contexto do mapeamento da área de contribuição hidrográfica do açude Aracoiaba, foram realizadas visitas às prefeituras de Aracoiaba, Baturité e Guaramiranga, com a finalidade de obtenção de dados referentes a existência de fontes de poluição na área de influência do açude Aracoiaba, conforme listagem de estabelecimentos apresentada no Termo de Referência (TR) para as cidades que estão inseridas na área de contribuição hidrográfica do reservatório; são eles: estações de tratamento de água (ETA), estações de tratamento de esgoto (ETE), cemitérios, ourivesarias, postos de combustíveis, lagoas de estabilização, esgotos, lixões/aterros sanitários, balneários, matadouros, indústrias, atividades de mineração, poços abandonados, resíduo doméstico, resíduo hospitalar, resíduo industrial, lavagem de carro, uso de agrotóxicos (defensivos), uso de fertilizantes (adubos), pecuária extensiva, confinamento de animais (currais), indústria alimentícia, indústria de couro e curtume, indústria têxtil, metalúrgicas, lavanderias, usina de álcool (vinhoto) e tanques de armazenamentos.

A Figura 13 apresenta as localizações dos pontos visitados na área de influência da bacia hidrográfica do açude Aracoiaba. Em anexo, no Quadro 1, é apresentado o registro fotográfico

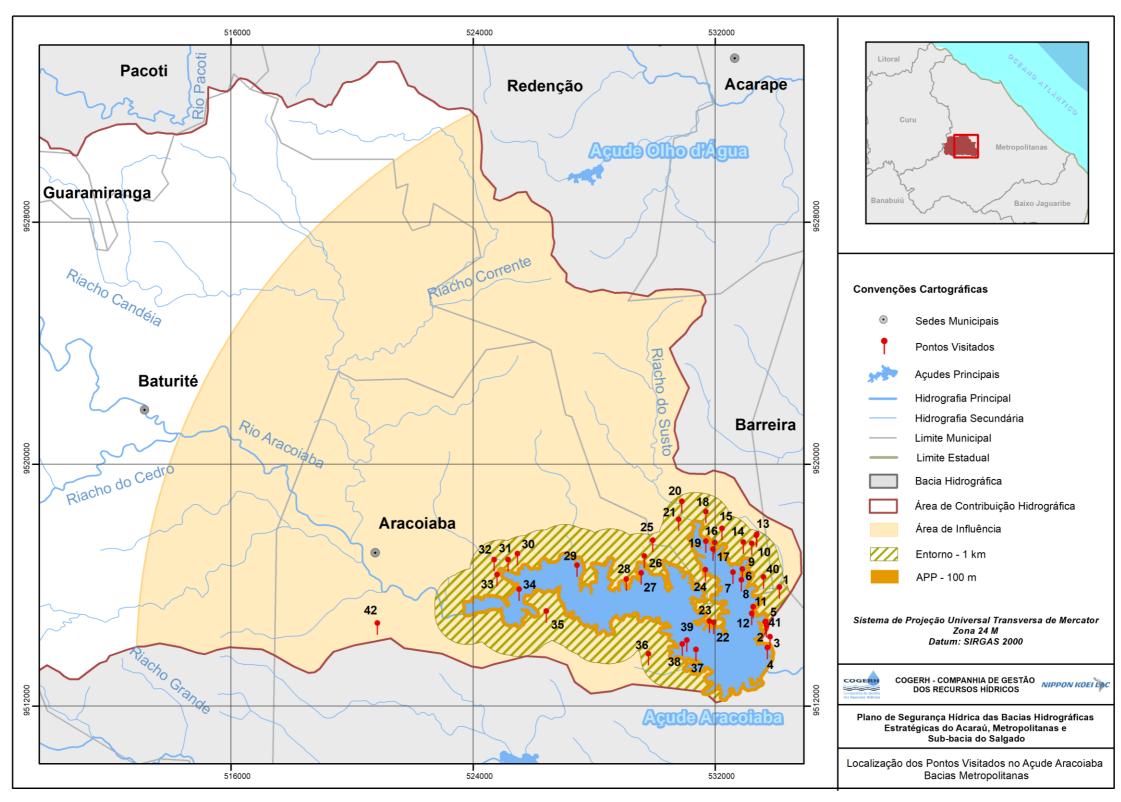




da área de influência da bacia hidrográfica desse reservatório, referente aos pontos identificados na figura citada.



Figura 13 - Pontos identificados na área de influência da bacia hidrográfica - Açude Aracoiaba



Fonte: elaborado por Nippon Koei LAC (2017), com base cartográfica do IPECE/IBGE e COGERH.





#### 2.2 Medidas Mitigadoras

No açude Aracoiaba foram identificadas atividades antrópicas irregulares que prejudicam a oferta hídrica da região. Para que a água provida possa conter uma qualidade satisfatória, faz-se necessária a adoção de algumas ações de curto, médio e longo prazo, com a finalidade de reduzir a carga de nutrientes e poluentes que chegam ao reservatório.

- Implantar políticas de incentivo e reestruturação de práticas agrícolas orgânicas e sustentáveis, que sejam compatíveis com os tipos de solo e o relevo da região;
- Intensificar a fiscalização do uso de agrotóxicos e fertilizantes, bem como a destinação adequada das embalagens desses produtos, sobretudo na área da bacia de contribuição do açude;
- Construir bebedouros para os rebanhos fora da área de entorno da bacia hidráulica do reservatório, evitando a permanência dos animais nas margens do açude.
- Aplicar medidas de manejo e recuperação da vegetação ciliar do reservatório;
- Fazer gestão junto aos órgãos competentes para que haja a implantação ou reestruturação de infraestrutura de saneamento básico nas áreas que apresentam essa deficiência, principalmente nas comunidades localizadas no entorno do reservatório;
- Adotar programa de coleta seletiva dos resíduos sólidos nas comunidades, bem como fazer gestão junto às prefeituras para que haja a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme preconiza a Lei 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Fazer gestão junto a órgão ambiental competente para evitar a lavra de areia clandestina,
   sem o necessário licenciamento ambiental;
- Incentivar os produtores de aves a adotar técnicas sustentáveis de manejo das camas de aviário, como a compostagem, que permite a sua reutilização como adubo em cultivos agrícolas;
- Aplicar medidas de manejo e monitoramento da atividade de piscicultura realizada no açude, evitando a superpopulação de peixes e o uso de quantidades exacerbadas de ração, principalmente quando os reservatórios estiverem com seus volumes em níveis críticos;





- Promover a fiscalização do manejo adequado das águas dos poços perfurados na região, garantindo o uso adequado dos recursos subterrâneos;
- Fortalecer os programas de educação ambiental nas comunidades situadas na área de influência do açude Aracoiaba, com a finalidade de sensibilizar a população sobre a importância da destinação correta dos resíduos sólidos e dos efluentes sanitários para a manutenção ou melhoria da qualidade da água do reservatório;
- Apresentar o conteúdo deste IVA para os membros da Comissão Gestora do Açude Aracoiaba, bem como para o Comitê das Bacias Metropolitanas, que são importantes parceiros na fiscalização e cobrança das instituições na busca por solução para os problemas identificados na bacia de contribuição do reservatório;
- Implantar ou fortalecer as parcerias existentes entre a Cogerh e os órgãos municipais de meio ambiente, visando coibir a prática de ações danosas à manutenção da qualidade ambiental dessas áreas, fazendo uso das informações compiladas neste IVA, sobretudo na identificação das principais fontes de poluição do reservatório.





# 3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS





## 3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

Os estudos socioeconômicos tiveram como base as informações obtidas nos censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), na Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), na análise de dados e perfis municipais disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (Ipece), e nas informações obtidas junto à Secretaria de Saúde do Estado do Ceará (Sesa).

Juntos, os municípios de Baturité, Aracoiaba, Redenção, Mulungu e Guaramiranga integram 93,02% da área total da bacia de contribuição do açude Aracoiaba. Assim sendo, possuem grande relevância e influência na dinâmica do uso e ocupação do solo e potencial influência poluidora para o reservatório em estudo. Barreira, Capistrano, Pacoti e Aratuba também fazem parte da bacia de contribuição do açude Aracoiaba, porém cada município possui uma área menor que 1% da área total da bacia e, portanto, não serão considerados nesta análise sobre os indicadores socioeconômicos.

Na bacia hidrográfica do açude Aracoiaba foram identificados vinte e dois aglomerados urbanos, dos quais cinco são sedes municipais e sete são sedes distritais (Tabela 3).

Tabela 3 - Aglomerados urbanos identificados na bacia hidrográfica do açude Aracoiaba

Nome	Tipo	Município	Distrito	Categoria <sup>1</sup>	Menor Comprimento da Rede de Drenagem até o Açude Aracoiaba (km)
Aracoiaba	Sede Municipal	Aracoiaba	Aracoiaba	Urbano	4,98
Jenipapeiro	Sede Distrital	Aracoiaba	Jenipapeiro	Urbano	12,56
Lagoa de São José	Sede Distrital	Aracoiaba	Lagoa de São José	Urbano	0,97
Aratuba	Sede Municipal	Aratuba	Aratuba	Urbano	54,67
Alfredo Dutra	Localidade	Baturité	Baturité	Rural	12,62
Areias	Localidade	Baturité	Boa Vista	Rural	25,99
Baturité	Sede Municipal	Baturité	Baturité	Urbano	19,98
Boa Vista	Sede Distrital	Baturité	Boa Vista	Urbano	20,80
Candeia de Baixo	Localidade	Baturité	São Sebastião	Rural	20,65
Chapada	Localidade	Baturité	São Sebastião	Rural	17,89
Rio Putiú	Localidade	Baturité	Baturité	Rural	25,63
São Sebastião	Sede Distrital	Baturité	São Sebastião	Urbano	16,92
Volta	Localidade	Baturité	Antônio Diogo	Rural	0,61
Guaramiranga	Sede Municipal	Guaramiranga	Guaramiranga	Urbano	35,26
Lameirão	Localidade	Mulungu	Mulungu	Urbano	50,47
Mulungu	Sede Municipal	Mulungu	Mulungu	Urbano	41,68
Pindoba	Localidade	Mulungu	Mulungu	Rural	41,12
Antônio Diogo	Sede Distrital	Redenção	Antônio Diogo	Urbano	6,99
Boqueirão	Localidade	Redenção	Faísca	Rural	22,20





Nome	Tipo	Município	Distrito	Categoria¹	Menor Comprimento da Rede de Drenagem até o Açude Aracoiaba (km)
Faísca	Sede Distrital	Redenção	Faísca	Urbano	20,60
Guassi	Sede Distrital	Redenção	Guassi	Urbano	31,77
Sítio Serra Vermelha	Localidade	Redenção	Guassi	Rural	27,25
Volta	Localidade	Redenção	Antônio Diogo	Rural	0,61

Fonte: Cogerh (2016), IBGE (2015a).

Nota: Categoria, conforme o setor censitário 2010 do IBGE.

# 3.1 Demografia

Os dados dos Censos Demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 realizados pelo IBGE, relativos à quantificação da população residente, urbana ou rural, estão apresentados sinteticamente na Tabela 4.





Tabela 4 - População residente, rural e urbana, nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba

Censos Demográficos - II	BGE	Baturité	Aracoiaba	Redenção	Mulungu	Guaramiranga
	Urbana	8.804	5.005	9.250	1.328	689
População em 1970	Rural	13.416	28.897	28.419	7.054	5.723
i opulação em 1970	Total	22.220	33.902	37.669	8.382	6.412
	% Urbana	39,62%	14,76%	24,56%	15,84%	10,75%
	Urbana	12.377	4.989	12.104	1.329	694
T 4 11 4000	Rural	12.083	30.264	30.543	6.099	4.732
População em 1980	Total	24.460	35.253	42.647	7.428	5.426
	% Urbana	50,60%	14,15%	28,38%	17,89%	12,79%
	Urbana	16.199	10.478	10.718	3.023	1.572
	Rural	10.948	12.030	12.039	4.819	3.721
População em 1991	Total	27.147	22.508	22.757	7.842	5.293
	% Urbana	59,67%	46,55%	47,10%	38,55%	29,70%
	Urbana	20.846	12.205	12.787	3.715	2.330
	Rural	9.015	11.859	12.206	5.182	3.384
População em 2000	Total	29.861	24.064	24.993	8.897	5.714
	% Urbana	69,81%	50,72%	51,16%	41,76%	40,78%
	Urbana	24.437	13.737	15.134	4.198	2.495
	Rural	8.884	11.654	11.281	7.287	1.669
População em 2010	Total	33.321	25.391	26.415	11.485	4.164
	% Urbana	73,34%	54,10%	57,29%	36,55%	59,92%

Fonte: IBGE, Censos 1970,1980, 1991, 2000 e 2010.



Conforme o último censo realizado pelo IBGE (2010), os municípios de Baturité, Redenção e Aracoiaba são os que apresentam o maior número de habitantes. Vale destacar que o município de Guaramiranga foi o único que apresentou diminuição em número de habitantes, enquanto os demais apresentaram aumento populacional no último censo. Quanto ao número de habitantes residentes na zona rural, apenas o município de Mulungu apresentou aumento populacional em relação ao censo realizado no ano 2000. Com relação à área urbana todos os municípios apresentaram aumento na população residente.

A Figura 14 apresenta a estimativa de crescimento populacional dos municípios entre os anos de 2014 e 2016, segundo o IBGE.

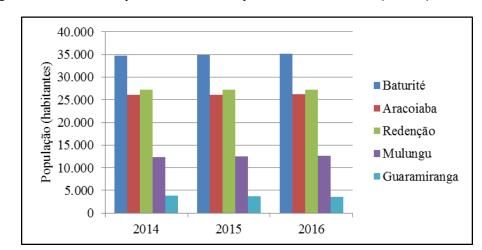


Figura 14 - Estimativa Populacional nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba

Fonte: IBGE (2010).

#### 3.2 Educação e saúde

A educação básica nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba é oferecida principalmente pelos governos estaduais e municipais. O número de escolas particulares é limitado e apenas os municípios de Baturité e Redenção possuem escolas particulares de ensino médio (IBGE, 2015b). Em relação à educação superior, o município de Baturité é sede de um dos *campi* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e Redenção abriga o Campus-sede da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Luso-Brasileira — Unilab.

Nos municípios em questão, o analfabetismo em pessoas com 15 anos ou mais se configura como um problema a ser superado, haja vista que o número de analfabetos em relação à população





total residente é maior que 15% em todos os municípios, com destaque aos municípios de Aracoiaba e Guaramiranga, que atingem taxas de 23,4% e 26,78%, respectivamente (IBGE, 2010).

Informações adicionais a respeito do número de docentes e matrículas iniciais no ano de 2015 estão representadas na Tabela 5 e na Tabela 6.

Tabela 5 - Número de docentes nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba - ano 2015

Dependência	Docentes							
Administrativa	Baturité	Aracoiaba	Redenção	Mulungu	Guaramiranga	Estado		
Total	388	368	318	125	106	103016		
Federal	16	-	-	-	-	893		
Estadual	78	78	67	19	16	19.680		
Municipal	199	270	198	92	82	62.119		
Particular	95	20	53	14	8	21.217		

Fonte: Ipece (2016).

Tabela 6 - Número de matrículas iniciais nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba – ano 2015

Dependência	Matrículas Iniciais							
Administrativa	Baturité	Aracoiaba	Redenção	Mulungu	Guaramiranga	Estado		
Total	9.577	7.046	7.650	2.379	1.576	2.229.711		
Federal	87	-	-	-	-	11.107		
Estadual	2.244	1.342	1.579	400	266	432.014		
Municipal	5.300	5.277	5.336	1.758	1.190	1.333.872		
Particular	1.946	427	735	221	120	452.718		

Fonte: Ipece (2016).

No que se refere à saúde, todos os municípios utilizam o Sistema Único de Saúde (SUS). Quanto ao número de médicos por mil habitantes, apenas o município de Redenção apresenta valor inferior à média estadual. Vale destacar o município de Guaramiranga, que possui 3,23 médicos para cada mil habitantes, valor relativamente superior aos outros municípios analisados e à média estadual (Tabela 7).





Tabela 7 - Profissionais de saúde/SUS nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba - ano 2015

Discriminação	Profissionais de Saúde ligados ao SUS						
Discrimmação	Baturité	Aracoiaba	Redenção	Mulungu	Guaramiranga	Estado	
Total*	415	314	262	106	68	67.093	
Médicos	58	48	27	18	12	12.230	
Dentistas	28	13	15	5	3	2.986	
Enfermeiros	32	31	21	13	7	7.609	
Agentes Comunitários de Saúde	85	63	63	28	15	15.467	
Médicos/mil hab	1,66	1,84	0,99	1,44	3,23	1,37	

Fonte: Ipece (2016).

Nota: \*O valor total refere-se à soma de todos os profissionais de saúde ligados ao SUS, incluindo aqueles que não estão mostrados na tabela.

#### 3.3 Infraestrutura e saneamento

No tocante à infraestrutura e saneamento dos municípios em análise, os dados obtidos são oriundos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), do Sistema de Atenção Básica (SIAB) - plataforma do Datasus desenvolvida pelo Ministério da Saúde e referentes ao mês de dezembro de 2015, e do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (Ipece, 2016).

A cobertura da rede de abastecimento de água nos domicílios urbanos, com dados de 2015, apresenta valores próximos da universalização do sistema, como apresentado na Tabela 8. As taxas de cobertura urbana de água dos municípios apresentam valores superiores à taxa de cobertura urbana de água do estado do Ceará, que é de 92,06%.

Tabela 8 - Cobertura de abastecimento de água e esgoto nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba — ano 2015

	Taxa de cobertura urbana (%)				
Municípios	Abastecimento de água	Esgotamento Sanitário			
Baturité	100,00	4,17			
Aracoiaba	99,01	-			
Redenção	95,76	9,48			
Mulungu	95,94	18,69			
Guaramiranga	98,50	80,40			

Fonte: Ipece (2016).

O sistema de abastecimento do município de Aracoiaba, operado pela Cagece, tem como manancial o próprio rio Aracoiaba. O sistema, que abrange a sede municipal e a localidade de





Vazantes, conta com um ponto de captação, que possui dois conjuntos motobombas (EEAB-01), sendo um reserva, com 24m de tubulação de sucção e 60m de tubulação de recalque (ARCE, 2014a). A Estação de Tratamento de Água (ETA) possui quatro filtros de fluxo ascendente – F1, F2, F3 e F4 (ARCE, 2014a), com aplicação de cloreto de alumínio, cloreto de sódio, cloro ativo, polímero catiônico líquido, hipoclorito de cálcio e fluossilicato de sódio (ARCE, 2012) e três conjuntos motobombas (EELF-01) para a lavagem dos filtros. O sistema conta ainda com um total de 13.540m de adutoras de água tratada, 1.240m³ de reservação apoiada, 475m³ de reservação elevada, 43.495m de tubulação em PVC, RPVC, DEFoFo e Ferro Fundido da rede de distribuição. Na sede, a população abastecida em 2014 era de 7.498 habitantes, e na localidade de Vazantes era de 1.142 habitantes (ARCE, 2014a). Em 2015, o município possuía um total de 6.503 ligações ativas, uma taxa de cobertura de abastecimento de 99,01% (IPECE, 2016), um volume produzido na ETA de 1.633.070m³ e 58,16km de rede (SNSA, 2017).

Já em dezembro de 2016, a taxa de cobertura do sistema da sede municipal de Aracoiaba era de 98,97%, atendendo 7.453 pessoas. Além disso, a população abastecida na localidade de Jenipapeiro era de 100%, atendendo 262 pessoas, e também de 100% na localidade de Lagoa de São João, atendendo 352 habitantes (CAGECE, 2017a). Ainda segundo a Cagece (2017a) os sistemas de Aracoiaba, Jenipapeiro e Lagoa de São João teriam capacidade para atender 9.134, 378 e 444 habitantes, respectivamente.

No município de Baturité, o sistema de abastecimento operado pela Cagece está utilizando água oriunda da ETA de Aracoiaba desde setembro de 2012, devido ao seu manancial, o açude Tijuquinha, estar esgotado (IPECE, 2016). O sistema conta com uma estação de bombeamento de água tratada, uma reservação total de 1.200m³, uma rede de distribuição com 52.717m e 8.533 ligações ativas em julho de 2015 (ARCE, 2016a).

A taxa de cobertura urbana do sistema chegou a 100% em 2015 (IPECE, 2016), com um volume de 1.413.730m³, produzido na ETA de Aracoiaba para o abastecimento de Baturité (SNSA, 2017). Em dezembro de 2016, a taxa de cobertura do sistema era de 99,06%, atendendo 21.780 pessoas, e com capacidade de atender até 25.831 habitantes (CAGECE, 2017a).

O sistema de abastecimento do município de Guaramiranga, também operado pela Cagece, tem como mananciais dois poços amazonas, estando um desativado, e três poços tubulares, onde o tratamento da água se dá através de simples desinfecção com aplicação de hipoclorito de cálcio





em pó e em pastilha. O sistema conta com quatro estações de bombeamento, uma para cada poço ativo, com um reservatório elevado de 50m³, 1km de adutora em PVC com diâmetros de 50 e 75mm, uma rede de distribuição com 6.161m e 644 ligações ativas em setembro de 2015 (ARCE, 2016b).

A taxa de cobertura urbana do sistema chegou a 98,50% em 2015 (IPECE, 2016), com um volume produzido na ETA de 80.530m³ (SNSA, 2017). Em dezembro de 2016, a taxa de cobertura do sistema era de 98,52%, atendendo 1.300 pessoas, mas podendo atender até 1.475 habitantes (CAGECE, 2017a).

Em Mulungu o sistema de abastecimento, também operado pela Cagece, tem como mananciais sete poços tubulares, estando quatro desativados, um atualmente fora de operação e um poço amazonas, onde o tratamento da água se dá através de simples desinfecção com aplicação de hipoclorito de cálcio por meio de bombas dosadoras (ARCE 2016c) e filtração direta ascendente (ARCE, 2011). O sistema conta com três estações de bombeamento de água bruta, uma para cada poço ativo, que recalcam para os filtros e para um reservatório de reunião (RAP-01), com capacidade de 50m³. Por fim, uma estação elevatória de água tratada (EEAT-01) conecta o RAP-01 a um reservatório de distribuição (RAP-01), com capacidade de 300m³. O sistema conta com um total de 1.315,3m de adutoras em PVC e DEFoFo, com diâmetros nominais iguais a 50 e 200mm, respectivamente, uma rede de distribuição com 14.870m e 1.336 ligações ativas em julho de 2016 (ARCE, 2016c).

A taxa de cobertura urbana do sistema chegou a 95,94% em 2015 (IPECE, 2016), com um volume produzido na ETA de 103.530m³ (SNSA, 2017).

O município de Redenção faz parte de um sistema integrado de abastecimento de água, constituído por captação no Açude Acarape do Meio e na adutora Acarape do Meio – Gavião, contando ainda com um único distrito abastecido pelo açude Aracoiaba. O açude Acarape do Meio abastece também os municípios de Guaiúba, Pacatuba, Acarape e Barreira. (ARCE, 2014b).

O sistema de abastecimento do distrito de Antônio Diogo é alimentado pela rede de distribuição de água (RDA) da sede de Redenção, através de uma estação elevatória (EEAT-03), composta por um conjunto motobomba conectado diretamente na rede por uma estação elevatória (EERD-02), composta por dois conjuntos motobombas, conectados ao reservatório apoiado (RAP-08), onde se faz uma nova dosagem de cloro, e por uma adutora de água tratada (AAT-03) derivada





da adutora Acarape que, por sua vez, é derivada da rede de distribuição de água (RDA) da sede municipal, com 120m de extensão e diâmetro nominal de 150mm. O sistema conta ainda com três reservatórios, cuja capacidade total é de 217m³ e rede de distribuição com 31.639m (ARCE, 2014b). A taxa de cobertura urbana do sistema em Redenção chegou a 95,76% em 2015 (IPECE, 2016).

Em dezembro de 2016, a taxa de cobertura do sistema em Antônio Diogo era de 96,92%, atendendo 5.924 pessoas, e podendo atender até 7.133 habitantes (CAGECE, 2017a).

Na Tabela 9 apresenta-se o número de ligações reais e de ligações ativas da rede de distribuição de água e da rede de esgotamento sanitário, além do volume de água produzido anualmente.

Tabela 9 - Ligações da rede de distribuição de água e da rede coletora de esgoto nos municípios da bacia de

Município		Abastecimento	Esgota	Esgotamento Sanitário		
	Ligações Reais	Ligações Ativas	Vol. Produzido (m³)	Ligações Reais	Ligações Ativas	
Baturité	9.166	8.533	1.413.731	285	265	
Aracoiaba	7.172	6.503	1.635.071	-		
Redenção	6.868	6.394	939.648	300	283	
Mulungu	1.434	1.294	103.533	259	218	
Guaramiranga	684	637	80.530	435	418	

Fonte: Ipece (2016).

Com relação ao tratamento de água feito diretamente nos domicílios, informações obtidas nas visitas realizadas por Agentes Comunitários de Saúde mostram que a maioria das famílias utiliza água clorada para uso próprio (BRASIL, 2015). O segundo tipo de tratamento mais utilizado é o da água filtrada. A Figura 15 apresenta os tipos de tratamento de água comumente utilizados nos domicílios dos municípios em análise.





Figura 15 - Tratamento de água nos domicílios dos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba

Fonte: Brasil (2015).

Com relação à destinação das águas servidas, os dados mostram um cenário preocupante. Nos municípios de Baturité e Redenção a taxa de cobertura urbana de esgotamento chega a ser menor que 10%. O município de Guaramiranga é o que possui a maior taxa de cobertura, pois 80% do município apresenta infraestrutura de coleta de esgoto. No entanto, atenção deve ser dada ao município de Aracoiaba onde, conforme Ipece (2016) e Cagece (2017b), não existe um sistema de esgotamento sanitário coletivo. Neste município, em 2010, 4,34% das residências eram ligadas à rede pluvial, com o efluente despejado diretamente nos mananciais, sem nenhum tratamento

Em Baturité, o sistema de esgotamento sanitário da sede, operado pela Cagece, possuía uma taxa de cobertura de apenas 4,04% em dezembro de 2015 (ARCE, 2016a). Ainda segundo a ARCE (2016a), a sede possui três sistemas de esgotamento sanitário:

 Sistema São Francisco: Constituído por uma estação elevatória, denominada EEE-São Francisco, equipada com um conjunto motobomba e ETE com tratamento preliminar por gradeamento, desarenador seguido de uma calha *Parshall*, um reator UASB e cloração (tecnologia UASB+CL); localizada no Conjunto São Francisco,





no bairro de Mondego, sendo os efluentes tratados lançados no riacho Tamaracá (CAGECE, 2017a);

- Sistema PROURB I: Constituído por uma ETE com tratamento preliminar através de gradeamento e desarenador seguido por um decantador digestor com filtro anaeróbico (tecnologia DD+FA+CL); localizada na Rua Conjunto PROURB, sendo os efluentes tratados despejados no riacho Mucunã (CAGECE, 2017a);
- Sistema PROURB II: Constituído por uma ETE com tratamento preliminar através de gradeamento e desarenador seguido por um decantador digestor com filtro anaeróbico (tecnologia DD+FA+CL); localizada na Rua H, no Conjunto PROURB, sendo os efluentes tratados despejados no riacho Carro Quebrado (CAGECE, 2017a).

Esses sistemas possuíam um total de 265 ligações ativas, 2km de rede e um volume coletado de 18.560m³ de esgoto em 2015 (SNSA, 2017). Também segundo o SNSA (2017) somente a sede possui sistema de coleta de esgoto.

Com relação ao tipo de moradia, a maior parte das famílias mora em casa de tijolos ou adobe. O município de Aracoiaba possui o menor número de casas construídas em tijolo e 14,84% das famílias ainda residem em casas de taipa. No que concerne ao acesso a energia elétrica, em todos os municípios mais de 90% das moradias possuem eletricidade (Tabela 10).

Tabela 10 - Tipo de moradia e acesso à energia elétrica nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba

Tipo de Moradia	Baturité	Aracoiaba	Redenção	Mulungu	Guaramiranga
Tijolos/Adobe	89,83%	85,03%	90,88%	98,00%	92,48%
Taipa Revestida	5,84%	10,19%	5,84%	1,00%	5,93%
Taipa Não Revestida	3,83%	4,65%	3,27%	0,96%	1,32%
Madeira	0,42%	0,08%	-	-	0,22%
Material Aproveitado	0,05%	-	0,01%	0,03%	-
Outros	0,03%	0,06%	-	-	0,05%
Energia Elétrica	94,36%	96,10%	99,30%	97,52%	97,97%

Fonte: adaptado de Brasil (2015).





#### 3.4 Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a fonte produtora. Assim, adotando-se a mesma nomenclatura do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) tem-se o seguinte:

RDO: Resíduos Domiciliares;

• RPU: Resíduos Públicos;

RCC: Resíduos de Construção Civil;

RSS: Resíduos Sólidos de Saúde.

A Tabela 11 apresenta os principais indicadores municipais sobre coleta e produção de resíduos, cujos dados foram extraídos do SNIS.

Tabela 11 - Indicadores municipais de coleta e produção de resíduos *per capita* nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba – ano2015

Município	Taxa de Cobertura de Coleta de RDO (%)	Massa de RDO e RPU Coletados per capita (Kg/hab.dia)	Taxa de RCC Coletados Pela Prefeitura em Relação ao Total Coletado (%)	Taxa de RSS Coletados em Relação ao Total Coletado (%)
Baturité	71,53	0,53	-	-
Aracoiaba (1)	-	-	-	-
Redenção (2)	100	0,1	-	-
Mulungu	39,92	0,54	-	-
Guaramiranga	-	-	-	-

Fonte: SNIS (2015).

Nota: (1): Sem Dados; (2):Dados de 2013.

No município de Aracoiaba, em 2010, apenas 51,95% do lixo eram coletados (IPECE, 2016). O destino final dos resíduos sólidos se dá no lixão localizado na bacia do açude Aracoiaba, Zona 24S, de coordenadas 520832mE e 9514360mN (UTM, SIRGAS 2000), próximo à rodovia CE-356, a cerca de 2,7 km da sede municipal, identificado na Foto 42 da Figura 44, que apresenta os registros fotográficos da área de influência da bacia hidrográfica do açude Aracoiaba, nos anexos deste IVA.

Em Baturité, com relação aos resíduos sólidos, foram coletados um total de 5.000 toneladas de RDO, RPU e RCC em 2015. A taxa de cobertura do serviço de coleta do RDO em relação à população urbana do município chegou a 78,03 % e a 71,53 % em relação à população





total (SNIS, 2017). O destino final dos resíduos sólidos se dá no lixão localizado próximo a localidade de Coió, a cerca de 5 km da sede municipal.

O município de Guaramiranga não possui nenhum tipo de tratamento ou manejo de seus resíduos sólidos antes da sua deposição em um lixão localizado no município de Baturité, próximo à localidade de Coió. Conforme Ipece (2016), em 2010, somente 85,77 % dos resíduos sólidos de Guaramiranga eram coletados. O mesmo ocorre no município de Mulungu, que não possui nenhum tipo de tratamento ou manejo de seus resíduos sólidos antes da sua deposição em um lixão. Conforme Ipece (2016), em 2010 somente 61,82 % dos resíduos eram coletados.

Por fim, no município de Redenção, com relação aos resíduos sólidos, não há nenhum tipo de tratamento ou manejo antes da sua deposição em um lixão situado na localidade de Itapaí, à cerca de 6,8 km do centro do distrito de Antônio Diogo, fora da bacia de contribuição do açude Aracoiaba. No município de Redenção, conforme Ipece (2016), em 2010 somente 63,29 % dos resíduos sólidos eram coletados.

#### 3.5 Economia

A Tabela 12 apresenta o Produto Interno Bruto (PIB) a preços de mercado, o PIB *per capita* e a contribuição de cada setor na formação do PIB dos municípios em análise.

Tabela 12 - PIB a preços de mercado nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba

	Produto Interno Bruto (2013)					
Municípios	PIB a Preços de Mercado (R\$ mil)	PIB per capita (R\$/hab.)	PIB Agropecuária (%)	PIB Indústria (%)	PIB Serviços (%)	
Baturité	237.588	6.884	11,04	5,82	83,14	
Aracoiaba	138.694	5.337	12,44	6,85	80,71	
Redenção	199.193	7.354	20,17	7,23	72,61	
Mulungu	70.605	5.789	26,04	3,6	70,37	
Guaramiranga	44.706	11.437	24,44	5,35	70,2	

Fonte: Ipece (2016).

Observa-se que em todos os municípios o setor de serviços é o maior responsável pelo PIB total. No município de Baturité, o valor do PIB relacionado a serviços chega a representar 83,14% do PIB total municipal. O setor agropecuário é o segundo maior em todos os municípios, e o PIB industrial representa a menor fatia do PIB total.





#### 3.6 Pecuária

De acordo com dados do IBGE (2015c), o efetivo de rebanhos varia de acordo com cada município, e os galináceos aparecem em maior número. Além disso, destaca-se a criação de bovinos e suínos. A Figura 16 ilustra a quantidade de cabeças, por rebanho, nos municípios localizados na bacia de contribuição do açude Aracoiaba.

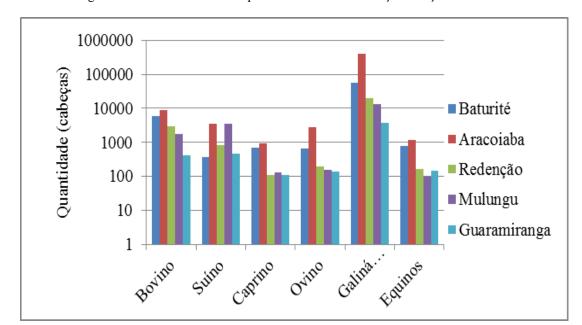


Figura 16 - Pecuária nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba

Fonte: IBGE (2015c).

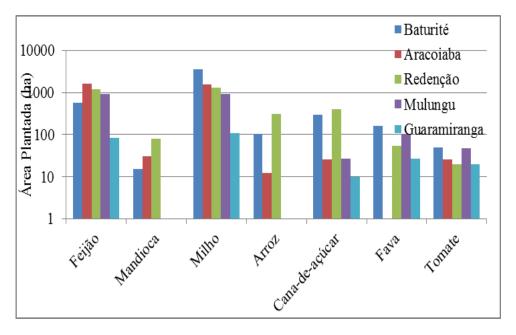
### 3.7 Agricultura

De acordo com dados do IBGE (2015d), quanto às lavouras temporárias destacam-se: feijão, milho e cana-de-açúcar. O feijão e o milho são os alimentos mais produzidos, sendo o município de Baturité o maior produtor de milho. A Figura 17 mostra a área plantada com lavouras temporárias nos municípios em análise, no ano de 2015.





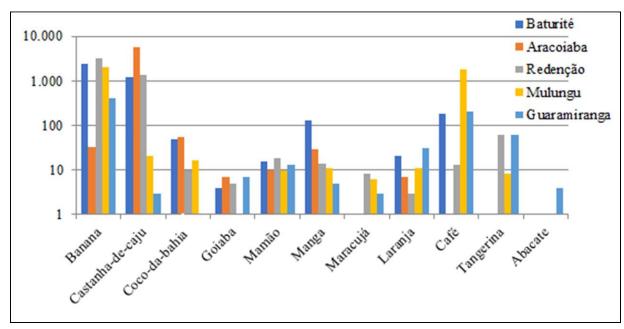
Figura 17 - Área plantada com lavoura temporária nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba



Fonte: IBGE (2015d).

No que se refere às lavouras permanentes destacam-se o cultivo de banana, de castanha-de-caju, de coco-da-baía e de manga. Dentre os municípios em estudo, Mulungu destaca-se pelo cultivo de café. A Figura 18 apresenta o gráfico que ilustra a área plantada com lavouras permanentes nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba, no ano de 2015.

Figura 18 - Área plantada com lavoura permanente nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba



Fonte: IBGE (2015d).





### 3.8 Doenças de veiculação hídrica

O levantamento de informações sobre doenças de veiculação hídrica foi realizado com base em dados referentes aos números de casos confirmados para as doenças do tipo diarreica aguda (DDA), hepatite A, esquistossomose e leptospirose nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba. As informações foram levantadas a partir de dados do relatório de notificação de doenças compulsórias, referente ao acumulado do ano de 2016, e dos boletins de saúde disponibilizados pela Secretaria de Saúde do Estado do Ceará em sua própria página eletrônica.

As doenças diarreicas agudas (DDA) são transmitidas principalmente através de água ou alimentos contaminados e podem ser indicadoras de consumo de água de má qualidade e inadequada infraestrutura de saneamento básico nos municípios da região (BRASIL, 2014). Casos de DDAs são confirmados recorrentemente nos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba. O município que mais apresentou casos da doença no ano de 2016 foi Redenção, onde 1.360 casos foram notificados. Além disso, os municípios de Baturité e Aracoiaba notificaram mais de 500 casos da doença no mesmo ano (SESA, 2016a).

A leptospirose, doença infecciosa causada por espiroquetas do gênero *Leptospira*, está relacionada a uma infraestrutura sanitária deficiente e é transmitida pela água e alimentos contaminados (CAMPOS *et al.*, 2011). No ano de 2016 o único município que registrou um caso da doença foi Guaramiranga (SESA, 2016a).

Indiretamente, a água também é responsável pela veiculação de verminoses, como é o caso da esquistossomose, doença infectoparasitária causada pelo *Schistosoma mansoni* (GOMES *et al.*, 2016). No Ceará, o Programa de Controle da Esquistossomose (PCE) é realizado desde 1977, em 71 dos 184 (38,5%) municípios do estado. Entre o ano de 2010 e setembro de 2016 foram notificados nos municípios de Baturité, Aracoiaba e Redenção, 81, 29 e 35 casos da doença, respectivamente. Não houve registro de esquistossomose no município de Mulungu e não existem informação para o município de Guaramiranga (SESA, 2016b).

#### 3.9 Desenvolvimento Humano

Analisando a renda populacional, de acordo com o IBGE (2010), os municípios de Baturité, Aracoiaba, Redenção e Mulungu apresentam valores acima da média estadual, no que diz respeito à população com renda mensal de até R\$70,00, considerada como população extremamente pobre.





Em Mulungu, esse percentual chega a 29,83 % (Tabela 13). Vale ressaltar que a população rural preserva as maiores fatias da população considerada extremamente pobre.

Tabela 13 - População com renda mensal de até R\$70,00 nos municípios da bacia de contribuição do açude

Município	Total (%)	Urbana (%)	Rural (%)
Baturité	19,89	15,44	32,1
Aracoiaba	26,24	18,16	35,76
Redenção	22,07	15,88	30,37
Mulungu	29,83	18,99	36,08
Guaramiranga	12,46	11,18	14,38
Estado do Ceará	17,78	11,44	36,88

Fonte: Ipece (2016).

A Tabela 14 apresenta o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), desenvolvido conforme metodologia apresentada no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Ipea e Fundação João Pinheiro - FJP, 2013) e o Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) desenvolvido pelo Ipece, para os municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba.

Tabela 14 - IDHM e IDM dos municípios da bacia de contribuição do açude Aracoiaba

Municípios	Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) - 2010		Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) - 2012	
	Valor	Posição no Ranking Estadual	Valor	Posição no Ranking Estadual
Baturité	0,619	75	36,38	38
Aracoiaba	0,615	87	36,73	36
Redenção	0,626	56	42,27	21
Mulungu	0,607	107	24,5	115
Guaramiranga	0,637	39	42,32	20

Fonte: PNUD, Ipea e FJP (2013); Ipece (2016).

Conforme PNUD (2013), o IDHM pode ser classificado em 5 faixas:

Muito Baixo: 0 a 0,499;

• Baixo: 0,500 a 0,599;

Médio: 0,600 a 0,699;

• Alto: 0,700 a 0,799;

• Muito alto: 0,800 a 1,000.





Assim, para os municípios pertencentes à bacia de contribuição do açude Aracoiaba, observa-se que, conforme dados de 2010, todos os municípios são classificados com o IDHM médio.

De acordo com o Ipece (2012) o IDM pode ser dividido em 4 classes, no qual os municípios pertencentes à Classe 1 apresentam os maiores índices de desenvolvimento. À medida que o número da classe aumenta, o índice de desenvolvimento diminui. Dessa forma, os municípios pertencentes à Classe 4 apresentam os piores índices de desenvolvimento.

- Classe 1: 67,13 a 75,07;
- Classe 2: 46,29 a 57,06;
- Classe 3: 26,93 a 42,99;
- Classe 4: 7,44 a 26,60.

Conforme dados publicados pelo Ipece (2012), os municípios em análise são classificados como municípios de IDM classe 3, com exceção de Mulungu, que é classificado como classe 4.





# 4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO





### 4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO

O açude Aracoiaba teve sua construção concluída no ano de 2002 (COGERH, 2016b). A variação do seu volume de armazenamento foi avaliada no período de 2004 a 2016, a partir dos dados de nível e volume disponibilizados no site Portal Hidrológico do Ceará (COGERH, 2016c).

De acordo com os dados históricos mostrados pelo gráfico apresentado na Figura 19, que ilustra o volume de água do reservatório em função do tempo, observa-se que a cota do vertedouro foi ultrapassada ou igualada cinco vezes, nos anos de 2004, 2005, 2006, 2007 e 2009. No período analisado, as sangrias iniciaram-se na maioria das vezes entre os meses de abril e maio, tendo no ano de 2004 permanecido nesse estado de vertimento por 163 dias. No entanto, a partir do ano de 2012, houve uma diminuição considerável do volume de armazenamento do açude Aracoiaba, apresentando alguns momentos de crescimento considerados insignificantes nos meses chuvosos, e atingindo menos de 10 % da sua capacidade máxima em setembro de 2016.

Volume (%) 2011 2012 

Figura 19 - Evolução do volume armazenado no período de 2004 a 2016 - Açude Aracoiaba

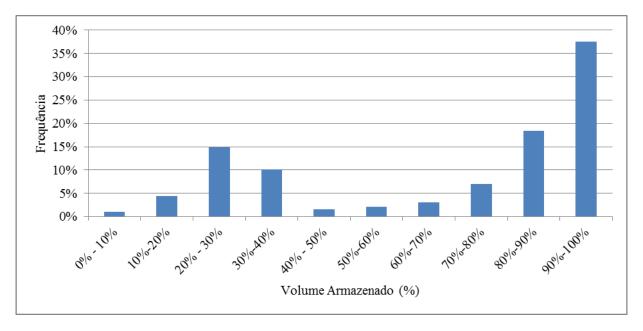
Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

O histograma do volume armazenado (Figura 20) mostra que, no período de 2004 a 2016, o açude Aracoiaba esteve com volume elevado (90% - 100%) na maior parte do tempo. Sendo a série relativamente curta, esta não engloba uma diversidade de eventos que caracterize plenamente a variabilidade dos armazenamentos no reservatório.





Figura 20 - Histograma do volume armazenado no período de 2004 a 2016 - Açude Aracoiaba



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

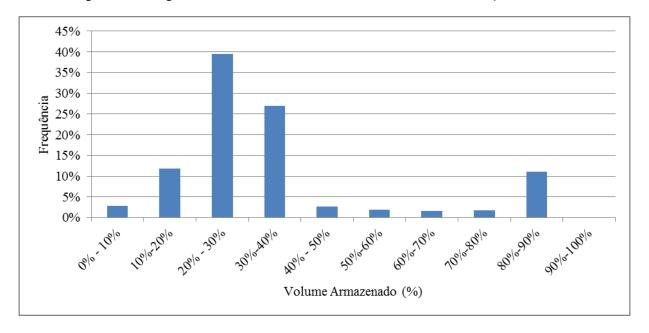
Para o caso analisado, os valores de volume armazenado entre os anos de 2004 a 2006, considerados chuvosos, causam uma distorção na verdadeira natureza da distribuição de armazenamento do reservatório. Quando comparado à frequência de volume armazenado dos últimos quatro anos analisados (2012 a 2016), conforme mostrado na Figura 21, observa-se que o açude Aracoiaba esteve na maior parte do tempo com seu volume entre 20% - 30%, sem atingir em nenhum momento 90% ou mais da sua capacidade de armazenamento.

Tal decréscimo de volume armazenado no reservatório está relacionado ao fenômeno da seca que o nordeste brasileiro vem enfrentado desde o ano de 2012. Acredita-se que dados históricos mais abrangentes, que incluíssem medições de décadas anteriores, tornariam os valores do histograma de frequência do volume armazenado mais condizentes com a realidade, porém, a construção do reservatório foi concluída apenas em 2002.





Figura 21 - Histograma do volume armazenado entre os anos 2012 a 2016 - Açude Aracoiaba



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

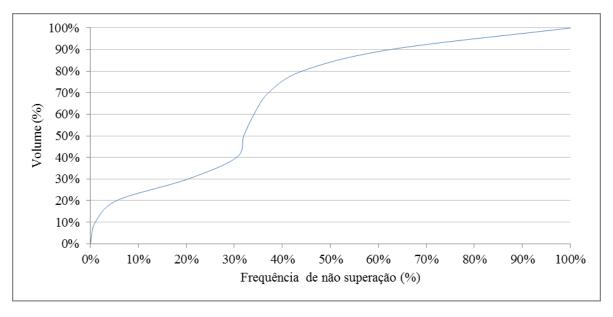
A partir da série histórica disponibilizada pela Cogerh e dos dados de frequência de volume armazenado do reservatório, foi possível avaliar a frequência de não superação do seu volume. A frequência de não superação é dada pela frequência da não ocorrência de certo valor igual ou superior a esse, ou seja, a percentagem do tempo em que o reservatório apresentou um armazenamento inferior à capacidade máxima. Isso, com base na série histórica de níveis de acumulação.

Para a sequência de dados históricos analisada, nota-se que durante 62% do tempo o volume armazenado foi menor ou igual a 90% da sua capacidade de armazenamento, conforme ilustrado na Figura 22.





Figura 22 - Frequência de não superação do volume armazenado - Açude Aracoiaba



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

Para a análise do aporte de água no açude Aracoiaba foram utilizadas séries temporais de vazões médias anuais obtidas pelo modelo de simulação hidrológica SMAP, séries essas disponibilizadas pela Cogerh. A seguir, na Figura 23, é apresentado o gráfico ilustrativo do histograma de frequência do aporte em hm³ para o açude Aracoiaba.

30%
25%
20%
10%
5%
5%
0%
30, 7,0, 140,0, 209,0, 278,0, 347,0, 416,0, 485,0, 554,0, 623,0, 692,0
Aporte (hm³)

Figura 23 - Histograma do aporte (hm³) - Açude Aracoiaba

Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).





A análise desse histograma mostra que, como era esperada, a frequência de aporte anual do reservatório apresenta uma forte assimetria para a direita, característica de histogramas de vazões médias anuais que tendem a apresentar valores positivos para essa variável estatística. Em termos de média anual, o aporte de água ao açude Aracoiaba é da ordem de 197 hm³, valor superior à sua capacidade de armazenamento, que é de 162hm³. A frequência de não superação da sua capacidade de armazenamento máxima é de 48,51% (Figura 24).

700,00 600,00 500,00 Aporte (hm³) 400,00 300,00 200,00 100,00 0,00 30% 40% 0% 10% 20% 50% 60% 70% 80% 90% 100% Frequência de não superação (%)

Figura 24 - Frequência de não superação do aporte de água - Açude Aracoiaba

Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).





5. QUALIDADE DA ÁGUA





## 5. QUALIDADE DA ÁGUA

A avaliação da qualidade da água foi realizada a partir da análise dos dados gerados nas coletas de água e de sedimento, realizadas por técnicos da Nippon em agosto/2016, e do banco de dados de qualidade de água da Cogerh, de 2004 a 2016.

#### 5.1 Análises das coletas realizadas

No dia 03/08/2016, técnicos da Nippon e da Cogerh realizaram coletas de água e de sedimento no açude Aracoiaba, no ponto ARC-10 (UTM 533.385 E/ 9.513.309 N), conforme localização espacial apresentada na Figura 25. As análises hidrobiológicas (contagem e identificação de fitoplâncton), físico-química e bacteriológica da água foram realizadas nos laboratórios da Cagece de Fortaleza/CE. As análises do sedimento e de elementos inorgânicos específicos, como metais, foram realizadas no laboratório *Mérieux NutriSciences*, em Paulista/PE. Todos os frascos utilizados nas coletas foram cedidos pelos laboratórios contratados. A conservação das amostras e o tempo entre a coleta e as análises seguiram as orientações dos laboratórios.



Figura 25 - Localização espacial do ponto de coleta no açude Aracoiaba

Fonte: Google Earth, 2017.





As variáveis de qualidade da água obtidas em campo foram medidas com sonda multiparamétrica da YSI, modelo 6600 V2, calibrada com antecedência de até 7 dias para todas as variáveis, com exceção do oxigênio dissolvido, cuja calibração foi realizada pouco antes da coleta.

# 5.1.1 Água

A Resolução Conama n.º 357/2005 cita que classe de qualidade é o conjunto de condições e padrões de qualidade da água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuro, e que os parâmetros de qualidade da água selecionados para subsidiar a proposta de enquadramento deverão ser monitorados periodicamente pelo poder público. Cita ainda, em seu artigo 42 que, enquanto não forem aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2 e as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

Richter e Azevedo Neto (2002) afirmam que a avaliação da qualidade da água não pode ser realizada com base em uma única análise, pois as características das águas variam com o tempo e as análises estão sujeitas a flutuações e a erros.

Os resultados das análises físico-química e bacteriológica podem ser visualizados na Tabela 15, em que também são apresentados os valores indicados na resolução do Conama para classe 2. Os valores acima da referência estão destacados em negrito. Percebe-se que os valores de sólidos dissolvidos totais (SDT), fósforo total, clorofila, DBO e cianobactérias estão acima da referência.

Segundo Tundisi e Matsumura (2008), os SDTs incluem todos os sais presentes na água e os componentes não iônicos. Estudos indicam uma correlação forte entre essa variável e o nível do reservatório. Os STDs podem afetar a qualidade da água de diversas maneiras, sendo a mais evidente a diminuição da penetração da radiação solar. Os sais em grande quantidade, comuns em reservatórios do semiárido, aliados à criação intensiva de peixes em tanques-rede, podem ser fatores que influenciaram na alteração dessa variável.

A clorofila-a está relacionada à biomassa fitoplanctônica e a concentração encontrada é 100% a mais que o limite estabelecido para classe 2. Por sua vez, esse crescimento é diretamente proporcional à quantidade de nutrientes disponíveis, o que se comprova quando observa-se os resultados do fósforo total e nitrogênio total. A concentração de fósforo total foi 116,7% a mais





que o valor de referência. O ortofosfato, forma assimilada pelo fitoplâncton, representou 41,5% do fósforo total, indicando que há fosfato a ser assimilado e incorporado à biomassa dos organismos.

A densidade de cianobactérias na amostra do Aracoiaba (418.796,9 células/mL) foi praticamente 8 vezes a mais que o valor de referência para classe 2, que é de 50.000 células/mL.

Não se pode esquecer que o fósforo é uma medida do potencial (de causa) da eutrofização e que a clorofila-a é uma medida de resposta (efeito) do corpo hídrico ao agente causador.

O artigo 10, § 3°, da Resolução Conama n.º 357/2005 cita que para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos. No entanto, no Ceará não há valor estabelecido pelo órgão ambiental, mas utilizando o valor citado como referência, as concentrações de nitrogênio nas águas em estudo foram elevadas (média de 1,463 mg N/L), embora esse nutriente não tenha sido considerado limitante, como mencionado.

No nitrogênio total (1,250 mg N/L) quantificado na amostra da superfície, aproximadamente 60% é de nitrogênio orgânico, pois do nitrogênio inorgânico pesquisado foi constatado 0,344 mg N-NH<sub>3</sub>/L de nitrogênio amoniacal e 0,148 mg N-NO<sub>3</sub>-/L de nitrato; já o nitrito não foi quantificado.

A água do açude Aracoiaba apresentou salinidade de 0,36, classificada como doce, segundo a Resolução Conama n.º 357/2005.

A bactéria *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal de humanos e de outros animais homeotérmicos (mamíferos e pássaros) não foi identificada na amostra de água coletada em agosto/2016. No entanto, das amostras avaliadas de 2004 a 2016, conforme banco de dados da Cogerh, a bactéria mencionada foi identificada em 36,2% das 47 amostras avaliadas. Destaca-se que no item 2.4 - Principais Impactos, deste IVA, foi relatado que há efluentes domésticos e desenvolvimento de atividade pecuária, cujos dejetos podem atingir as águas do açude Aracoiaba.

Salienta-se que no dia da coleta o açude estava com 10,97% (17,76 hm³) de sua capacidade total (162,00 hm³). No período avaliado (2004 a 2016), o açude sangrou em 2004, 2005, 2006, 2007 e 2009. (CEARÁ, 2017).





Tabela 15 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas do açude Aracoiaba

Variáveis	Unidade	Classe 2	0,30 m	7,60 m
Cloreto	mg Cl <sup>-</sup> /L	250	175,60	
Cor verdadeira	Mg Pt/L	75	10,00	
Ferro	mg Fe/L		< 0,20	
pH	-	6 - 9	7,79	
Temperatura	°C		27,67	
Oxigênio dissolvido	mg O <sub>2</sub> /L	≥ 5	8,02	
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	519,00	
Sólidos totais	mg/L		530,00	
Sulfato	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	250	18,37	
Turbidez	UNT	100	18,78	
Alcalinidade Bicarbonato	mg CaCO <sub>3</sub> /L		82,73	
Alcalinidade Carbonato	mg CaCO <sub>3</sub> /L		< 8,95	
Alcalinidade Hidróxido	mg CaCO <sub>3</sub> /L		< 8,95	
Cálcio	mg Ca/L		18,555	
Condutividade elétrica	μS/cm		747	
Ferro dissolvido	mg Fe/L	0,3	< 0,20	
Magnésio	mg Mg/L		26,246	
Sódio	mg Na/L		73,00	
Potássio	mg K/L		12,00	
Nitrogênio total	mg N/L		1,250	1,675
Fósforo total	mg P/L	0,03	0,065	0,182
Ortofosfato	$mg P-PO_4^{3-}/L$		0,027	
Clorofila-a	μg/L	30	60,12	
Feofitina	μg/L		2,74	
Nitrogênio Amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub> /L	**	0,344	0,421
Nitrito	mg N-NO <sub>2</sub> -/L	1	< 0,010	< 0,010
Nitrato	mg N-NO <sub>3</sub> -/L	10	0,148	0,180
DBO	mg O <sub>2</sub> /L	5	7,28	
DQO	mg/L		28,45	37,99
Escherichia coli	NMP/100 mL		< 1,00	
Cianobactérias	Células/mL	50.000	418.796,9	
Demais grupos de fitoplâncton	Células/mL		1.130,8	
Salinidade	-		0,36	

Fonte: laudos Cagece 0570/2016, 0571/2016 e 20570/2016.

Nota:\*\*Nitrogênio amoniacal = 3,7 mg/L N, para pH  $\leq$  7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH  $\leq$  8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH  $\leq$  8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5.

Quanto às análises hidrobiológicas, os resultados apresentados nas Tabelas 16 e 17 indicam que 98% do fitoplâncton (indivíduos/mL) encontrados na amostra são cianobactérias. O número de células/mL de cianobactérias supera em mais de 738% o limite estabelecido para corpos





hídricos de classe 2. Algumas cepas de cianobactérias, em especial as do grupo de cianofíceas ou cianobactérias, podem causar sabor e odor desagradáveis na água. Porém, o maior problema está no fato de que podem produzir toxinas, tais como as microcistinas, que causam a morte de animais domésticos e selvagens e também a intoxicação humana. No ser humano, as microcistinas podem causar problemas de saúde devido à morte ou lise celular, podendo lesionar o fígado (hepatoxinas) e o sistema nervoso (neurotoxinas) ou, somente, irritar a pele (KURODA *et. al.*, 2007).

Ressalta-se que a Portaria n.º 2914/2011 do Ministério da Saúde recomenda que os mananciais utilizados para abastecimento humano, que apresentem valores acima de 10.000 células/mL de cianobactérias devem ser analisados semanalmente, no ponto de captação. Acima de 20.000 células/mL deve-se realizar análise de cianotoxinas com frequência semanal.

Tabela 16 - Quantitativo e qualitativo de cianobactérias no açude Aracoiaba

Organismos Identificados	Indivíduos/mL	Células/mL
Aphanizomenon sp.	308,4	11.503,3
Chroococcales	23.335,6	189.563,2
Cylindrospermopsis raciborskii	411,2	4.112,0
Geitlerinema sp.	102,8	4.112,0
Phormidiaceae	3.392,4	203.544,0
Pseudanabaena sp.	102,8	1.644,8
Synechocystis sp.	2.158,8	4.317,6
Total	29.812,0	418.796,9

Fonte: laudo Cagece 20570/2016.

Tabela 17 - Quantitativo e qualitativo dos demais grupos de fitoplâncton no açude Aracoiaba

Organismos Identificados	Indivíduos/mL	Células/mL
Aulacoseira granulata	102,8	616,8
Cryptomonas sp.	411,2	411,2
Cyclotella sp.	102,8	102,8
Total	616,8	1.130,8

Fonte: laudo Cagece 20570/2016.

A Tabela 18 mostra que dos elementos químicos pesquisados não foram identificados: arsênio, berílio, cádmio, chumbo, cianeto, cobalto, cromo, lítio, mercúrio, níquel, prata, selênio, urânio, vanádio, antimônio e cobre, assim como sulfetos. Os elementos identificados foram: bário, boro, fluoreto, manganês, alumínio, ferro e zinco, todos em concentração abaixo do limite da classe 2.





Tabela 18 - Resultados de análises (em mg/L) da água do açude Aracoiaba

Variáveis	Classe 2	Aracoiaba
Arsênio	0,01	< 0,001
Bário	0,7	0,107
Berílio	0,04	< 0,001
Boro	0,5	0,162
Cádmio	0,001	< 0,001
Chumbo	0,01	< 0,001
Cianeto	-	< 0,005
Cobalto	0,05	< 0,001
Cromo	0,05	< 0,001
Fluoreto	1,4	0,900
Lítio	2,5	< 0,001
Manganês	0,1	0,109
Mercúrio	0,0002	< 0,0001
Níquel	0,025	< 0,001
Prata	0,01	< 0,001
Selênio	0,01	< 0,001
Urânio	0,02	< 0,001
Vanádio	0,1	< 0,001
Alumínio	-	0,0188
Antimônio	0,005	< 0,001
Cobre	-	< 0,001
Ferro	-	0,0641
Zinco	0,18	0,0139
Sulfetos (com o H <sub>2</sub> S não dissociado)	0,002	< 0,002

Fonte: laudo da Mérieux NutriSciences 15227/2016-5.

### 5.1.1.1 Estado de trofia

A eutrofização é ocasionada pelo aumento de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, nos corpos d'água, resultando no aumento de suas produtividades. Assim, os ambientes aquáticos terão crescimento ou proliferação de algas e macrófitas aquáticas e, consequentemente, ocorrerá redução de oxigênio dissolvido na água.

O estado de trofia foi gerado a partir da metodologia citada em Paulino *et al* (2013), que adaptou uma metodologia, tomando como base a adotada pela Cetesb, que utiliza nitrogênio total, fósforo total, clorofila, cianobactérias e transparência. A partir das concentrações de fósforo e clorofila é calculado o estado trófico individual e a média, conforme equações 1, 2 e 3.

$$IET (PT) = (10 \times (6-(LN(80,32/(PT \times 1000)))/LN(2)))$$
 (equação 1)

$$IET (CL) = (10 \text{ x } (6-((2,04-0,695 \text{ x LN(CL)})/LN(2))))$$
 (equação 2)

$$IET (médio) = (IET (PT) + IET (CL))/2$$
 (equação 3)





#### Onde:

IET = índice de estado trófico;

PT = concentração de fósforo total, em μg/L;

CL = concentração de clorofila, em μg/;

Ln = logaritmo natural.

A partir dos valores individuais do IET do fósforo, da clorofila e da média de ambos, a classe trófica é obtida de acordo com os critérios indicados na Tabela 19.

Tabela 19 - Classe trófica a partir do IET do fósforo e clorofila

Critério	Classe trófica
IET ≤ 44	Oligotrófico
$44 < IET \le 54$	Mesotrófico
$54 < IET \le 74$	Eutrófico
IET > 74	Hipereutrófico

Fonte: adaptado de Paulino et al, 2013.

Quanto ao nutriente limitante, a Cogerh adota a relação N:P (em equivalente grama), cujos valores menores que 10:1 indicam o nitrogênio como limitante; maiores que 22:1 o fósforo e o intervalo entre eles pode apontar que os dois nutrientes são limitantes ou que outros fatores limitam a produção primária. Essa informação do nutriente limitante é utilizada para embasar a melhor classificação do estado de trofia.

Com base no banco de dados da Cogerh foi possível classificar a contagem de cianobactérias em quatro intervalos, conforme apresentado na Tabela 20.

Tabela 20 - Classe trófica a partir da contagem de cianobactérias

Cianobactérias (células/ml)	Classe trófica
Até 20.000	Oligotrófico
20.001 a 80.000	Mesotrófico
80.001 a 400.000	Eutrófico
>400.000	Hipereutrófico

Nota: adaptado de Paulino et al, 2013.

A transparência da água é empregada para ajudar na classificação, embora na maioria das vezes a média do IET e a classe de trofia das cianobactérias sejam suficientes para a





classificação final. A Tabela 21 apresenta as faixas para cada classe de trofia em função da transparência.

Tabela 21 - Classe trófica a partir da transparência

Transparência (m)	Classe trófica
>1,7	Oligotrófico
1,1 a 1,7	Mesotrófico
0,8 a 1,0	Eutrófico
<0,8	Hipereutrófico

Fonte: adaptado de Paulino et al, 2013.

A Tabela 22 apresenta os valores das variáveis utilizadas nos cálculos dos índices, as classificações tróficas e a relação N:P. A classificação final foi hipereutrófico que, segundo Lamparelli (2004) e Cetesb (2007) *apud* ANA (2019), indica que as águas são afetadas significativamente por elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, podendo ocorrer episódios de florações tóxicas e mortandade de peixes, com comprometimento acentuado nos seus usos.

Tabela 22 - Classificação do estado de trofia do açude Aracoiaba

Variável	Valor
Fósforo total (mg/L)	0,065
Nitrogênio total (mg N/L)	1,250
Clorofila-a (µg/L)	60,12
Cianobactérias (células/mL)	418.796,9
Transparência (m)	0,70
N:P	42,58
Nutriente limitante	Fósforo
IET - Classe	64,29 - Eutrófico
Cianobactérias - Classe	Hipereutrófico
Transparência - Classe	Hipereutrófico
Classificação final	Hipereutrófico

Fonte: laudos Cagece 0570/2016 e 0571/2016.





### 5.1.1.2 IQAR

A avaliação de qualidade da água do açude Aracoiaba foi realizada pelo Índice de Qualidade de Água para Reservatório (IQAR), que é um sistema para avaliação da água dos reservatórios, de acordo com seus graus de comprometimento, desenvolvido pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

As variáveis utilizadas no cálculo do IQAR foram: déficit de oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio inorgânico, clorofila, transparência, demanda química de oxigênio (DQO), tempo de residência, profundidade média e contagem de cianobactérias. As amostras de água foram coletadas em duas ou três profundidades, conforme a concentração de oxigênio dissolvido na coluna d'água. A profundidade I, segundo metodologia do IAP, resulta da multiplicação do valor da transparência por 0,54 (fator correspondente a 40% da luz incidente). No entanto, a profundidade I adotada pela Cogerh é 0,3 m. A Tabela 23 apresenta o procedimento para seleção da profundidade II e III. Para a zona anóxica (profundidade III), considerou-se, conforme orientações da Cogerh, valores de oxigênio dissolvido (OD) menores que 1 mg/L.

Tabela 23 - Procedimento para seleção das profundidades de coleta

Profundidade	Especificação	Detalhes
I	Zona eufótica	0,3 m
II	Zona afótica	$[PM + (T \times 3)]/2$
III	Zona anóxica	Porção intermediária da camada anóxica (quando OD < 1 mg/L) e não coincidir com a profundidade II

Fonte: adaptado de IAP, 2004.

Nota: PM = profundidade máxima (m), T = transparência da água, 3 = fator correspondente a aproximadamente 1% da luz incidente na superfície da água.

O IQAR do açude Aracoiaba foi 4,77, resultando na Classe V (Tabela 24), indicando que o açude está muito poluído e que possui águas 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 em corpos de água eutrofizados propiciam florações de algas ou cianobactérias que frequentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a sua transparência (IAP, 2004).





Tabela 24 - IQAR do açude Aracoiaba

Profundidade	Prof. I	Prof. II
Profundidade de Coleta (m)	0,30	7,60
Fósforo Total (mg/L)	0,065	0,182
Nitrogênio amoniacal (mg N-NH <sub>3</sub> /L)	0,344	0,421
Nitrito (mg N-NO <sub>2</sub> -/L)	< 0,010	< 0,010
Nitrato (mg N-NO <sub>3</sub> -/L)	0,148	0,180
DQO (mg/L)	28,45	37,99
Clorofila-a (µg/L)	60,12	
Cianobactérias (células/mL)	418.796,9	
Média Déficit OD (%)	21,4	15
Transparência (m)	0,7	0
Profundidade Média (m)	5,9	0
Tempo de Residência (dias)	740	5
IQAR - CLASSE	4,77	- CLASSE V

Fonte: laudos Cagece 0570/2016, 0571/2016 e 20570/2016.

Nota: os LQ`s do nitrito e nitrato foram adotados para efeito de cálculo do IQAR.

Salienta-se que os dados de qualidade da água apresentados são referentes à água bruta, portanto, poderá ser utilizada para abastecimento humano desde que tratada adequadamente, seguindo os processos unitários de tratamento.

## 5.1.1.3 Qualidade de água para irrigação

A qualidade da água é um dos fatores mais importantes para a irrigação, principalmente em longo prazo, para prevenir problemas no solo ou nas culturas.

A classificação proposta pelos técnicos do Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos da América é baseada na condutividade elétrica como indicadora do perigo de salinização do solo, e na Relação de Adsorção de Sódio - RAS como indicadora do perigo de alcalinização ou sodificação do solo (BERNARDO *et al.*, 2013). Dessa forma, a Tabela 25 apresenta a classificação quanto à salinidade e sodificação das águas do açude Aracoiaba. Percebe-se que a amostra de água apresentou salinidade média (C2 – águas que podem ser utilizadas sempre que houver grau moderado de lixiviação). Quanto ao perigo de sodificação, a água foi classificada com baixa concentração de sódio (S1), podendo ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solo, com pequena possibilidade de alcançar níveis indesejáveis de sódio trocável.





Tabela 25 - Classificação das águas do açude Aracoiaba quanto a salinidade e sodificação

Variável	Valor
Condutividade elétrica (μS/cm)	747
Sódio (mg/L)	73,0
Cálcio (mg/L)	18,555
Magnésio (mg/L)	26,246
RAS ((meq/L) $^{-1/2}$ )	2,54
Classificação	C2S1
Salinidade	Nenhum

Fonte: laudos Cagece 0570/2016.

#### 5.1.2 Sedimento

Os resultados das análises do sedimento podem ser visualizados na Tabela 26, junto aos valores recomendados pela Resolução Conama n.º 454/2012 quanto aos níveis para água doce (Nível 1 - limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota). Percebe-se que a percentagem de sólidos foi de 29,8% p/p. Dos elementos químicos analisados não foram identificados: arsênio, berílio, cádmio, fluoreto, prata, selênio, urânio e antimônio, assim como sulfetos. Os elementos identificados foram: bário, boro, chumbo, cianeto, cobalto, cromo, lítio, manganês, mercúrio, níquel, vanádio, alumínio, cobre, ferro e zinco. Dentre os elementos identificados, o cromo, o mercúrio e o níquel apresentaram concentrações acima do nível 1, mas abaixo do Nível 2, conforme Resolução Conama n.º 454/2012.

Centrando foco no cromo, sua mensuração resultou em 47,4 mg/kg, portanto, acima do limite N1. Para Silva *et al.* (2006), a função biológica mais importante do cromo é sua relação com o metabolismo dos açúcares, e as principais fontes de contaminação são os rejeitos urbanos e industriais. Trindade *et al.* (2012) destacam que a contaminação com excesso de cromo pode levar a diarreia, problemas no aparelho digestivo, náuseas, efeitos cutâneos, danos aos pulmões, fígado e rins, hemorragia internas e desenvolvimento de carcinomas. Maia (2003) evidencia que a produção de tinta, corantes, explosivos, cerâmica e papel são importantes fontes de cromo para o meio ambiente.

O mercúrio encontrado no sedimento também teve valor acima do Nível 1. É possível que as pequenas quantidades de mercúrio identificadas sejam oriundas de efluentes domésticos e industriais, além do descarte irregular de resíduos sólidos, nos quais podem estar presentes





resíduos hospitalares, identificados nos 22 aglomerados urbanos, dentre eles as 5 sedes municipais existentes na bacia de contribuição desse reservatório, haja vista os baixos de saneamento básico nesses municípios. O fato de estar contido no sedimento e não na coluna d'água não deixa o problema menor, tendo em vista que comunidades bentônicas eventualmente se alimentam dos detritos contaminados, transferindo o mercúrio aos peixes e estes aos homens, por ser uma substância bioacumuladora (EPA, 1972). Avaliações experimentais demonstraram que a concentração de mercúrio acumulada em peixes proveniente do sedimento chega a ser 9 vezes maior do que a proveniente da coluna d'água (KUDO e MORTIMER, 1979).

A concentração do níquel teve como resultado 18,7 mg/kg, cujo limite do N1 é 18 mg/kg. Provavelmente essa pequena alteração se deu por alguma ação antrópica. O níquel, muitas vezes, é utilizado para proteção de peças metálicas, oferecendo resistência à oxidação. Segundo Junior (2008), há pouca referência bibliográfica sobre a toxidade desse elemento químico, no entanto, estudos demonstram que ele pode ser carcinogênico.

Chumbo, cianeto, cobalto, cromo, lítio, mercúrio, níquel, vanádio e cobre não foram identificados na amostra de água, apenas no sedimento.

O teor de fósforo apresentou uma concentração acima do valor de alerta (2.000 mg/kg) indicado na Resolução Conama n.º 454/2012.

Tabela 26 - Resultados da análise do sedimento do açude Aracoiaba

Variáveis	Unidade	Nível 1 (N1)	Nível 2 (N2)	Aracoiaba
Arsênio	mg/kg	5,9	17,0	< 1
Bário	mg/kg			188
Berílio	mg/kg			< 1
Boro	mg/kg			223
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,1
Chumbo	mg/kg	35,0	91,3	21,0
Cianeto	mg/kg			0,3
Cobalto	mg/kg			14,0
Cromo	mg/kg	37,3	90,0	47,4
Fluoreto	mg/kg			< 2
Lítio	mg/kg			12,6
Manganês	mg/kg			558
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	0,198
Níquel	mg/kg	18,0	35,9	18,7
Prata	mg/kg			< 1
Selênio	mg/kg			< 1
Urânio	mg/kg			< 1





Variáveis	Unidade	Nível 1 (N1)	Nível 2 (N2)	Aracoiaba
Vanádio	mg/kg			77,0
Alumínio	mg/kg	-	-	20.000
Antimônio	mg/kg			< 1
Cobre	mg/kg	35,7	197,0	27,4
Ferro	mg/kg			47.600
Zinco	mg/kg	123,0	315,0	75,2
Sulfeto	mg/kg			< 1
pH (suspensão a 5%)				6,69
Porcentagem de Sólidos	% p/p			29,8
Fósforo	mg/kg			1.110

Fonte: laudo da Mérieux NutriSciences 208830/2016-5.

### 5.2 Dados de qualidade da água de 2004 a 2016

As análises estatísticas realizadas para as variáveis físico-químicas, bacteriológicas e hidrobiológicas do banco de dados do açude Aracoiaba, referente ao período de 2004 a 2016 e cujos pontos e coordenadas estão indicados na Tabela 27, são apresentadas na Tabela 28. Os dados de qualidade aqui apresentados são oriundos das amostras coletadas a 0,3 m da superfície da água.

Ressalta-se que coeficientes de variação (CV) elevados foram observados, indicando uma grande dispersão ou variabilidade dos dados, mas praticamente 50% dos valores de todas as variáveis da Tabela 28 apresentaram CV menor que 30%.

Tabela 27 - Pontos e coordenadas do açude Aracoiaba

Ponto	Coorde	nadas (UTM)
ARC-01	9516133	526533
ARC-02	9515347	528285
ARC-03	9515540	529317
ARC-04	9515273	530717
ARC-05	9514235	531225
ARC-06	9513834	532314
ARC-07	9516207	532441
ARC-08	9515199	532781
ARC-09	9514472	532822
ARC-10	9513309	533385
ARC-11	9513866	533460

Fonte: Cogerh, 2016.



Tabela 28 - Estatística da qualidade de água da série histórica do açude Aracoiaba – 2004 a 2016

Variável	Conama 357 Classe 2	Unidade	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	CV (%)	NR
Alcalinidade total	-	mg CaCO <sub>3</sub> /L	119,22	67,06	85,98	86,70	11,49	43
Condutividade elétrica		μS/cm	1.472	280	698	734	26,93	49
Cálcio	-	mg/L	44,93	10,40	21,79	20,99	23,68	45
Magnésio	-	mg/L	31,06	5,24	21,37	22,30	21,62	45
Sódio	-	mg/L	341,00	14,33	81,43	81,38	55,23	45
Sulfato	250	mg/L	92,00	<7,68	20,20	18,92	63,17	47
Cloreto	250	mg/L	560,30	39,95	166,66	169,28	40,69	47
Sólidos Totais	-	mg/L	633,00	314,70	477,34	483,50	15,71	39
Sólidos Dissolvidos Totais	500	mg/L	1.102,00	308,00	460,03	461,00	27,71	46
Cor verdadeira	75	mg Pt/L	58,67	<2,50	14,40	11,00	68,89	47
Turbidez	100	NTU	54,77	2,10	11,64	11,42	75,95	45
Ferro	-	mg/L	0,40	<0,088	0,20	0,20	25,00	47
pH	6 - 9	-	8,80	7,40	8,14	8,10	4,05	48
Clorofila-a	30	$\mu g/L$	72,18	<1,00	18,76	11,28	93,02	156
Nitrogênio Total	-	mg N/L	3,960	<0,158	1,350	1,240	58,52	77
Fósforo Total	0,03	mg P/L	0,259	< 0,013	0,072	0,060	81,94	77
Ortofosfato	-	mg $P-PO_4^{3-}/L$	0,040	<0,010	0,010	0,010	0,00	79
Oxigênio dissolvido	□5	mg O <sub>2</sub> /L	9,85	5,18	7,47	7,50	14,59	39
DBO	5	mg O <sub>2</sub> /L	12,55	<1,28	5,42	5,50	50,92	39
Coliformes Termotolerantes	1.000	NMP/100mL	6.549,81	2,00	1.257,86	33,00	208,12	6
Escherichia coli	-	NMP/100mL	980,40	<1,00	30,31	1,00	553,88	34
Demais grupos do fitoplâncton	-	Células/mL	67.650,00	0,00	5.375,29	2.312,00	189,86	49
Cianobactérias	50.000	Células/mL	1.638.254,00	5.833,50	224.327,39	191.802,00	115,32	49

Fonte: Cogerh, 2016.

Nota: CV = coeficiente de variação; NR = número de resultados.



Percebe-se na Figura 26 que as concentrações de clorofila-a foram menores que 30 μg/L de 2004 a 2013. Foram observadas maiores dispersões nas concentrações a partir de 2014, quando a variação foi de 2,67 a 71,18 μg/L. Nesse período, geralmente o volume de água armazenado no açude foi menor que 50 hm³. A partir de agosto/2015 todas as concentrações foram maiores que 30 μg/L. Em 2016 a maioria das concentrações ficou entre 50 e 70 μg/L e o volume de água armazenado esteve entre 34 e 11 hm³. O coeficiente de variação dos 156 resultados de clorofila-a no período avaliado (2004 a 2016) foi de 93,02%. Evidencia-se que 17,9% de todas as concentrações (2004 a 2016) estavam acima do limite estabelecido pela Resolução Conama n.º 357/2005 para classe 2, que é 30 μg/L.

80,0 175 70,0 150 60,0 125 Clorofila-a (µg/L) 50,0 100 40,0 75 30,0 50 20,0 25 10,0 0,0 0 01/01/04 01/01/06 02/01/08 02/01/10 03/01/12 03/01/14 04/01/16 Clorofila-a Lab. Volume (hm³)

Figura 26 - Volume e clorofila-a ao longo do tempo – Açude Aracoiaba

Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A contagem de cianobactérias (Figura 27) no período analisado variou de 5.833,50 a 1.638.254,00 células/mL, com média de 224.327,39 células/mL e coeficiente de variação de 115,32%. A densidade de cianobactérias de 2004 a novembro/2014 foi menor que 250.000 células/ml; de dezembro/2014 a dezembro/2016 a maioria dos valores foi menor que 500.000 células/ml, porém valor superior a 1.000.000 células/ml foi quantificado em julho/2015. As maiores densidades de cianobactérias foram observadas no período em que o açude tinha os menores volumes de água armazenada. Dos 49 resultados de cianobactérias, 17,5% foram inferiores ao valor de referência para classe 2 da Resolução Conama n.º 357/2005, que é 50.000





células/mL. Em todas as análises de contagem de cianobactérias foram avaliados os demais grupos de fitoplânctons e a variação foi de 0,0 a 67.650,0 células/mL.

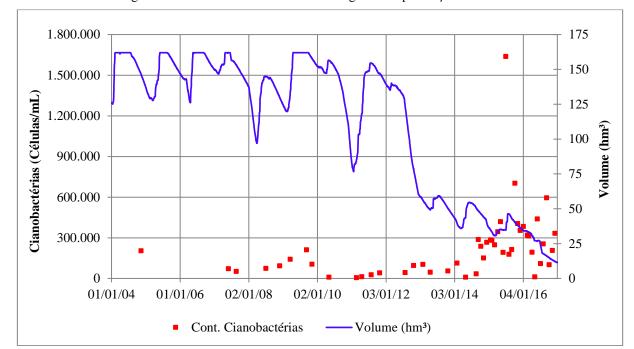


Figura 27 - Volume e cianobactérias ao longo do tempo – Açude Aracoiaba

Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

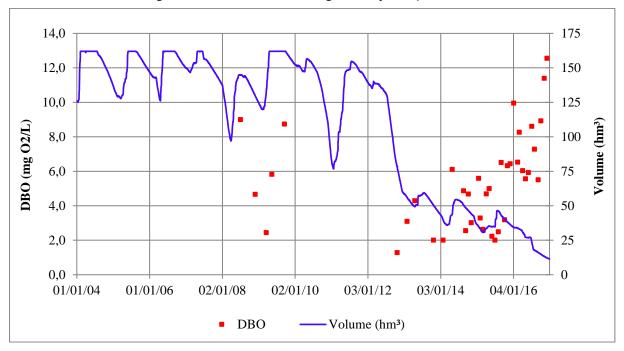
O valor médio da DBO no período avaliado (2008 a 2016) foi 5,42 mg/L e o coeficiente de variação foi de 50,92%. A Figura 28 permite observar que o valor máximo quantificado foi 12,55 mg/L, mas a maioria das concentrações foi menor que 9,0 mg/L. Dos 39 resultados de DBO, 48,7% apresentaram concentrações maiores que 5 mg/L, que é a referência para classe 2 da resolução Conama n.º 357/2005.

O coeficiente de variação do fósforo total foi 81,94% e a maior concentração foi de 0,259 mg P/L. A Figura 29 mostra os resultados de fósforo total de 2008 a 2016, quando a maioria das concentrações foi menor que 0,200 mg P/L, porém de 2008 a 2013 todos os valores foram menores que 0,150 mg/L. Dos 77 resultados de fósforo, 27,3% foram acima do valor de referência para classe 2. Salienta-se que os açudes funcionam como decantadores naturais e, portanto, o fósforo pode ser depositado no sedimento. As concentrações elevadas podem indicar processos antrópicos recorrentes.



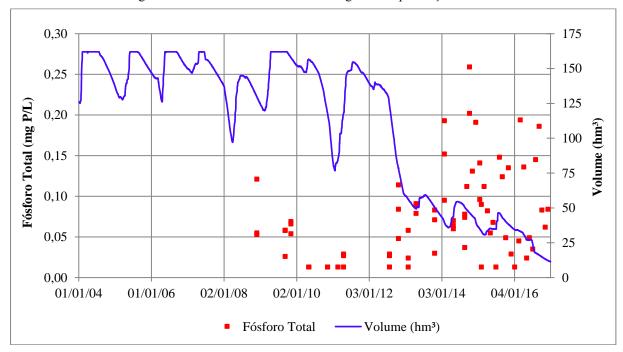


Figura 28 - Volume e DBO ao longo do tempo - Açude Aracoiaba



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

Figura 29 - Volume e fósforo total ao longo do tempo - Açude Aracoiaba



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

Dos 79 resultados de ortofosfato, que é a forma assimilada pelo fitoplâncton, em aproximadamente 5% das amostras esse nutriente foi quantificado.





A Figura 30 mostra as concentrações de nitrogênio total de 2008 a 2016. A variação foi de < 0,158 (limite de quantificação) a 3,960 mg N/L, sendo que 87% dos valores não ultrapassaram 2,0 mg N/L. O coeficiente de variação dos 77 dados de nitrogênio total foi 58,52% e a média de 1,350 mg N/L. O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes para os processos biológicos e, em conjunto com elevadas temperaturas e a não renovação das águas, tornam ambientes favoráveis para o aumento da densidade do fitoplâncton.

4,0 175 3,5 150 Nitrogênio Total (mg N/L) 3,0 125 2,5 100 2,0 75 1,5 50 1,0 25 0,5 0,0 01/01/04 01/01/06 02/01/08 02/01/10 03/01/12 03/01/14 04/01/16 Nitrogênio Total Volume (hm³)

Figura 30 - Volume e nitrogênio total ao longo do tempo – Açude Aracoiaba

Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

O oxigênio dissolvido (Figura 31) na superfície das águas do açude Aracoiaba variou de 5,18 a 9,85mg O<sub>2</sub>/L. Os valores de oxigênio alto podem ser atribuídos à atividade fotossintética do fitoplâncton presente na água. Todos os resultados estiveram acima de 5 mg O<sub>2</sub>/L, que é a referência do Conama para águas de classe 2. Dessa forma, a média geral dos 39 resultados de oxigênio (2007 a 2009 e 2013 a 2016) foi de 7,47 mg O<sub>2</sub>/L e o coeficiente de variação foi de 7,47%.





175 12,0 11,0 150 Oxigênio Dissolvido (mg O2/L) 10,0 125 9,0 100 8,0 75 7,0 50 6,0 25 5,0 4,0 01/01/04 01/01/06 02/01/08 02/01/10 03/01/12 03/01/14 04/01/16 Oxigênio Dissolvido --Volume (hm³)

Figura 31 - Volume e oxigênio dissolvido ao longo do tempo - Açude Aracoiaba

Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

O pH das águas do açude Aracoiaba no período de 2005 a 2016 variou de 7,40 a 8,80 (Figura 32). Os valores de pH, de 2012 a 2016, foram na maioria dos casos maiores que os de 2004 a 2009. Foram observados 48 resultados de 2004 a 2016 e o coeficiente de variação foi de 4,05%.

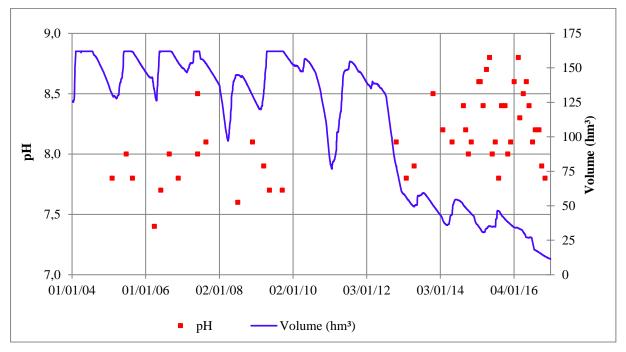
Algumas amostras de água do açude Aracoiaba, de 2015 e 2016, apresentaram carbonatos ( $CO_3^{2-}$ ), que reagem com água e elevam os valores de pH, pois íons hidroxilas são originados:  $CO_3^{2-} + H_2O \leftrightarrow HCO_3^- + OH^-$ ;  $HCO_3^- + H_2O \leftrightarrow H_2CO_3 + OH^-$ . Outro fator que também pode aumentar o pH das águas é o processo fotossintético. Isso ocorre por causa da hidrólise do íon bicarbonato em  $CO_2$  e  $OH^-$ :  $HCO_3^- + H_2O \leftrightarrow H_2O + CO_2 + OH^-$  (ESTEVES, 1998).

A Figura 33 apresenta os 45 resultados de turbidez das amostras de água do açude Aracoiaba. Os valores de turbidez variaram de 2,10 a 54,77 NTU de 2005 a 2016. De 2005 a 2009 e em 2013 os valores de turbidez foram menores que 13 NTU, exceto em março/2006, quando foi constatado o maior valor do histórico. A partir de 2014 os valores foram, geralmente, maiores que 10 NTU. O coeficiente de variação dos valores de turbidez foi de 75,95% e a média foi 11,64 NTU. Nenhum valor foi maior que 100 NTU, referência do Conama para classe 2.



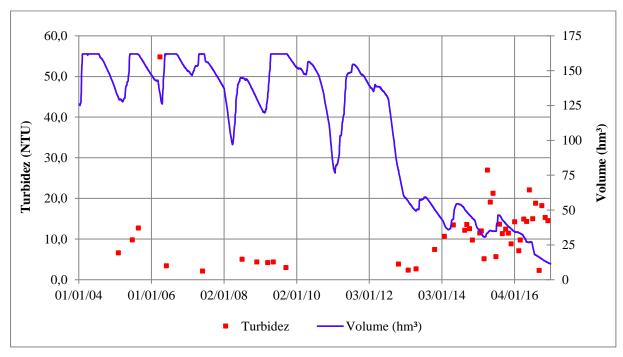


Figura 32 - Volume e pH ao longo do tempo - Açude Aracoiaba



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

Figura 33 - Volume e turbidez ao longo do tempo - Açude Aracoiaba



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.





Os valores de condutividade elétrica nas águas do açude Aracoiaba variaram de 280 a  $1.472~\mu S/cm$ , de 2005 a 2016 (Figura 34). Salienta-se que o valor de  $1.472~\mu S/cm$  (agosto/2005) não se justifica pelo volume de água armazenado no reservatório, pois na data havia pouco mais de  $161~hm^3$ . Assim, não se pode afirmar o que realmente ocorreu para justificar esse valor elevado, mas de fato os íons sódio, potássio, cloreto e bicarbonato apresentaram maiores concentrações na amostra. Excluindo o valor de  $1.472~\mu S/cm$ , percebe-se que a redução do volume de água armazenado aumentou a condutividade elétrica das águas, como esperado. Foram observados 49 valores e o coeficiente de variação foi 26,93%.

1500 175 150 Condutividade Elétrica (µS/cm) 1250 125 1000 100 750 75 500 50 250 25 0 01/01/04 01/01/06 02/01/08 02/01/10 03/01/12 03/01/14 04/01/16 Condutividade Elétrica (µS/cm) Volume (hm³)

Figura 34 - Volume e condutividade elétrica ao longo do tempo – Açude Aracoiaba

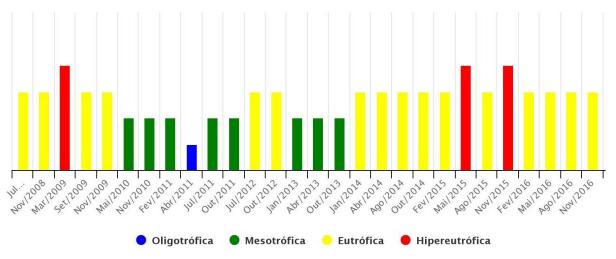
Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A Figura 35 mostra o estado trófico por coleta de água no açude Aracoiaba, referente ao período de 2008 a 2016 do ponto ARC-10. Nota-se que a classificação eutrófica é predominante ao longo do tempo, pois foi obtida em 57,1% das coletas.





Figura 35 - Estado trófico do açude Aracoiaba



Fonte: Ceará (2017).





# 6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES





#### 6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES

Uma forma de identificar e analisar a poluição em bacias hidrográficas, considerando aspectos qualitativos e quantitativos, oriundos de fontes pontuais e não pontuais, é utilizando modelos hidrológicos distribuídos no espaço através de sistemas de informações geográficas (SIG).

Segundo Larentis (2004), esses modelos permitem avaliar de forma sistemática os processos que envolvem a dinâmica hidrológica e o transporte de poluentes na bacia, simulando ambientes que melhor se aproximem da realidade, servindo como um importante instrumento para a tomada de decisão e apoio ao planejamento dos recursos hídricos.

Neste IVA do açude Aracoiaba foi estimada a área que influencia a qualidade da água no reservatório através da caracterização e avaliação do transporte e da concentração de fósforo na zona de contribuição hidrográfica do açude citado, empregando metodologia baseada em técnicas e ferramentas de geoprocessamento descritas no Relatório R10 e reprisada, no que for cabível, nos próximos tópicos.

### 6.1. Modelagem matemática para definição da área de influência do reservatório

A modelagem aprovada é apresentada sucintamente na Figura 36, onde se identificam todos os elementos sistematicamente compostos para que, a partir da informação efetivamente disponível e confiável, possa ser avaliado realisticamente o efeito do uso e ocupação do solo sobre a qualidade das águas do reservatório. As fases anteriores, tais como a caracterização estatística do banco de dados e os resultados das campanhas de coleta e análise de água, entram em consideração com vistas a maximizar o grau de realismo da modelagem, mas, sobretudo, como meio para validar a pertinência e adequabilidade da metodologia de enquadramento de reservatórios aprovada pela Cogerh.

## 6.1.1 Modelo Digital de Elevação - MDE e Direção de Fluxo

O modelo digital de elevação (MDE) utilizado foi obtido do projeto Topodata, desenvolvido e disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O modelo é proveniente do refinamento de imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da





National Aeronautics and Space Administration (NASA), e conta com dados topográficos de todo o território nacional, com resolução espacial de 1 arco-segundo (~30m).

Em ambiente SIG, a partir do MDE e utilizando o ArcHydro (conjunto de ferramentas para análises hidrológicas que opera como módulo do software ESRI® ArcGIS), foram executadas diversas etapas que resultaram em *rasters* contendo a direção do escoamento superficial da água para cada célula, a acumulação do fluxo, a rede de drenagem e, por fim, os limites das sub-bacias e bacias hidrográficas.

No âmbito do Plano de Segurança Hídrica foram elaborados inventários ambientais de 05 açudes das Bacias Metropolitanas; essa etapa (MDE e direção de fluxo) foi desenvolvida para cinco reservatórios, dentre eles o açude Aracoiaba, devido à necessidade da aplicação do modelo de direção de fluxo no processo de modelagem da carga e concentração de fósforo. Contudo, foram considerados, para fins de delimitação de área de contribuição hidrográfica, apenas os limites dos reservatórios faltantes, tendo sido os demais disponibilizados pela Cogerh.





Figura 36 - Diagrama de articulação dos principais componentes da modelagem matemática



Fonte: Nippon Koei Lac (2017).





## 6.1.2 Modelagem da Relação Chuva-vazão

Para melhor entender a dinâmica do transporte de nutrientes na bacia pelo escoamento superficial é necessário antes conhecer as características hidrológicas do ambiente. Para a caracterização do comportamento hidrológico e da disponibilidade hídrica nas Bacias Metropolitanas foi necessário calcular as vazões médias de longo termo e construir uma relação matemática entre chuva e vazão.

A vazão média de longa duração permite caracterizar a disponibilidade potencial de uma bacia hidrográfica. O cálculo da vazão média de longa duração das áreas estudadas foi obtido pela média das vazões médias anuais para toda a série de dados, como definido por Pruski *et al.* (2006).

Para a análise da potencialidade hídrica superficial foi utilizado o cálculo do deflúvio superficial direto, que é dado pelo volume de água que escoa na superfície de uma determinada área devido à ocorrência de precipitação.

O cálculo do deflúvio foi obtido pela relação entre as vazões médias anuais e a área de drenagem, resultando em valores em mm.ano <sup>-1</sup> (equação mostrada a seguir), a fim de comparar com os valores de precipitação média da área de drenagem estudadas.

$$D = \frac{Q_{\text{anual}}}{A} x \, 10^3 \text{x} \, 31536000$$

Onde:

D = Deflúvio (mm.ano<sup>-1</sup>);

Q anual = vazão média anual  $(m.s^{-1})$ ;

A = área de drenagem da estação (m²).

Para a elaboração de um modelo de vazão distribuída nas Bacias Metropolitanas foi necessário realizar uma análise, com o objetivo de definir analiticamente uma relação entre chuva e vazão. Para isso, procedeu-se com análises de regressão linear e não linear simples, com o objetivo de verificar a relação entre os dados de vazão e chuva e consequente obtenção da equação de regressão com o melhor ajuste possível.

Para a avaliação da representatividade dos dados pelas equações consideradas foi estimado o coeficiente de determinação (R²), calculado pela seguinte equação.





$$R^2 = \frac{SQDR}{SQRM}$$

#### Onde:

- SQDR é a soma dos quadrados devido à regressão (variação devido à regressão);
- SQRM é a soma dos quadrados com relação à média (variação total).

Por fim, a função de regressão com o melhor ajuste para a relação chuva-vazão foi aplicada sobre o mapa de precipitação, com o objetivo de se obter o plano de informação da vazão média de longo curso distribuída em função da precipitação em mm/m²/ano.

#### 6.1.2.1 Alternativas estudadas

Inicialmente, para a construção de uma relação matemática entre chuva e vazão, utilizaramse séries temporais de vazões médias anuais e os respectivos deflúvios, convertidos a partir da correspondente precipitação, com uso do modelo SMAP. Tais séries foram disponibilizadas pela Cogerh. Conforme se sabe, o modelo SMAP é um modelo determinístico de simulação hidrológica do tipo chuva-vazão.

Para o presente estudo foram selecionados os dados do açude Aracoiaba apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Parâmetros utilizados para a construção do primeiro modelo chuva-vazão

Código	Açude	Precipitação Média-P (mm)	Área da Bacia – A (Km²)	Vazão Média Anual (m³/s)	Deflúvio (mm/ano)	Coeficiente de Rendimento (%)
234	Aracoiaba	1110,700	43,400	0,200	370,100	33,300

Fonte: UFC (2013).

A função de regressão linear, estabelecida entre a chuva e a vazão nas áreas de drenagem dos açudes, que apresentou o melhor ajuste dentre as demais funções é exposta na Figura 37. Baseado no resultado da análise de regressão estatística, o modelo que melhor aproxima a relação entre chuva e vazão, utilizando os dados extraídos do modelo SMAP, é apresentado a seguir.

$$Q = 0.4214 \times P - 254.11$$
 (3)

Onde:

 $Q = vazão média (mm.ano^{-1});$ 





P = precipitação média (mm.ano<sup>-1</sup>).

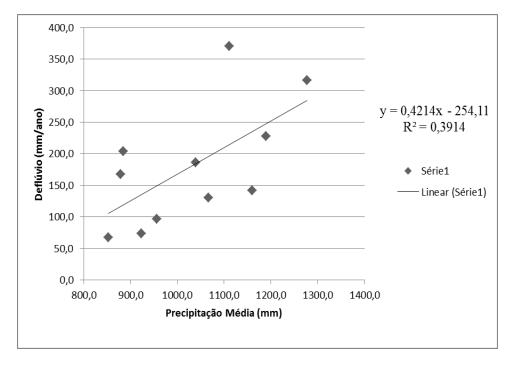


Figura 37 - Relação Chuva-Vazão pelo modelo SMAP

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

No entanto, observou-se que o coeficiente de determinação (R²) apresentou um valor baixo, quantificando uma dispersão relativamente elevada, visível nos pares ordenados considerados e apresentados na Figura 37. Tal resultado reflete a complexidade do fenômeno de conversão de chuva em vazão, cuja variabilidade espacial não se deixa apreender por metodologias de regionalização de parâmetros de modelos chuva-vazão, fato que não chega a surpreender quando se considera, por exemplo, as grandes dificuldades inerentes a convencional execução das etapas de escolha, calibração e validação de modelos conceituais em regiões de elevada variabilidade hidroclimatológica, pouca disponibilidade de dados e qualidade nem sempre aceitável.

Assim, para a caracterização do comportamento hidrológico, os dados do modelo SMAP foram substituídos por dados de estações fluviométricas pertencentes à rede de monitoramento da Agência Nacional das Águas (ANA).

Foi procedida uma seleção de estações situadas dentro dos limites e próximas às Bacias Metropolitanas, tendo como critério a qualidade dos dados, demonstrada pelo reiterado uso dessas





séries em estudos procedidos pela própria Cogerh e outras instituições públicas atuantes no setor de Recursos Hídricos. As seguintes etapas foram realizadas:

1) Inicialmente, apenas estações fluviométricas localizadas nas bacias hidrográficas metropolitanas foram selecionadas. Tais estações estão identificadas na Tabela 30, com suas principais características, dentre elas a precipitação média na bacia hidrográfica, segundo informação da Cogerh, oriunda de estudo realizado em parceria com a Universidade Federal do Ceará (UFC, 2013).

Tabela 30 - Estações fluviométricas selecionadas para a construção do segundo modelo chuva-vazão

Estações Fluviométricas – Bacias Metropolitanas						
Estações ANA  Área de Contribuição da Estação Fluviométrica – A (Km²)  Precipitação Média – P (mm)  Vazão Média Deflúvio Rendimento (%)						
35950000	2027,715	800,670	6,440	100,157	12,509	
35880000	4085,574	894,934	12,713	98,134	10,965	

Fonte: UFC (2013).

Os dados disponíveis da série histórica de vazões das estações fluviométricas foram utilizados na obtenção das vazões médias anuais. Com essa informação e o correspondente valor da chuva média anual, para as bacias hidrográficas metropolitanas foi gerada uma equação de regressão, conforme se apresenta na Tabela 31. Foram testados diversos tipos de equações na busca da melhor descrição analítica dos dados. A equação ajustada teve natureza linear, com o respectivo coeficiente de determinação (R²) mostrado na Tabela 31.

Tabela 31 - Equação de regressão chuva-vazão

Bacia Hidrográfica	Equação	$\mathbb{R}^2$
Bacias Metropolitanas	Q= -0,0215P +117,35	1

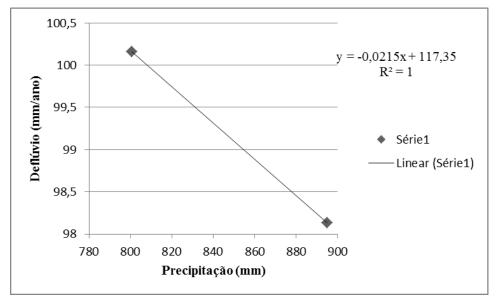
Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Na Figura 38 é apresentado o gráfico da relação entre os valores de precipitação e de vazão das Bacias Metropolitanas, com dados de estações fluviométricas localizadas dentro dessa bacia.





Figura 38 - Relação chuva-vazão das Bacias Metropolitanas com dados de estações situadas dentro dessas bacias



Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Uma vez obtido o resultado apresentado, objetivando uma melhor representatividade da relação chuva-vazão modelada para os fins demandados e tendo em vista a relativa homogeneidade hidrológica da área de inserção do açude Aracoiaba, foi então agregado à análise os dados de estação fluviométrica localizada próxima às Bacias Metropolitanas. A Tabela 32 identifica a estação fluviométrica agregada.

Tabela 32 - Estação fluviométrica adicionada ao cálculo matemático de chuva e vazão das Bacias Metropolitanas

Código da Estação	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Localização da Bacia
36520000	Quixeramobim	-5,202474582	-39,29276235	Metropolitanas – 28 Km

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

A partir desse novo conjunto de dados, por regressão linear, uma nova equação foi obtida, sendo a mais adequada à descrição analítica dos dados. A Tabela 33 mostra essa equação com o respectivo coeficiente de determinação (R²). Na sequência, é mostrado o gráfico ilustrativo do grau de representatividade da equação em relação aos dados utilizados (Figura 39).

Tabela 33 - Equações de regressão chuva-vazão

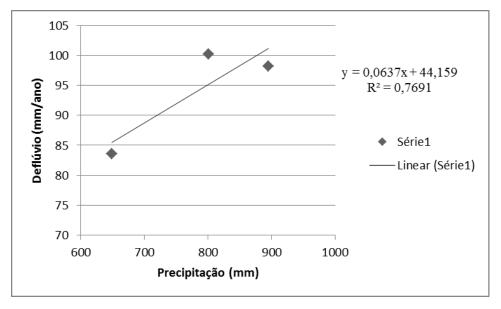
Bacia Hidrográfica	Equação	$\mathbb{R}^2$
Bacias Metropolitanas	Q= 0,0637P +44,159	0,769

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).





Figura 39 - Relação chuva-vazão - Bacias Metropolitanas com dados de estações situadas dentro e próximas dessas bacias



Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

2) O coeficiente de determinação encontrado foi ainda considerado insatisfatório, indicando a existência de uma homogeneidade hidrológica regional inferior àquela pressuposta ou mesmo a presença de inconsistências nas séries temporais utilizadas, ou ainda uma combinação desses dois efeitos nocivos aos objetivos perseguidos. Assim sendo, buscou-se identificar e eliminar as informações dissonantes da esperada homogeneidade em cada bacia focada.

Nas Bacias Metropolitanas as estações fluviométricas foram mantidas, não havendo, portanto, nenhuma alteração nos dados. Manteve-se, portanto, a equação estabelecida anteriormente com base nas estações fluviométricas mostradas na Tabela 34.





Tabela 34 - Estações fluviométricas selecionadas para o cálculo final da chuva-vazão - Bacias Metropolitanas

Estações ANA	Área de Contribuição da Estação Fluviométrica – A (Km²)	Precipitação Média – P (mm)	Vazão Média Anual (m/s)	Deflúvio (mm/ano)	Coeficiente de Rendimento (%)
35950000	2027,715	800,670	6,440	100,157	12,509
35880000	4085,574	894,934	12,713	98,134	10,965
36520000	7035,736	648,650	18,651	83,601	12,888

Fonte: ANA, Nippon Koei Lac (2017).

Baseado no resultado da análise de regressão, o modelo que melhor aproxima a relação entre chuva e vazão para as Bacias Metropolitanas, utilizando os dados extraídos das estações fluviométricas selecionadas, é a equação apresentada a seguir.

$$Q = 0.0637 \times P + 44,159$$
$$R^2 = 0.7691$$

O gráfico apresentado na Figura 40 indica a relação entre os valores de precipitação média e o deflúvio (mm/ano) das estações fluviométricas selecionadas para as Bacias Metropolitanas. Ressalta-se a carência de dados apresentada nessa área de interesse, já bastante enfatizada em outros estudos demandadores de informações de natureza fluviométrica.

105 100 y = 0.0637x + 44.159Deflúvio (mm/ano) 95  $R^2 = 0.7691$ 90 Série1 85 Linear (Série1) 80 75 70 600 700 800 900 1000 Precipitação (mm)

Figura 40 - Relação chuva-vazão - Bacias Metropolitanas

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).





### 6.1.3 Modelo de vazão acumulada

Obtida a distribuição das vazões médias de longo termo em função da precipitação foi possível determinar, em ambiente SIG, o volume de água acumulado na bacia através da aplicação do algoritmo de fluxo acumulado ponderado (FAP) implementado na ferramenta *Hydrology*, do módulo *Spatial Analyst* do software ArcGIS. Seguindo requerimento da ferramenta, o procedimento teve como dados de entrada o *raster* de direção de fluxo e o modelo de vazão média distribuída por pixel, tendo como produto o modelo de vazões médias de longo termo acumuladas, em m³.ano-¹.

### 6.1.4 Modelo de cargas difusas e pontuais

Considerando as interações físicas que ocorrem no processo de carreamento dos nutrientes, um fator a ser ponderado no cálculo das cargas de fósforo é a distância que a fonte poluente está do corpo hídrico.

Os valores de carga potencial de fósforo foram distribuídos para todos os pixels dos planos de informação de carga difusa e pontual e, sobre eles, aplicado o indicador de distância com o fim de considerar o decaimento (depuração) ao longo da trajetória percorrida pela substância até chegar ao reservatório.

A estimativa da carga total acumulada de fósforo é feita somando-se as cargas potenciais provenientes de fontes pontuais e difusas e, posteriormente, aplicando-se o algoritmo FAP, conforme descrito anteriormente, combinando os planos de direção de fluxo e da carga total de fósforo.

A partir do modelo de vazões médias de longo termo acumuladas e do modelo de carga total de fósforo acumulada torna-se possível obter a concentração média anual na área de contribuição hidrográfica do reservatório, utilizando a seguinte equação.

$$C_{\mathbf{p}} = \frac{L_{\mathbf{p}}}{Q_{\mathbf{p}}}$$

Onde:

<sup>C</sup><sub>P</sub> é a concentração média anual da substância;





L<sub>p</sub> é carga total acumulada de P (kg.ano<sup>-1</sup>);

Q<sub>p</sub> é vazão média anual acumulada (m³.ano⁻¹).

Assim, obtém-se como resultado a concentração média anual na bacia em kg/m³, posteriormente convertida, obtendo-se o plano de informação da concentração média anual de fósforo em mg/L.

## 6.1.5 Modelo regressivo referenciador

Conforme sugere o próprio título do presente item, o modelo adotado destinou-se a fornecer uma referência da carga total de fósforo na bacia a partir de variáveis estudadas e identificadas como determinantes, em se tratando de lagos tropicais de águas quentes. A metodologia escolhida para esse fim é consagrada e foi proposta por Salas e Martino (1991). Esses autores conduziram importante investigação científica no contexto de um Programa Regional para o desenvolvimento de metodologias simplificadas para a avaliação da eutrofização em lagos/reservatórios tropicais de água quente da América Latina e do Caribe. Trata-se de um programa que foi iniciado em 1981 pelo Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais (CEPIS) do Centro Especializado da Organização Pan-Americana da Saúde, ligado à Organização Mundial de Saúde (OMS).

As informações coletadas em diversos países indicam uma maioria de lagos e reservatórios regionais aparentemente limitadados pelo fósforo. A classificação do estado trófico desses corpos d'água e um modelo de fósforo total simplificado foram desenvolvidos com dados regionais e, segundo os autores, verificados com sucesso considerando os dados de outros lagos e reservatórios do continente africano. Nesse artigo, hoje tomado por muitos profissionais da área como um clássico, o uso do modelo de fósforo é indicado por seus autores como ferramenta preditiva na gestão e no planejamento dos recursos hídricos.

No presente contexto, conforme mencionado, o modelo regressivo se prestou ao fornecimento de um valor de referência para a carga de fósforo afluente à bacia hidráulica do reservatório. Conforme o artigo citado, a equação do balanço de massa para o fósforo total é dada por:







$$P_{\lambda} = \frac{L(P)}{\overline{Z}\left(\frac{1}{T_{w}} + K_{s}\right)}$$

Onde:

 $P_{\lambda}$  é o fósforo total em  $\frac{mg}{L}$ ;

L(P) é a taxa de contribuição de fósforo total por unidade de superfície em  $\frac{g}{m^2}$  ano

 $\overline{Z}$  é a profundidade média do lago em m;

Tw é o tempo de detenção em anos;

 $K_s$  é a taxa global de perda de fósforo total em  $\frac{1}{ano}$ .

O valor do parâmetro K<sub>s</sub> é obtido como função do tempo de detenção como sendo:

$$K_s = \frac{2}{\sqrt{T_w}}$$

# 6.1.6 Modelagem espacial distribuída

De posse de todos os dados das áreas potenciais de poluição, é dado início à etapa de identificação e quantificação das cargas de fósforo provenientes de fontes pontuais e difusas, baseando-se na carga *per capita* e no tipo de uso e cobertura do solo associados aos coeficientes médios de exportação (Tabela 35) definidos pelo Modelo Matemático de Correlação Uso do Solo/Qualidade da Água (MQUAL), desenvolvido pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA, 2010).

Tabela 35 - Coeficientes médios de exportação de fósforo total adotados no estudo

Tipo	Fonte	Unidade	Fósforo total
Difusa	Afloramento Rochoso		10,22
	Área Urbana		12,41
	Água		0,00
	Cultura Agrícola	kg/km².ano	126,29
	Vegetação		14,24
	Pastagem		10,22
	Solo Exposto		12,41
Pontual	Carga per capita	kg/hab.ano	0,28

Fonte: adaptado de SMA (2010).





A estimativa da carga potencial ( $^{\mathbb{C}_{p}}$ ) de fósforo por origem pontual é feita a partir da quantificação, segundo dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2010), da população por setor, parcial ou integralmente incluso no limite da bacia hidrográfica do reservatório. O cálculo é feito considerando a população e a área proporcionais do setor e a carga *per capita* média de fósforo total anual, aplicando-se e seguinte equação.

$$C_{p} = \frac{P_{st}C_{pc}}{A_{st}}$$

Onde:

<sup>C</sup><sub>p</sub> é a carga pontual de fósforo em kg/km².ano;

P<sub>st</sub> é a população proporcional do setor em hab;

C<sub>pc</sub> é a carga *per capita* anual de fósforo em kg/hab;

A<sub>st</sub> é a área proporcional do setor em km<sup>2</sup>.

As fontes poluentes difusas se encontram fortemente associadas ao tipo de uso e ocupação do solo existente na bacia. 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 na área de contribuição do reservatório.

Para tanto, foram utilizadas imagens multiespectrais dos sensores OLI (*Operational Land Imager*) e TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*) do satélite LANDSAT 8, distribuídas pela *U.S Geological Survey* (USGS), com resolução espacial de 30 metros, para as quais foi atribuída composição colorida RGB nas bandas 6, 5 e 4, respectivamente.

O processo de classificação das imagens se deu através do software ESRI® ArcGIS, utilizando-se o método não supervisionado *IsoCluster* da ferramenta *Image Classification*, obtendo, de modo geral, seis classes: afloramento rochoso, área urbana, cultura agrícola, pastagem, solo exposto e vegetação.

Uma vez gerada a classificação, para melhor adequá-la à realidade apresentada na imagem de satélite, faz-se necessário realizar uma pós-classificação, a fim de identificar e corrigir eventuais erros no mapeamento. Algumas células que possam ter tido suas classes determinadas com imprecisão durante o processo são identificadas pelo operador que realizou a edição e permuta das categorias, para com isso obter uma representação satisfatória do objeto em estudo.





A cada grupo de objetos é atribuído seu respectivo coeficiente médio de exportação de fósforo, resultando no modelo de cargas potenciais de origem difusa, distribuídas por categoria de uso e cobertura do solo.

Conforme já visto, a vazão média de longa duração permite caracterizar a disponibilidade potencial de uma bacia hidrográfica. O cálculo da vazão média de longa duração das áreas estudadas é obtido pela média das vazões médias anuais para toda a série de dados.

O plano de informação relativo ao regime de chuva na área de interesse foi gerado através da espacialização de dados de precipitação obtidos do banco de dados dos Estudos Pluviométricos desenvolvidos no âmbito do "Estudo para refinamento do balanço hídrico e definir diretrizes, metodologias e ferramenta para subsidiar o estabelecimento de regras operativas para 204 reservatórios localizados na região semiárida, contemplando estimativas de oferta hídrica e demandas associadas, criação de base de dados e aplicação de ferramenta de suporte e decisão" (ANA, 2016).

Através de técnicas de geoprocessamento, conforme descrito anteriormente, tem-se delimitadas as áreas de drenagem de estações fluviométricas do reservatório selecionado, cujos valores de precipitação de suas células foram sumarizados, resultando em valores de precipitação média anual por área de drenagem, a fim de subsidiar as etapas seguintes para a elaboração do plano de informação da vazão média de longo curso, distribuída em função da precipitação.

### 6.1.7 Calibração de parâmetro de depuração

O decaimento da carga de nutrientes ao longo do espaço no percurso do escoamento superficial é modelado por um coeficiente de atenuação dependente da distância entre o ponto e o exutório da bacia. Um índice normalizado denominado Indicador de Distância (DI), proposto por Cecchi *et al.* (2007), pode ser utilizado para ponderar os coeficientes de exportação, conforme as equações a seguir:

$$DI_i = e^{-p_i K}$$

$$CE_{PD} = DI_i \times cE_{vCS}$$





Onde:

DI<sub>i</sub> é o indicador de distância entre a célula <sup>i</sup> e o corpo de água;

D<sub>i</sub> é a distância euclidiana da célula i ao exutório, medida em número de células;

K é a variável de calibração;

CE<sub>PD</sub> é o coeficiente de exportação ponderado pela distância, dado em kg·km<sup>-2</sup>·ano<sup>-1</sup>;

 $CE_{UCS}$  é o coeficiente de exportação de cada tipo de uso e cobertura do solo, dado em  $kg \cdot km^{-2} \cdot ano^{-1}$ 

Portanto, se  $D_i = 0 \Rightarrow DI_{i=1} = 1$  e se  $D_i = \infty \Rightarrow DI_{i=1} = 0$ . Essa condição, expressa em palavras em termos práticos aproximados, significa que se a retícula (pixel) de discretização da área de drenagem estiver no próprio lago ou na APP, sua contribuição para o total da carga poluente depositada será integral ( $DI_{i=1} = 1$ ). Na situação oposta, ou seja, se localizada a uma distância muito grande do lago, sua contribuição se anula, via processo de decaimento, admitido, como em tantos modelos clássicos, como governado pela função exponencial.

Considerando a área de influência do reservatório como a porção da bacia hidrográfica que responde pela potencial contribuição para a poluição do lago, representado pela porção amostrada, onde se fez a coleta da água, procede utilizar o indicador de distância como índice ou parâmetro a calibrar, de maneira que a carga de fósforo obtida no exutório da bacia hidrográfica, calculada em termos de média anual pelo modelo referenciador, seja aproximada pelo resultado do processamento do algoritmo acumulativo da carga poluente na bacia. A calibração de K é iterativa: expande a área de influência inicialmente, tomada como coincidente com a bacia hidráulica, até que os resultados mencionados se aproximem suficientemente. Em outras palavras, ao se expandir a área potencial de contribuição de poluentes desde o entorno do reservatório (bacia hidráulica), crescem, de maneira não linear, os valores da carga afluente ao lago. Em um dado momento da expansão, a carga afluente se aproxima do valor estimado pelo modelo referenciador e, nesse momento, o raio da expansão correspondente implica em uma região de entorno do lago. O exercício prático desse procedimento mostra excepcional coerência entre a realidade qualitativa da água no reservatório e a realidade física materializada nas fontes poluentes (pontuais e difusas) que a calibração faz incluir como pertencentes à área de influência.





Uma observação comum a todas as bacias dos reservatórios analisados nos Inventários Ambientais de Açudes elaborados no âmbito do PSH foi o registro de superestimação, até mesmo em termos médios, da concentração de fósforo identificada no lago, ou melhor, na zona do lago onde se deu a coleta. Nessas circunstâncias, o uso do modelo referenciador se mostra extremamente útil, pois fornece uma estimativa da concentração dessa substância (em termos médios anuais) compatível com a magnitude da área de drenagem e com o uso e ocupação do solo. A utilização apenas dos valores médios anuais de concentração obtidos das amostras disponíveis no banco de dados leva inexoravelmente à conclusão, em todos os casos analisados, que existem atividades sendo realizadas no próprio lago, na sua APP ou no entorno mais imediato que resultam no despejo praticamente direto de nutrientes no reservatório.

A superestimação mencionada foi constatada mediante a comparação direta entre os valores calculados pela equação empírica e os valores advindos das análises da água coletada nas campanhas realizadas pela Nippon Koei Lac. Da mesma forma, os valores obtidos a partir da equação empírica são bastante inferiores àqueles disponíveis no banco de dados fornecido pela Cogerh e mesmo em relação ao valor médio obtido dessa série temporal.

## 6.1.8 Apresentação dos mapas com os resultados obtidos

As Figuras 41 a 44 apresentam os mapas do Açude Aracoiaba referentes a carga total de fósforo, a concentração média anual de fósforo e ao uso e ocupação do solo na sua área de contribuição hidrográfica, além da área de influência da sua bacia hidrográfica.



Figura 41 - Carga total de fósforo na área de contribuição hidrográfica do açude Aracoiaba

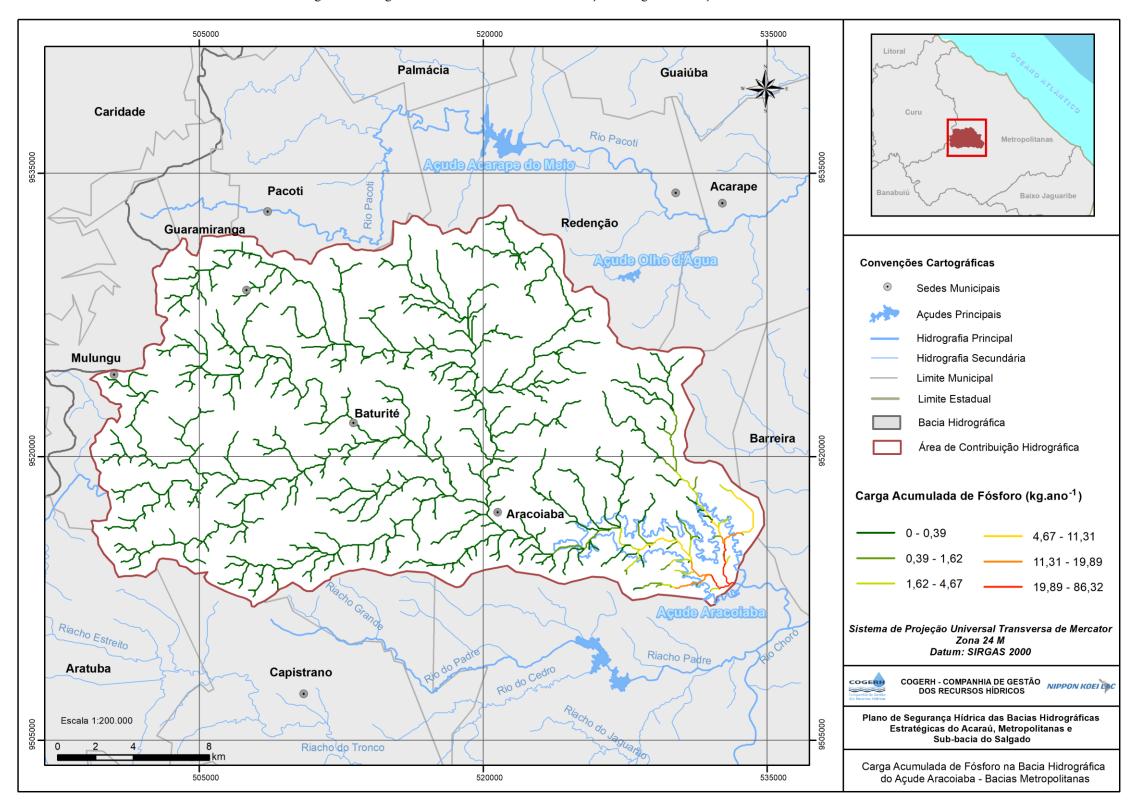




Figura 42 - Concentração média anual de fósforo na área de contribuição hidrográfica do açude Aracoiaba

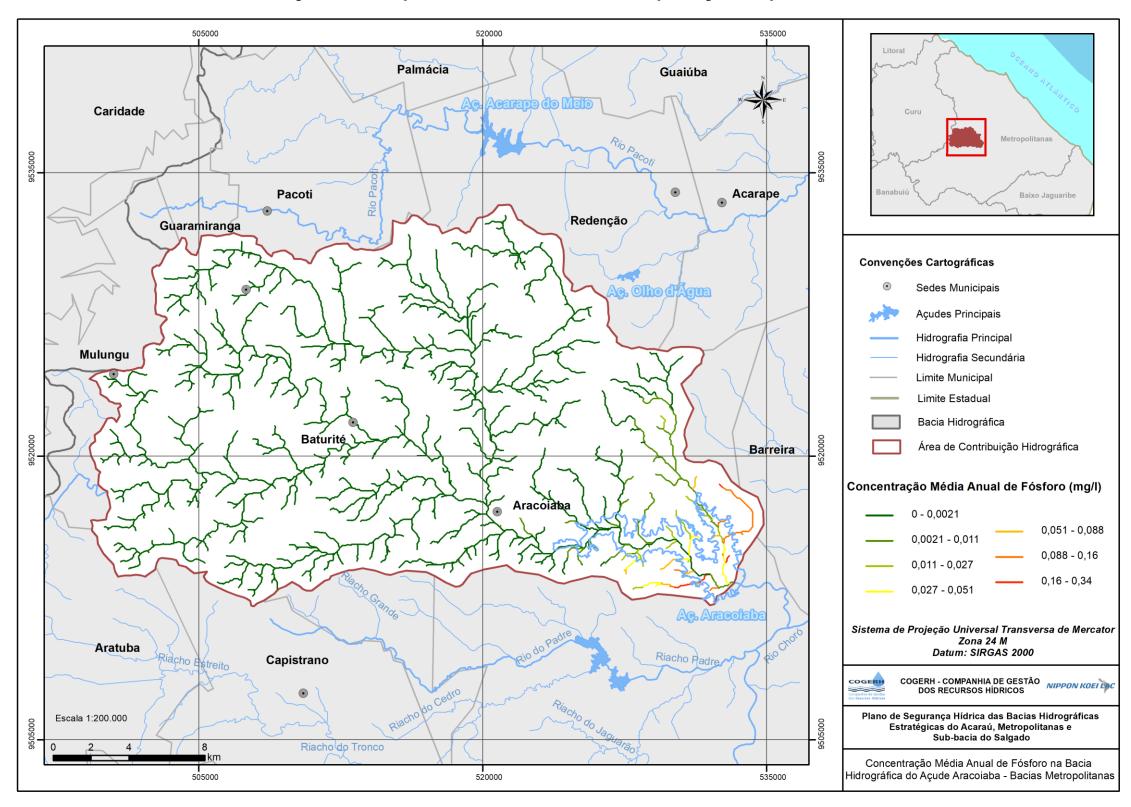




Figura 43 - Mapa de uso e cobertura do solo da área de contribuição hidrográfica do açude Aracoiaba

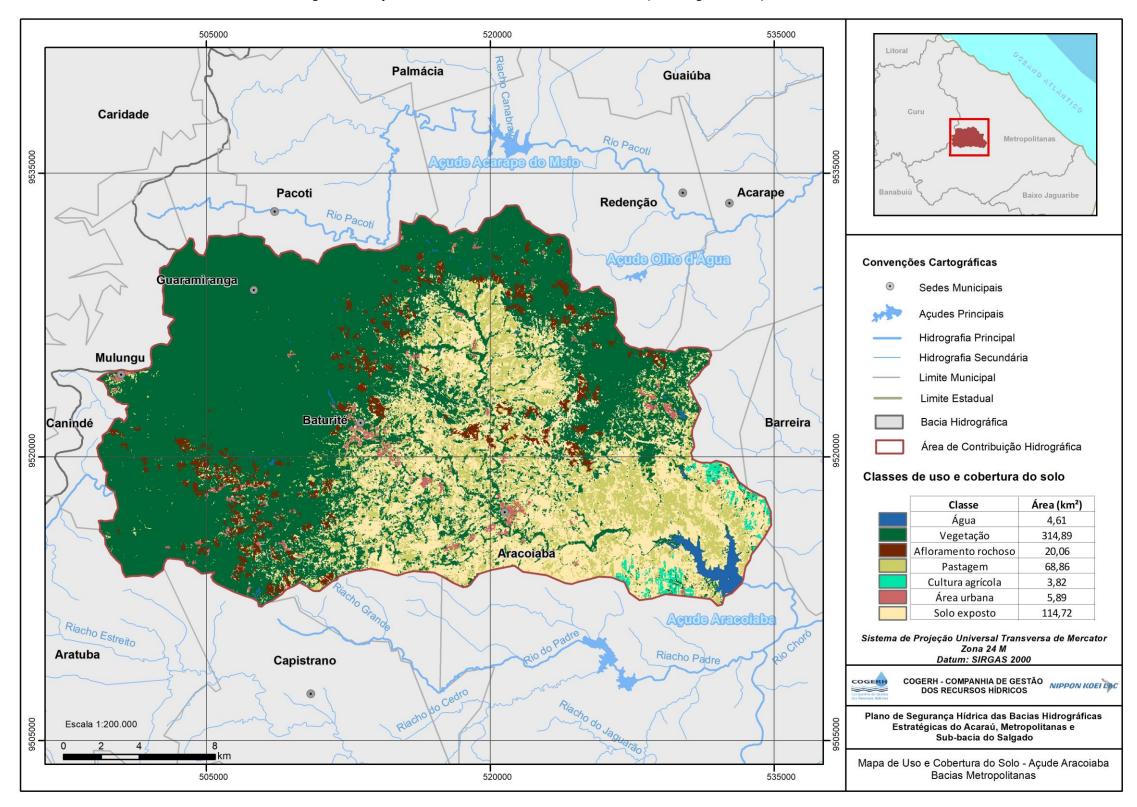
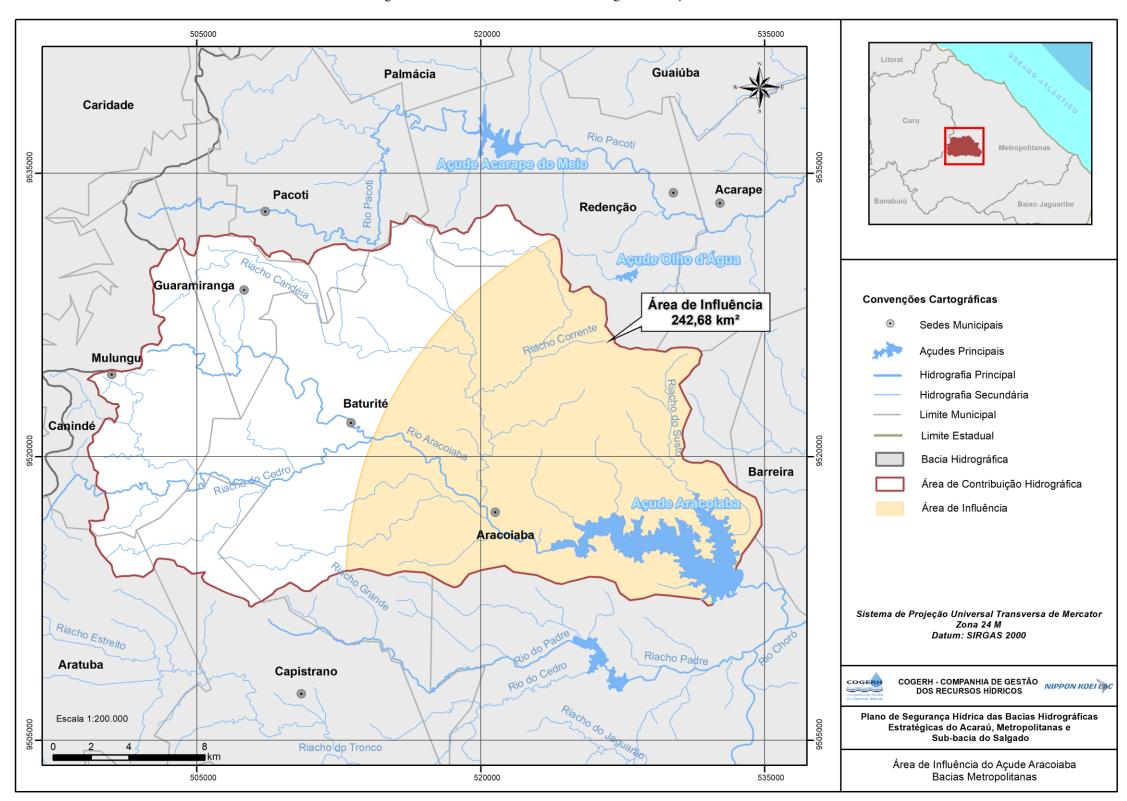




Figura 44 - Área de influência da bacia hidrográfica do açude Aracoiaba







### 6.2. Resumo do cálculo das cargas de nutrientes

Foram estimadas as cargas de nutrientes que supostamente influenciam no processo de trofia do açude Aracoiaba, partindo da identificação e do levantamento das fontes poluidoras. Vale ressaltar que esses valores de carga tratam-se de aproximações. A pluviosidade com intensidade capaz de gerar escoamento superficial é um dos principais responsáveis pelo aporte de nutriente nos reservatórios.

A Tabela 36 mostra os percentuais das cargas brutas de fósforo, subdivididas de acordo com as diversas fontes que as produzem. Em termos da modelagem matemática empregada, baseada em Sistema de Informações Geográficas, esses são os valores que se distribuem nos pixels associados a cada fonte difusa considerada, compondo o quadro inicial sobre o qual a metodologia é aplicada.

Tabela 36 - Percentual da carga bruta anual de fósforo das fontes poluidoras pontuais e difusas

Tipo	Fonte	Açude Aracoiaba
	Afloramente Rochoso	0,81
	Área Urbana	0,29
	Água	0,00
Poluição Difusa de Fósforo (%)	Cultura Agrícola	1,91
	Vegetação	17,72
	Pastagem	2,78
	Solo Exposto	5,63
Daloisão nombrel de fásfana (0/)	Carga per capita	70,86
Poluição pontual de fósforo (%)	Balneário	0,00

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

Já a Tabela 37 apresenta os valores estimados das cargas de fósforo anuais que influenciam no estado de trofia do açude Aracoiaba. Ressalta-se que, nos valores apresentados das cargas de fósforo já foram atribuídas as perdas resultantes do decaimento desse elemento, como explicado do tópico "6.1.7 Calibração do parâmetro de depuração" deste relatório e no "Relatório Parcial de Enquadramento dos Reservatórios" denominado produto "R10" do Plano de Segurança Hídrica. As fontes de nutrientes consideradas na referida tabela são aquelas que levam à determinação da área de influência do reservatório, com o objetivo inicial de delimitar o espaço geográfico de interesse para fins de análise de imagens de satélite, objetivando a identificação de





estabelecimentos e usos específicos do solo, procedimento gerador das informações que subsidiaram as visitas ao campo.

Tabela 37 - Carga anual de poluição pontual, difusa e acumulada de fósforo

Reservatório	Poluição pontual de fósforo (kg.ano)	Poluição difusa de fósforo (kg.ano)	Carga anual acumulada de fósforo (kg.ano)
Aracoiaba	32,66	53,66	86,31

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

#### 6.3 Cenário atual e capacidade de suporte do reservatório

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), em que 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 da campanha de agosto de 2016 e na média da série histórica.

A Tabela 38 apresenta as variáveis utilizadas e as cargas de fósforo para as condições propostas. A média das concentrações de fósforo obtidas nas coletas realizadas em agosto de 2016 e da séria histórica mostram que o açude Aracoiaba ultrapassou o limite mesotrófico da variável fósforo, pois as cargas calculadas foram maiores que a capacidade de suporte desse reservatório. Vale destacar que o limite de classificação mesotrófica para a variável fósforo serve apenas para estimar a carga suportável para o enquadramento.

Tabela 38 - Capacidade de suporte, estimativa de cargas recebidas e variáveis utilizadas

Reservatório	Tempo de residência (ano)	Volume médio (m3)	* Fósforo mg/L	** Fósforo mg/L	*** Fósforo mg/L	I Carga (kg/ano)	II Carga (kg/ano)	III Carga (kg/ano)
Aracoiaba	2,04	113.387.674	0,05	0,124	0,080	10.717,8	26.580,2	17.148,54

Fonte: Nippon Koei Lac (2017).

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





7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO





## 7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO

As análises de fluorescência de raios X (FRX) têm sido utilizadas para a avaliação qualiquantitativa de espécies químicas em vários tipos de amostras de interesse agropecuário, agroindustrial, geológico e ambiental. A técnica, por ser instrumental e não destrutiva, e por permitir a análise de vários elementos simultaneamente, de modo rápido e com baixo custo, tem um elevado potencial de aplicação em várias áreas onde há necessidade de correlação entre os elementos essenciais e tóxicos.

As análises foram realizadas no Laboratório de Solidificação Rápida (LSR) da Universidade Federal da Paraíba e se constituem em um trabalho adicional, não previsto no Termo de Referência do PSH.

Com o intuito de fornecer mais informações sobre as características do sedimento, a Tabela 34 apresenta os valores das análises de FRX, que são espécies químicas do sedimento em porcentagem.

Pela não representatividade das amostras seria imprudente afirmar, mas não supor, que tais percentuais de óxido sulfúrico sejam derivados de atividades antrópicas influentes nos corpos hídricos e que a atividade de piscicultura pode ser uma das mais relevantes nesse contexto.

Um assunto bastante consolidado é o fato de que a matéria orgânica em excesso na água causa alterações nos seus padrões de qualidade, seja na forma genérica de dejetos, restos de comida, rações e/ou secreções de peixes, folhas, etc. A matéria orgânica é basicamente constituída por proteínas, carboidratos, gorduras, óleos, ureia e fenóis. Os aminoácidos que formam a proteína podem conter enxofre (principalmente as rações para peixes), elemento responsável pelo aparecimento do gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S), nocivo e de mau odor. O H<sub>2</sub>S ao reagir com o oxigênio produz o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e água. Na carência de O<sub>2</sub> forma o SO<sub>2</sub> e o enxofre livre. O SO<sub>2</sub>, por sua vez, pode oxidar convertendo-se em SO<sub>3</sub>, que pode reagir com a água e formar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Na Tabela 39 o valor de SO<sub>3</sub> está apresentado em destaque.

Sabe-se ainda que a decomposição das rochas e as chuvas são as principais fontes de enxofre para as águas naturais. Entretanto, tais percentuais são altos comparados ao de alguns açudes de outras bacias hidrográficas, como o Tatajuba, Manoel Balbino, Ubaldinho e Jenipapo, que não passam de 0,5%.





Tabela 39 - Espécies químicas dos sedimentos amostrados em porcentagem

Açude A	racoiaba
Analisado	Resultado
SiO <sub>2</sub>	56,1098 %
$Al_2O_3$	22,6573 %
$Fe_2O_3$	12,9586 %
$K_2O$	2,6208 %
MgO	1,6215 %
$TiO_2$	1,3483 %
$SO_3$	1,1218 %
CaO	0,6284 %
$P_2O_5$	0,2793 %
$Na_2O$	0,2670 %
MnO	0,1058 %
BaO	0,0812 %
Cl	0,0728 %
$Cr_2O_3$	0,0300 %
$Rb_2O$	0,0274 %
ZnO	0,0233 %
NiO	0,0132 %
CuO	0,0113 %
$ZrO_2$	0,0079 %
SrO	0,0077 %
$Ga_2O_3$	0,0065 %

Fonte: adaptado de dados de florescência realizados no LSR.





## 8. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES





### 8. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

O açude Aracoiaba possui capacidade máxima de armazenamento de 162,00 hm<sup>3</sup>. Todavia, na data da campanha de coleta das amostras de água esse reservatório se encontrava com menos de 11% de sua capacidade. É sabido que em um corpo hídrico existe uma relação direta entre a melhor qualidade da água e o volume armazenado, porém, foram evidenciados diversos fatores neste IVA que interferem de maneira significativa na qualidade da água do açude Aracoiaba.

A reserva hídrica no reservatório foi classificada como hipereutrofizada, segundo o índice de estado trófico (IET) descrito neste IVA, o que indica grande quantidade de nutrientes presentes na coluna d'água. Segundo o IQAR, o reservatório foi classificado na classe V, indicando uma péssima qualidade de água, por ser rica em nutrientes.

Quanto às análises da água e do sedimento realizadas pelo Laboratório da *Mérieux NutriSciences*, dentre os elementos químicos pesquisados não foram identificadas desconformidades na água, no entanto os valores de cromo, de mercúrio e de níquel no sedimento foram maiores que o limite estabelecido para Nível 1 na Resolução Conama n.º 454/2012.

Apesar do baixo nível de água no açude Aracoiaba constatado durante a campanha de coleta de dados, pode-se relacionar diversos fatores antrópicos que foram mencionados ao longo deste IVA e que influenciaram de maneira negativa nos resultados das análises das amostras coletadas. Como exemplo cita-se as comunidades situadas no entorno do açude, onde foram identificados diversos pontos de lançamento de efluentes domésticos, como os centros urbanos de Aracoiaba, Baturité e Guaramiranga, localizados na área de contribuição hidrográfica do reservatório e que apresentam índices de saneamento básico baixíssimos. O caso específico do município de Aracoiaba é o mais preocupante, pelo fato de sua zona urbana, em sua íntegra, estar contida dentro da área de influência do açude e não dispor de sistema de esgotamento sanitário, o que impacta negativamente, de maneira direta e significativa, o corpo d'água receptor.

Além da problemática dos esgotos domésticos, destaca-se como fator que influencia na disponibilidade de nutrientes no reservatório, a piscicultura em tanques-rede na bacia hidráulica desse açude, o que impacta significativamente na sua qualidade da água, seja pelos restos de ração não consumidos pelos peixes, seja por seus excrementos. Sobre tal atividade ressalta-se que, mesmo com pouco mais de 6% de sua capacidade de armazenamento, a produção de peixe no





reservatório alcança mais de 20 toneladas/mês, segundo declarações dos representantes dos produtores.

Sobre a utilização das águas do reservatório para irrigação, a classificação referente à salinização e sodificação enquadra o manancial, respectivamente, nas classes C2 e S1, que representa risco baixo ou moderado de salinização e nenhum risco de sodificação. Em campo, como se pode observar nos registros fotográficos, foram constatadas áreas irrigadas no entorno do reservatório, sobre as quais, apesar de não terem sido encontrados os produtores responsáveis, a própria população do entorno declarou que o uso de agrotóxicos é comum na região. A irrigação se destaca também como atividade de alto impacto ambiental, não apenas tendo em conta o comprometimento qualitativo na água, mas também o impacto quantitativo provocado por essa atividade, que apresenta uma grande demanda por água, o que se torna um desafio para a gestão dos recursos hídricos quando da ocorrência de uma crise hídrica como a atualmente vivenciada, muito embora o uso prioritário da água para abastecimento humano e dessedentação animal sejam garantidos por lei, em caso de períodos de escassez de água.





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS





### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. Estudo Para Refinamento do Balanço Hídrico e Definição de Diretrizes, Metodologias e Ferramenta para Subsidiar o Estabelecimento de Regras Operativas para 204 Reservatórios Localizados na Região Semiárida, Contemplando Estimativas de Oferta Hídrica e Demandas Associadas, Criação de Base de Dados e Aplicação de Ferramenta de Suporte e Decisão, Relatório Parcial RP03B - Estudos Pluviométricos e Evaporimétricos - Brasília: ANA/SPR 208p, 2016.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade - Índice do Estado Trófico (IET)**. Disponível em: <a href="http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx">http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx</a>. Acesso em: 03 de março de 2017.

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0008/2012 – SAA do Município de Aracoiaba**. Fortaleza, 2012.

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0019/2014 – SAA do Município de Aracoiaba e sua Localidade de Vazantes**. Fortaleza, 2014a.

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0028/2014 – SAA da Localidade de Antônio Diogo no Município de Redenção**. Fortaleza, 2014b.

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0003/2016 – SAA e SES da Sede do Município de Baturité**. Fortaleza, 2016a.

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0033/2016 (PCSB/CSB/0148/2016) – SAA e SES da Sede do Município de Guaramiranga e da Localidade Forquilha**. Fortaleza, 2016b.

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0034/2016 (PCSB/CSB/0147/2016) – SAA e SES da Sede do Município de Mulungu**. Fortaleza, 2016c.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A **Qualidade da água na agricultura**. Estudos: irrigação e drenagem 29 revisado 1. 2 Ed. UFPB, Campina Grande, 1999, 153p.

BERNARDO, S. *et al.* Qualidade da água para irrigação e salinização do solo. *In*:. **Manual de irrigação**. Viçosa: Ed, UFV, 2013. 99-118.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Doença Diarreica Aguda (DDA)**. 2014. < http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/doenca-diarreica-aguda-dda> Acesso em: dezembro de 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **SIAB. Sistema de Informação de Atenção Básica**. 2015. <a href="http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?siab/cnv/siabcCE.def">http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?siab/cnv/siabcCE.def</a> Acesso em: janeiro de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde. Cianobactérias Tóxicas na Água para Consumo Humano na Saúde Pública e Processos de Remoção em Água para Consumo Humano. Brasília: 2003.





CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará, Informações sobre Sistemas de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário dos Municípios das Bacias dos Açudes Aracoiaba, Catucizenta, Gavião, Malcozinhado e Maranguapinho. Fortaleza, 2017a.

CAMPOS, H. *et al.* **Leptospirose saúde ambiental, saneamento básico e urbanização**. Revista de Trabalhos Acadêmicos, América do Norte, 2, jun. 2011. Disponível em: http://www.vestibularead.universo.edu.br/index.php?journal=1reta2epage=articleeop=viewepath %5B%5D=352. Acesso em: dezembro de 2016.

CARLSON, R. E.. A trophic state index for lakes. Limnology and Oceanography, v. 22, n. 2, p. 261-269, 1977.

CEARÁ. **Portal Hidrológico**. Disponível em: <a href="http://www.hidro.ce.gov.br/acude/niveldiario#8">http://www.hidro.ce.gov.br/acude/niveldiario#8</a>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2017.

CECCHI, G.; MUNAFÒ, M.; BAIOCCO, F.; ANDREANI, P.; Mancini, L. Estimating river pollution from diffuse sources in the Viterbo province using the potential non-point pollution index. Annali dell'Istituto Superiore di Sanità, v. 43, n. 3, p. 295-301. 2007.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Atlas eletrônico dos recursos hídricos.** 2016b. < http://atlas.srh.ce.gov.br/> Acesso em: dezembro de 2016.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, **Base Cartográfica**. 2016a. Acesso em: julho de 2016.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, **Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas**, 2000.

COGERH. **Sistema de informações do plano de manutenção e operação da Cogerh**: dados de qualidade de água. Acesso em: 03 de dezembro de 2016.

CORDEIRO, R. I. P. Deteção do potencial cianotóxico em águas superficiais do Arquipélago dos Açores através de métodos moleculares. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas) – Departamento de Biologia, Universidade dos Açores, Ponta Delgada, Portugal, 2015.

CPRM. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Ceará.** Org.: Fernando Feitosa. Fortaleza, 1998.

Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 2006.

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, 602 p.

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

GOMES, A. C. L. et al. **Prevalência e carga parasitária da esquistossomose mansônica antes e depois do tratamento coletivo em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco**. Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, 25 (2): 243-250, 2016.

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: <a href="http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/rel\_monit\_qual\_aguas\_reserv\_9904%281%29.pdf">http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Monitoramento/rel\_monit\_qual\_aguas\_reserv\_9904%281%29.pdf</a>>. Acesso em: 01 de setembro de 2016.





IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Base de Dados Demográficos. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Base de Dados Geográficos**.2015a. Acesso em: agosto de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Cidades. Pecuária 2015. 2015c.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Cidades. Produção Agrícola Municipal 2015. 2015d.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Ensino, matrículas, docentes e rede escolar 2015.** 2015b.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, **Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) - Ceará 2012**, 2012.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, **Perfil Básico Municipal**, **2016**;

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, **Perfil Geossocioeconômico: Um olhar para as Macrorregiões de Planejamento do Estado do Ceará**, 2014.

JUNIOR, I. M. V. PAULINO, J. F. AFONSO, J. C.; Rota Hidrometalúrgica de Recuperação de Molibidênio, Cobalto, Níquel e Alumínio de Catalisadores Gastos de Hidrotratamento em Meio Ácido, Quim. Nova, Vol. 31, 2008.

KUDO, A.; MORTIMER, D.C. Pathways of mercury uptake by fish from bad sediments. **Environmental Pollution**, v.19, n.3, p.239-245, 1979.

KURODA E.K.; MINILLO A.; ROCHA O.; FILHO E. R.; DI BERNARDO, L.; **Avaliação da toxicidade aguda de uma cepa de Microcystis spp. por meio de testes com camundongos.** Eng. Sanit. Ambient. vol.12 no.1 Rio de Janeiro Jan./Mar. 2007.

LARENTIS, D. G. Modelagem matemática da qualidade da água em grandes bacias: Sistema Taquari-Antas - RS. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 159 p., 2004.

MAIA, P. D. Estudo Geoquímico de Metais em Sedimentos de Lago Paranoá – DF. Dissertação de Mestrado em Geociências – Instituto de geociências/ UnB, 2003.

PAULINO, W.; REIS, A. O. R.; FREIRE, A. F.; Classificação do Estado Trófico para Gerenciamento de Reservatórios no Semiárido: A Experiência da COGERH no Estado do Ceará. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Anais. s.d., 2013, 8p.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e FJP – Fundação João Pinheiro, **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil** <a href="http://www.atlasbrasil.org.br/2013/">http://www.atlasbrasil.org.br/2013/</a>». Acesso em: janeiro de 2017;

PRUSKI, F. F. et al. Estudo da Vazão em Cursos d`Água. Viçosa: Engenharia na Agricultura. Caderno didático:43. Associação de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 151 p. 2006.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and álcali soils**. Washington D.C.: US. Salinity Laboratory, 1954, 160p.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETO, J. M. **Tratamento de água:** tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 332 p.





SALAS, H. J.; MARTINO, P. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. Water Research, v. 25, n. 3, p. 1341 – 350, 1991.

SRH. Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará. **Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará <** http://atlas.srh.ce.gov.br/ > Acesso em: dezembro de 2016.

SESA. Secretaria de Saúde do Estado do Ceará. **Boletim Epidemiológico – Esquistossomose. 08 de setembro de 2016.** 2016b. < http://www.saude.ce.gov.br/index.php/boletins> Acesso em: janeiro de 2017.

SESA. Secretaria de Saúde do Estado do Ceará. **Doenças de Notificação Compulsória – Notificação referente a semana epidemiológica 52/2016.** 2016a. < http://www.saude.ce.gov.br/index.php/doencas-de-notificacao-compulsoria> Acesso em: janeiro de 2017.

SILVA C.R. et al. Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente. Rio de Janeiro, CPRM, p6-14, 2006.

SMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Elaboração do Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings**. Relatório Final. Processo N° 7097/2007, Contrato SMA/CPLEA N° 09/2007, São Paulo. 2010.

SNSA. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS** < http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: janeiro de 2017.

TOLEDO Jr., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In Anais do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú. SC. 1983. pp. 1-34. 1983.

TRINDADE, W. M. et. al. Concentrações de Metais Pesados em Sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora - MG: Geoquímica e Classificação de Risco Ambiental. < http://www.igc.ufmg.br/geonomos/pdfs/2012/08\_trindade\_et\_al.pdf l>. Acesso em: setembro de 2016.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos**, 2008. 632 p.

UFC. Universidade Federal do Ceará. Estudos Técnicos e Projetos para Requalificação das Ações de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, 2013. 26 p.

VIEIRA V. P.P.B., **Desafios da Gestão integrada dos Recursos Hídricos do Semi-árido.** RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 8 n.2, 7 -17, 2003.

VOLLENWEIDER,; R. A. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Inst. Ital. Idrobiol. Btt. Marco Marchi, 33, 53-83, 1976.







**ANEXOS** 





### **ANEXOS**

FORMULÁRIO DE CAMPO - AÇUDE ARACOIABA

QUADRO 1 - REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO AÇUDE ARACOIABA



## 1 - IDENTIFICAÇÃO

## 1.1 - RESERVATÓRIO

Nome:	Bacia Hidrográfica:	Ano de Construção:
Aracoiaba	Metropolitanas	2002
Coordenadas: Latitude [ 9.513.324 m ] Longitude [ 533.307 m]	Município: Aracoiaba	Localidade/Distrito:

## 1.2 - TÉCNICO COGERH

Técnico Responsável:		

## 1.3 - INSTITUIÇÕES VISITADAS

INSTITUIÇÃO/LOCALIDADE	TÉCNICO CONTACTADO	INFORMAÇÕES ADICIONAIS (Cargo/ Fone/E-mail/ Endereço)	N.º
Piscicultura Aracoiaba	Luciano Filho	Gerente	1
Associação Comunitária Amigos de Todos (ACAT)	Ana Paula Oliveira da Silva	Gerente de produção	2
Cooperativa dos Piscicultores do Açude Aracoiaba (COPA)	Giliarde	Vigia	3
Prefeitura de Aracoiaba	Valfson Freitas de Aquino	Técnico em Agropecuária	4

## 2 - USOS

## 2.1 - USOS DA ÁGUA

EODMAC DE LICOC	LOCALIZAÇÃO					
FORMAS DE USOS	ENTORNO	JUSANTE	N.º			
Dessedentação Animal	(x)	( )	5			
Usos Domésticos Locais	( )	( )				
Recreação de Contato Primário*	()	( )				
Recreação de Contato Secundário**	()	( )				
Usos Públicos (Empresas Concessionárias)	(x)	( )				
Irrigação	(x)	(x)	6			
Pesca Artesanal	(x)	( )	7			
Piscicultura Intensiva (criação em gaiolas)***	(x)	( )				
Piscicultura Intensiva (criação em viveiros)***	()	( )				
Indústria	()	( )				
Outros (descrever):	()	( )				
	( )	( )				
	( )	( )				

<sup>\*</sup> natação e esqui aquático; \*\* - pesca e navegação; \*\*\* - emprego de ração, aeração, etc.

## 2.2 - CONSUMO HUMANO

Localidade	Empresa	Pop.	Atendida*		Tratan nvenci		:*			Local	ização	
(Município/ Distrito)	Concession.	Atual	Potencial	Floc.	Dec.	Fil.	Des	N	S	Mont.	Ent.	N.º
Aracoiaba	Cagece	7.453	9.134	X		X	X			( )	( )	8
Jenipapeiro (Aracoiaba)	Cagece	262	378	X		X	X			()	( )	8
Lagoa de São João (Aracoiaba)	Cagece	352	378			X	X			()	( )	8
Aratuba	Cagece	3.762	4.354				X			( )	( )	8
Alfredo Dutra (Baturité)	Cagece	Sem dados	Sem dados							()	( )	
Areias (Baturité/Boa Vista)	Cagece	Sem dados	Sem dados							()	( )	
Baturité	Cagece	21.780	25.831	X		X	X			( )	( )	8
Boa Vista (Baturité)	Cagece	304	Sem dados	X		X	X			( )	( )	9
Candeia de Baixo (Baturité/São Sebastião	Cagece	Sem dados	Sem dados							()	( )	
Chapada (Baturité/São Sebastião)	Cagece	Sem dados	Sem dados							( )	( )	
Rio Putiú (Baturité)	Cagece	Sem dados	Sem dados							()	( )	
São Sebastião (Baturité)	Cagece	657	Sem dados	X		X	X			( )	( )	
Guaramiranga	Cagece	1.300	1.475				X			( )	( )	8
Lameirão (Mulungu)	Cagece	359	Sem dados			X	X			( )	( )	9
Mulungu <sup>2</sup>	Cagece	6.802	Sem dados	X		X	X			( )	( )	9
Pindoba (Mulungu)	Cagece	Sem dados	Sem dados							( )	( )	
Antônio Diogo (Redenção)	Cagece	9.472	Sem dados	X	X	X	X			()	( )	9
Boqueirão (Redenção/Faísca)	Cagece	Sem dados	Sem dados							( )	( )	
Faísca (Redenção)	Cagece	430	Sem dados	X	X	X	X			( )	( )	9
Guassi (Redenção)	Cagece	342	Sem dados	X	X	X	X			( )	( )	9

Sítio Serra Vermelha (Redenção/Guassi)	Cagece	Sem dados	Sem dados				( )	( )	
Volta (Redenção/Antônio Diogo)	Cagece	Sem dados	Sem dados				()	()	

<sup>\* -</sup> diz respeito à população atendida pelas ligações existentes; \*\* - Floc.: floculação; Dec.: decantação; Fil: filtração; Des: desinfecção; N: não convencional; S: sem tratamento.

## 3 - FATORES CONDICIONANTES DA QUALIDADE DA ÁGUA

FONTES DE POLUIÇÃO EXISTENTES

FONTES DE POLUIÇÃO	LOCALIZ	N.º	
•	MONTANTE	ENTORNO	IN.
Esgoto Doméstico	(x)	(x)	
Esgoto Hospitalar	( )	( )	
Esgoto Industrial	( )	()	
Lavagem de Roupa	( )	( )	
Lavagem de Carro	(x)	( )	
Balneário	( )	()	
Banho	( )	()	
Uso de Agrotóxicos	( )	( )	
Uso de Fertilizantes (adubos)	( )	( )	
Aterro Sanitário	( )	( )	
Lixão	( )	( )	
Matadouro	( )	()	
Cemitério	( )	( )	
Confinamento de Animais (currais)	( )	( )	
Animais Soltos	(x)	(x)	
Efluentes ETA	( )	( )	
Efluentes ETE	( )	( )	
Indústria Alimentícia	()	()	
Indústria Couro e Curtume	()	()	
Indústria Têxtil	( )	()	
Olarias	( )	()	
Disposição indevida de resíduos sólidos	(x)	(x)	10

**Obs:** <u>Montante</u> = excluindo a bacia hidráulica e entorno; <u>Entorno</u>=diretamente ou nas adjacências da bacia hidráulica.

# 3.1 - FONTES DE POLUIÇÃO PONTUAL

## 3.1.1 - PSICULTURA INTENSIVA

Área Ocupada	Produção de	Ração Ut	ilizada	Concentração	Conversão	
(ha)*	Peixe (Kg/ano)*	Quant. (Kg/ano)*	Marca	de Fósforo na Ração (%)	Alimentar **	N.º
Piscicultura Aracoiaba	12 t/mês	30 t/mês	Invivo e Fri-ribe	0,9	1,5 – 1,6	1
Associação Comunitária Amigos de Todos (ACAT)	9 - 15 t/mês	20 - 22 t/mês	Fri-ribe	0,9	1,7	2
Cooperativa dos Piscicultores do Açude Aracoiaba (COPA)	8 -15 t/mês	14 – 25 t/mês	Fri-ribe	0,9	1,7	3
Espécie: Tilápia				( ) Pesca Art - N.º de pescad		ados: [ ]

<sup>\* -</sup> Se a unidade não for (ha) ou (Kg) indicar a unidade; \*\* - quantidade de ração para produzir 1 Kg de peixe.

# 3.1.2 - PRODUÇÃO DE ÁGUAS SERVIDAS

Localidade		Tipo Tratamento*								pulação ndida**	Localização		N.º
(Município/ Distrito)	Empresa Concess.	F	DS	TL	C		N		Atual	Potencial	Mont.	Ent.	N.
,					0	FS	R	C					
Aracoiaba	Cagece					X	X	X	0	0	( )	( )	
Jenipapeiro (Aracoiaba)	Cagece					X	X	X	0	0	( )	( )	
Lagoa de São João (Aracoiaba)	Cagece					X	X	X	0	0	( )	( )	
Aratuba	Cagece				X	X	X	X	1.259		(x)	( )	11
Alfredo Dutra (Baturité)	Cagece					X	X	X	0	0	( )	( )	
Areias (Baturité/Boa Vista)	Cagece					X	X	X	0	0	( )	( )	
Baturité	Cagece				X	X	X	X	948		(x)	( )	11
Boa Vista (Baturité)	Cagece					X	X	X	0	0	( )	( )	
Candeia de Baixo	Cagece					X	X	X	0	0	( )	( )	

(Baturité/São Sebastião											
Chapada (Baturité/São Sebastião)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
Rio Putiú (Baturité)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
São Sebastião (Baturité)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
Guaramiranga	Cagece		X	X	X	X	1.138		(x)	( )	11
Lameirão (Mulungu)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
Mulungu	Cagece		X	X	X	X	572		( )	(x)	11
Pindoba (Mulungu)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
Antônio Diogo (Redenção)	Cagece						0	0	( )	( )	
Boqueirão (Redenção/Faís ca)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
Faísca (Redenção)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
Guassi (Redenção)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
Sítio Serra Vermelha (Redenção/Gua ssi)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	
Volta (Redenção/Ant ônio Diogo)	Cagece			X	X	X	0	0	( )	( )	

<sup>\* - &</sup>lt;u>F</u>: Filtro; <u>DS</u>: Decantação Simples; <u>TL:</u> Tratamento do Lodo; <u>CO</u>: Completo; <u>N:</u> Nenhuma; <u>FS</u>: fossa séptica, <u>RU</u>: fossa rudimentar e <u>CA</u>: céu aberto. \*\* - Diz respeito às ligações existentes

## 3.1.3 - RESÍDUOS SÓLIDOS

Localidade	N.º pessoas			Destino I	Final		Locali	ização	
(Município/ Distrito)	atendidas pela coleta	Aterro Sanitário	Sem Local	Lixão	Enterrado	Queimado	Mont.	Ent.	N.º
Aracoiaba	5.917	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12
Jenipapeiro (Aracoiaba)	534	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12
Lagoa de São João (Aracoiaba)	529	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12

Aratuba		( )	( )	(x)	( )	( )	( )	( )	13
Aratuba	3.889			( x )					e 14
Alfredo Dutra (Baturité)	904	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	14
Areias (Baturité/Boa Vista)	55	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	14
Baturité	23.270	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	13 e 14
Boa Vista (Baturité)	859	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	13 e 14
Candeia de Baixo (Baturité/São Sebastião)	60	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	()	14
Chapada (Baturité/São Sebastião)	60	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	14
Rio Putiú (Baturité)	549	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	14
São Sebastião (Baturité)	1.294	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	13 e 14
Guaramiranga	3.597	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12
Lameirão (Mulungu)	232	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12
Mulungu	4.161	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12
Pindoba (Mulungu)	240	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12
Antônio Diogo (Redenção)	6.185	( )	( )	(x)	( )	( )	( )	( )	12
Boqueirão (Redenção/Faísca)	328	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12
Faísca (Redenção)	520	( )	( )	(x)	( )	( )	( )	( )	12
Guassi (Redenção)	554	( )	( )	(x)	( )	( )	( )	( )	12
Sítio Serra Vermelha (Redenção/Guassi)	327	( )	( )	(x)	( )	( )	( )	( )	12
Volta (Redenção/Antônio Diogo)	437	( )	( )	(x)	( )	( )	(x)	( )	12

## 3.1.4 - OUTRAS FONTES NA BACIA HIDRÁULICA

Balneário/Proprietário	Lava	gem	Frequên Seman (Quantida Pessoa	al de de	Locali	zação*	N.°
	Roupa	Carro	Durante	Final	ME	MD	
	( )	( )			( )	( )	

<sup>\*-</sup> ME: margem esquerda e MD: margem direita.

## 3.2 - FONTES DE POLUIÇÃO DIFUSA

#### 3.2.1 – AGRICULTURA

	Área		Adı	ıba	ção	**			Defe	ensi	vos	**		Ir	rigaç	ão*	**	Localiz	zação	N.º
Cultura *	Plantada (ha)	Dist	trib.	Iı	ıter	sid	ade	Dist	rib.	Ir	iten	sid	ade		Tipo	de		Mont.	Ent.	
	(па)	U	D	A	M	В	N	U	D	A	M	В	N	G	M	A	S			
Agricultura Familiar	10	X				X						X		х	Х			( )	(x)	15
Feijão e Milho	42	X									X					X		( )	(x)	16

<sup>\* -</sup> é permitido informar a quantidade global sem discriminação da cultura ou apenas a relação de culturas sem distinguir a área ocupada por cada;

## 3.2.2 – PECUÁRIA

Localidade (Município/			Rebanho (	N.º de Ca	abeças)				Locali	zação	N.º
Distrito)	Bovino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceos	Bubalino	Equino	Codorna	Mont.	Ent.	
Barreira	3128	768	287	885	400000	0	768	0	( )	( )	
Baturité	5826	375	685	657	55550	1	803	0			
Capistrano	4658	2110	515	948	70900	1	502				
Guaramiranga	425	476	108	139	3814	0	142	0			
Pacoti	759	1746	420	121	29095	0	151	0			
Redenção	2873	810	109	196	20090	0	167	0			
Acarapé	1815	2189	220	540	4480	0	200	0			
Aracoiaba	9090	3468	929	2843	408200	0	1165	0			
Aratuba	2700	2617	786	390	48450	0	377	0			

<sup>\*\* - &</sup>lt;u>U</u>: Uniforme; <u>D</u>: desuniforme; \*\* - <u>A</u>: alta; <u>M:</u> média; <u>B</u>: baixa; <u>N:</u> nenhuma.

<sup>\*\*\* -</sup>  $\underline{G}$ : gotejamento;  $\underline{MA}$ : microaspersão;  $\underline{A}$ :aspersão;  $\underline{S}$ : sulcos.

## 3.2.3- DEGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA

Localidade (Município/Distrito)	Ir	ntensi	dad	e*	Localiza	ıção	N.º
	A	M	В	N	Mont.	Ent.	
Aracoiaba			X		( )	(x)	17
Redenção			X		( )	(x)	17

<sup>\* - &</sup>lt;u>A</u>: alta; <u>M</u>: média; <u>B</u>: baixa; <u>N</u>: nenhuma \*\* - <u>U</u>: uniforme; <u>D</u>: desuniforme; <u>L</u>:local.

#### 3.3 - COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO

## 3.3.1 - INDICADORES DO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DO AÇUDE

a) Sangra com frequência?	(x)SIM ()NÃO
b) Ano da última sangria?	[2009]
c) Quantas vezes sangrou nos últimos 10 anos?	[5]
d) Durante quantas vezes esteve no volume morto nos últimos 10 anos?	[0]
e) Estado atual do volume armazenado: 12,14 hm³	
Cota atual: 79,30 m ( ) Cheio ( ) Médio (x ) Vazio	
f) Predominância do volume armazenado ao longo dos últimos anos: (x) Cheio () Méd	lio ( ) Vazio

## 3.3.2 - IDENTIFICAÇÃO DE AÇUDES A MONTANTE

a) Quantidade de açudes a montante? [ 0 ]			
b) Existem problemas com eutrofização?	( ) SIM	( ) NÃO	Não se sabe
c) Frequência de ocorrência?	( ) Frequente	( ) Raramente	( )Nunca
d) Número de açudes atingidos? [ ]	-Localidades:		

3.4 - DI	ESMATAMENTO N	IA BACIA HIDRÁUL	ICA	
a) Intensidade de remoção da vegetação:	( ) Remoção Total	( x ) Remoção Parcial	( ) Nenhuma	N.º
b) Relativo ao nível da água:		( ) Uniforme	( ) Variável com a cota	17

## 4 - CENÁRIO ATUAL

## 4.1 - MACRÓFITAS AQUÁTICAS

a) Identificação de Macrófitas (Registro Fotog	ráfico)	
N.º das fotos:		
b)Presença ao longo de toda a margem?	( ) SIM	( X ) NÃO
c) Que percentual ocupam no espelho d'água?	(<10%)	
d) Predominância em qual estação?	( ) Durante estação seca	( ) Tão logo inicia a estação chuvosa
e) Espécies de macrófitas predominantes? Não foram identificas macrófitas no local.		

## 4.2 - QUALIDADE DA ÁGUA

a) Quantude aparente da agua	a (Registro Fotográfico):	b) Foi co	letada amostra de água	
N.º das fotos:		( X ) SIN	M ( )	NÃO
c) Presença na amostra de: ( ) Cheiro ( X ) Cor	( )Partículas em Susper	nsão ( ) Turbidez A	centuada	
d) Estes parâmetros variam ac		( ) 1010100211	(X)SIM	( ) NÃO
e) Eventos de 'esverdeamento Quando: ( ) Durante estação			e ( ) Nunca	•
f) Transparência: 0,7 m	g) Velocidade 8,2 m/s	Vento: h) Arquiv	o Perfilagem:	N.° 18
-	encia e que espécies mor	reram?		
b) Em que período do ano?	encia e que espécies mor	reram?	( ) Anual	( ) Esporádica
a) Quando foi a última ocorrê b) Em que período do ano? c) Frequência das mortes: d) Após qual evento?	ncia e que espécies mor	reram?	( ) Anual ( ) Outros (definir)	( ) Esporádica N.º

## 4.5 - TRATAMENTO EXISTENTE DADO A ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO

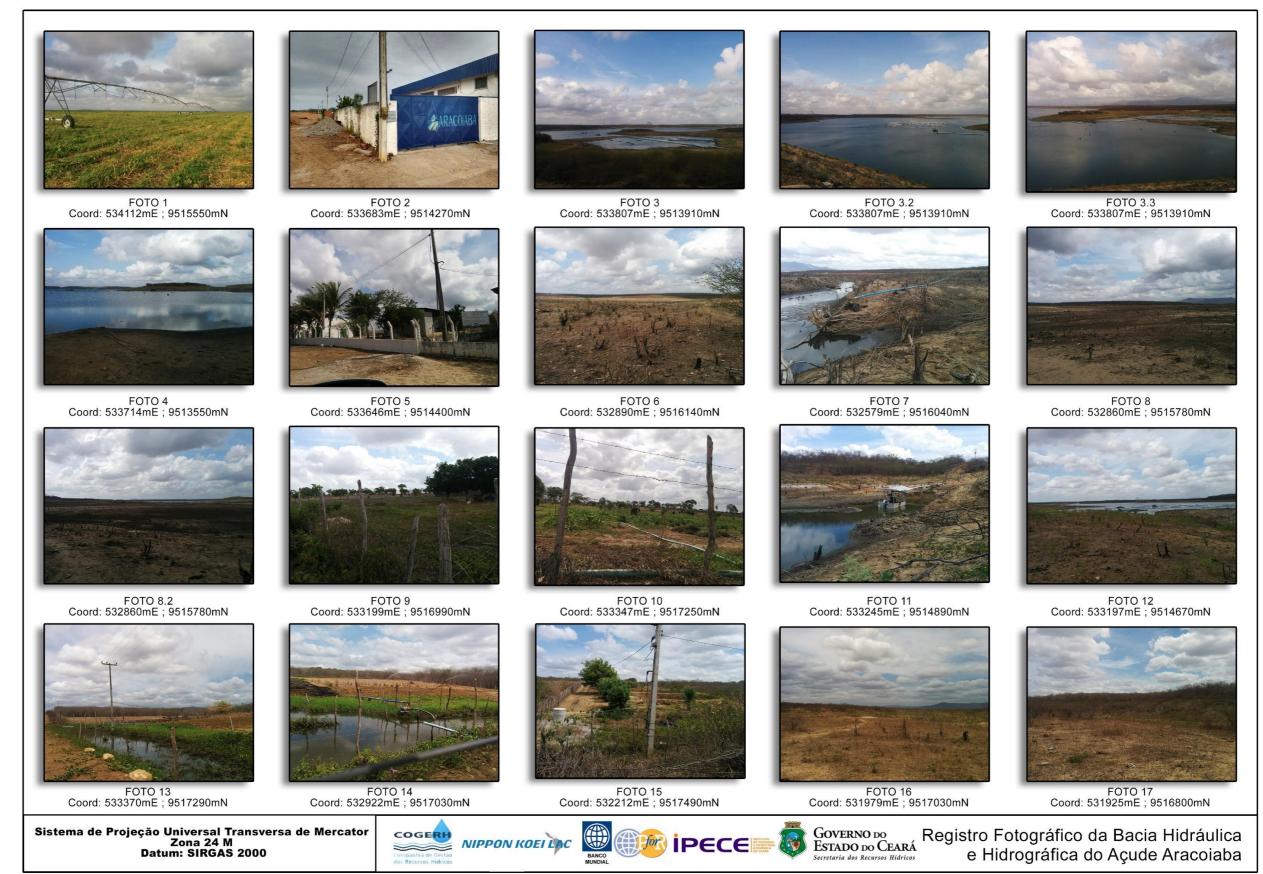
	Descrição do Tratamento*				Intensidade**			lução	)***	Pior Período		N.º
SD	S	CV	AV	A	M	В	A	D	C	Estação Chuvosa	Estação Seca	
Parân	netros	Probl	emáti	cos: (	) Tu	ırbidez	( )	Cor	( )	Cheiro ( )pH ( )C	oliformes	I
Fonte	de In	forma	ção:									

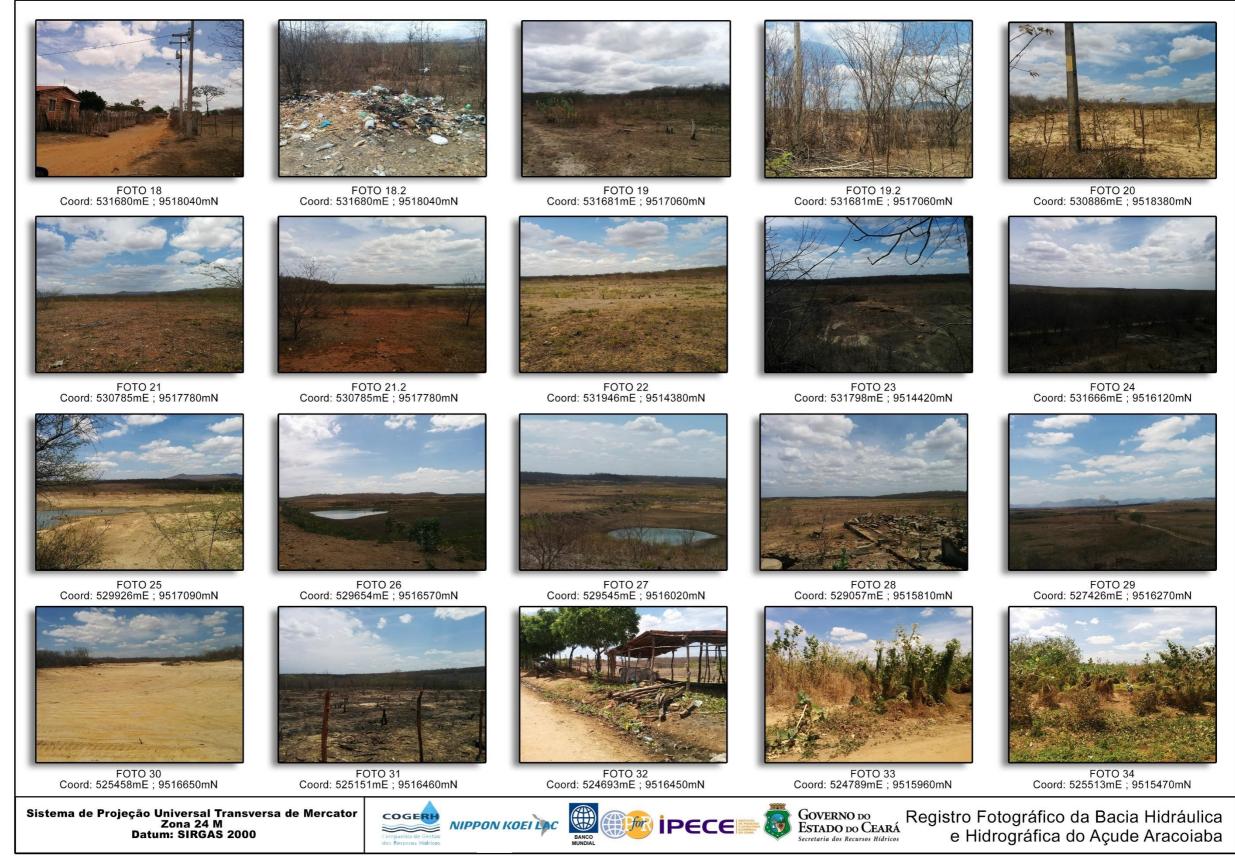
<sup>\*-</sup> SD - simples desinfecção; S- simplificada; CV- convencional; AV- avançada; \*\*- A - alta; M -Média; B- baixa; \*\*\*-Nos últimos anos: A - aumentou; D- decresceu; C - permaneceu constante.

# 2 - OBSERVAÇÕES E INFORMAÇÕES ADICIONAIS

N.º	Descrição
1	Piscicultura Aracoiaba, produção mensal de 12 toneladas de tilápia (apesar de já ter chegado a 60 T). Taxa de conversão de aproximadamente 1,6. Utilizam-se cerca de 50 sacos de ração por dia quando em baixa produção, o que corresponde a 30 t/mês. Atualmente, a piscicultura funciona com 9 funcionários, mas em épocas de grande produção esse número já chegou a 20.
2	Associação Comunitária Amigos de Todos (ACAT). Produção atual de 9 toneladas por mês de tilápia (já chegou a ser 15T). Taxa de conversão de aproximadamente 1,7. Ocupa uma área de aproximadamente 11.000 m². A quantidade utilizada é de cerca de 12 t/mês, com flutuações de 20-22 t/mês quando em grande produção. Atualmente a piscicultura funciona com 6 funcionários.
3	Cooperativa dos Piscicultores do Açude Aracoiaba (COPA). Produção mensal de 8 toneladas por mês (já chegou ao máximo de 25 T). Taxa de conversão de aproximadamente 1,7. Ocupa uma área de aproximadamente 15.000 m². Atualmente empregam 4 funcionários na produção.
4	A visita à prefeitura de Aracoiaba ocorreu no dia 07/12/2016. A equipe técnica da Nippon chegou ao local às 10:00h e foi recepcionada pela Sr. Valfson Freitas de Aquino, técnico em agropecuária da secretaria de agricultura da prefeitura de Aracoiaba. O mesmo assinou declaração e se comprometeu a enviar os dados até o dia 30/12/2016.
5	O uso para dessedentação animal pôde ser constatado, entretanto observou-se uma pequena quantidade de gado circulando na bacia hidráulica.
6	Apesar do funcionário da Cogerh responsável pelo açude afirmar que não havia retirada de água do açude para irrigação (ocorrendo retiradas de vazão apenas a jusante), identificou-se na bacia hidráulica uma bomba pertencente ao agricultor João Ricardo Rabello Franco, cuja outorga vigente na época o autorizava a irrigar 20 ha de feijão e milho, através do uso de um pivô. Entretanto, constatou-se que a área plantada pelo agricultor corresponde a 42 ha, apesar se sua outorga no momento autorizar apenas 20 ha. Ambas as outorgas que previam captação tanto do açude Aracoiaba quanto do rio Aracoiaba, foram válidas até o dia 20/02/2017, com numerações 284/2015 e 285/2015, respectivamente.
7	Foram realizados registros fotográficos de acampamentos de pescadores na margem da bacia hidráulica, o que induz a despejo de peixes e resíduos orgânicos dentro do reservatório.
8	População Atendida em Dezembro de 2016 (CAGECE, 2017b)
9	População Urbana (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura em Dezembro de 2016 (CAGECE, 2017b)
10	As informações levantadas com os moradores da comunidade Costa de Baixo foram quanto a existência de disposição indevida de resíduos sólidos, irrigações clandestinas, usos indevidos do reservatório e da área de APP do açude. Foram registrados efluentes domésticos a céu aberto em vários pontos das comunidades circunvizinhas, que podem se tornar fontes de poluição na medida em que podem ser carreados e lixiviados para a bacia hidráulica do açude Aracoiaba.
11	População Urbana (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura Urbana em 2015 (IPECE, 2016)
12	População Total (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura em 2010 (IPECE, 2016)
13	População Rural (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura da População Urbana em 2015 (SNIS, 2017)
14	População Rural (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura da População Total em 2015 (SNIS, 2017)

15	Foram visitados dois núcleos de agricultura familiar na área de influência do reservatório, que apesar de apresentar funcionários distintos pertenciam ao mesmo proprietário. O primeiro núcleo, gerenciado por Jackson Costa, consistia m pequenas culturas de pimentão, tomate, pimenta, hortaliças e maracujá, em uma área aproximada de 4 hectares. Já o segundo, gerenciado por Francisco Desivânio, concentrava-se em culturas de cheiro verde e feijão, ocupando em torno de 6 hectares. Quando questionados, ambos os funcionários afirmaram apenas usar estrume de galinha como método de adubação, e em pouca quantidade. Com relação a defensivos, afirmaram apenas usar uma pequena quantidade no plantio de feijão.
16	Com relação ao cultivo do proprietário João Ricardo Rabello Franco, ao ser questionado, o funcionário presente no local afirmou que a adubação realizada utiliza esterco de galinha. Sendo utilizados defensivos agrícolas no controle de pragas e doenças. Entretanto, o funcionário não
	soube informar a quantidade usada na área.
17	A vegetação do entorno do açude Aracoiaba encontra-se degradada, principalmente nas proximidades das comunidades locais, onde ocorre a supressão vegetal para construção de residências. Ocorre também o desmatamento da vegetação nativa para a criação e expansão de áreas agrícolas. Contatou-se, ainda, o despejo inadequado de resíduos sólidos.
18	Devido à seca registrada na região nos últimos anos, eventos de "esverdeamento" das águas do reservatório passaram a ser observados mais frequentemente, graças aos baixos níveis de água verificados. Tal fato foi atestado ao se conversar com moradores da região.





Plano de Segurança Hídrica das Bacias Hidrográficas Estratégicas do Acaraú, Metropolitanas e da Sub-bacia do Salgado



FOTO 35 Coord: 526414mE; 9514750mN



FOTO 36 Coord: 529790mE; 9513340mN



FOTO 37 Coord: 531358mE ; 9513480mN



FOTO 38 Coord: 530907mE ; 9513670mN



FOTO 38.2 Coord: 530907mE; 9513670mN



FOTO 39 Coord: 531057mE ; 9513790mN



FOTO 39.2 Coord: 531057mE ; 9513790mN



FOTO 40 Coord: 533589mE ; 9515880mN



FOTO 41 Coord: 533657mE ; 9514400mN



FOTO 42 Coord: 520832mE ; 9514360mN

### Descrição:

Foto 1: Plantação de feijão e milho, 42 hectares com irrigação e uso de fertilizantes ,esterco- fezes de galinha. Água retirada Do Aracoiaba. Pulverização de pesticidas.

Foto 2: Piscicultura Aracoiaba, produção mensal de 12 toneladas de tilápia (apesar de já ter chegado a 60). Taxa de conversão de aproximada-

Foto 3: Registro de cima da barragem, vista para piscicultura e faixa de APP a direita.mNota-se que a veg. não tem boa diversidade, evidenciando supressão passada.mEntretanto a densidade da veg. já propicia os benefícios ao corpo hídrico.

Foto 4: Vista para o lago e para As margens direitas Do reservatório, ponto onde carros pipa captam água.

Foto 5: Cooperativa dos Piscicultutores Do Açude Aracoiaba (COPA). Produção mensal de 8 toneladas por mês (já chegou ao máximo de 25). Taxa de conversão de aproximadamente 1.7

Foto 6: Região de entorno que costumava ser alagada. Boas condições da faixa de APP.

Foto 7: Bombas captando água Do reservatório para pequenas irrigações, horticultura e fruticultura - Agricultura familiar. Foto 8: Margens do reservatório, com vista para APP, em boas conddições

Foto 9: Horticultura e fruticultura irrigada por aspersão/mircroaspersão.mEncontrou-se bomba (ver foto). Agricultura familiar.

Foto 10: Horticultura e fruticultura irrigada por aspersão/mircroaspersão.mEncontrou-se bomba (ver foto). Agricultura familiar.

Foto 11: Bomba do agricultor João Ricardo Rabello Franco 100cv. Para área irrigada de feijão (ver outorga).

Foto 12: Vista para gaiolas de piscicultura. Ao fundo, vegetação de APP.

Foto 13: Horticultura e fruticultura irrigada por aspersão/mircroaspersão.mEncontrou-se bomba (ver foto). Agricultura familiar.

Foto 14: Pequeno reservatório de regularização onde a segunda bomba pega água para irrigação, armazenamento ineficiente, perdas por infiltração e evaporação, método de irrigação por aspersão - agricultura familiar.

Foto 15: Suposto tanques para piscicultura, inativos. Poço.

Foto 16: Vegetação de entorno, vista para área inundável, faixa de APP em boas condições.

Foto 17: Vegetação de entorno, vista para área inundável, faixa de APP em boas condições.

Foto 18: Comunidade no entorno com infraestrutura deficitária, disposição indevida de resíduos sólidos.

Foto 19: Vegetação de entorno, vista para área inundável, faixa de APP em boas condições.

Foto 20: Entorno. Trajeto do riacho. Área queimada

Foto 21: Entorno. Trajeto do riacho. Área queimada

Foto 22: Região entre os braços Do açude. Vista para a barragem. Faixa de APP em boas condições.

Foto 23: Região entre os braços Do açude. Vista para a barragem. Faixa de APP em boas condições.

Foto 24: Vista para faixas de APP – em boas condições.

Foto 25: Pequeno reservatório, presença de animais de pastagem, vista para faixa de APP, em boas condições.

Foto 26: Pequeno reservatório, presença de animais de pastagem, vista para faixa de APP, em boas condições.

Foto 27: Região com tanques antigos (possível piscicultura)

Foto 28: Área inundável, com vista para faixa de APP.

Foto 29: Região de entorno. Foco de queimada ao fundo. Vista para área inundável, faixa de APP

Foto 30: Clareira aberta /área desmatada, em parte da faixa de APP.

Foto 31: Área desmatada e queimada, dentro da faixa de APP.

Foto 32: Comunidade Costa de Baixo. Prática de pecuária extensiva, lançamento de efluente doméstico a céu aberto, disposição indevida de resíduos sólidos. Zona de conflito e com faixa de APP.

Foto 33: Área com vegetação suprimida, entorno.

Foto 34: Área de vazante.

Foto 35: Povoado Lagoa de São João, lançamento de efluente doméstico a céu aberto, disposição indevida de resíduos sólido.

Foto 36: Comunidade sem saneamento, atividade de venda de madeira, principais compradores são aviários circunvizinhos.

Foto 37: ETA Aracoiaba

Foto 38: Visão do açude, animais no entorno, vegetação de faixa de APP suprimida.

Foto 39: Visão açude, vista para a barragem, animais pastagem. Foto 40: Provável área de extração de areia, pequena produção.

Foto 41: Associação Comunitária Amigos de Todos (ACAT). Produção atual de 9 toneladas por mês de tilápia (já chegou a ser 15). Taxa de conversão de aproximadamente 1.7.

Foto 42: Lixão de Aracoiaba - Poluição de zonas marginais ao lixão

## Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator Zona 24 M Datum: SIRGAS 2000









Registro Fotográfico da Bacia Hidráulica e Hidrográfica do Açude Aracoiaba