



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

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

PSH-RT9-04

INVENTÁRIOS AMBIENTAIS DE AÇUDES DA
SUB-BACIA DO SALGADO

AÇUDE MANOEL BALBINO



Inventário Ambiental do Açude Manoel Balbino



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Governador: Camilo Sobreira de Santana

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Secretário: Francisco José Coelho Teixeira

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Diretor-Presidente: João Lúcio Farias de Oliveira

CHEFIA DE GABINETE

Antônio Treze de Melo Lima

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO

Ubirajara Patrício Álvares da Silva

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

Débora Maria Rios Bezerra

DIRETORIA FINANCEIRA

Paulo Henrique Studart Pinho

GERENTE DO PROJETO

Zulene Almada Teixeira



Inventário Ambiental do Açude Manoel Balbino



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

EQUIPE TÉCNICA DO CONSÓRCIO

Francisco Jácome Sarmiento (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 Documento		PSH-RT9-04	
Título		Contratação dos serviços de consultoria (pessoa jurídica) para elaboração do Plano de Segurança Hídrica das bacias hidrográficas estratégicas do Acaraú, Metropolitanas e da sub-bacia do Salgado	
Aprovação Inicial por:		Francisco Jácome Sarmento	
Data da Aprovação Inicial:		25/04/2017	
Controle de Revisões			
Revisão Nº	Natureza	Data	Aprovação
01	Formato/conteúdo	22/05/2017	Francisco Jácome Sarmento
02	Formato/conteúdo	05/07/2017	Francisco Jácome Sarmento
03	Formato/conteúdo	08/07/2017	Francisco Jácome Sarmento
04	Formato	17/07/2017	Francisco Jácome Sarmento

APRESENTAÇÃO

Este documento, denominado Inventário Ambiental do Açude Manoel Balbino, 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 da Sub-Bacia do Salgado** contempla 5 (cinco) açudes:

1. Junco;
2. Lima Campos;
3. **Manoel Balbino;**
4. Tatajuba;
5. Ubaldinho.

O presente documento apresenta o Inventário Ambiental do Açude Manoel Balbino, 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: 03 - Relatório de Diagnóstico Ambiental da Sub-Bacia do Salgado, 06 - Relatório de Coleta e Diagnóstico das Águas da Sub-Bacia do Salgado 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, foi realizada visita ao centro administrativo da prefeitura de Caririaçu, a fim de coletar informações acerca das potenciais fontes de poluição existentes na área de contribuição do açude Manoel Balbino e visitas *in loco* com essa mesma finalidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia de contribuição – Açude Manoel Balbino	18
Figura 2 - Principais vias de acesso – Açude Manoel Balbino	19
Figura 3 - Precipitação média anual da área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino ...	22
Figura 4 - Mapa hipsométrico da área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino	23
Figura 5 - Cultura de maracujá irrigada por aspersão	24
Figura 6 - Extração mineral localizada na área de influência do açude Manoel Balbino	25
Figura 7 - Tanques piscícolas próximos à bacia hidráulica do açude Manoel Balbino	26
Figura 8 - Despejo inadequado de resíduos nas imediações da barragem Manoel Balbino	27
Figura 9 - Pontos visitados na área de influência da bacia hidrográfica – Açude Manoel Balbino	28
Figura 10 - Estimativa populacional do município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino	34
Figura 11 - Destinação de águas servidas no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	36
Figura 12 - Tratamento de água nos domicílios do município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	37
Figura 13 - Pecuária do município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	39
Figura 14 - Área plantada com lavoura temporária no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	40
Figura 15 - Área plantada com lavoura permanente no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	40
Figura 16 - Evolução do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Manoel Balbino ..	45
Figura 17 - Histograma do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Manoel Balbino	46
Figura 18 - Histograma do volume armazenado no período de 2012 a 2016 – Açude Manoel Balbino	46
Figura 19 - Frequência de não superação do volume armazenado – Açude Manoel Balbino.....	47
Figura 20 - Histograma de frequência do aporte (hm ³) – Açude Manoel Balbino	47
Figura 21 - Frequência de não superação do aporte de água – Açude Manoel Balbino.....	48
Figura 22- Localização espacial do ponto de coleta no açude Manoel Balbino.....	50
Figura 23 - Volume e clorofila-a ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino	62
Figura 24 - Volume e cianobactérias ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino	63
Figura 25 - Volume e DBO ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino.....	64
Figura 26 - Volume e fósforo total ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino	64
Figura 27 - Volume e nitrogênio total ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino.....	65
Figura 28 - Volume e oxigênio dissolvido ao longo do tempo - Açude Manoel Balbino	66

Figura 29 - Volume e pH ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino	67
Figura 30 - Volume e turbidez ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino	67
Figura 31- Volume e condutividade elétrica ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino.....	68
Figura 32 - Estado trófico do açude Manoel Balbino	69
Figura 33 - Diagrama de articulação dos principais componentes da modelagem matemática.....	73
Figura 34 - Relação Chuva-Vazão pelo modelo SMAP	76
Figura 35 - Relação chuva-vazão da sub-bacia do Salgado com dados de estações fluviométricas localizadas dentro dessa sub-bacia	78
Figura 36 - Relação chuva-vazão – Sub-Bacia do Salgado com dados de estações fluviométricas localizadas dentro e próximas à sub-bacia.....	79
Figura 37 - Relação chuva-vazão – Sub-Bacia do Salgado	80
Figura 38 - Carga total de fósforo na área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino.....	88
Figura 39 - Concentração média anual de fósforo na área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino.....	89
Figura 40 - Mapa de uso e cobertura do solo da área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino.....	90
Figura 41 - Área de influência da bacia hidrográfica – Açude Manoel Balbino	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da área da bacia hidrográfica – Açude Manoel Balbino	17
Tabela 2 - Ficha Técnica da Barragem Manoel Balbino	20
Tabela 3 - Aglomerados urbanos identificados na bacia do açude Manoel Balbino	32
Tabela 4 - População residente, rural e urbana, no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	33
Tabela 5 - Número de docentes no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015	34
Tabela 6 - Número de matrículas iniciais no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015	34
Tabela 7 - Profissionais de saúde/SUS no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015.....	35
Tabela 8 - Cobertura de abastecimento de água e esgoto no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015	35
Tabela 9 - Ligações da rede de distribuição de água e rede coletora de esgoto no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015.....	36
Tabela 10 - Tipos de moradias e acesso à energia elétrica no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	37
Tabela 11 - PIB a preços de mercado no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino	38
Tabela 12 - População com renda mensal de até R\$70,00 no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	42
Tabela 13 - IDHM e IDM do município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino.....	42
Tabela 14 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológica do açude Manoel Balbino	52
Tabela 15 - Quantitativo e qualitativo de cianobactérias no açude Manoel Balbino.....	53
Tabela 16 - Quantitativo e qualitativo dos demais grupos de fitoplâncton no açude Manoel Balbino ..	54
Tabela 17 - Resultados de análises (em mg/L) da água do açude Manoel Balbino.....	54
Tabela 18 - Classe trófica a partir do IET do fósforo e clorofila.....	55
Tabela 19 - Classe trófica a partir da contagem de cianobactérias.....	56
Tabela 20 - Classe trófica a partir da transparência	56
Tabela 21 - Classificação do estado de trofia do açude Manoel Balbino	56
Tabela 22 - Procedimento para seleção das profundidades de coleta.....	57
Tabela 23 - IQAR do açude Manoel Balbino	58
Tabela 24 - Classificação das águas do açude Manoel Balbino quanto a salinidade e sodificação	59
Tabela 25 - Resultados de análise do sedimento do açude Manoel Balbino	60

Tabela 26 - Estatística da qualidade de água da série histórica do açude Manoel Balbino – 2004 a 2016	61
Tabela 27 - Açudes selecionados para a construção do primeiro modelo chuva-vazão	75
Tabela 28 - Estações fluviométricas selecionadas para a construção do segundo modelo chuva-vazão	77
Tabela 29 - Equação de regressão chuva-vazão	77
Tabela 30 - Estações fluviométricas adicionadas ao cálculo matemático de chuva e vazão da sub-bacia do Salgado.....	78
Tabela 31 - Equação de regressão chuva-vazão	78
Tabela 32 - Estações fluviométricas selecionadas para o cálculo final da chuva-vazão – Sub-Bacia do Salgado.....	80
Tabela 33 - Coeficientes médios de exportação de fósforo total adotados no estudo.....	83
Tabela 34 - Percentual da carga bruta anual de fósforo das fontes poluidoras pontuais e difusas	92
Tabela 35 - Carga anual de poluição pontual, difusa e acumulada de fósforo	93
Tabela 36 - Capacidade de suporte, estimativa de cargas recebidas e variáveis utilizadas.....	93
Tabela 37 - Espécies químicas dos sedimentos amostrados em porcentagem	97



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

LISTA DE SIGLAS

AMT – Altura Manométrica Total

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

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DDA – Doença Diarreica Aguda

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

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

FJP – Fundação João Pinheiro

FRX – Fluorescência de Raios X

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal





GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

IDM – Índice de Desenvolvimento Municipal

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

IET – Índice de Estado Trófico

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 da Saúde

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

PSH – Plano de Segurança Hídrica

RAS – Relação de Adsorção de Sódio

RCC – Resíduos da Construção Civil

RDO – Resíduos Domiciliares

RPU – Resíduos Públicos





GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

RSS – Resíduos Sólidos de Saúde

SAMAE – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto

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)

SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

SUS – Sistema Único de Saúde

TIRS – *Thermal Infrared Sensor*

TR – Termo de Referência

UFC – Universidade Federal do Ceará

UNT – Unidade Nefelométrica de Turbidez

USGS – *US Geological Survey*

UTM – *Universal Transversa de Mercator*



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E MEDIDAS MITIGADORAS	17
2.1 Caracterização da Área.....	17
2.1.1 Caracterização fisiográfica.....	17
2.1.2 Caracterização ambiental	20
2.1.3 Principais usos.....	24
2.1.4 Principais impactos.....	24
2.2 Medidas Mitigadoras.....	29
3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	32
3.1 Demografia.....	32
3.2 Educação e saúde	34
3.3 Infraestrutura e saneamento	35
3.4 Resíduos sólidos	38
3.5 Economia.....	38
3.6 Pecuária	39
3.7 Agricultura.....	39
3.8 Doenças de veiculação hídrica.....	41
3.9 Desenvolvimento humano	41
4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO	45
5. QUALIDADE DA ÁGUA.....	50
5.1 Análises das coletas realizadas	50
5.1.1 Água	51
5.1.1.1 Estado de trofia	55
5.1.1.2 IQAR.....	57
5.1.1.3 Qualidade de água para irrigação	58
5.1.2 Sedimento	59
5.2 Dados de qualidade da água de 2004 a 2016.....	60
6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES	71
6.1. Modelagem matemática para definição da área de influência dos reservatórios	71
6.1.1 Modelo Digital de Elevação - MDE e Direção de Fluxo	71
6.1.2 Modelagem da Relação Chuva-vazão	74
6.1.2.1 Alternativas estudadas	75
6.1.3 Modelo de vazão acumulada	80



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

6.1.4 Modelo de cargas difusas e pontuais	81
6.1.5 Modelo regressivo referenciador	82
6.1.6 Modelagem espacial distribuída	83
6.1.7 Calibração de parâmetro de depuração	85
6.1.8 Apresentação dos mapas com resultados obtidos	87
6.2. Resumo do cálculo das cargas de nutrientes	92
6.3 Cenário atual e capacidade de suporte do reservatório	93
7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO	96
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS.....	106





iPECE

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



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

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 coletadas informações diretamente em campo, com a aplicação de questionário, conforme modelo apresentado no TR. Além disso, foram obtidas informações na prefeitura de Caririaçu. Merece, por fim, ser reiterado que os seguintes produtos do Plano de Segurança Hídrica foram, igualmente, fontes importantes para o desenvolvimento desse estudo: R03- Relatório de Diagnóstico Ambiental da Sub-Bacia do Salgado e R06 - Relatório de Coleta e Diagnóstico das Águas da Sub-Bacia do Salgado.



ipece

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



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

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E MEDIDAS MITIGADORAS



2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E MEDIDAS MITIGADORAS

2.1 Caracterização da Área

2.1.1 Caracterização fisiográfica

O açude Manoel Balbino localiza-se entre as coordenadas UTM, Zona 24M, 9223055mN e 9214241mN, e 468580mE e 441811mE, na porção oeste da sub-bacia hidrográfica do Salgado, conforme pode ser observado na Figura 1. Sua bacia hidrográfica abrange uma área de 41,320 km², segundo delimitação realizada através da Base Cartográfica da Cogerh (2016a), e do Modelo Digital de Elevação (MDE) Topodata (INPE, 2016), onde estão inseridos parcialmente 2 municípios (Tabela 1).

O reservatório está inserido no município de Caririaçu, que possui população de 26.393 habitantes, dos quais 14.031 estão em zona urbana e 12.362 em zona rural, de acordo com dados de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

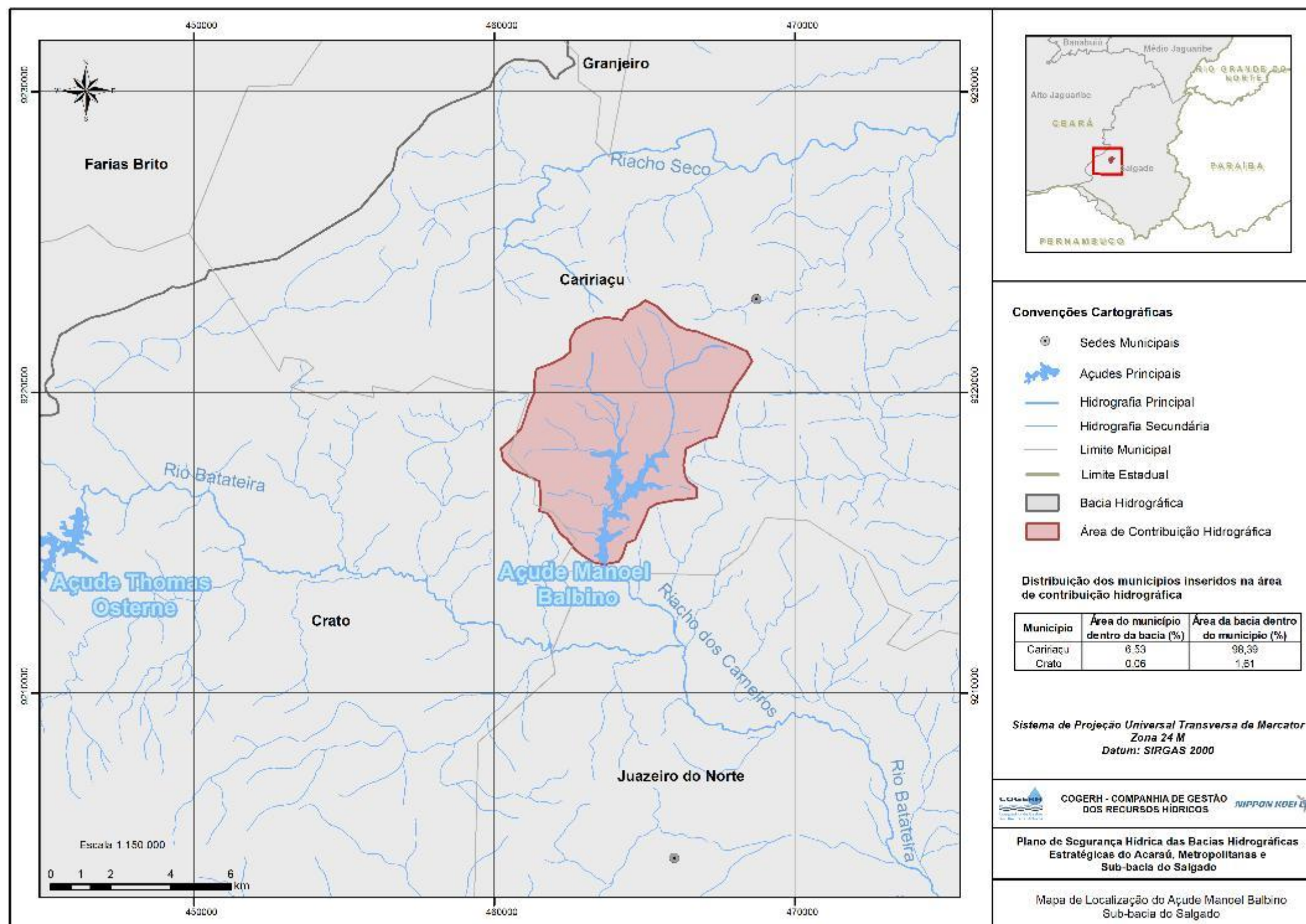
Tabela 1 - Distribuição da área da bacia hidrográfica – Açude Manoel Balbino

Município	Área do município dentro da bacia (%)	Área da bacia dentro do município (%)
Caririaçu	6,53	98,39
Crato	0,06	1,61

Fonte: adaptado de IBGE (2015a).

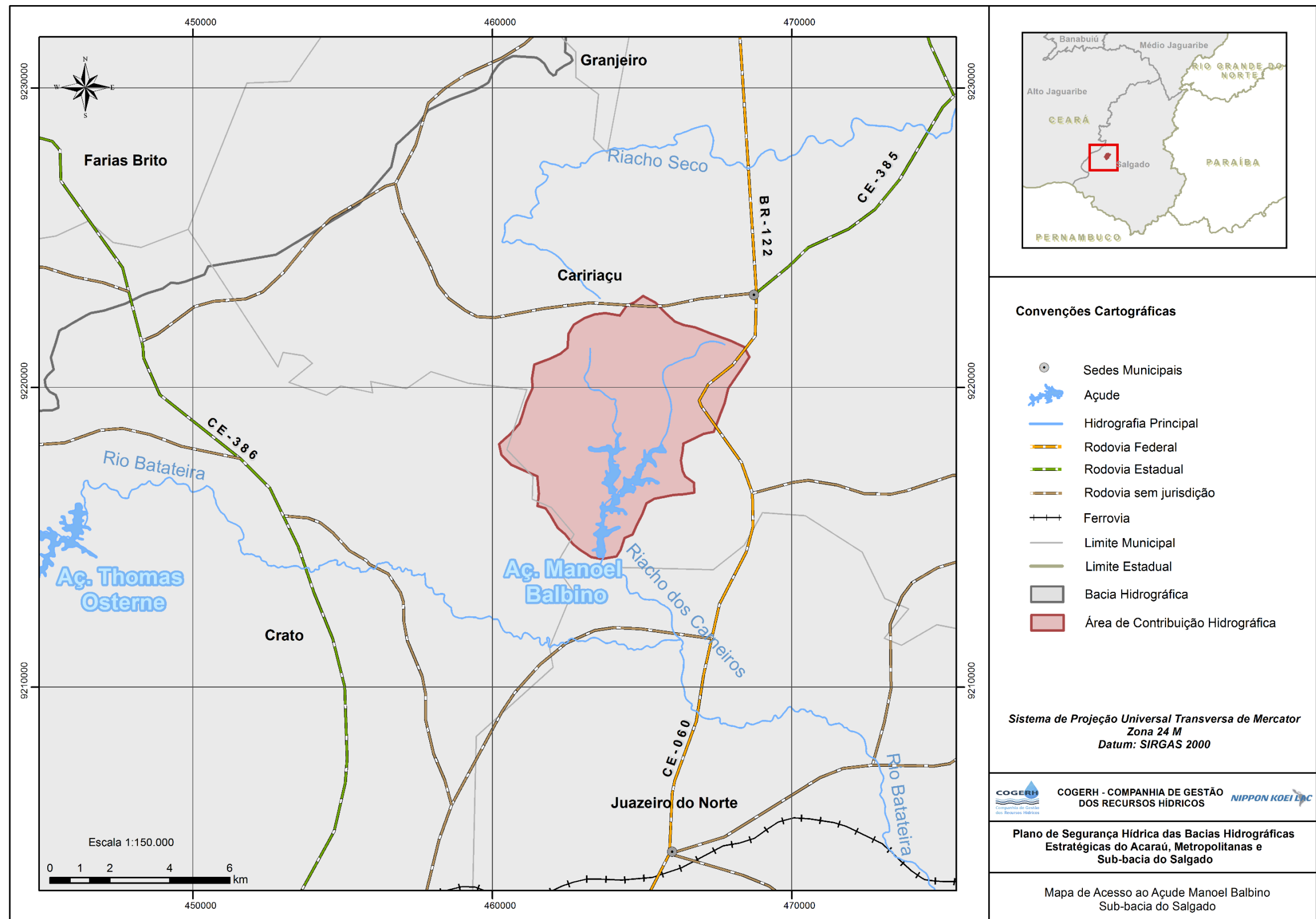
O principal tributário desse reservatório é o Riacho dos Carneiros, que é o possuidor do barramento. A bacia hidráulica possui 405,800 hectares, com uma vazão regularizada de 0,08 m³/s (SRH, 2015). A principal via de acesso a região é a rodovia BR-122, que corta a bacia de contribuição em estudo (Figura 2).

Figura 1 - Localização da bacia de contribuição – Açude Manoel Balbino



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

Figura 2 - Principais vias de acesso – Açude Manoel Balbino



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

As informações técnicas referentes à barragem do açude Manoel Balbino são apresentadas na 2.

Tabela 2 - Ficha Técnica da Barragem Manoel Balbino

Município:	Caririaçu
Coordenada E:	463.756
Coordenada N:	9.214.436
Sub-Bacia:	Salgado
Rio/Riacho Barrado:	Riacho dos Carneiros
Barragem	
Tipo:	Terra Homogênea
Capacidade (m³):	31.180.000
Bacia Hidrográfica (Km²):	41,320
Bacia Hidráulica (ha):	405,800
Vazão Regularizada (m³/s):	0,080
Extensão pelo Coroamento (m):	281,0
Largura do Coroamento (m):	7,00
Cota do Coroamento (m):	429,00
Altura Máxima (m):	35,30
Vertedouro	
Tipo:	Creager/Cordão de Fixação
Largura (m):	120,0
Lâmina Máxima (m):	0,70
Cota da Soleira (m):	427,0
Tomada d'água	
Tipo:	Galeria tubular simples
Diâmetro (mm):	750
Comprimento (m):	120

Fonte: Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará (2015).

2.1.2 Caracterização ambiental

Os climas predominantes na área de contribuição hidrográfica da bacia do açude Manoel Balbino são o Tropical Quente Semiárido e o Tropical Quente Semiárido Brando, cujo período chuvoso se concentra de janeiro a abril (IPECE, 2016). Na região são registradas temperaturas que variam de 19°C a 29°C (médias de mínimas e máximas). A precipitação pluviométrica média anual tem máximo de, aproximadamente, 900 mm (Figura 3) e o regime de chuvas é considerado bastante irregular, com anos marcados por grandes chuvas e outros por secas (CPRM, 1998).

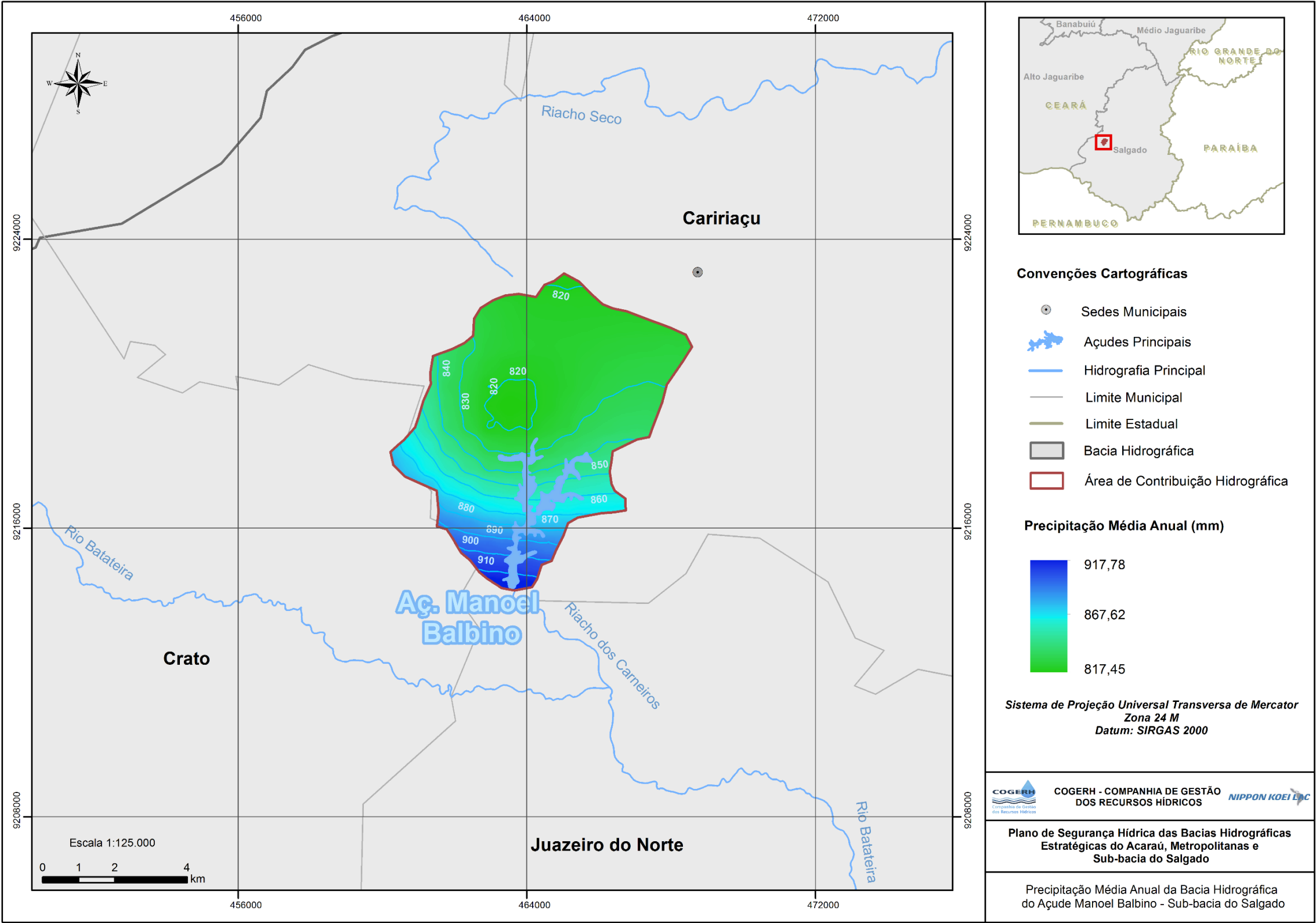
O relevo apresenta-se constituído por formas pouco suaves da Depressão Sertaneja, das quais ressaltam-se as cristas e feições colinosas dos maciços residuais. No que concerne às altitudes registradas na área de contribuição hidrográfica (Figura 4), percebe-se a predominância de valores entre 398 a 457 metros de altitude (CPRM, 1998).

As classes de solos que predominam na região são os Argissolos e os Neossolos. 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, com textura que varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt. São forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa. Já os Neossolos são constituídos por material mineral ou material orgânico pouco espesso e são geralmente formados com baixa relevância dos processos pedogenéticos, devido a características intrínsecas do material de origem, como resistência às intempéries, a sua composição químico-mineralógica ou a influência de fatores de formação, como clima e relevo. (EMBRAPA, 2006).

Do ponto de vista geológico predominam rochas do embasamento cristalino de idade Pré-Cambriana, representadas principalmente por granitos, xistos, quartzitos gnaisses e migmatitos, além de rochas plutônicas e metaplutônicas. Junto aos cursos dos principais rios há áreas com coberturas aluvionares. A área é caracterizada por vegetação de caatinga arbórea e arbustiva densa, além de manchas de cerrado e mata seca (CPRM, 1998).

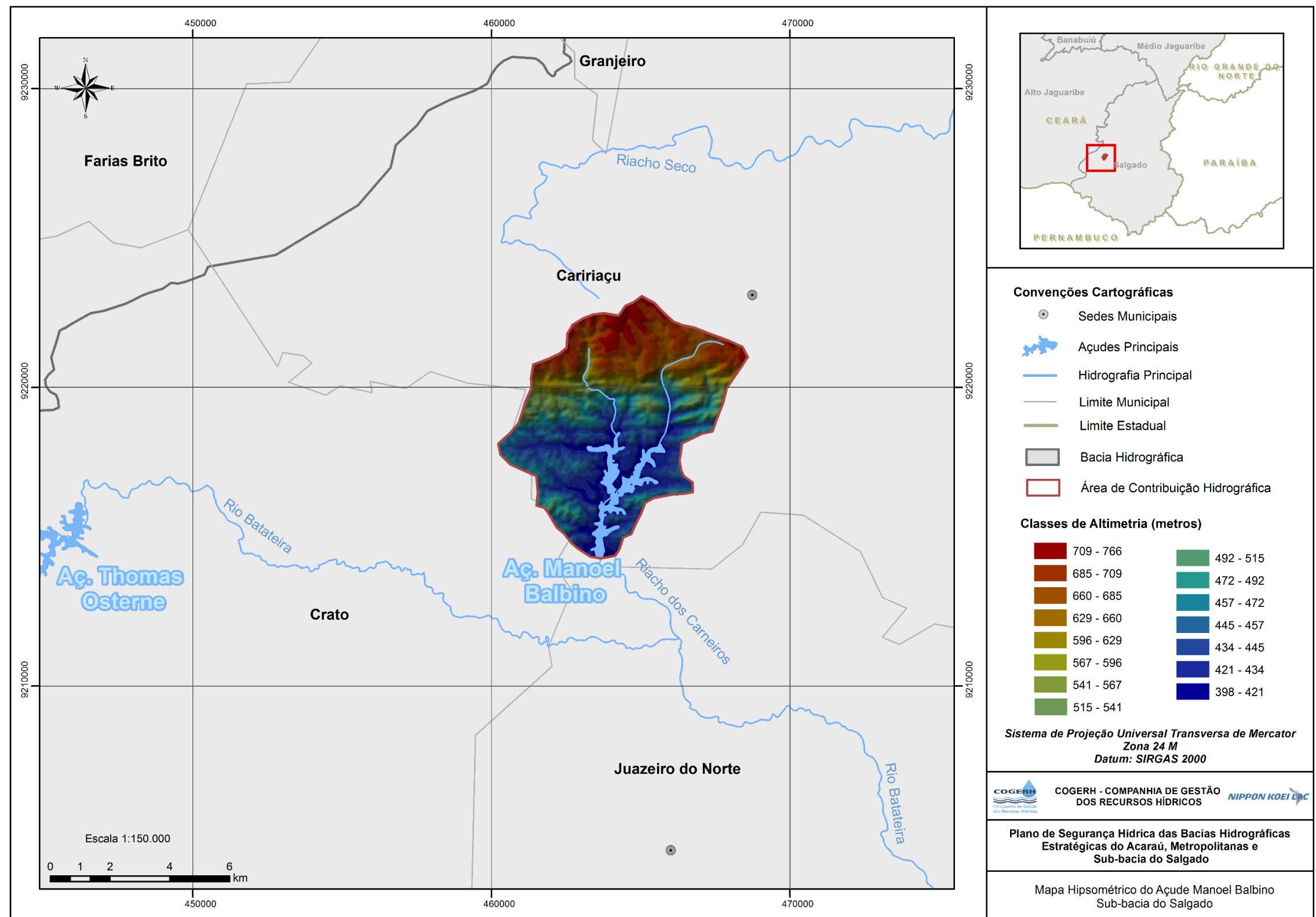
No que se refere aos domínios hidrogeológicos presentes na bacia do açude Manoel Balbino podem ser encontradas rochas cristalinas e depósitos aluvionares. O cristalino é o domínio predominante e, como a água nesse tipo de rocha é acumulada nas fissuras (fraturas e fendas), a qualidade e quantidade da água extraída não é satisfatória, podendo, muitas vezes, ser encontrada 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 períodos de estiagem. Por outro lado, os depósitos aluvionares são formados por sedimentos areno-argilosos 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).

Figura 3 - Precipitação média anual da área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino



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 Manoel Balbino



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

2.1.3 Principais usos

A água do açude Manoel Balbino é destinada ao abastecimento da sede de Caririaçu, além das localidades São Paulo, Sítio Cidade e Sítio Umburana. Nas visitas *in loco* realizadas na área desse açude, identificou-se também que suas águas são utilizadas para piscicultura, irrigação de culturas agrícolas e dessedentação animal, conforme se comenta a seguir.

2.1.4 Principais impactos

Nas comunidades Sítio Cidade e Sítio Candeia existem pequenas áreas agrícolas, a maioria de cunho familiar, onde são cultivados maracujá, goiaba, jerimum, mamão, banana, coco, fava, coentro e cebolinha. A Figura 5 apresenta uma área situada no entorno do açude Manoel Balbino (coordenadas UTM Zona 24M, 9215070mN e 463056mE (SIRGAS 2000)), em que há o cultivo de maracujá. Ressalta-se que alguns plantios da região são irrigados por aspersão e microaspersão, cuja água utilizada nesse processo é oriunda, em sua maioria, de poços artesianos.

Figura 5 - Cultura de maracujá irrigada por aspersão



Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Os impactos causados por essas culturas são resultantes do manejo inadequado do solo, que provoca a diminuição de sua fertilidade e uma baixa produtividade das culturas agrícolas. A degradação dessas áreas propicia o seu abandono e uma constante procura por novas áreas produtivas, criando um ciclo de desgaste do solo da região. Consequentemente, há um aumento

dos processos erosivos e uma diminuição da quantidade de água que infiltra durante os eventos chuvosos (i.e. recarga hídrica), aumentando o carreamento de sedimentos e poluentes para a bacia hidráulica do açude, que contribuem para seu assoreamento e poluição de suas águas.

Identificaram-se também áreas de pastagem e locais de extração de areia, inclusive no entorno do açude e em sua APP. Juntas, essas atividades são responsáveis por grande parte da degradação da vegetação nativa, além de tornarem os solos mais susceptíveis a processos erosivos e acelerarem o assoreamento do reservatório. Na região mais distante do açude, mas ainda dentro de sua área de influência, foram identificados barreiros, que são utilizados na dessedentação do gado bovino.

A Figura 6, registrada nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9218220mN e 466156mE (SIRGAS 2000), apresenta uma área de extração de areia.

Figura 6 - Extração mineral localizada na área de influência do açude Manoel Balbino



Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Foi identificado um empreendimento de piscicultura que possui 4 tanques, com volume de 210 m³ cada, para criação de tilápia (Figura 7), localizado nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9214910mN e 463173mE (SIRGAS 2000). Nesses tanques, apesar da troca total da água não acontecer de maneira constante, há uma frequente liberação de parte do volume para viabilizar pequenas renovações. Os efluentes desses tanques possuem uma quantidade elevada de nutrientes, por isso devem ser dispostos corretamente, já que possuem a capacidade de deteriorar a qualidade da água do reservatório.

Figura 7 - Tanques piscícolas próximos à bacia hidráulica do açude Manoel Balbino



Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Também foram constatadas ocupações humanas na APP desse açude, as quais acarretam diversos problemas para a saúde dessa população e impactos negativos ao meio ambiente. Entre eles, citam-se a supressão da vegetação nativa e a disposição inadequada de resíduos sólidos e de esgotos nas margens do reservatório, os quais caracterizam algumas das consequências da pressão humana sobre os recursos naturais. Na comunidade Assis, por exemplo, observou-se o despejo inadequado de resíduos pelos pescadores que vivem próximo ao açude e que não têm acesso a serviços de limpeza urbana.

A Figura 8 apresenta área, localizada nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9214910mN e 462839mE (SIRGAS 2000), em que há o despejo inadequado de resíduos sólidos na área de preservação permanente do reservatório.

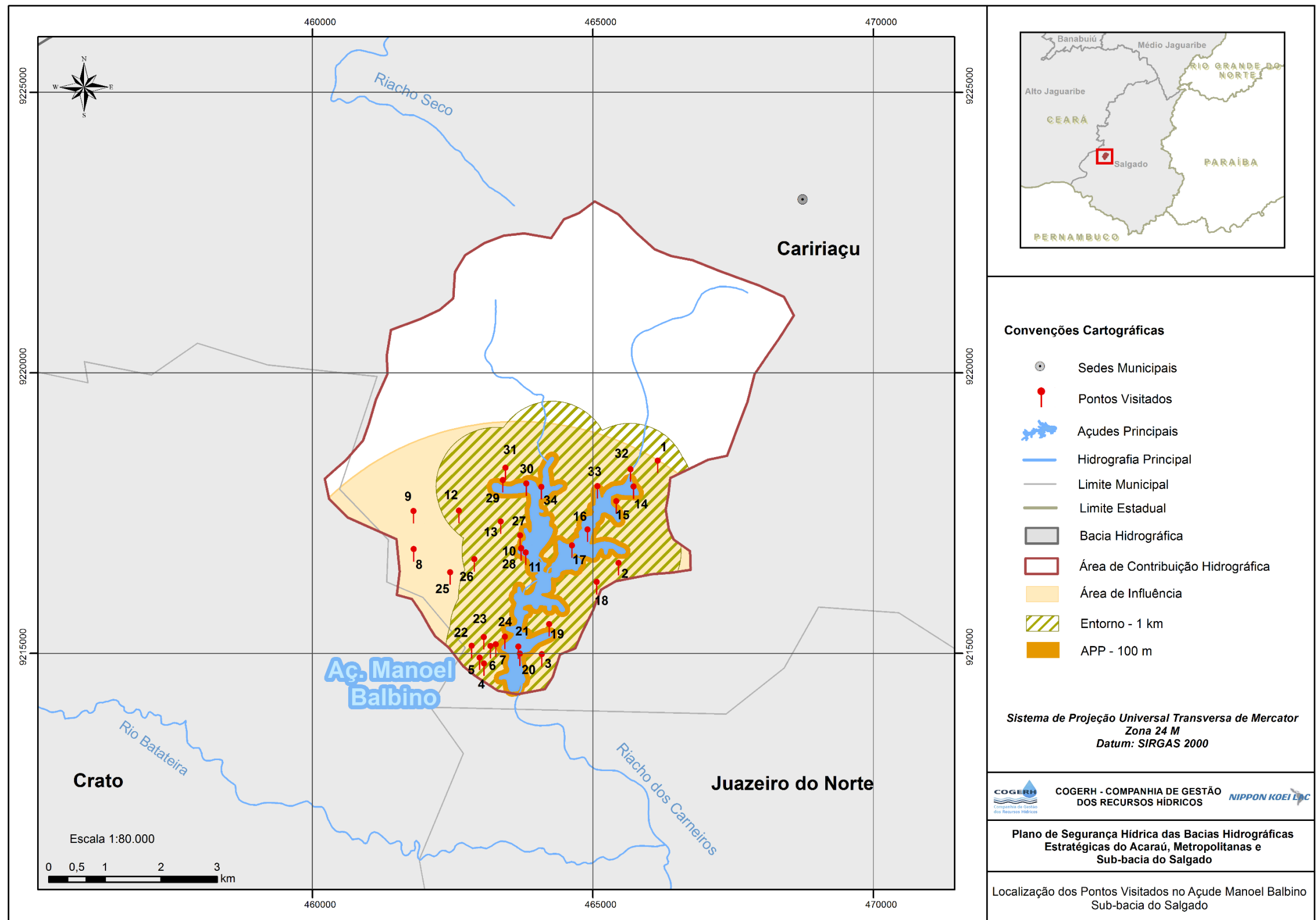
Figura 8 - Despejo inadequado de resíduos nas imediações da barragem Manoel Balbino



Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

A Figura 9 apresenta a localização dos pontos visitados na área de influência da bacia hidrográfica do açude Manoel Balbino. Em anexo, no Quadro 1, é apresentado o registro fotográfico da área de influência dessa bacia hidrográfica.

Figura 9 - Pontos visitados na área de influência da bacia hidrográfica – Açude Manoel Balbino



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

2.2 Medidas Mitigadoras

No açude Manoel Balbino 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;
- Retirar as residências e demais estruturas urbanas localizadas na APP do açude, bem como aplicar medidas de manejo e recuperação da vegetação ciliar do reservatório;
- Retirar estruturas para criação de animais situadas na área de preservação permanente do açude, como estábulos e currais, e construir bebedouros para os rebanhos fora da APP da bacia hidráulica do reservatório, evitando a permanência dos animais nas margens do açude;
- 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 à prefeitura para que haja a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos, conforme preconiza a Lei n.º 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Promover a fiscalização do manejo adequado das águas dos poços perfurados na região, garantindo o uso adequado dos recursos subterrâneos;
- Fazer gestão junto a órgão ambiental competente para evitar a lavra de areia clandestina, sem o necessário licenciamento ambiental;

- Fortalecer os programas de educação ambiental nas comunidades situadas na área de influência do açude Manoel Balbino, 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 do Comitê da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Salgado, 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 Cogeh 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 quanto a identificação das principais fontes de poluição do reservatório.



iPECE

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



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

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 do Saneamento (SNIS), de 2015, 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 e nas informações obtidas junto à Secretaria de Saúde do Estado do Ceará.

O município de Caririçu ocupa 98,39% da área total da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino, assim sendo, possui grande relevância e influência na dinâmica do uso e ocupação do solo e potencial influência poluidora para o reservatório em questão.

Na bacia de contribuição desse açude foram identificadas as localidades do município de Caririçu indicadas na Tabela 3. Merecem destaque as comunidades Sítio Cidade e Sítio Umburana pela proximidade ao açude.

Tabela 3 - Aglomerados urbanos identificados na bacia do açude Manoel Balbino

Nome	Tipo	Município	Distrito	Categoria ¹	Menor Comprimento da Rede de Drenagem até o Açude Manoel Balbino (km)
Caririçu	Sede Municipal	Caririçu	Caririçu	Urbano	5,30
São Paulo	Localidade	Caririçu	Miragem	Rural	4,28
Sítio Cidade	Localidade	Caririçu	Caririçu	Rural	0,50
Sítio Umburana	Localidade	Caririçu	Miragem	Rural	0,95

Fontes: Cogerh (2016a); IBGE (2015a).

Nota: ¹ Categoria conforme o setor censitário 2010 do IBGE.

O município de Crato também faz parte da bacia de contribuição do reservatório em estudo, porém não será considerado na análise socioeconômica por ocupar uma área de apenas 1,6% da área total da bacia.

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, no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino

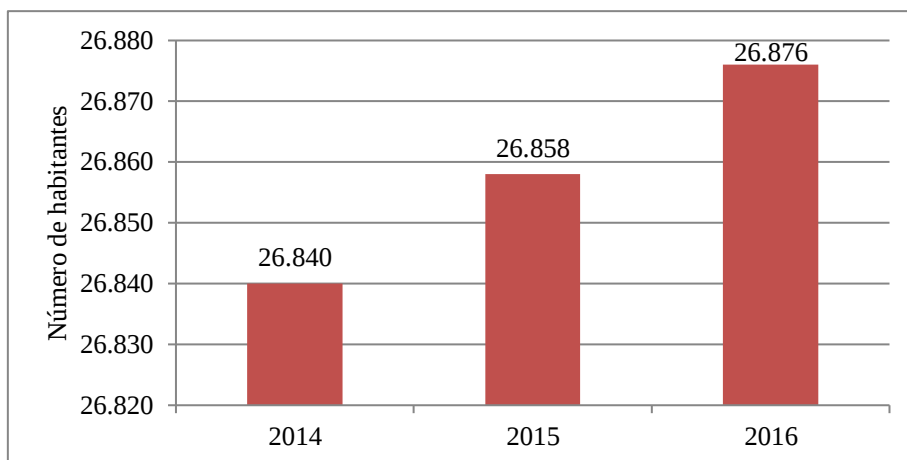
Município	Caririáçu
População em 1970	Urbana 4.102
	Rural 19.664
	Total 23.766
	% Urbana 17,26 %
População em 1980	Urbana 5.084
	Rural 18.446
	Total 23.530
	% Urbana 21,61 %
População em 1991	Urbana 7.237
	Rural 14.081
	Total 21.318
	% Urbana 33,95 %
População em 2000	Urbana 10.618
	Rural 15.115
	Total 25.733
	% Urbana 41,26 %
População em 2010	Urbana 14.031
	Rural 12.362
	Total 26.393
	% Urbana 53,16 %

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

Segundo o IBGE (2010), Caririáçu possui 26.393 habitantes, dos quais 53,16% residem na zona urbana. Comparando-se os dados dos censos realizados entre 2000 e 2010 observa-se que a população total aumentou. De acordo com Cogerh (2016b), a taxa geométrica de crescimento anual foi de 0,25% em Caririáçu entre os anos de 2000 e 2010. Tal tendência de aumento populacional impacta diretamente na demanda por recursos hídricos.

A Figura 10 apresenta um gráfico em que é possível observar a estimativa de crescimento populacional do município de Caririáçu entre os anos de 2014 e 2016, segundo o IBGE.

Figura 10 - Estimativa populacional do município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino



Fonte: IBGE (2010).

3.2 Educação e saúde

A educação básica em Caririçu é oferecida principalmente pelo governo estadual e municipal. Existem escolas particulares apenas no nível pré-escolar e fundamental (IBGE, 2015b). Além disso, o analfabetismo em pessoas com 15 anos ou mais se configura como um problema que precisa ser solucionado pelos gestores públicos, pois o número de analfabetos chega a representar 23,46% da população total residente (IBGE, 2010). Informações a respeito do número de docentes e matrículas iniciais no ano de 2015 são apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Número de docentes no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015

Município	Docentes				
	Total	Federal	Estadual	Municipal	Particular
Caririçu	404	-	64	299	41
Estado do Ceará	96.737	893	19.680	62.119	21.217

Fonte: IBGE (2015b); Ipece (2016).

Tabela 6 - Número de matrículas iniciais no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015

Município	Matrículas Iniciais				
	Total	Federal	Estadual	Municipal	Particular
Caririçu	6674	-	1.335	4.962	377
Estado do Ceará	2.229.711	11.107	432.014	1.333.872	452.718

Fonte: IBGE (2015b); Ipece (2016).

No que se refere à saúde, o município de Caririáçu utiliza o Sistema Único de Saúde (SUS). De acordo com o Ipece (2016), no ano de 2015 existiam em Caririáçu 0,78 médicos para cada mil habitantes, valor abaixo da média estadual, que é de 1,37 médicos/mil habitantes. Ver Tabela 7.

Tabela 7 - Profissionais de saúde/SUS no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015

Município	Total*	Médicos	Dentistas	Enfermeiros	Agentes Comunitários de Saúde	Médicos/1000 hab
Caririáçu	185	21	13	21	72	0,78

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 do município em estudo, os dados foram obtidos na Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), no Sistema de Atenção Básica (SIAB) - plataforma do Datasus, desenvolvida pelo Ministério da Saúde, referentes ao mês de dezembro de 2015 e no Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - Ipece (2016).

A cobertura da rede de abastecimento de água nos domicílios urbanos do município de Caririáçu chegou à universalização em 2015, isso significa que 100% das moradias possuem acesso à rede de abastecimento de água (Tabela 8).

Tabela 8 - Cobertura de abastecimento de água e esgoto no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015

Municípios	Taxa de cobertura (%)	
	Abastecimento de água	Esgotamento Sanitário
Caririáçu	100	-

Fonte: Ipece (2016).

O sistema de abastecimento de água de Caririáçu é operado pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE). Segundo Almeida (2015) e ANA (2010), o sistema conta como manancial principal o açude São Domingos e uma estação de tratamento situada à cerca de 500m desse reservatório. Segundo ANA (2010), a captação no açude São Domingos ocorre em dois pontos: por meio de um flutuante, com dois conjuntos motobombas (arranjo 1+1R), potência de 20 cv, vazão de 12,45 L/s e Altura Manométrica Total (AMT) de 69,3 m.c.a, e por meio de uma tomada direta, com vazão de 36,1 L/s. A ETA é do tipo convencional, com capacidade de produção de 38,8 L/s. Conforme SNSA (2017), em 2015 esse sistema era responsável por atender 15.373

habitantes nas áreas urbanas, com 4.500 ligações ativas e uma extensão de rede de 40 km, produzindo 1.556.220 m³ por ano.

Na Tabela 9 são apresentados os números de ligações ativas da rede de distribuição de água e o volume de água produzido anualmente. Segundo IPECE, 2016 a taxa de cobertura de água urbana em caririáçu é de 98,01%.

Tabela 9 - Ligações da rede de distribuição de água e rede coletora de esgoto no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino – Ano 2015

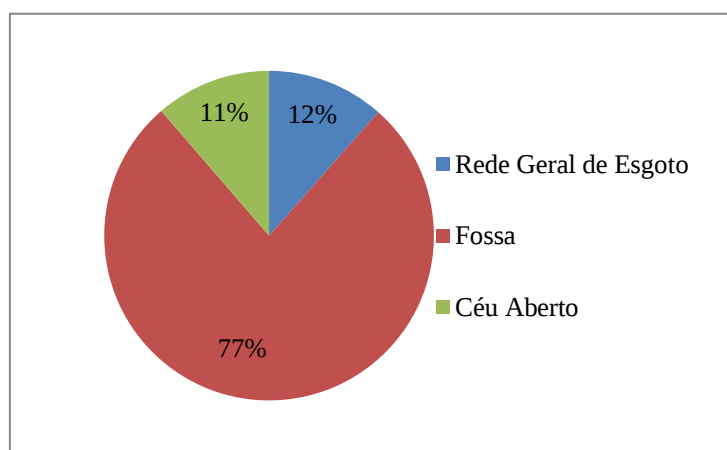
Município	Abastecimento de Água			Esgotamento Sanitário	
	Ligações Reais	Ligações Ativas	Vol. Produzido (m ³)	Ligações Reais	Ligações Ativas
Caririáçu	-	4.500	1.556.220	-	-

Fonte: SNSA (2017).

Com relação à destinação das águas servidas, o município não possui nenhum sistema de esgotamento sanitário coletivo (ALMEIDA, 2015). Em 2010, os efluentes eram dispostos sem nenhum tratamento na rede de drenagem (1,90%), em fossas sépticas (13,82%) e em outras formas, como fossas rudimentares, valas a céu aberto (74,15%) e, ainda, 10,13% das residências não possuíam banheiros (IPECE, 2016).

No entanto, dados de Brasil (2015) mostram que, aproximadamente, 77% das famílias de Caririáçu utilizam fossas para destinar suas águas servidas. Além disso, 12% utilizam a rede geral de esgoto e 11% despejam os efluentes líquidos a céu aberto (Figura 11).

Figura 11 - Destinação de águas servidas no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino

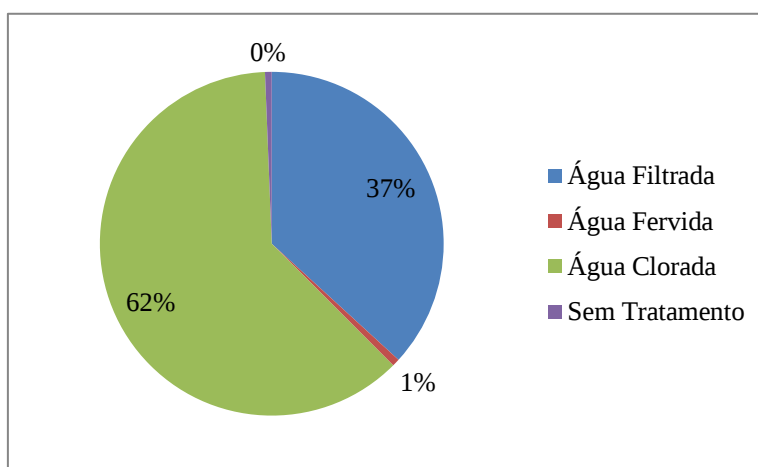


Fonte: adaptado de Brasil (2015).

As localidades identificadas na bacia do açude Manoel Balbino não possuem um sistema de esgotamento sanitário coletivo, sendo os efluentes lançados da rede de drenagem pluvial, no solo sob a forma de fossas ou valas e, ainda, diretamente nos corpos hídricos.

Com relação ao tratamento de água nos domicílios, dados de Brasil (2015) mostram que em Caririaçu 62% das famílias utilizam água clorada, sendo a água filtrada o segundo tipo de tratamento mais utilizado (Figura 12).

Figura 12 - Tratamento de água nos domicílios do município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Brasil (2015).

Com relação ao tipo de moradia, observa-se que 96,57% das casas são construídas com tijolos ou adobe. No que concerne ao acesso a energia elétrica, 99,39% das famílias possuem eletricidade, porcentagem que chega próximo à universalização (Tabela 10).

Tabela 10 - Tipos de moradias e acesso à energia elétrica no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino

Município	Caririaçu
Tijolos/Adobe	96,57 %
Taipa Revestida	2,48 %
Taipa Não Revestida	0,71 %
Madeira	0,22 %
Material Aproveitado	-
Outros	0,01 %
Energia Elétrica	99,39 %

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 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.

Em Caririçu, no ano de 2011 foram coletadas um total de 2.160 toneladas de RDO e RPU, atendendo 14.000 habitantes; já a taxa de cobertura do serviço de coleta dos RDO em relação à população total do município era de 63,8% e em relação à população urbana, 99,63% (SNSA, 2017). O destino final dos resíduos sólidos se dá em um lixão localizado a 16,9 km ao sul da sede municipal, na rodovia BR-060, fora da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino. Ressalta-se que esse lixão também recebe os resíduos sólidos da sede de Juazeiro do Norte.

3.5 Economia

A Tabela 11 apresenta o PIB a Preços de Mercado, o PIB *per capita* e a contribuição de cada setor na formação do PIB do município de Caririçu.

Tabela 11 - PIB a preços de mercado no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino

Município	Produto Interno Bruto (2012)				
	PIB a Preços de Mercado (R\$ mil)	PIB <i>per capita</i> (R\$/hab.)	PIB Agropecuária (%)	PIB Indústria (%)	PIB Serviços (%)
Caririçu	130.875	4.880	9,74	5,78	84,49

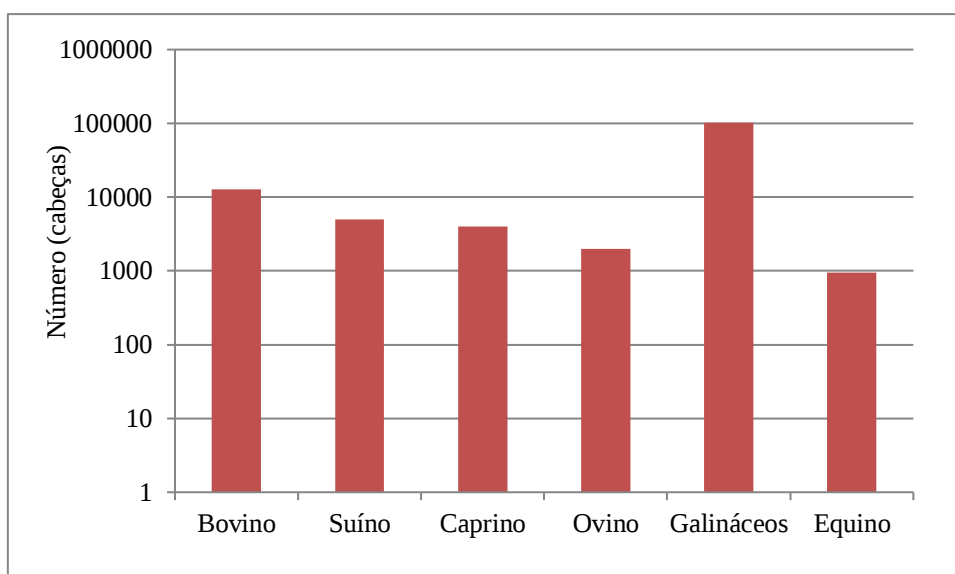
Fonte: Ipece (2016).

Observa-se que em Caririçu o setor de serviços é o maior responsável pelo PIB total do município, pois 84,49% do PIB municipal é oriundo de tal setor. O PIB agropecuário é o segundo mais influente, sendo responsável por 9,74% do PIB total. Já o setor industrial é o de menor influência, por representar apenas 5,78% do PIB municipal total, o que indica uma quase ausência de atividade industrial no município.

3.6 Pecuária

De acordo com dados do IBGE (2015c), em Caririaçu destaca-se a criação de galináceos, seguida da criação de bovinos, suínos e caprinos (Figura 13).

Figura 13 - Pecuária do município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino

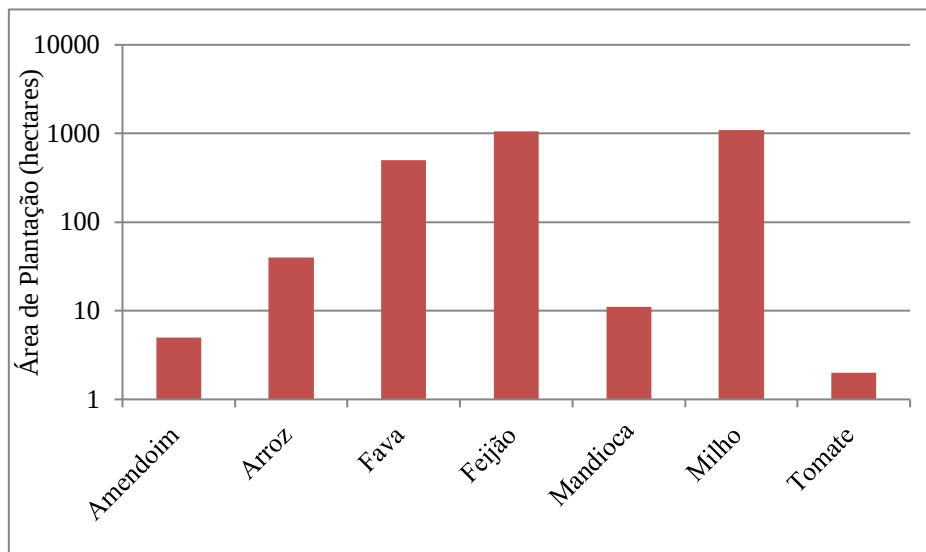


Fonte: IBGE (2015c).

3.7 Agricultura

De acordo com dados do IBGE (2015d), quanto aos tipos de cultivo em lavouras temporárias, destacam-se o feijão, o milho e a fava. Também são cultivados arroz, mandioca, amendoim e tomate, sendo o feijão e o milho os alimentos mais produzidos. A Figura 14 apresenta gráfico que indica a área plantada com lavouras temporárias no município em 2015.

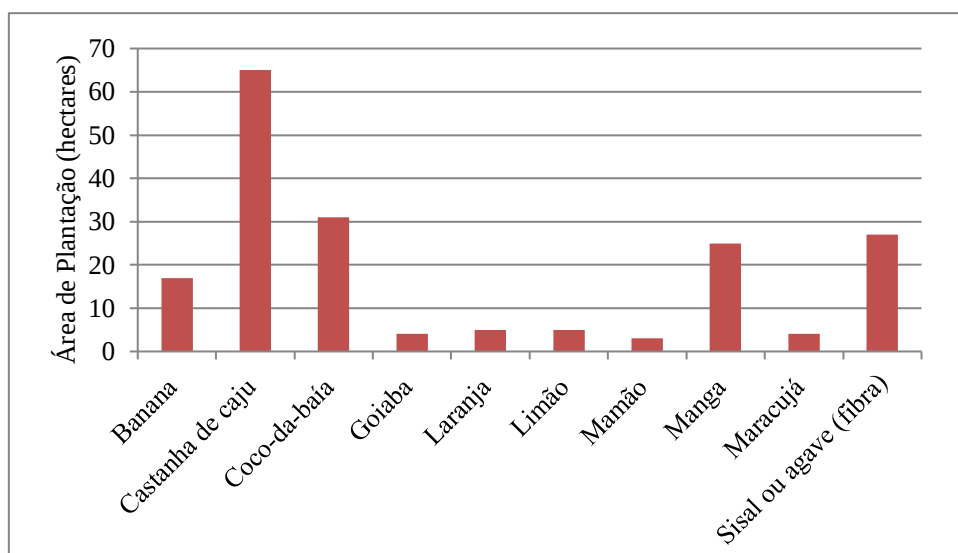
Figura 14 - Área plantada com lavoura temporária no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino



Fonte: IBGE (2015d).

No que se refere às lavouras permanentes, destaca-se o cultivo da castanha de caju. Também são cultivados o coco-da-baía, a manga, o sisal ou agave, a banana, a laranja, o limão e o maracujá. O gráfico apresentado na Figura 15 permite observar a área plantada com lavouras permanentes em Caririáçu no ano de 2015.

Figura 15 - Área plantada com lavoura permanente no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino



Fonte: IBGE (2015d).

3.8 Doenças de veiculação hídrica

O levantamento de informações sobre doenças de veiculação hídrica em Caririáçu foi realizado com base no uso de dados referentes aos números de casos confirmados para as doenças do tipo diarreica aguda (DDA), esquistossomose e leptospirose. Tais informações foram obtidas 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 página eletrônica.

A Hepatite A tem como transmissão a via fecal-oral, com maior incidência nos locais onde o saneamento básico é deficiente ou inexistente. Observa-se ao longo dos anos uma queda na taxa de incidência em ambos os sexos, podendo relacionar-se à melhoria das condições de higiene da população. Em Caririáçu não foram notificados casos de Hepatite A no ano de 2016.

As doenças do tipo diarreica aguda (DDA) são transmitidas principalmente através da 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 em Caririáçu. Em 2016, esse município notificou 1.041 casos da doença (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 não foi registrado nenhum caso da doença em Caririáçu (SESA, 2016a).

Indiretamente, a água também é responsável pela veiculação de verminoses, como a esquistossomose, doença parasitária causada pelo *Schistosoma mansoni*. Não existem informações disponíveis para o município de Caririáçu (SESA, 2016b).

3.9 Desenvolvimento humano

De acordo com o IBGE (2010), a população com renda mensal de até R\$ 70,00, considerada como extremamente pobre, apresenta em Caririáçu valor acima da média estadual, pois 31,75% de sua população é considerada extremamente pobre (Tabela 12). Vale ressaltar que a população rural preserva as maiores fatias da população extremamente pobre.

Tabela 12 - População com renda mensal de até R\$70,00 no município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino

Municípios	Total (%)	Urbana (%)	Rural (%)
Caririáçu	31,75	25,12	39,27
Estado do Ceará	17,78	11,44	36,88

Fonte: Ipece (2016).

A Tabela 13 apresenta o IDHM, desenvolvido conforme metodologia apresentada no Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD, Ipea e FJP, 2013) e o IDM desenvolvido pelo Ipece para o município de Caririáçu.

Tabela 13 - IDHM e IDM do município da bacia de contribuição do açude Manoel Balbino

Municípios	Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) - 2010		Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) - 2012	
	Valor	Posição no Ranking Estadual	Valor	Posição no Ranking Estadual
Caririáçu	0,578	168	26,65	98

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

Conforme PNUD *et al.* (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.

Conforme dados de 2010, Caririáçu classifica-se como município de IDHM baixo.

De acordo com Ipece (2012), o IDM pode ser dividido em 4 classes, em que 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. As 4 classes de IDM são assim subdivididas:

- 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.



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

Conforme dados publicados em 2012, o município de Caririaçu é classificado como município de IDM classe 4, ocupando a 98º posição no ranking estadual.





GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO



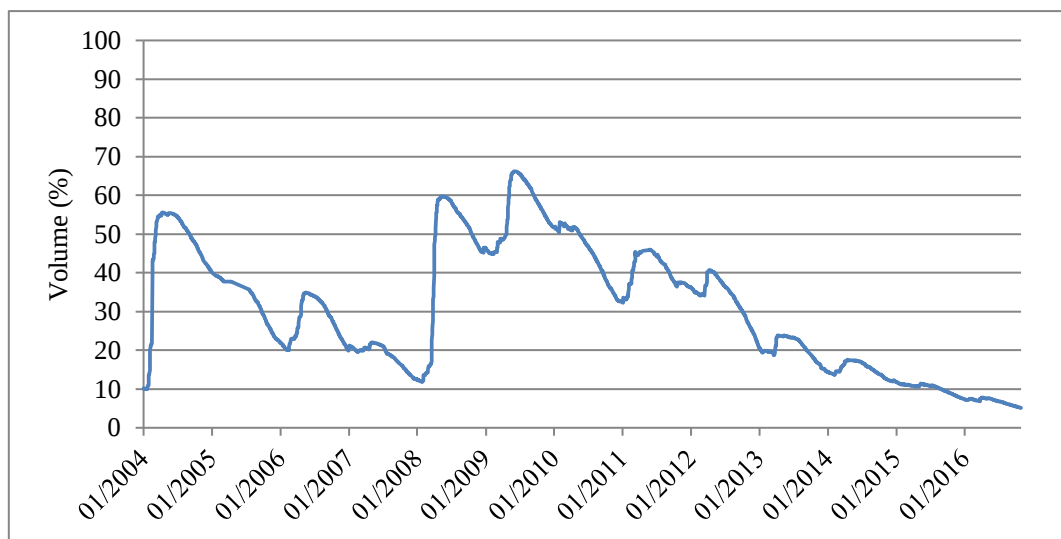
4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO

A variação do volume de armazenamento do açude Manoel Balbino 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 na Figura 16, que apresenta o gráfico do volume de água do reservatório em função do tempo, observa-se que a cota do vertedouro não foi ultrapassada ou igualada em nenhum ano. O volume máximo já atingido pelo reservatório foi de 66,19%, em maio de 2009.

Ademais, a partir do ano 2012 houve uma diminuição considerável no volume de armazenamento do açude Manoel Balbino, e embora tenham sido observados alguns aumentos no volume armazenado nos meses chuvosos, essa recarga foi considerada insignificante. Esse reservatório atingiu menos de 10% da sua capacidade máxima em 2015.

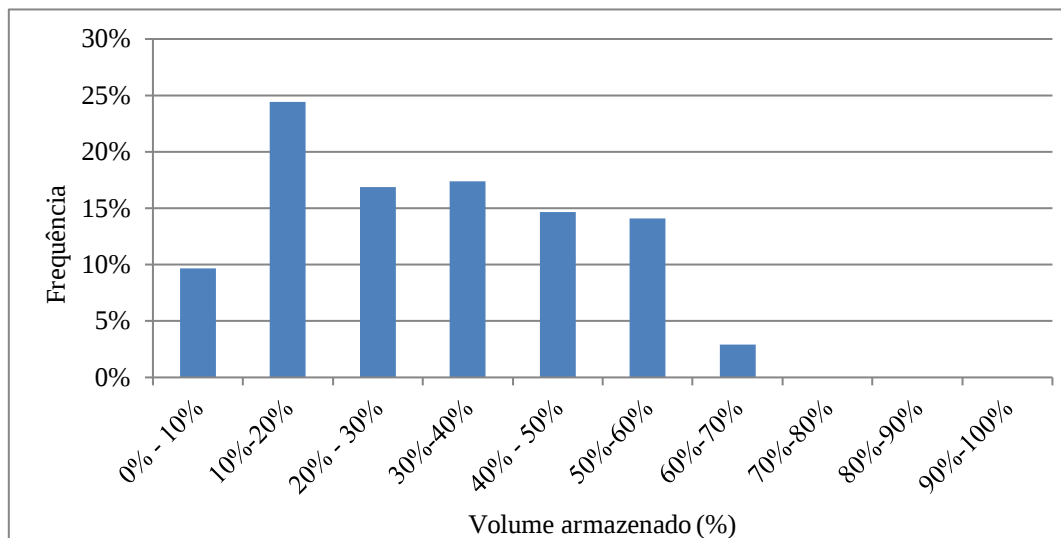
Figura 16 - Evolução do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

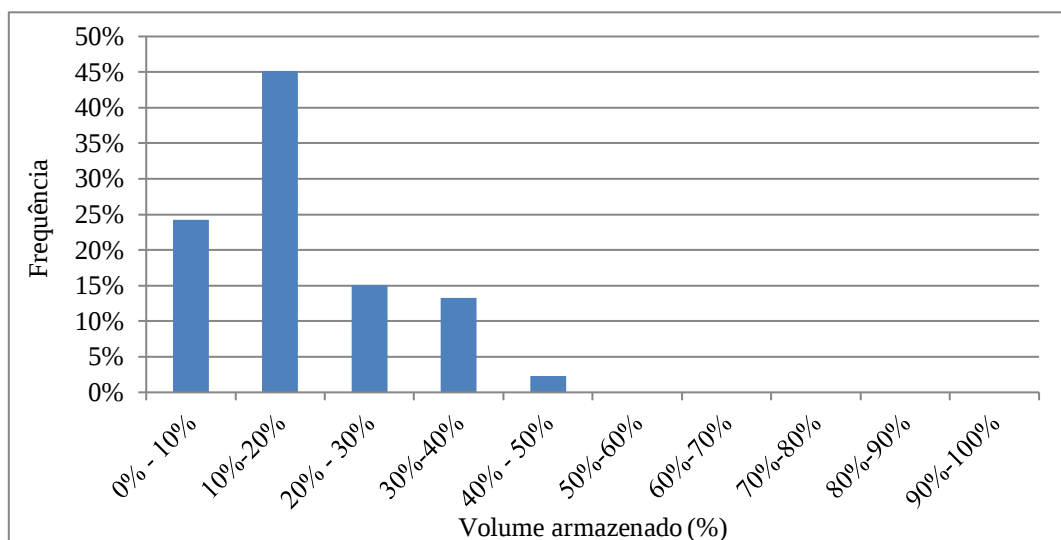
O histograma de volume armazenado apresentado na Figura 17 mostra que no período de 2004 a 2016 o açude Manoel Balbino esteve com volume entre 10% - 20% na maior parte do tempo. Quando comparado à frequência de volume armazenado dos últimos quatro anos (2012 a 2016), mostrado na Figura 18 observa-se que a situação se torna ainda mais crítica, considerando que o volume armazenado se torna menor com mais frequência.

Figura 17 - Histograma do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

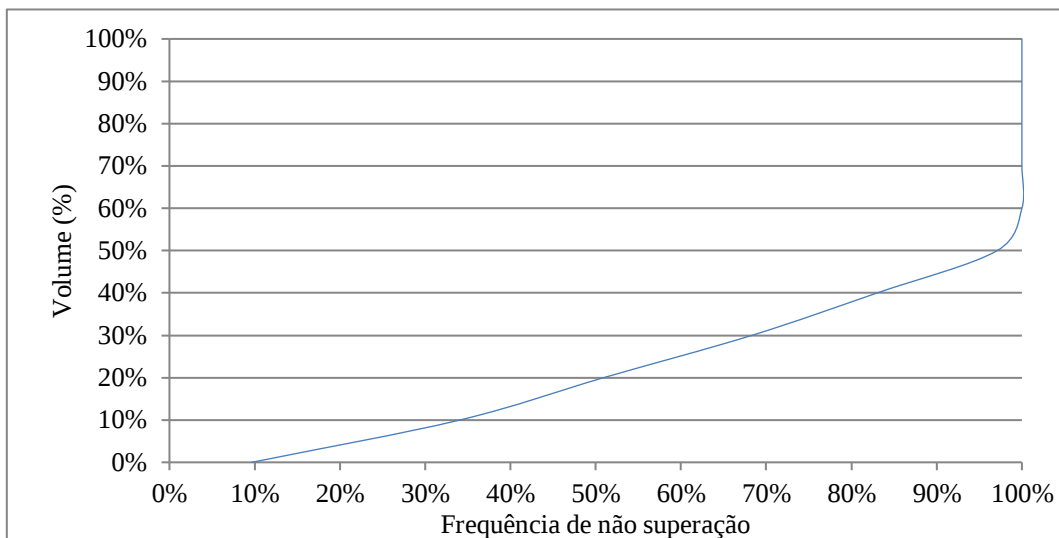
Figura 18 - Histograma do volume armazenado no período de 2012 a 2016 – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

Tal decréscimo de volume armazenado no reservatório está relacionado ao fenômeno da seca que se agravou no nordeste brasileiro a partir do ano de 2012. Para a sequência de dados históricos analisada, observa-se que durante 97,10% do tempo o volume armazenado é menor ou igual a 50% da sua capacidade de armazenamento, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 - Frequência de não superação do volume armazenado – Açude Manoel Balbino

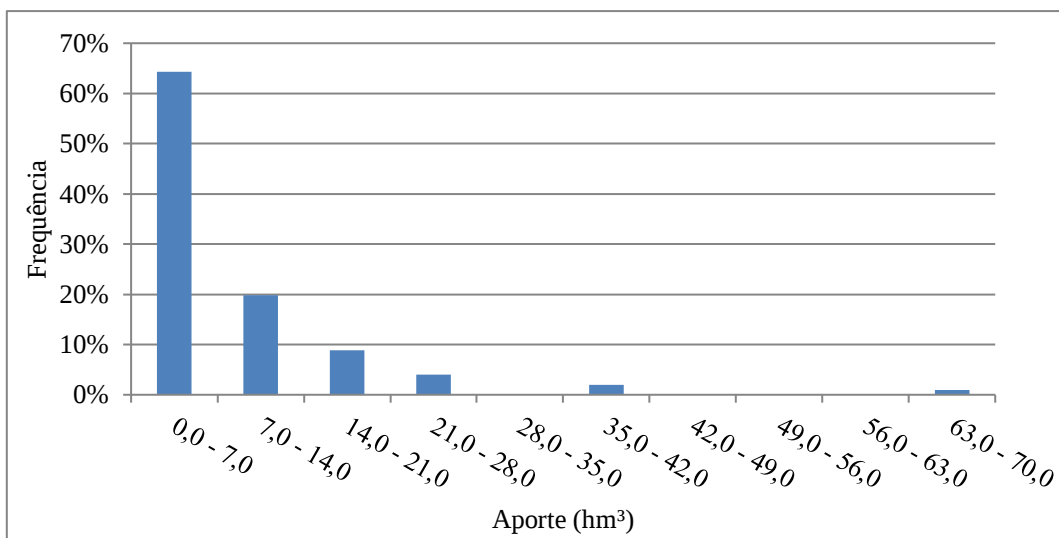


Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

Para a análise do aporte de água no açude Manoel Balbino foram utilizadas séries temporais de vazões médias anuais, obtidas pelo modelo de simulação hidrológica SMAP, disponibilizadas pela Cogerh.

Na Figura 20 é apresentado o gráfico que representa o histograma do aporte em hm³ para o açude Manoel Balbino.

Figura 20 - Histograma de frequência do aporte (hm³) – Açude Manoel Balbino

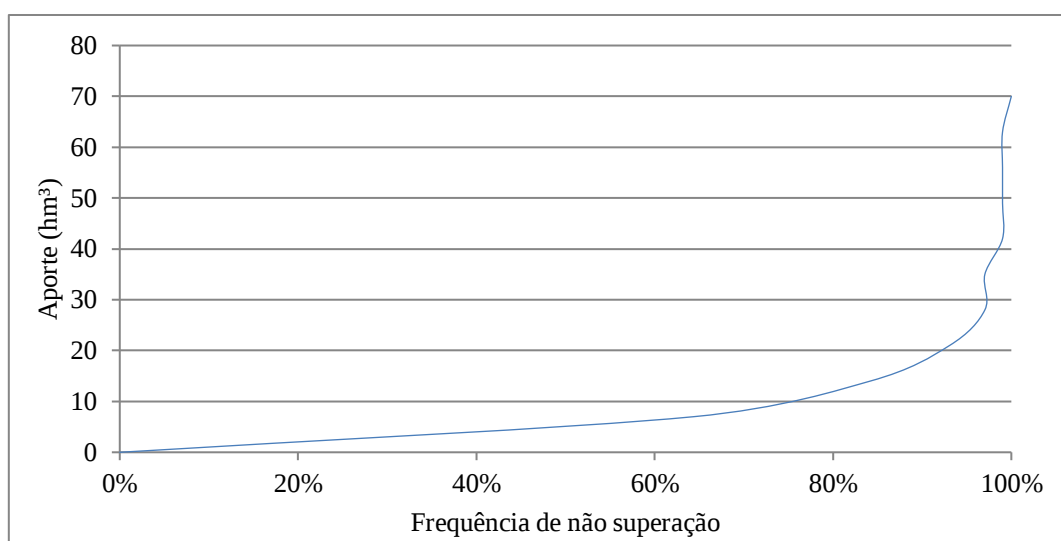


Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

A análise desse histograma mostra que, como esperado, a frequência de aporte anual ao reservatório apresenta forte assimetria para a direita, o que é uma 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 Manoel Balbino é da ordem de 10,10 hm³, valor inferior à sua capacidade de armazenamento (37,18 hm³).

A frequência de não superação da capacidade de armazenamento máxima do reservatório é de 46,53% (Figura 21).

Figura 21 - Frequência de não superação do aporte de água – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

5. QUALIDADE DA ÁGUA



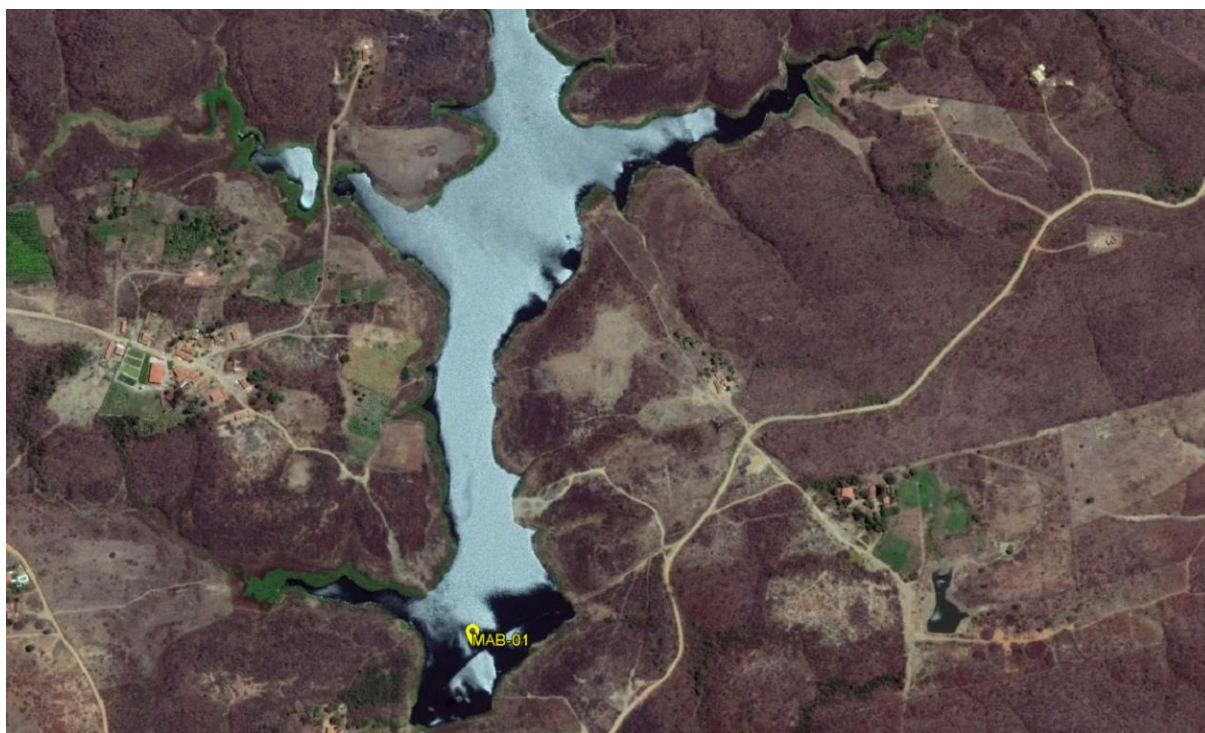
5. QUALIDADE DA ÁGUA

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 17/08/2016, técnicos da Cogerh e da Nippon realizaram coletas de água e de sedimento no açude Manoel Balbino, no ponto MAB-01 (UTM 473.528 E/ 9.272.141 N), conforme localização espacial indicada na Figura 22. As análises hidrobiológicas (contagem e identificação de fitoplâncton), físico-química e bacteriológica da água foram realizadas nos laboratórios da Cagece de Juazeiro do Norte/CE e 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 decorrido entre a coleta e as análises seguiram as orientações dos laboratórios.

Figura 22- Localização espacial do ponto de coleta no açude Manoel Balbino



Fonte: Google Earth, 2017.

As variáveis de qualidade de água obtidas em campo foram medidas com sonda multiparamétrica da YSI, modelo EXO1, 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 de 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 14, onde 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 fósforo total e de cianobactérias estão acima dessa referência.

A concentração de fósforo total, na amostra superficial, foi 23,3% a mais que o valor de referência, que é de 0,03 mg P/L, mas a média das três amostras resultou em 0,032 mg P/L.

A densidade de cianobactérias na amostra do Manoel Balbino foi mais de cinco vezes o valor de referência. Consequentemente, a concentração de oxigênio (10,01 mg O₂/L) pode ser atribuída à atividade fotossintética do fitoplâncton presente na água. Salienta-se que a referência para águas classe 2 é de até 50.000 células/mL de cianobactérias.

Observa-se que, aproximadamente, 82% do nitrogênio total quantificado na amostra da superfície é de nitrogênio orgânico, pois do nitrogênio inorgânico pesquisado foi constatado 0,100 mg N-NH₃/L de nitrogênio amoniacal e as outras duas formas de nitrogênio (nitrito e nitrato) não foram identificadas.

A água do açude Manoel Balbino apresentou bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}), que reagem com água e elevam os valores de pH, pois íons hidroxilas são originados: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$; $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$. 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^- : $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{OH}^-$ (ESTEVES, 1998).

A água do Manoel Balbino apresentou salinidade de 0,14, classificada como doce segundo a Resolução Conama nº. 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 2014 a 2016, conforme banco de dados da Cogerh, a bactéria foi identificada em coletas de 2014 e 2015. Destaca-se que no dia da coleta o açude estava com apenas 6,13% (2,28 hm³) de sua capacidade total (37,18 hm³). No período avaliado (2004 a 2016), não foram registrados eventos de sangria (CEARÁ, 2017).

Destaca-se que a disposição inadequada de resíduos sólidos e de esgotos nas margens do reservatório, conforme verificado no item 2.1.4. Principais impactos, alinhada aos baixos índices pluviométricos anuais, dificultam a renovação da massa de água do açude, fator que acelera a degradação da qualidade das águas.

Tabela 14 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológica do açude Manoel Balbino

Variáveis	Unidade	Classe 2	0,3 m	7,5 m	10,0 m
Cloreto	mg Cl ⁻ /L	250	36,73		
Cor verdadeira	mgPt/L	75	10,00		
Ferro	mg Fe/L		< 0,20		
pH	-	6 - 9	9,12		
Temperatura	°C		26,68		
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ /L	≥ 5	10,01		
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	217,00		
Sólidos totais	mg/L		223,00		
Sulfato	mg SO ₄ ²⁻ /L	250	< 7,68		
Turbidez	UNT	100	3,61		
Alcalinidade Bicarbonato	mg CaCO ₃ /L		63,58		
Alcalinidade Carbonato	mg CaCO ₃ /L		23,12		
Alcalinidade Hidróxido	mg CaCO ₃ /L		< 8,95		
Cálcio	mg Ca/L		5,83		
Condutividade elétrica	µS/cm		310		
Ferro dissolvido	mg Fe/L	0,3	< 0,20		

Variáveis	Unidade	Classe 2	0,3 m	7,5 m	10,0 m
Magnésio	mg Mg/L		13,50		
Sódio	mg Na/L		38,00		
Potássio	mg K/L		10,00		
Nitrogênio total	mg N/L		1,163	1,363	1,275
Fósforo total	mg P/L	0,03	0,037	0,029	0,030
Ortofosfato	mg P-PO ₄ ³⁻ /L		< 0,100		
Clorofila-a	µg/L	30	7,07		
Feofitina	µg/L		< 1,00		
Nitrogênio Amoniacal	mg N-NH ₃ /L	**	0,100	0,230	0,490
Nitrito	mg N-NO ₂ /L	1	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Nitrato	mg N-NO ₃ /L	10	< 0,100	< 0,100	< 0,100
DBO	mg O ₂ /L	5	< 2,00		
DQO	mg/L		35,46	23,49	37,86
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL		< 1,00		
Cianobactérias	Células/mL	50.000	260.922,7		
Demais grupos de fitoplâncton	Células/mL		55.261,0		
Salinidade	-		0,14		

Fonte: laudos Cagece 0638/2016, 0639/2016, 0640/2016 e 20638/2016.

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

Quanto às análises hidrobiológicas, os resultados apresentados nas Tabelas 15 e 16 indicam que 87,7% do fitoplâncton (indivíduos/mL) encontrados nas amostras são cianobactérias. O resultado supera em mais de 400% a concentração limite de cianobactérias para corpos hídricos de classe 2. Destaca-se também a baixa biodiversidade fitoplanctônica, que é característica de reservatório eutrofizado. Ressalta-se que a Portaria n.º 2914/2011, do Ministério da Saúde, recomenda que os mananciais utilizados para abastecimento humano, com 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 (BRASIL, 2011).

Tabela 15 - Quantitativo e qualitativo de cianobactérias no açude Manoel Balbino

Organismos Identificados	Indivíduos/mL	Células/mL
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	2.043,9	45.783,3
<i>Merismopedia sp.</i>	8.781,2	215.139,4
Total	10.825,1	260.922,7

Fonte: laudo Cagece 20638/2016.

Tabela 16 - Quantitativo e qualitativo dos demais grupos de fitoplâncton no açude Manoel Balbino

Organismos Identificados	Indivíduos/mL	Células/mL
<i>Botryococcus</i> sp.	908,4	54.504,0
<i>Chlorococcales</i>	75,7	75,7
<i>Cryptomonas</i> sp.	302,8	302,8
<i>Monoraphidium griffithii</i>	151,4	302,8
<i>Staurastrum</i> sp.	75,7	75,7
Total	1.514,0	55.261,0

Fonte: laudo Cagece 20638/2016.

Dos elementos químicos analisados na água não foram identificados: berílio, cádmio, chumbo, cianeto, cobalto, cromo, lítio, mercúrio, níquel, prata, selênio, urânio, vanádio, antimônio e cobre, assim como sulfetos. Os elementos identificados foram: arsênio, bário, boro, fluoreto, manganês, alumínio, ferro e zinco, todos em concentrações abaixo do limite da classe 2 (Tabela 17).

Tabela 17 - Resultados de análises (em mg/L) da água do açude Manoel Balbino

Variáveis	Classe 2	Manoel Balbino
Arsênio	0,01	0,00420
Bário	0,7	0,0316
Berílio	0,04	< 0,001
Boro	0,5	0,0628
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	0,38
Lítio	2,5	< 0,001
Manganês	0,1	0,0217
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	-	0,0644
Antimônio	0,005	< 0,001
Cobre	-	< 0,001
Ferro	-	0,124
Zinco	0,18	0,0296
Sulfetos (com o H ₂ S não dissociado)	0,002	< 0,002

Fonte: laudo da Mérieux NutriSciences 225456/2016-0.

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, conseqüentemente, 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 indicado nas equações 1, 2 e 3.

$$IET (PT) = (10 \times (6 - (\ln(80,32 / (PT \times 1000))) / \ln(2))) \quad (\text{equação 1})$$

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

$$IET (\text{médio}) = (IET (PT) + IET (CL)) / 2 \quad (\text{equação 3})$$

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 dos dois, a classe trófica é obtida, conforme critérios apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Classe trófica a partir do IET do fósforo e clorofila

Critério	Classe trófica
$IET \leq 44$	Oligotrófico
$44 < IET \leq 54$	Mesotrófico
$54 < IET \leq 74$	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); nos valores menores que 10:1, o limitante é o nitrogênio, já os maiores que 22:1 é 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 indicado na Tabela 19.

Tabela 19 - 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

Fonte: 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 20 apresenta as faixas para cada classe de trofia em função da transparência.

Tabela 20 - 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 21 apresenta os valores das variáveis utilizadas nos cálculos dos índices, as classificações tróficas e a relação N:P. A classificação final foi eutrófico que, segundo Lamparelli (2004) e Cetesb (2007) *apud* ANA (2017), indica que as águas apresentam alta produtividade, em geral, afetadas por atividades antrópicas, ocasionando alterações indesejáveis na qualidade da água e interferências nos usos múltiplos.

Tabela 21 - Classificação do estado de trofia do açude Manoel Balbino

Variável	Valor
Fósforo total (mg/L)	0,037
Nitrogênio total (mg N/L)	1,163
Clorofila-a (µg/L)	7,1

Variável	Valor
Cianobactérias (células/mL)	260.922,7
Transparência (m)	1,30
N:P	69,51
Nutriente limitante	Fósforo
IET - Classe	78,10 - Mesotrófico
Cianobactérias - Classe	Eutrófico
Transparência - Classe	Mesotrófico
Classificação final	Eutrófico

Fonte: laudos Cagece 0638/2016 e 20638/2016.

5.1.1.2 IQAR

A avaliação da qualidade da água do açude Manuel Balbino 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 22 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 22 - 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 Manoel Balbino foi 4,11, resultando na Classe IV (Tabela 23), que indica reservatórios criticamente degradados a poluídos, com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de oxigênio dissolvido da coluna d'água, com aporte de consideráveis cargas de nutrientes e alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas ou cianobactérias (IAP, 2004).

Tabela 23 - IQAR do açude Manoel Balbino

Profundidade	Prof. I	Prof. II	Prof. III
Profundidade de Coleta (m)	0,30	7,5	10,0
Fósforo Total (mg/L)	0,037	0,0300	0,029
Nitrogênio amoniacal (mg N-NH ₃ /L)	0,100	0,490	0,230
Nitrito (mg N-NO ₂ /L)	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Nitrato (mg N-NO ₃ /L)	< 0,100	< 0,100	< 0,100
DQO (mg/L)	35,46	37,86	23,49
Clorofila-a (µg/L)	7,07		
Cianobactérias (células/mL)	260.922,7		
Média Déficit OD (%)		31,00	
Transparência (m)		1,30	
Profundidade Média (m)		6,8	
Tempo de Residência (dias)		941	
IQAR - CLASSE	4,11	- CLASSE IV	

Fonte: laudos Cagece 0638/2016, 0639/2016, 0640/2016 e 20638/2016.

Nota: os LQs do nitrito e nitrato foram adotados para efeito de cálculo do IQAR.

Salienta-se que os dados de qualidade de água apresentados são de água bruta, portanto, essa água 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 a 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 24 apresenta a classificação

quanto à salinidade e sodificação das águas do açude Manoel Balbino. 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 24 - Classificação das águas do açude Manoel Balbino quanto a salinidade e sodificação

Variável	Valor
Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	310
Sódio (mg/L)	38,00
Cálcio (mg/L)	5,83
Magnésio (mg/L)	13,50
RAS ($(\text{meq}/\text{L})^{-1/2}$)	1,96
Classificação	C2S1
Salinidade	Nenhum

Fonte: laudo Cagece 0638/2016.

5.1.2 Sedimento

Os resultados das análises do sedimento podem ser visualizados na Tabela 25, junto aos valores determinados na Resolução Conama n.º 454/2012 referentes 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 37,5% p/p. Dos 24 elementos químicos analisados, não foram identificados: berílio, cádmio, fluoreto, mercúrio, prata, selênio, urânio e antimônio, assim como sulfetos. Os elementos identificados foram: arsênio, bário, boro, chumbo, cianeto, cobalto, cromo, lítio, manganês, níquel, vanádio, alumínio, cobre, ferro, zinco e fósforo. A concentração de arsênio no sedimento foi acima do Nível 2, conforme Resolução Conama n.º 454/2012. Chumbo, cianeto, cobalto, cromo, lítio, níquel, vanádio e antimônio não foram identificados na amostra de água, apenas no sedimento.

O fósforo apresentou uma concentração abaixo do valor de alerta, que é de 2.000 mg/Kg, preconizado pela Resolução Conama n.º 454/2012.

Tabela 25 - Resultados de análise do sedimento do açude Manoel Balbino

Variáveis	Unidade	Nível 1 (N1)	Nível 2 (N2)	Manoel Balbino
Arsênio	mg/kg	5,9	17,0	17,5
Bário	mg/kg	---	---	203
Berílio	mg/kg	---	---	< 1
Boro	mg/kg	---	---	182
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,1
Chumbo	mg/kg	35,0	91,3	30,6
Cianeto	mg/kg	---	---	0,2
Cobalto	mg/kg	---	---	9,24
Cromo	mg/kg	37,3	90,0	26,6
Fluoreto	mg/kg	---	---	< 1
Lítio	mg/kg	---	---	12,1
Manganês	mg/kg	---	---	398
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,05
Níquel	mg/kg	18,0	35,9	14,2
Prata	mg/kg	---	---	< 1
Selênio	mg/kg	---	---	< 1
Urânio	mg/kg	---	---	< 1
Vanádio	mg/kg	---	---	64,5
Alumínio	mg/kg	---	---	22.200
Antimônio	mg/kg	---	---	< 1
Cobre	mg/kg	35,7	197,0	18,6
Ferro	mg/kg	---	---	40.000
Zinco	mg/kg	123,0	315,0	58,8
Sulfeto	mg/kg	---	---	< 1
pH (suspensão a 5%)	---	---	---	6,48
Porcentagem de Sólidos	% p/p	---	---	37,5
Fósforo	mg/kg	---	---	860

Fonte: laudo da Mérieux NutriSciences 225474/2016-0.

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 Manoel Balbino, referente ao período de 2004 a 2016, são apresentadas na Tabela 26. Os dados de qualidade aqui apresentados são oriundos de amostras coletadas a 0,3 m da superfície da água no ponto MAB-01 (UTM 473.528 E/ 9.272.141 N),

Como visto para a maioria das variáveis, foram obtidos coeficientes de variação (CV) elevados, maiores que 30%, indicando uma grande dispersão ou variabilidade dos dados.

Tabela 26 - Estatística da qualidade de água da série histórica do açude Manoel Balbino – 2004 a 2016

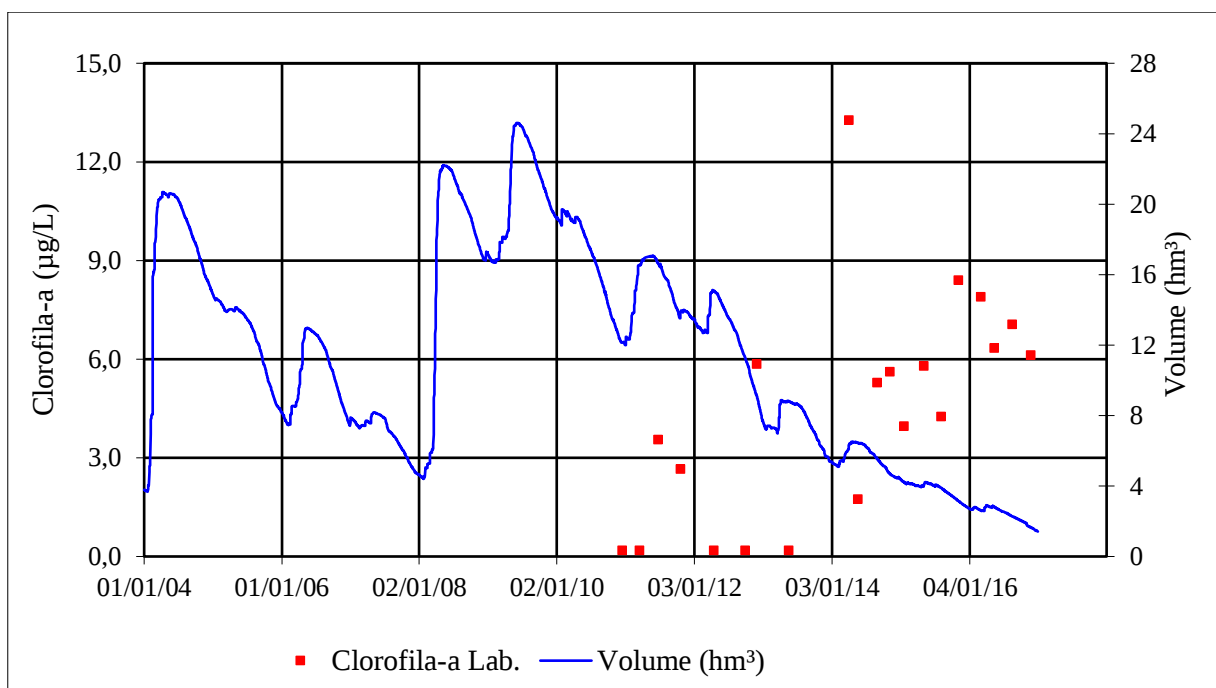
Variável	Conama 357 Classe 2	Unidade	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	CV (%)	NR
Alcalinidade total	-	mg CaCO ₃ /L	147,31	65,05	89,53	87,47	19,22	21
Condutividade elétrica		µS/cm	399	100	246	240	28,29	23
Cálcio	-	mg/L	49,80	<10,00	10,03	8,24	98,80	23
Magnésio	-	mg/L	19,39	<10,00	12,25	11,76	21,96	23
Sódio	-	mg/L	50,65	2,85	28,93	29,27	36,29	23
Sulfato	250	mg/L	7,68	<3,00	5,88	7,68	34,86	22
Cloreto	250	mg/L	57,22	16,79	30,34	27,44	35,99	24
Sólidos Totais	-	mg/L	287,00	122,00	176,25	155,25	27,27	20
Sólidos Dissolvidos Totais	500	mg/L	371,00	60,00	168,83	150,50	37,14	23
Cor verdadeira	75	mg Pt/L	15,00	2,50	7,23	5,00	71,37	20
Turbidez	100	NTU	4,07	<1,00	2,15	2,06	40,47	24
Ferro	-	mg/L	0,36	<0,014	0,13	0,20	84,62	23
pH	6 - 9	-	9,53	7,31	8,20	7,98	7,32	25
Clorofila-a	30	µg/L	13,29	<0,20	4,45	4,78	77,75	20
Nitrogênio Total	-	mg N/L	1,360	<0,100	0,550	0,560	70,91	24
Fósforo Total	0,03	mg P/L	0,240	<0,014	0,063	0,028	117,46	23
Ortofosfato	-	mg P-PO ₄ ³⁻ /L	<0,100	<0,010	-	-	-	22
Oxigênio dissolvido	≥5	mg O ₂ /L	12,70	6,59	8,13	7,60	19,07	15
DBO	5	mg O ₂ /L	6,35	<2,00	2,69	2,00	49,44	12
Coliformes Termotolerantes	1.000	NMP/100mL	280,00	<1,00	47,99	9,10	191,00	9
<i>Escherichia coli</i>	-	NMP/100mL	5,20	<1,00	2,03	1,00	79,31	11
Demais grupos do fitoplâncton	-	Células/mL	48.748,0	0,00	5.251,78	416,00	222,50	29
Cianobactérias	50.000	Células/mL	271.601,00	0,00	35.494,28	11.922,00	168,05	29

Fonte: Cogerh, 2016.

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

Percebe-se na Figura 23 que as concentrações de clorofila-a foram menores que 30 $\mu\text{g/L}$, que é o valor de referência para classe 2. O maior valor de clorofila-a foi 13,29 $\mu\text{g/L}$ (abril/2014) e o coeficiente de variação dos 20 resultados observados foi 77,75%.

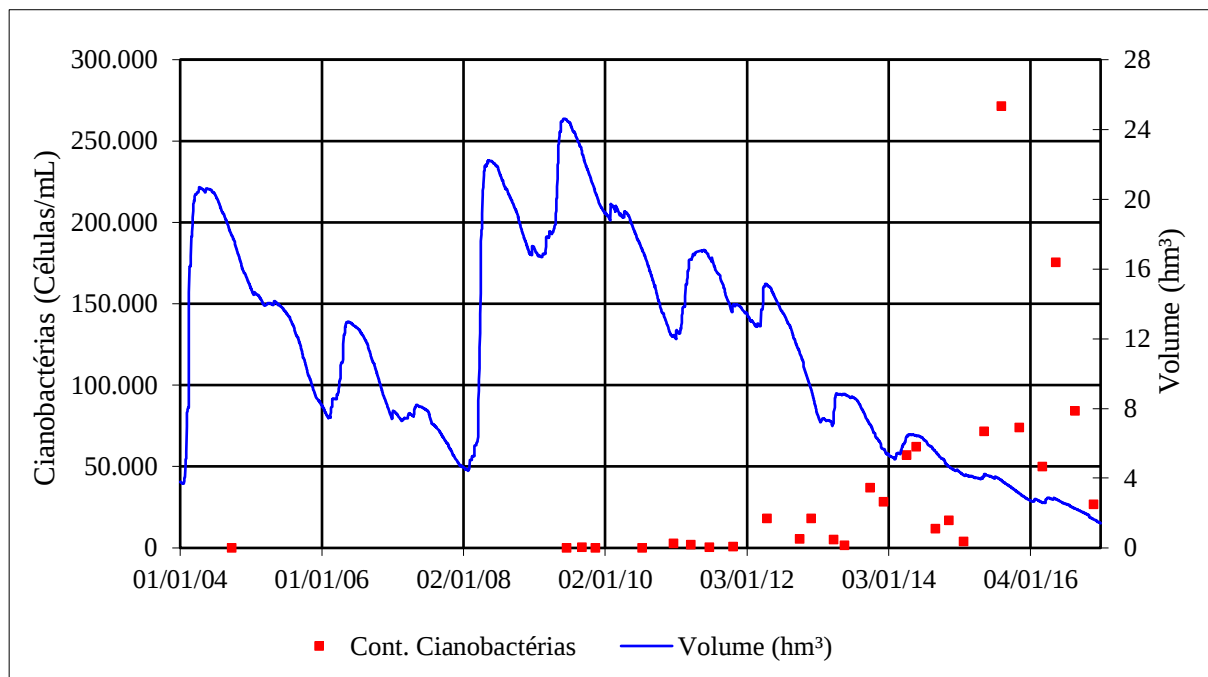
Figura 23 - Volume e clorofila-a ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A contagem de cianobactérias (Figura 24) no período analisado (29 resultados) variou de 0,00 a 271.601,00 células/mL. A maioria dos dados foi menor que 50.000 células/mL, que é valor de referência para classe 2 da Resolução Conama n.º 357/2005. Em todas as análises de contagem de cianobactérias foram avaliados os demais grupos de fitoplânctons e o maior valor encontrado foi de 48.748,0 células/mL. Contudo, em seis amostras nenhum dos demais grupos foram identificados.

Figura 24 - Volume e cianobactérias ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino

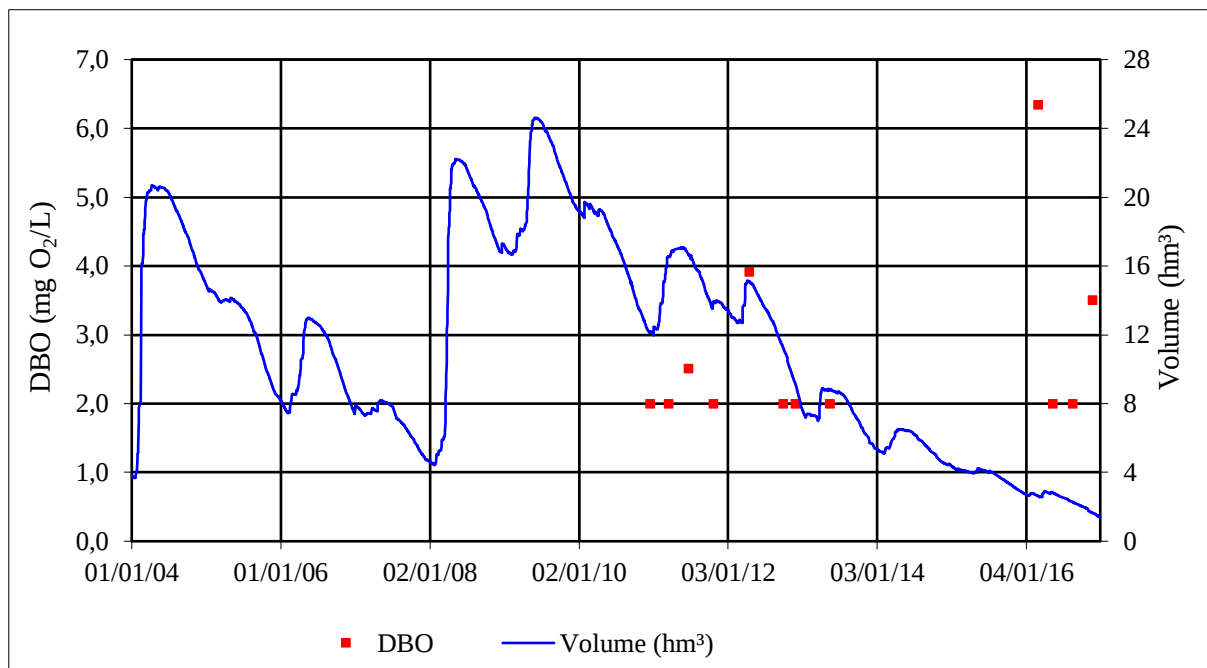


Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

O valor médio da DBO no período avaliado (2010 a 2016) foi 2,69 mg/L e o coeficiente de variação foi de 49,44%. Em oito análises a concentração não foi identificada, pois estava menor que o limite de quantificação (LQ), que é de 2,0 mg/L. A Figura 25 mostra que o valor máximo quantificado foi 6,35 mg/L (março/2016), único resultado dos 12 dados maior que 5 mg/L, que é a referência para classe 2 da Resolução Conama n.º357/2005.

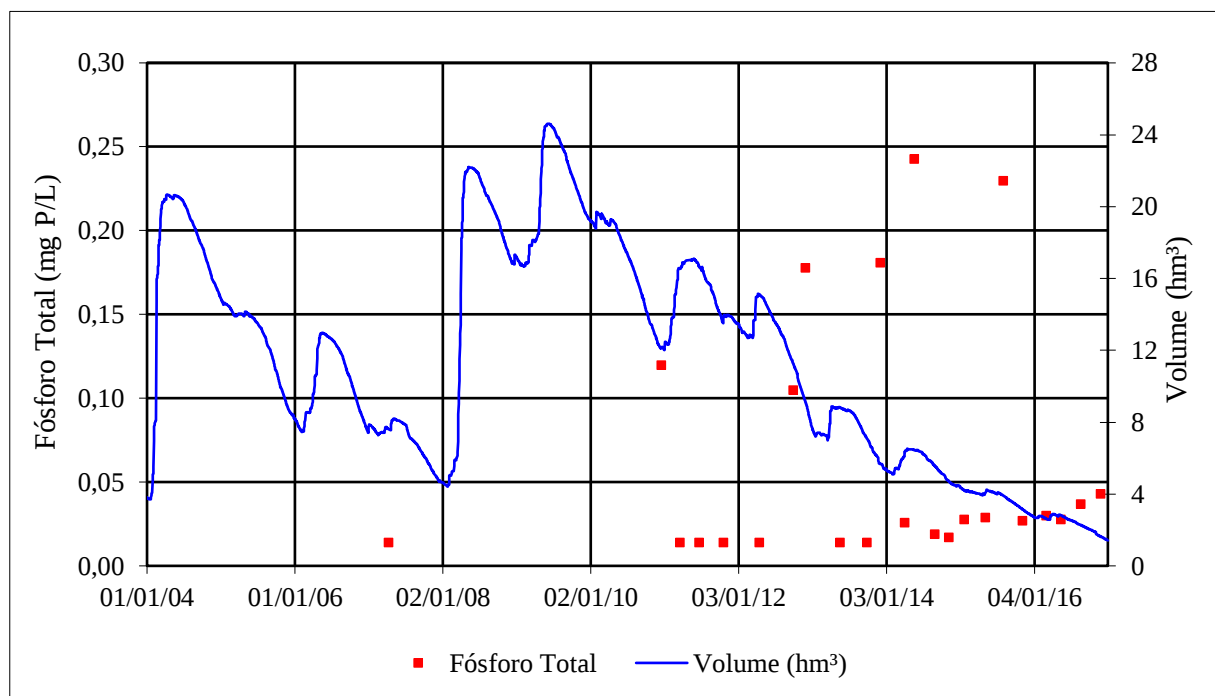
O coeficiente de variação do fósforo total foi de 117,46% e a maior concentração foi de 0,240 mg P/L. Em muitas coletas (2011 a 2013) não foi possível quantificar a concentração de fósforo total, pois estava abaixo do LQ, que é de 0,014 mg P/L. Dos 23 resultados, cinco apresentaram concentrações acima de 0,03 mg P/L, valor de referência para classe 2. A maioria das concentrações foram menores que 0,05 mg P/L. O ortofosfato, forma assimilada pelo fitoplâncton, não foi quantificado nas 22 amostras de água (Figura 26).

Figura 25 - Volume e DBO ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

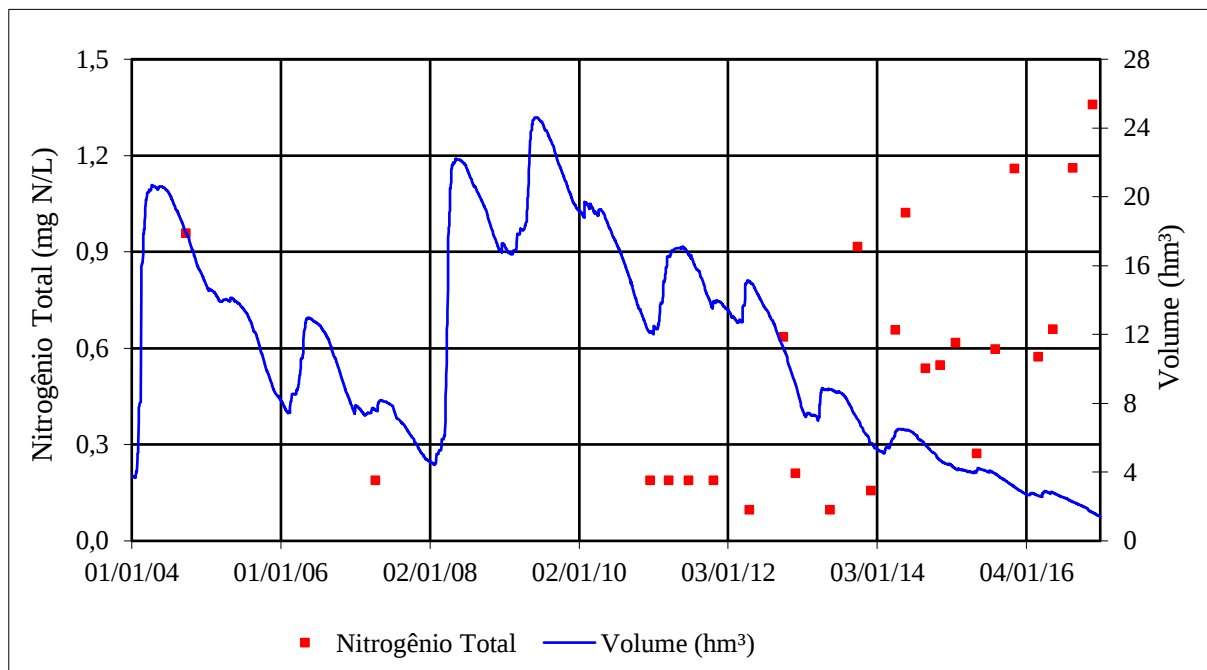
Figura 26 - Volume e fósforo total ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A Figura 27 mostra que as concentrações de nitrogênio total foram, na maioria das coletas, menores que 1,0 mg N/L. A maior concentração observada de 2007 a 2016 foi 1,360 mg N/L, o coeficiente de variação dos 24 resultados foi 70,91% e a média de 0,550 mg N/L.

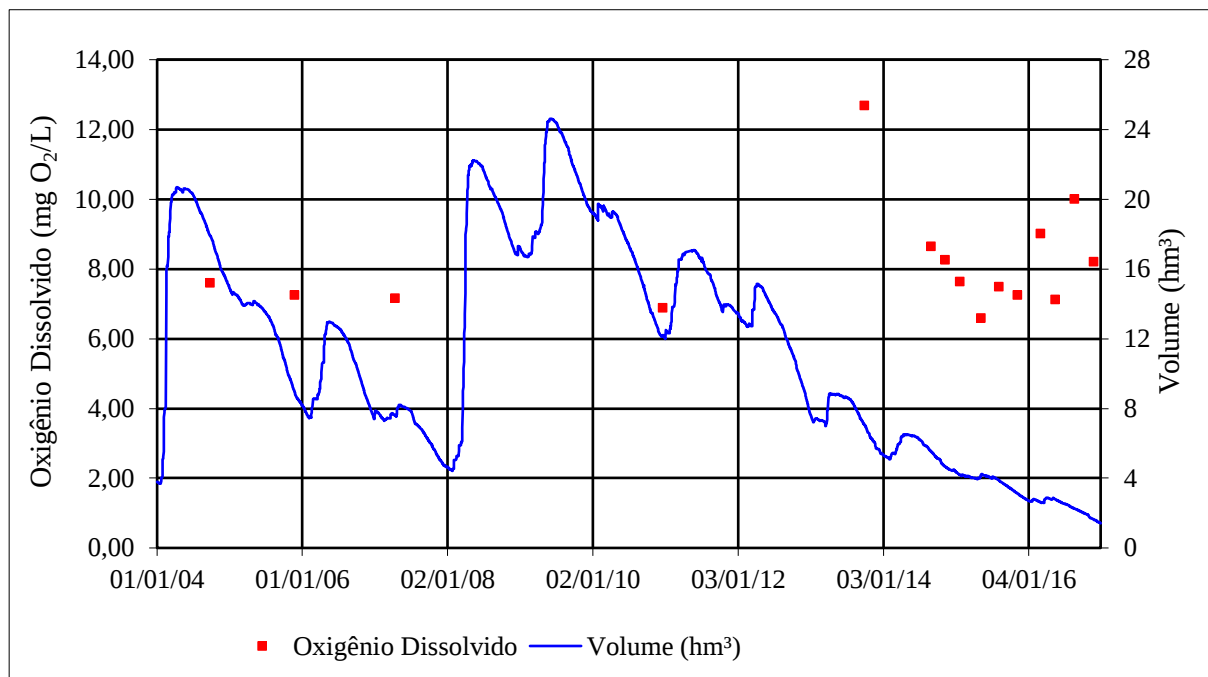
Figura 27 - Volume e nitrogênio total ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

O oxigênio dissolvido (Figura 28) na superfície das águas do açude Manoel Balbino variou de 6,59 a 12,70 mg O₂/L no período de 2004 a 2016. A maioria das concentrações variaram de 6 a 10 mg O₂/L. A média geral dos 15 resultados de oxigênio foi de 8,13 mg O₂/L e o coeficiente de variação foi de 19,07%.

Figura 28 - Volume e oxigênio dissolvido ao longo do tempo - Açude Manoel Balbino



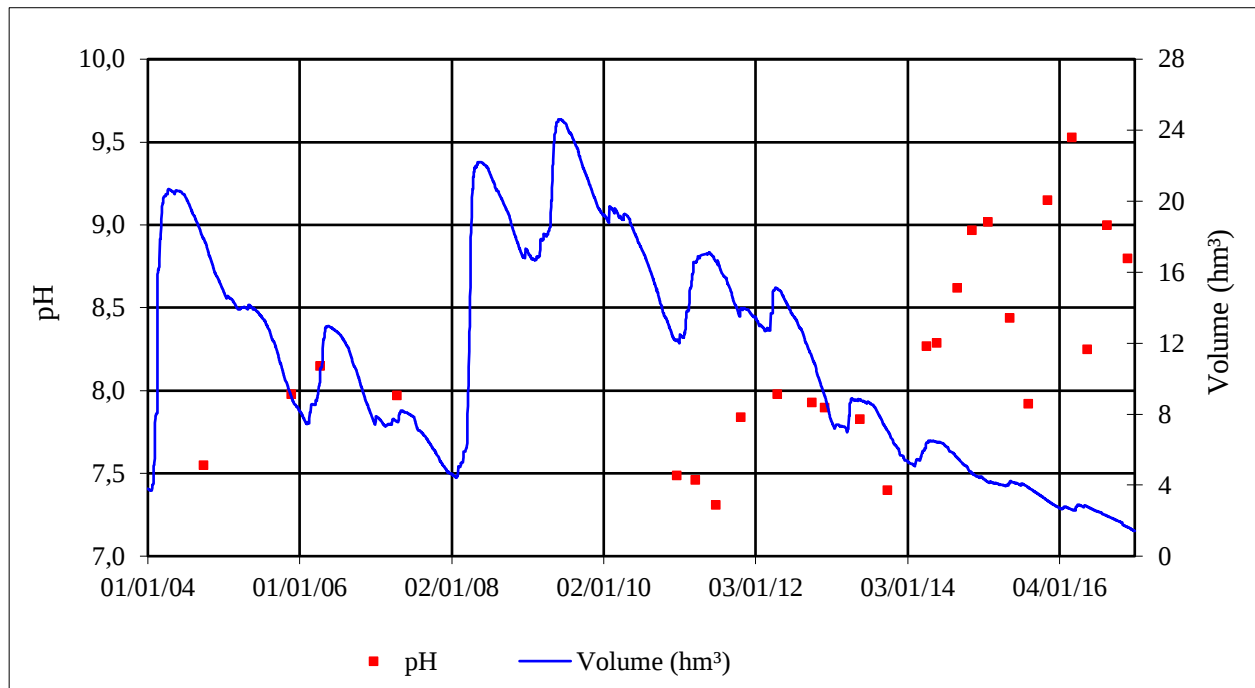
Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

O pH das águas do açude Manoel Balbino variou de 7,31 a 9,53 (Figura 29), mas a partir de 2014 quase todos os resultados foram maiores que 8,0, sendo observados 25 resultados de 2004 a 2016, com coeficiente de variação de 7,32%.

A Figura 30 apresenta os 24 dados de turbidez das amostras de água do açude Manoel Balbino. Os valores de turbidez variaram de <1,0 a 4,07 NTU (todos abaixo de 100 NTU, que é a referência do Conama para classe 2), sendo que de 2004 a março/2016 os valores não ultrapassaram 3,0 NTU. O coeficiente de variação dos valores de turbidez foi de 40,47% e a média de 2,15 NTU.

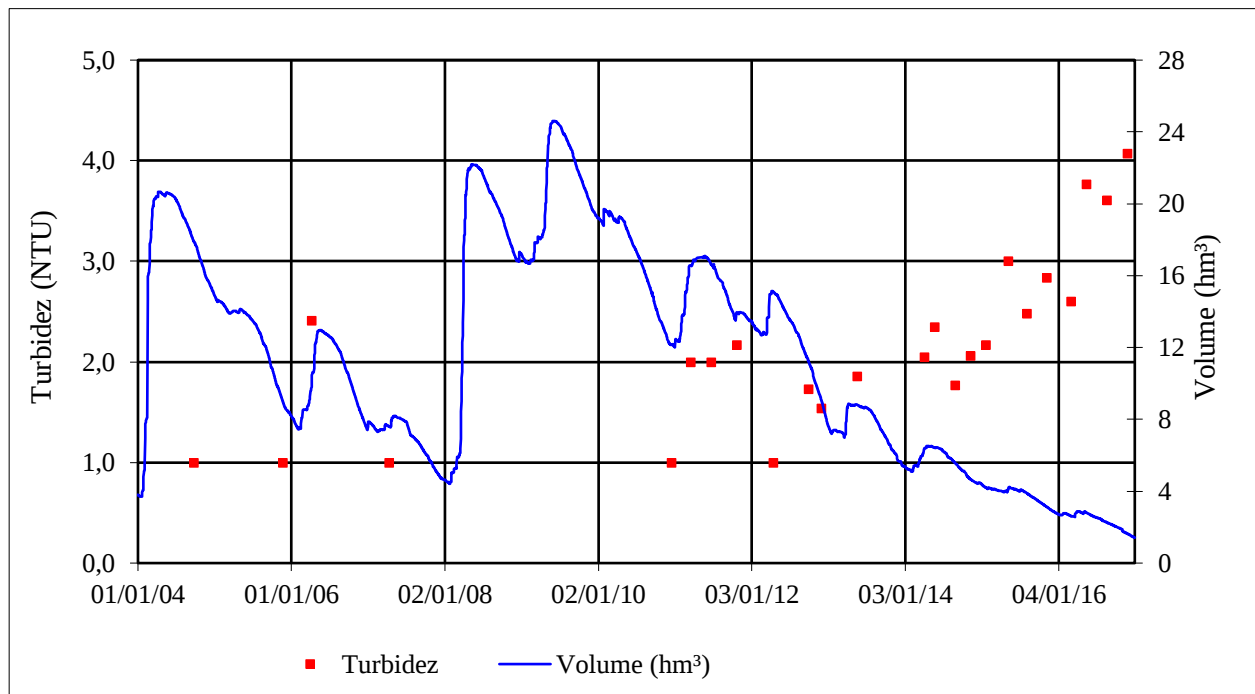
A bactéria *Escherichia coli* foi incluída no monitoramento das águas do açude Manoel Balbino em abril/2014 e, apesar dos baixos valores detectados (o maior valor foi 5,20 NMP/100 mL), a presença dessa bactéria é um indicativo de contaminação por fezes de animais homeotérmicos, confirmando que o açude é afetado por atividades antrópicas. Das 11 amostras analisadas de 2014 a 2016, quase 50% apresentaram essa bactéria.

Figura 29 - Volume e pH ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

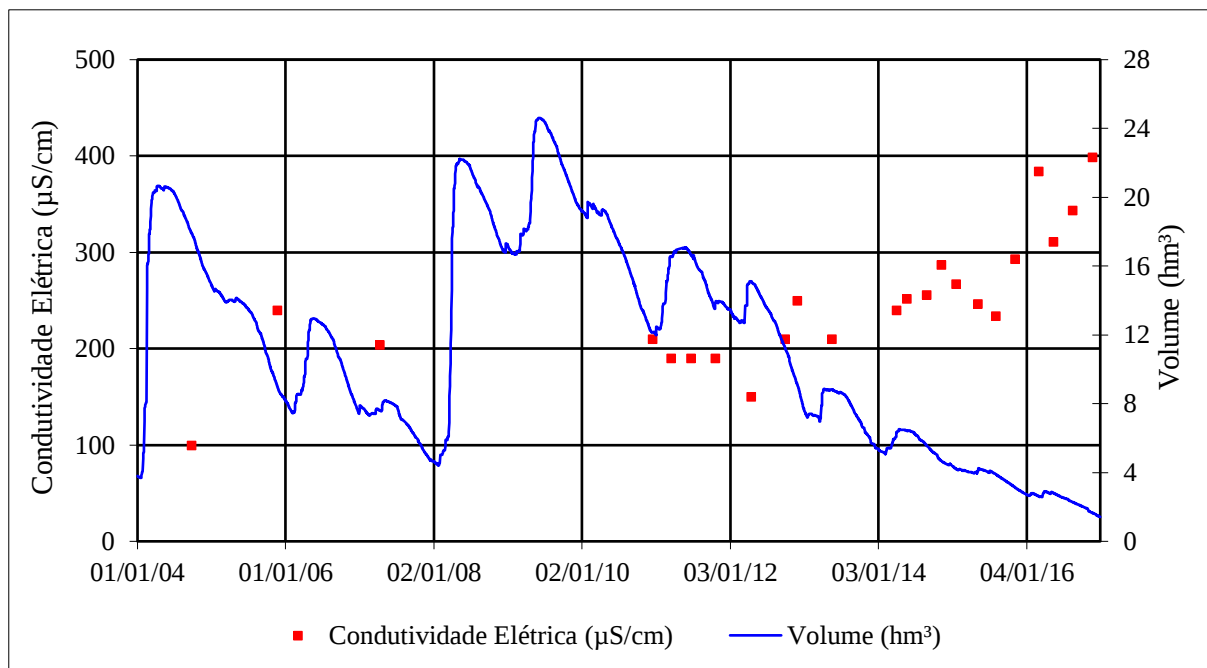
Figura 30 - Volume e turbidez ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

Os valores de condutividade elétrica nas águas do açude Manoel Balbino variaram de 100 a 399 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 31). Foram observados 23 valores e o coeficiente de variação foi de 28,29%. De 2004 a 2015 os valores não ultrapassaram 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os maiores valores de condutividade elétrica foram identificados em 2016, quando o reservatório tinha os menores valores de água armazenada.

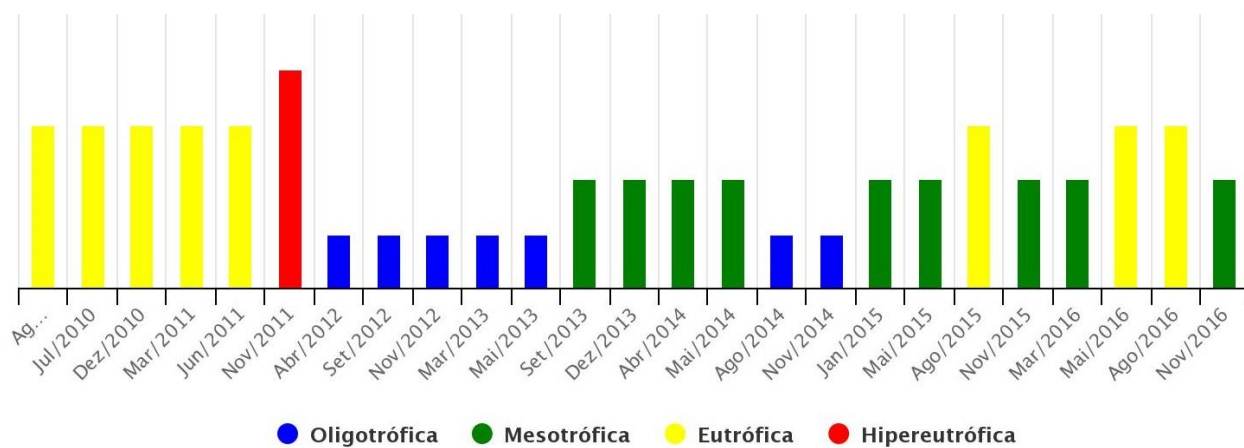
Figura 31- Volume e condutividade elétrica ao longo do tempo – Açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A Figura 32 mostra o estado trófico por coleta de água referente ao período de 2010 a 2016 do ponto MAB-01. Nota-se que as classificações mesotrófica (36%) e eutrófica (32%) foram predominantes ao longo do tempo. Além do baixo volume de água armazenada, a contribuição de cargas poluidoras, como efluentes e pecuária, favorecem na piora da qualidade da água.

Figura 32 - Estado trófico do açude Manoel Balbino



Fonte: adaptado de Ceará (2017).



iPECE

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



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

6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES



6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES

Uma forma de identificar e analisar a poluição em bacias hidrográficas, considerando os 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 Manoel Balbino 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 sua zona de contribuição hidrográfica, empregando metodologia baseada em técnicas e ferramentas de geoprocessamento descritas no Relatório R10 - Relatório Parcial de Metodologia de Enquadramento de Reservatórios e reprisada, no que cabível, nos próximos tópicos.

6.1. Modelagem matemática para definição da área de influência dos reservatórios

A modelagem aprovada encontra articulação conforme ilustra a Figura 33, em que são identificados 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 Cogeh.

6.1.1 Modelo Digital de Elevação - MDE e Direção de Fluxo

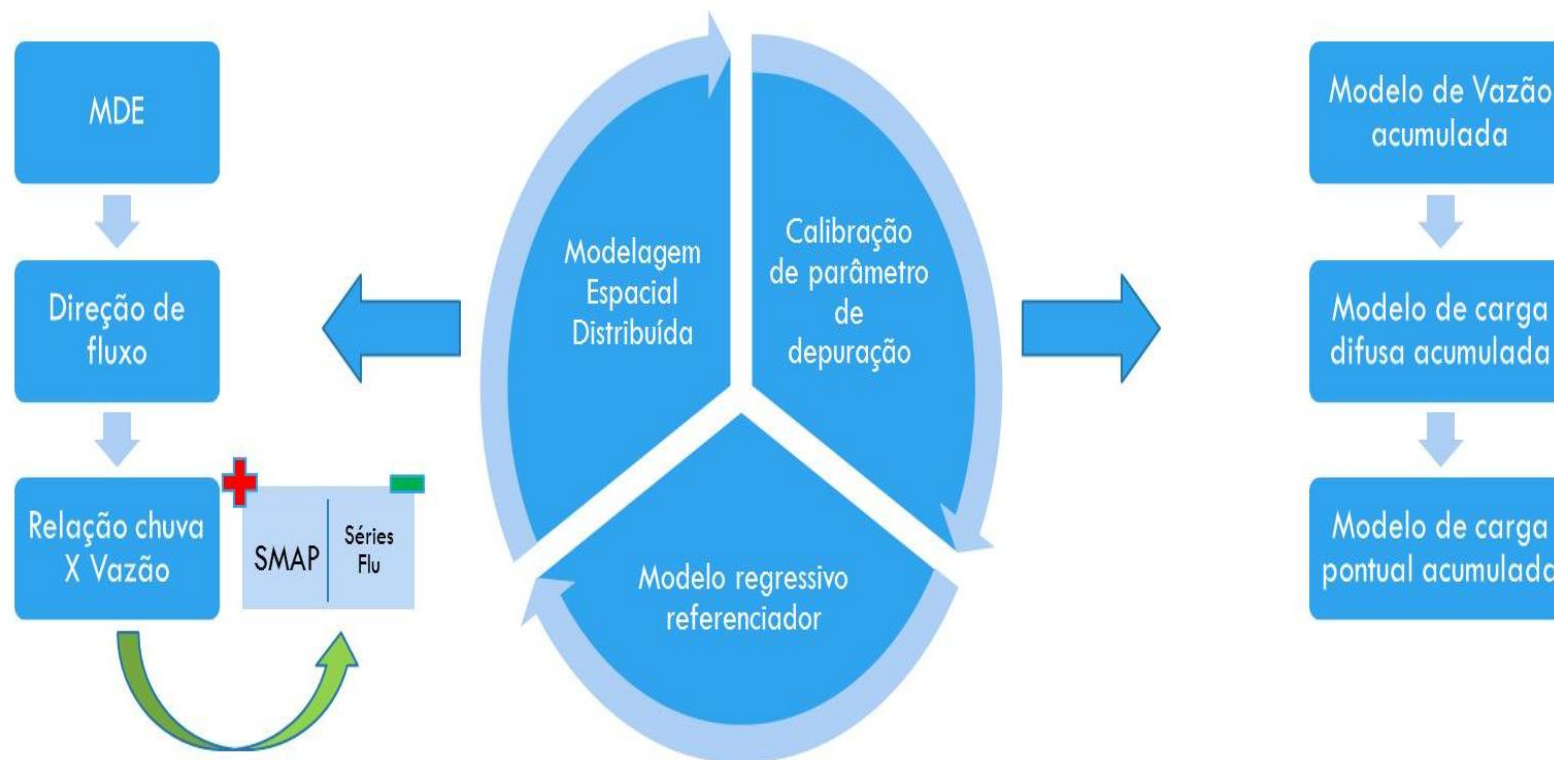
O modelo digital de elevação (MDE) utilizado foi obtido do projeto Topodata, desenvolvido e disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O modelo é proveniente do refinamento de imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), da

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

Em ambiente SIG, a partir do MDE e utilizando o ArcHydro, que é um 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 os inventários ambientais de 05 açudes da Sub-Bacia do Salgado; essa etapa (MDE e direção de fluxo) foi desenvolvida para esses 5 reservatórios, dentre eles o açude Manoel Balbino, 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 33 - 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 na Sub-Bacia do Salgado 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 dessa vazão nas áreas estudadas foi realizado a partir da 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 escoar da superfície de uma determinada área devido à ocorrência de precipitação.

O cálculo do deflúvio foi realizado com base na relação entre as vazões médias anuais e a área de drenagem, resultando em valores em mm.ano^{-1} (equação apresentada a seguir), a fim de comparar com os valores de precipitação média da área de drenagem estudada.

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

Onde:

D = Deflúvio (mm.ano^{-1});

Q anual = vazão média anual ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$);

A = área de drenagem da estação (m^2).

Para a elaboração de um modelo de vazão distribuída na Sub-Bacia do Salgado foi necessária a construção de uma relação matemática entre chuva e vazão. Para isso foram realizadas 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 de equação de regressão com o melhor ajuste possível.

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

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, foram utilizadas séries temporais de vazões médias anuais e os respectivos deflúvios, convertidos a partir da correspondente precipitação, por uso do modelo SMAP. Tais séries foram disponibilizadas pela Cogeh. Conforme se sabe, o SMAP é um modelo determinístico de simulação hidrológica do tipo chuva-vazão.

Para o presente estudo foram selecionados os dados dos quatro açudes apresentados na Tabela 27.

Tabela 27 - Açudes selecionados para a construção do primeiro modelo chuva-vazão

Código	Açude	Precipitação Média-P (mm)	Área da Bacia – A (Km ²)	Vazão Média Anual (m ³ /s)	Deflúvio (mm/ano)	Coefficiente de Rendimento (%)
63	Lima Campos	852,700	3128,100	16,600	67,700	7,900
8	Manoel Balbino	1039,500	1102,400	9,100	185,800	17,900
75	Tatajuba	922,900	190,700	1,800	73,700	8,000
162	Ubalzinho	956,000	79,700	0,800	96,600	10,100

Fonte: adaptado de UFC (2013).

A função de regressão linear, estabelecida entre a chuva e a vazão nas áreas de drenagem dos açudes, apresentou o melhor ajuste dentre as demais funções (Figura 34). 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 a equação apresentada a seguir:

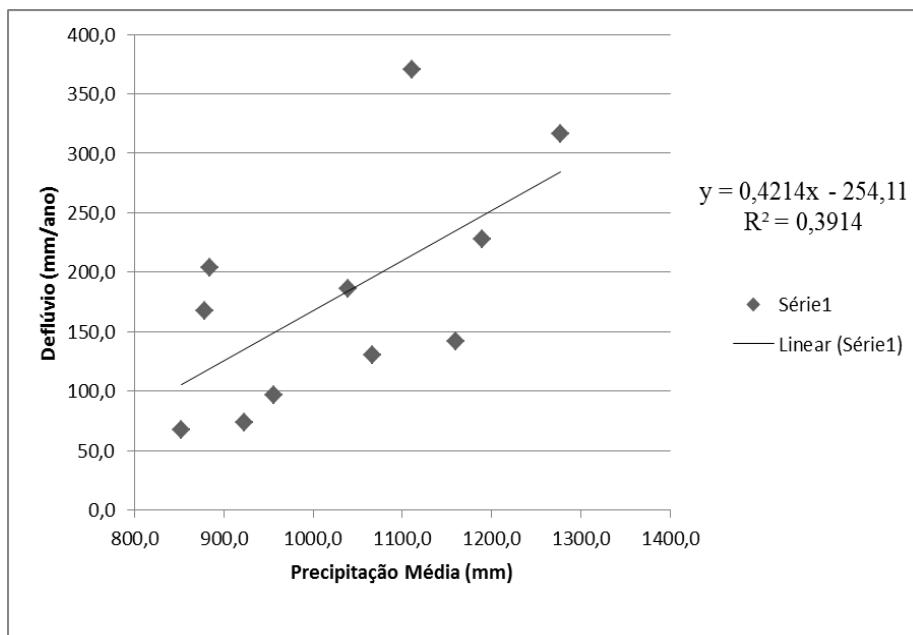
$$Q = 0,4214 * P - 254,11 \quad (3)$$

Onde:

Q = vazão média (mm.ano⁻¹);

P = precipitação média (mm.ano⁻¹).

Figura 34 - Relação Chuva-Vazão pelo modelo SMAP



Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

No entanto, observou-se que o coeficiente de determinação (R^2) apresentou um valor baixo, quantificando uma dispersão relativamente elevada, visível nos pares ordenados considerados e apresentados na Figura 30. Tal resultado pode refletir 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 à própria execução de 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 dentro e próximas à bacia, tendo como critério a qualidade dos dados, demonstrada pelo reiterado uso dessas séries em estudos procedidos pela própria Cogeh e outras instituições públicas atuantes no setor de Recursos Hídricos. As seguintes etapas foram realizadas:

1) Inicialmente, apenas estações fluviométricas localizadas dentro da Sub-Bacia do Salgado foram selecionadas. Tais estações estão identificadas na Tabela 28 com suas principais características, dentre elas a precipitação média na sub-bacia hidrográfica, segundo informação fornecida pela Cogeh, oriunda de estudo realizado pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

Tabela 28 - Estações fluviométricas selecionadas para a construção do segundo modelo chuva-vazão

Estações Fluviométricas – Sub-Bacia Salgado					
Estações ANA	Área de Contribuição da Estação Fluviométrica – A (Km ²)	Precipitação Média – P (mm)	Vazão Média Anual (m/s)	Deflúvio (mm/ano)	Coefficiente de Rendimento (%)
36250000	4240,717	848,418	848,418	27,789	3,275
36210000	1665,995	1005,159	1005,159	77,419	7,702
36290000	12381,521	888,902	888,902	69,110	7,774

Fonte: adaptado de ANA (2016).

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 a Sub-Bacia do Salgado foi gerada a equação de regressão apresentada na Tabela 29. 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 (R^2), mostrado a seguir.

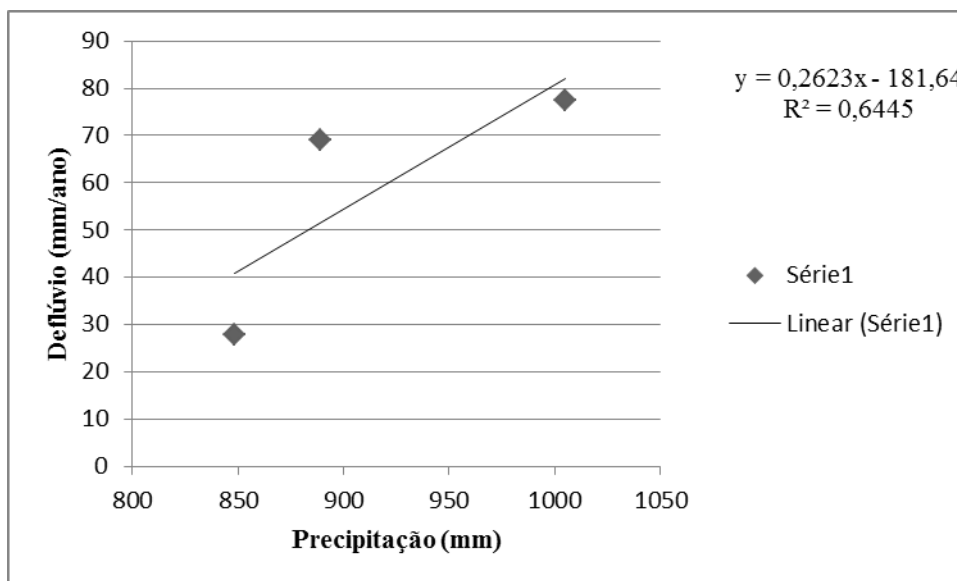
Tabela 29 - Equação de regressão chuva-vazão

Bacia Hidrográfica	Equação	R^2
Sub-Bacia do Salgado	$Q = 0,2623P - 181,64$	0,6445

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

A seguir, é apresentado o gráfico ilustrativo da relação entre os valores de precipitação e de vazão da Sub-bacia do Salgado (Figura 35).

Figura 35 - Relação chuva-vazão da sub-bacia do Salgado com dados de estações fluviométricas localizadas dentro dessa sub-bacia



Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Uma vez obtidos os resultados apresentados, objetivando uma melhor representatividade da relação chuva-vazão modelada para os fins demandados, tendo em vista a relativa homogeneidade hidrológica das áreas de inserção dos mananciais de interesse, foram então agregados à análise os dados das estações fluviométricas localizadas próximas à sub-bacia de interesse. Na Tabela 30 estão identificadas as estações fluviométricas agregadas.

Tabela 30 - Estações fluviométricas adicionadas ao cálculo matemático de chuva e vazão da sub-bacia do Salgado

Código da Estação	Nome da Estação	Latitude	Longitude	Localização da Bacia
36125000	Sítio Poço Dantas	-6,557580623	-39,50847661	Salgado - 22 Km
36130000	Cariús	-6,533598411	-39,49859308	Salgado - 21 Km
36160000	Iguatu	-6,371400604	-39,29192832	Salgado - 13 Km
36020000	Arneiroz	-6,324752769	-40,16213468	Salgado - 96 Km

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

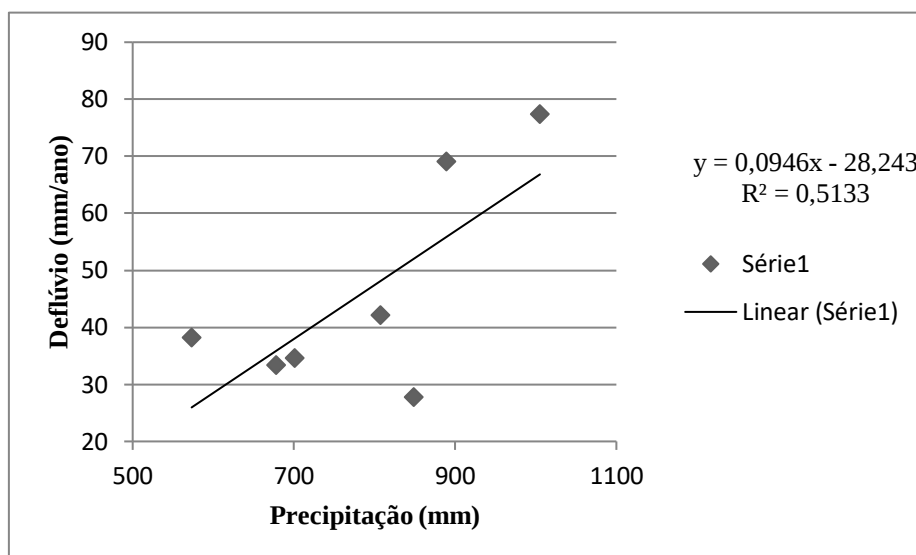
A partir desse novo conjunto de dados uma nova equação de regressão foi obtida, sendo de natureza linear, a qual, mais uma vez, foi reconhecida como a mais adequada à descrição analítica dos dados. Na Tabela 31 é apresentada essa equação com o respectivo coeficiente de determinação (R^2). Na sequência, é mostrado o gráfico do grau de representatividade de cada equação em relação aos dados utilizados (Figura 36).

Tabela 31 - Equação de regressão chuva-vazão

Bacia Hidrográfica	Equação	R ²
Sub-Bacia do Salgado	$Q = 0,0946P - 28,243$	0,513

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Figura 36 - Relação chuva-vazão – Sub-Bacia do Salgado com dados de estações fluviométricas localizadas dentro e próximas à sub-bacia



Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

2) Os coeficientes de determinação encontrados foram ainda considerados insatisfatórios, indicando a existência de uma homogeneidade hidrológica regional inferior àquela pressuposta ou mesmo a presença de inconsistência nas séries temporais utilizadas, ou ainda, possivelmente, uma combinação desses dois efeitos nocivos aos objetivos pretendidos. Assim sendo, buscou-se identificar e eliminar as informações dissonantes da esperada homogeneidade.

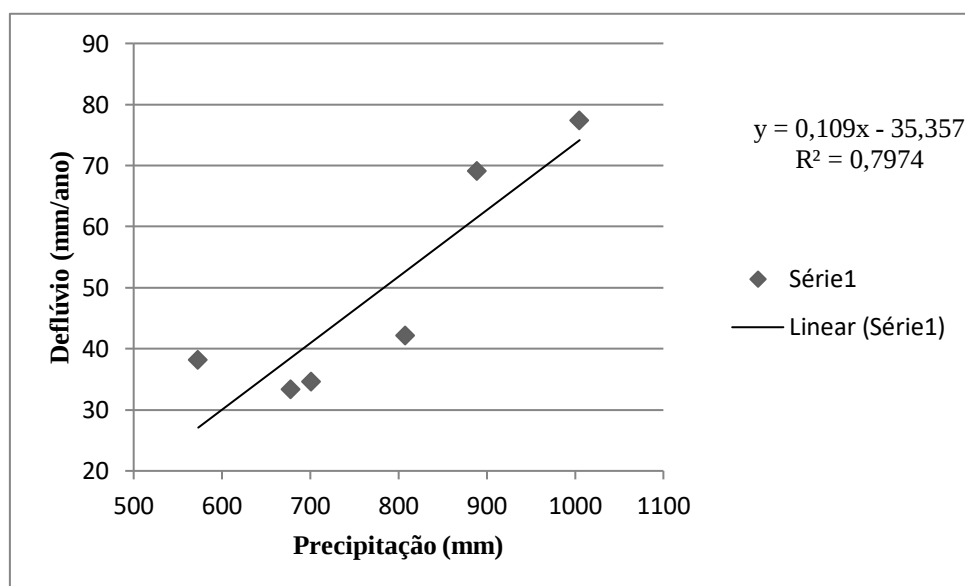
A estação fluviométrica 36250000, localizada dentro da sub-bacia do Salgado, foi excluída do cálculo da equação de regressão, por se mostrar destoante do comportamento das demais estações que monitoram aquela região hidrográfica. Portanto, para o cálculo da equação de regressão chuva-vazão da Sub-Bacia do Salgado (Figura 37), as estações fluviométricas escolhidas foram as que estão apresentadas na Tabela 32.

Tabela 32 - Estações fluviométricas selecionadas para o cálculo final da chuva-vazão – Sub-Bacia do Salgado

Estações ANA	Área de Contribuição da Estação Fluviométrica – A (Km²)	Precipitação Média – P (mm)	Vazão Média Anual (m/s)	Deflúvio (mm/ano)	Coefficiente de Rendimento (%)
36210000	1665,995	1005,159	4,089	77,419	7,702
36290000	12381,521	888,902	27,133	69,110	7,774
36125000	3533,320	701,052	3,881	34,642	4,941
36130000	5996,826	807,466	8,012	42,138	5,218
36160000	20664,322	677,788	21,849	33,345	4,919
36020000	5852,006	573,119	7,094	38,230	6,670

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Figura 37 - Relação chuva-vazão – Sub-Bacia do Salgado



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, a 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 realizada 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 utilizando a seguinte equação:

$$C_p = \frac{L_p}{Q_p}$$

Onde:

C_p é a concentração média anual da substância;

L_p é carga total acumulada de P ($\text{kg} \cdot \text{ano}^{-1}$);

Q_p é vazão média anual acumulada ($\text{m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$).

Assim, obtém-se como resultado a concentração média anual na bacia em kg/m^3 , 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 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 limitados 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 dos reservatórios. Conforme o artigo supracitado, a equação do balanço de massa para o fósforo total é dada por:

$$P_{\lambda} = \frac{L(P)}{\bar{Z} \left(\frac{1}{T_w} + K_s \right)}$$

Onde:

P_{λ} é o fósforo total em mg/L ;

$L(P)$ é a taxa de contribuição de fósforo total por unidade de superfície em $g/m^2 \cdot ano$;

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

T_w é o tempo de detenção em *anos*;

K_s é a taxa global de perda de fósforo total em 1/*ano*.

O valor do parâmetro K_s é obtido como função do tempo de detenção como sendo (Salas e Martino, 1991):

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

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 33) 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 33 - Coeficientes médios de exportação de fósforo total adotados no estudo

Tipo	Fonte	Unidade	Fósforo Total
Difusa	Afloramento Rochoso		10,220
	Área Urbana		12,410
	Água		0,000
	Cultura Agrícola	kg/km².ano	126,290
	Vegetação		14,240
	Pastagem		10,220
	Solo Exposto		12,410
Pontual	Carga <i>per capita</i>	kg/hab.ano	0,280

Fonte: adaptado de SMA (2010).

A estimativa da carga potencial (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:

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

Onde:

C_p é a carga pontual de fósforo em kg/km².ano;

P_{st} é a população proporcional do setor;

C_{pc} é a carga *per capita* anual de fósforo em kg/hab;

A_{st} é a área proporcional do setor em km².

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 dentro da área de contribuição do reservatório.

Para tanto, foram utilizadas imagens 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 Multiespectral de 30m, 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 dessa vazão nas áreas estudadas é realizado 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 e 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:

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

$$CE_{PD} = DI_i \times CE_{UCS}$$

Onde:

DI_i é o indicador de distância entre a célula i e o corpo de água;

D_i é a distância euclidiana da célula i ao exutório medida em número de células;

K é a variável de calibração;

CE_{PD} é o coeficiente de exportação ponderado pela distância dado em $kg \cdot km^{-2} \cdot ano^{-1}$;

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 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 localizado 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 de reservatórios analisados nos Inventários Ambientais foi o registro de superestimação, até mesmo em termos médios, da concentração de

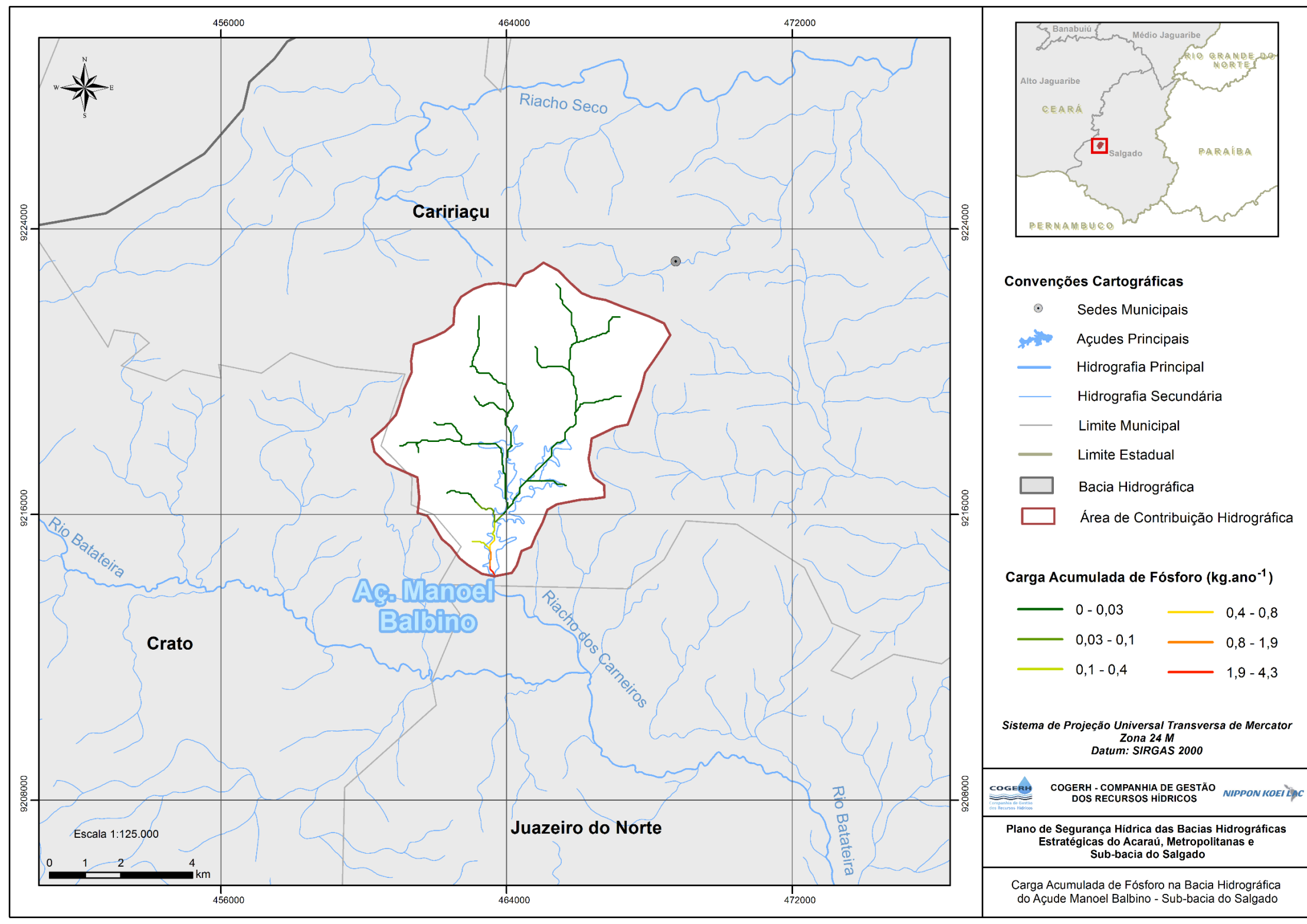
fósforo identificada no lago, ou melhor, na zona do lago onde se deu a coleta. Nessas circunstâncias, o uso do modelo referenciador se mostra extremamente útil, pois fornece uma estimativa da concentração dessa substância, em termos médios anuais, compatível com a magnitude da área de drenagem e com 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 em seu 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 pelo consórcio, bem como aqueles valores e a média obtida a partir de todas as informações julgadas consistentes fornecidas pela Cogeh.

6.1.8 Apresentação dos mapas com resultados obtidos

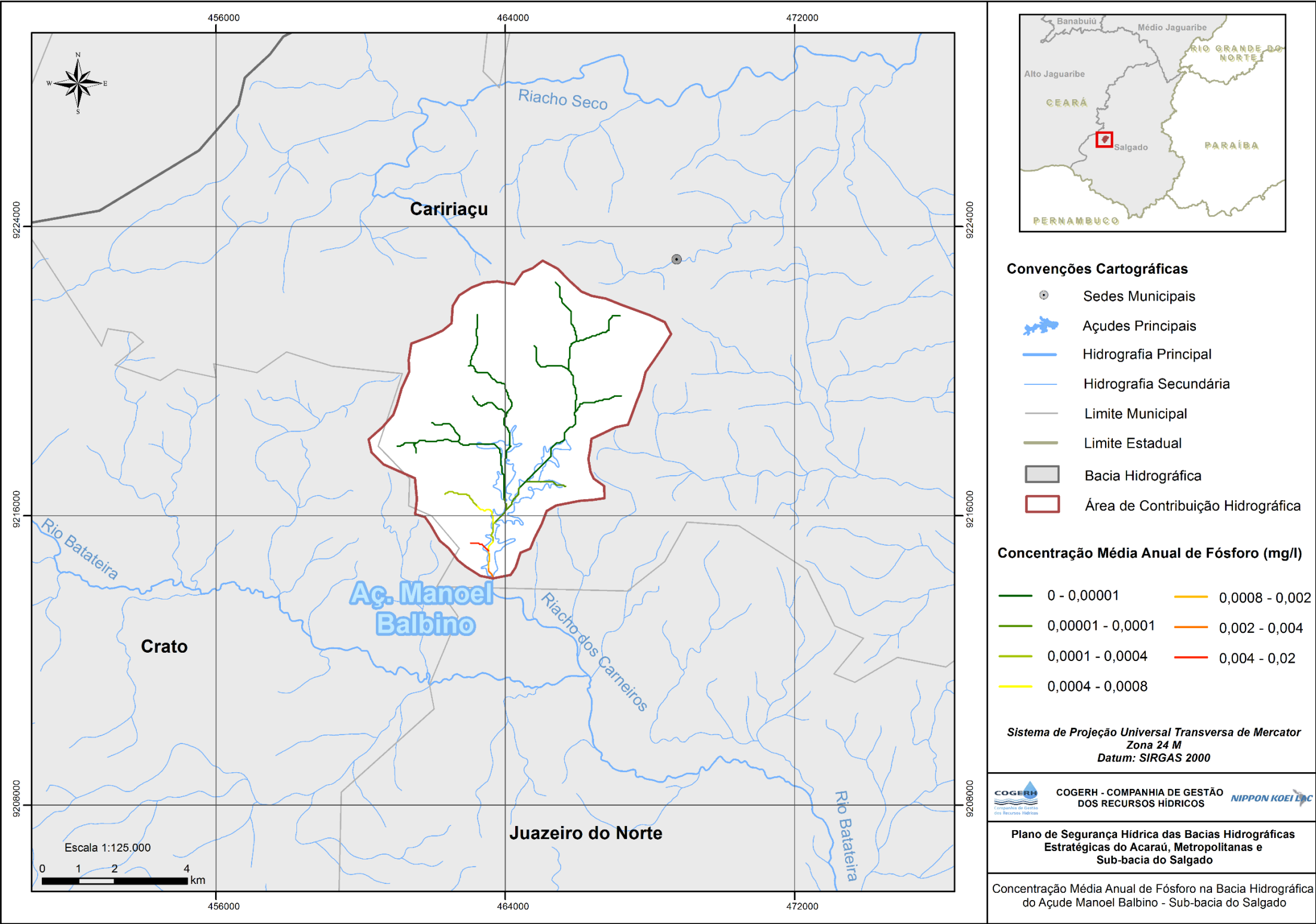
As Figuras 38 a 41 apresentam os mapas referentes à carga total de fósforo, à concentração média anual de fósforo e ao uso e cobertura do solo da área de contribuição hidrográfica do açude Manoel Balbino, além da sua área de influência.

Figura 38 - Carga total de fósforo na área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino



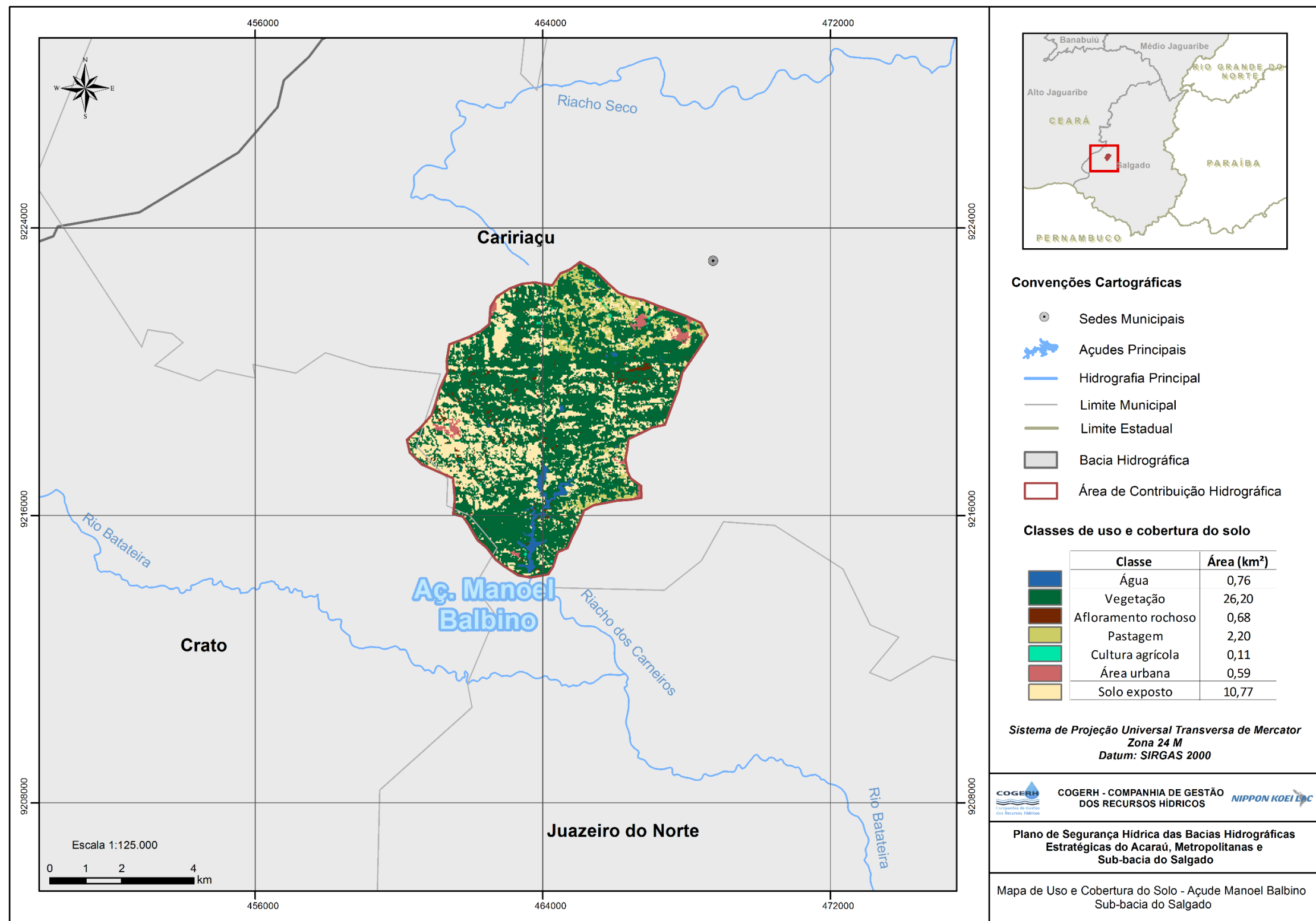
Fonte: elaborado por Nippon Koei LAC (2017), com base cartográfica do IPECE/IBGE e COGERH.

Figura 39 - Concentração média anual de fósforo na área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino



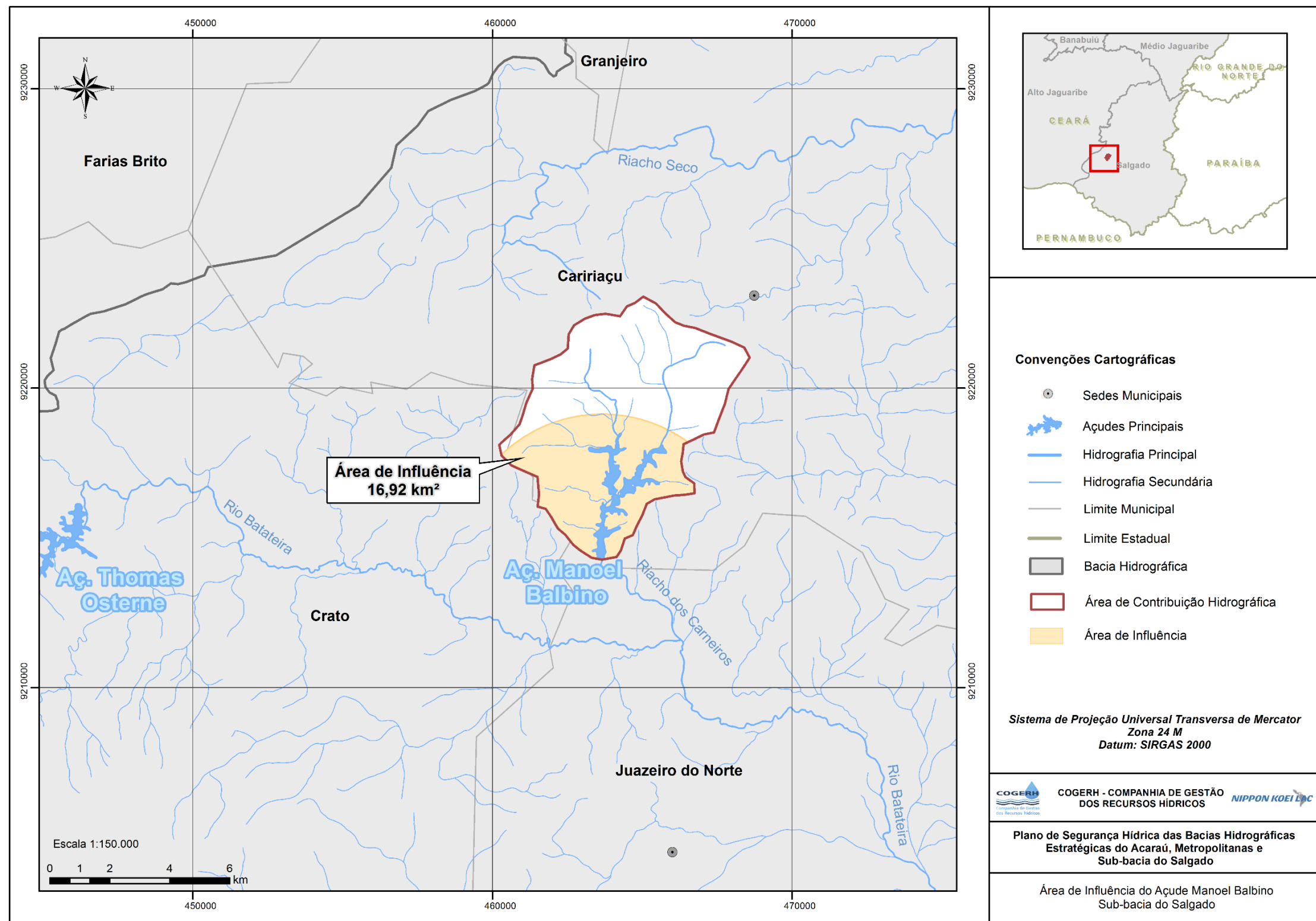
Fonte: elaborado por Nippon Koei LAC (2017), com base cartográfica do IPECE/IBGE e COGERH.

Figura 40 - Mapa de uso e cobertura do solo da área de contribuição hidrográfica – Açude Manoel Balbino



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

Figura 41 - Área de influência da bacia hidrográfica – Açude Manoel Balbino



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

6.2. Resumo do cálculo das cargas de nutrientes

Foram estimadas as cargas de nutrientes que supostamente influenciam no processo de trofia dos corpos hídricos, partindo da identificação e do levantamento das fontes poluidoras. Vale ressaltar que esses valores de carga são aproximados. A pluviosidade com intensidade capaz de gerar escoamento superficial é um dos principais responsáveis pelo aporte de nutrientes aos reservatórios.

A Tabela 34 apresenta 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 34 - Percentual da carga bruta anual de fósforo das fontes poluidoras pontuais e difusas

Tipo	Fonte	Manoel Balbino
Poluição Difusa de Fósforo (%)	Afloramento Rochoso	0,53
	Área Urbana	0,57
	Água	0,00
	Cultura Agrícola	1,07
	Vegetação	28,61
	Pastagem	1,73
	Solo Exposto	10,25
Poluição Pontual de Fósforo (%)	Carga <i>per capita</i>	57,25
	Balneário	0,00

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Já a Tabela 35 apresenta os valores estimados das cargas de fósforo anuais que influenciam no estado de trofia do corpo hídrico. 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 capítulo e no R10 - Relatório Parcial de Enquadramento dos Reservatórios” do PSH. 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 35 - Carga anual de poluição pontual, difusa e acumulada de fósforo

Reservatório	Poluição pontual de fósforo (kg)	Poluição difusa de fósforo (kg)	Carga anual acumulada de fósforo (kg)
Manoel Balbino	2,043	2,437	4,480

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

6.3 Cenário atual e capacidade de suporte do reservatório

A capacidade de suporte do reservatório foi estimada utilizando-se como base o limite do fósforo da classificação do Carlson (1977), adaptado por Toledo (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 obtidas na campanha realizada em agosto de 2016 e a média da série histórica. A Tabela 36 apresenta as variáveis utilizadas e as cargas de fósforo para as condições propostas.

Nota-se em análise dos dados indicados na tabela que, utilizando as concentrações advindas da campanha de coletas e análises de água de agosto de 2016, o açude Manoel Balbino não ultrapassou a classificação mesotrófica. Utilizando as concentrações de fósforo médias das séries históricas, o Manoel Balbino obteve valor de carga que superou sua “capacidade de suporte”. Vale destacar, que o limite de classificação mesotrófica para a variável “fósforo” serve apenas para estimar a carga de fósforo suportável para o enquadramento.

Tabela 36 - 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)
Manoel Balbino	2,578	11.359,049	0,050	0,032	0,063	927,765	593,770	1.168,984

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 concentração 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.

Nota-se em análise da tabela, que utilizando as concentrações advindas da campanha de coletas e análises de água de agosto de 2016, o açude Manoel Balbino não ultrapassou a classificação mesotrófica. Utilizando as concentrações de fósforo médias das séries históricas, o Manoel Balbino obteve valor de carga, calculada com base nas médias das séries históricas, que superou sua “capacidade de suporte” (carga calculada com base na concentração de fósforo concernente a classificação mesotrófica). Vale destacar, que o limite de classificação mesotrófica para a variável “fósforo” serve apenas para estimar a carga de fósforo suportável para o enquadramento.



iPECE

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



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

7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO



7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO

As análises de fluorescência de raios X (FRX) têm sido utilizadas para a avaliação quali-quantitativa 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 em que haja a 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 deste IVA. Com o intuito de fornecer mais informações sobre as características do sedimento, a Tabela 37 apresenta os valores das análises de FRX, que são espécies químicas do sedimento em porcentagem.

Das espécies químicas, vale destacar o valor apresentado para o óxido sulfúrico (SO_3) ou anidrido sulfúrico que, supostamente, antes do processo de secagem do sedimento (72 horas em estufa entre 55 e 60°C) para análise de FRX era ácido sulfúrico (H_2SO_4). Nos reservatórios da sub-bacia de Salgado o SO_3 apresentou valores inferiores aos encontrados nos sedimentos dos açudes das Bacias Metropolitanas e da Bacia do Acaraú que tiveram seus inventários ambientais elaborados no âmbito do PSH. Pela não representatividade das amostras seria imprudente afirmar, mas não supor, que a diminuição de tais percentuais seja resultante de uma menor pressão antrópica sobre os recursos hídricos da região.

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 em rações de peixes, que é o elemento responsável pelo aparecimento do gás sulfídrico (H_2S), nocivo e de mau odor. O H_2S ao reagir com o oxigênio produz dióxido de enxofre (SO_2) e água; quando há carência de O_2 , forma-se o SO_2 e o enxofre livre. O SO_2 , por sua vez, pode oxidar e se converter em SO_3 , que pode reagir com a água e formar H_2SO_4 .

Sabe-se ainda que a decomposição das rochas e as chuvas são as principais fontes de enxofre para as águas naturais. Ressalta-se que, dentre os reservatórios analisados, o Manoel Balbino, junto com o Tatajuba, foram os que apresentaram sedimentos com melhores condições qualitativas.

Tabela 37 - Espécies químicas dos sedimentos amostrados em porcentagem

Manoel Balbino	
Analísado	Resultado (%)
SiO ₂	58,7745 %
Al ₂ O ₃	23,6045 %
Fe ₂ O ₃	12,7892 %
K ₂ O	1,4316 %
MgO	1,1969 %
TiO ₂	1,0805 %
CaO	0,2591 %
Na ₂ O	0,2420 %
P ₂ O ₅	0,2072 %
SO ₃	0,1577 %
MnO	0,0819 %
BaO	0,0597 %
ZnO	0,0224 %
Cr ₂ O ₃	0,0210 %
ZrO ₂	0,0191 %
Rb ₂ O	0,0180 %
NiO	0,0103 %
SrO	0,0086 %
CuO	0,0083 %
Ga ₂ O ₃	0,0074 %

Fonte: adaptado de dados de fluorescência realizados no LSR.



iPECE

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



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

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O IET classificou o açude Manoel Balbino como eutrófico, já o IQAR o enquadrou na classe IV, que indica reservatório criticamente degradado a poluído. Destaca-se também como fator impactante na qualidade da água do reservatório o baixo nível de água observado durante a campanha de coleta das amostras, ocasião em que esse açude apresentou valor aproximado a apenas 6% da sua capacidade de armazenamento. Ressalta-se que a capacidade de suporte do nutriente fósforo, como apresentado anteriormente, foi superada quando utilizada a média das concentrações oriundas do banco de dados da Cogerh.

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. Entretanto, no sedimento o valor do arsênio ultrapassou o limite estabelecido na Resolução Conama n.º 454/2012, para Nível 2.

No que diz respeito a utilização das águas do açude Manoel Balbino para irrigação, a classificação referente à salinização e sodificação enquadra o manancial nas classes C2 e S1, respectivamente, que representa risco baixo ou moderado de salinização e nenhum risco de sodificação.

Apesar de não existirem centros urbanos de grande porte na bacia hidrográfica onde o açude Manoel Balbino está inserido, os habitantes das comunidades rurais localizadas no entorno do reservatório desenvolvem agricultura de pequeno porte e pecuária como principal fonte de renda. Essas atividades costumam utilizar adubos e agrotóxicos, sem qualquer controle ou restrição, objetivando tão somente uma boa colheita ou um bom pasto. Consequentemente, é provável que haja impacto negativo decorrente dessas práticas nas águas do açude Manoel Balbino.

Quanto ao comportamento hidrológico desse reservatório, observa-se que nos 12 anos de dados quantitativos analisados, o nível da água em nenhum momento atingiu a cota do vertedouro, mesmo nos anos que apresentaram pluviosidade significativa na região. Esse fato pode indicar um superdimensionamento na construção da barragem, pois, segundo sua ficha técnica, o reservatório possui capacidade de 31.180.000 m³, com uma bacia hidrográfica de 41,32 km².



iPECE

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. B. de. **O saneamento básico na cidade de Caririáçu-CE.** 2015<<https://jus.com.br/artigos/39938/o-saneamento-basico-na-cidade-de-caririacu-ce>>. Acesso em: dezembro de 2016.
- ANA. Agência Nacional de Águas, **Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água.** Brasília, 2010;
- 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: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>>. Acesso em: 03 de março de 2017.
- 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. <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?siab/cnv/siabcCE.def>> Acesso em: janeiro de 2017.
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará, **Informações sobre Sistemas de Abastecimento de Água dos Municípios da Sub-Bacia do Salgado.** Fortaleza, 2017a;
- CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará, **Informações sobre Sistemas de Esgotamento Sanitário dos Municípios da Sub-Bacia do Salgado.** Fortaleza, 2017b;
- 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=viewewpath%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: <<http://www.hidro.ce.gov.br/acude/nivel-diario#8>>. Acesso em: 11 de fevereiro de 2017.

CECCHI, G.; MUNAFÒ, M.; BAIOTTO, 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.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem**. São Paulo, 2009.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos e Funceme - Fundação Cearense de Meteorologia, **Portal Hidrológico do Ceará**. 2016c. <<http://www.hidro.ce.gov.br/>>. Acesso em: dezembro de 2016.

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

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

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.

FERREIRA, F. A. G. **Toxicidade e Remoção de Arsênio pela Cianobactéria *Microcystis novacekii***. Dissertação de Mestrado Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. – Instituto de Ciências Biológicas - UFMG, 76 p., 2013.

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

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Base de Dados Demográficos**. 2010. Acesso em: dezembro 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.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **Site do Instituto Nacional de Pesquisas ESPACIAIS** <<http://www.inpe.br/>>. Acesso em: julho de 2016.

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.

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.

PAULINO, W. REIS ALENCAR OLIVEIRA, R.; FREIRE AVELINO, 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** <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; KOEZ, M. **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.

SANT'ANNA C.L.; Azevedo M.T.P. **Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras.** Interciência, Rio de Janeiro. 58p. 2006.

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.

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**



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

tropicais. In Anais do XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Camboriú. SC. 1983. pp. 1-34. 1983.

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.





iPECE

INSTITUTO
DE PESQUISA
E ESTRATÉGIA
ECONÔMICA
DO CEARÁ



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

ANEXOS





GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

ANEXOS

FORMULÁRIO DE CAMPO - AÇUDE MANOEL BALBINO

QUADRO 1 - REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO AÇUDE MANOEL BALBINO



1 - IDENTIFICAÇÃO

1.1 - RESERVATÓRIO

Nome: Manoel Balbino	Bacia Hidrográfica: Salgado	Ano de Construção: 1985
Coordenadas: Latitude [9.214.436 N] Longitude [463.756 E]	Município: Caririaçu	Localidade/Distrito:

1.2 - TÉCNICO COGERH

Técnico Responsável:

1.3 - INSTITUIÇÕES VISITADAS

INSTITUIÇÃO/LOCALIDADE *	TÉCNICO CONTACTADO	INFORMAÇÕES ADICIONAIS (Cargo/ Fone/E-mail/ Endereço)	Nº
Prefeitura de Caririaçu	Francisco Gomes Santana	Secretário de Administração	

2 - USOS

2.1 - USOS DA ÁGUA

FORMAS DE USOS	LOCALIZAÇÃO		Nº
	ENTORNO	JUSANTE	
Dessedentação Animal	(X)	()	
Usos Domésticos Locais	()	()	
Recreação de Contato Primário*	()	()	
Recreação de Contato Secundário**	()	()	
Usos Públicos (Empresas Concessionárias)	()	()	
Irrigação	(X)	()	
Pesca Artesanal	(X)	()	1
Piscicultura Intensiva (criação em gaiolas)***	()	()	
Piscicultura Intensiva (criação em viveiros)***	(X)	()	2
Indústria	()	()	
Outros (descrever):	()	()	
	()	()	
	()	()	

* natação e esqui aquático; ** - pesca e navegação; *** - emprego de ração, aeração, etc;

2.2 - CONSUMO HUMANO

Localidade (Município/ Distrito)	Empresa Concessão	População Atendida*		Tratamento Convencional**				N	S	Localização		Nº
		Atual	Potencial	Floc	Dec	Fil	Des			Mont	Ent	
Caririaçu	SAMAE	12.981		X	X	X	X			X		3
São Paulo (Caririaçu/Miragem)	SAMAE	Sem dados								X		3
Sítio Cidade (Caririaçu)	SAMAE	Sem dados								X		3
Sítio Umburana (Caririaçu/Miragem)	SAMAE	Sem dados								X		3

* - 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	LOCALIZAÇÃO		Nº
	MONTANTE	ENTORNO	
Esgoto Doméstico	()	()	
Esgoto Hospitalar	()	()	
Esgoto Industrial	()	()	
Lavagem de Roupa	()	()	
Lavagem de Carro	()	()	
Balneário	()	()	
Banho	()	()	
Uso de Agrotóxicos (defensivos)	()	()	
Uso de Fertilizantes (adubos)	()	()	
Aterro Sanitário	()	()	
Lixão	()	()	
Matadouro	()	()	
Cemitério	()	()	
Confinamento de Animais (currais)	(X)	()	
Animais Soltos	(X)	()	
Efluentes ETA	()	()	
Efluentes ETE	()	()	

Indústria Alimentícia	()	()	
Indústria Couro e Curtume	()	()	
Indústria Têxtil	()	()	
Olarias	()	()	
Disposição indevida de resíduos sólidos	()	(X)	

Obs: Montante = excluindo a bacia hidráulica e entorno; Entorno=diretamente ou nas adjacências da bacia hidráulica

3.1 - FONTES DE POLUIÇÃO PONTUAL

3.1.1 - PSICULTURA INTENSIVA

Área Ocupada (ha)*	Produção de Peixe (Kg/ano)*	Ração Utilizada		Concentração de Fósforo na Ração (%)	Conversão Alimentar **	Nº
		Quant. (Kg/ano)*	Marca			
Espécie: Tilápia				() Pesca Artesanal - Nº de pescadores cadastrados: []		

* - 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 (Município/ Distrito)	Empresa Concess.	Tipo Tratamento*							População Atendida**		Localização		Nº
		F	DS	TL	CO	N			Atual	Potencial	Mont	Ent	
						FS	R	C					
Caririaçu¹	SAMAE					X	X	X	0	0	X		4
São Paulo (Caririaçu/ Miragem)¹	SAMAE					X	X	X	0	0	X		4
Sítio Cidade (Caririaçu)¹	SAMAE					X	X	X	0	0	X		4
Sítio Umburana (Caririaçu/ Miragem)¹	SAMAE					X	X	X	0	0	X		4

* - F: Filtro; DS: Decantação Simples; TL: Tratamento do Lodo; CO: Completo; N: Nenhuma (FS: fossa séptica, RU: fossa rudimentar e CA: céu aberto).

** - Diz respeito às ligações existentes

3.1.3 - RESÍDUOS SÓLIDOS

Localidade (Município/ Distrito)	Nº pessoas atendidas pela coleta	Destino Final					Localização		Nº
		Aterro Sanitário	Sem Local	Lixão	Enterrado	Queimado	Mont	Ent	
Caririaçu ¹	12.647							X	5
São Paulo (Caririaçu/Miragem) ¹	190							X	5
Sítio Cidade (Caririaçu) ¹	286							X	5
Sítio Umburana (Caririaçu/Miragem) ¹	271							X	5

3.1.4 - OUTRAS FONTES NA BACIA HIDRÁULICA

Balneário/Proprietário	Lavagem		Frequência Semanal (Quantidade de Pessoas)		Localização*		Nº
	Roupa	Carro	Durante	Final	ME	MD	
	()	()			(X)	()	

*- ME: margem esquerda e MD: margem direita

3.2 - FONTES DE POLUIÇÃO DIFUSA

3.2.1 - AGRICULTURA

Cultura *	Área Plantada (ha)	Adubação**						Defensivos**						Irrigação***				Localização		Nº
		Distri b.		Intensidade				Distrib.		Intensidade				Tipo de				Mont.	Ent.	
		U	D	A	M	B	N	U	D	A	M	B	N	G	M	A	S			
Mamão, maracujá e coentro	0,1																	()	(X)	6
Maracujá e Capim																		()	(X)	7
Banana																		()	(X)	7
Goiaba e Maracujá																		()	(X)	8
Maracujá	0,6															X		()	(X)	
Coco, goiaba e cebolinha																		()	(X)	7
Área de agricultura	0,25																	()	(X)	7
Fava																		()	(X)	7

Culturas: Mamoeiro, Coqueiro, Maracujazeiro

* - é permitido informar a quantidade global sem discriminação da cultura ou apenas a relação de culturas sem distinguir a área ocupada por cada. ** - U: Uniforme; D: desuniforme; *** - A: alta; M: média; B: baixa; N:nenhuma. *** - G: gotejamento; MA: microaspersão; A:aspersão; S: sulcos.

3.2.2 - PECUÁRIA

Localidade (Município/Distrito)	Rebanho (Nº de Cabeças)								Localização		Nº
	Bovino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceos	Bubalino			Mont.	Ent.	
Caririaçu	12724	5018	3978	1974	101572	-	948	-	()	()	
Crato	24470	8935	4227	9879	370000	52	1247	34000	()	()	
									()	()	

3.2.3- DEGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA

Localidade (Município/Distrito)	Intensidade*				Localização		Nº
	A	M	B	N	Mont.	Ent.	
Caririaçu		X			()	(X)	9
					()	()	

* - A: alta; M:média; B: baixa; N: nenhuma ** - U: uniforme; D: desuniforme; L:local.

3.3 - COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO

3.3.1 INDICADORES DO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DO AÇUDE

a) Sangra com frequência?	() SIM	(X) NÃO
b) Ano da última sangria?	[-]	
c) Quantas vezes sangrou nos últimos 10 anos?	[0]	
d) Durante quantas vezes esteve no volume morto nos últimos 10 anos?	[3]	
e) Estado atual do volume armazenado:		
Cota atual: 408,87 m () Cheio () Médio (X)Vazio		
f) Predominância do volume armazenado ao longo dos últimos anos: () Cheio () Médio (X) 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 - DESMATAMENTO NA BACIA HIDRÁULICA

a) Intensidade de remoção da vegetação:	() Remoção Total	(X) Remoção Parcial	() Nenhuma	Nº
b) Relativo ao nível da água:	() Uniforme	() Variável com a cota		

4 - CENÁRIO ATUAL

4.1 - MACRÓFITAS AQUÁTICAS

a) Identificação de Macrófitas (Registro Fotográfico)		
Nº das fotos:		
b) Presença ao longo de toda a margem?	() SIM	(X) NÃO
c) Que percentual ocupam no espelho d'água? ()		
d) Predominância em qual estação?	() Durante estação seca	() Tão logo inicia a estação chuvosa
e) Espécies de macrófitas predominantes?		

4.2 - QUALIDADE DA ÁGUA

a) Qualidade aparente da água (Registro Fotográfico):		b) Foi coletada amostra de água	
Nº das fotos:		(X) SIM	() NÃO
c) Presença na amostra de: () Cheiro (X) Cor () Partículas em Suspensão () Turbidez Acentuada			
d) Estes parâmetros variam ao longo do ano?		() SIM	() NÃO
e) Eventos de ‘esverdeamento’ da água: (X) Frequente () Raramente () Nunca Quando: () Durante estação chuvosa () Durante estação seca			
f) Transparência: 1,3 m	g) Velocidade Vento: 1,5 m/s	h) Arquivo Pefilagem:	Nº

4.3 - MORTANDADE DE PEIXES

a) Quando foi a última ocorrência e que espécies morreram?				
b) Em que período do ano?				
c) Frequência das mortes:			() Anual	() Esporádica
d) Após qual evento?	() Chuvas Isoladas	() Ventos Fortes	() Outros (definir)	Nº

4.4 - DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

a) Tipos: () Cólera () Febre Tifóide () Hepatite Infecciosa A e B () Amebíase () Giardíase (X) Gastroenterites ou "infecção estomacal intestinal" () Verminoses () Doenças de Pele
b) Quando foi a última ocorrência e em que período do ano? 2016

4.5 - TRATAMENTO EXISTENTE DADO A ÁGUA PARA ABASTECIMENTO HUMANO

[illegible]

Parâmetros Problemáticos: () Turbidez () Cor () Cheiro () pH () Coliformes
Fonte de Informação:

*- 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

Nº	Descrição
1	Foi constatado o despejo inadequado de lixo por parte da comunidade de pescadores nas margens do reservatório.
2	Foram visitadas duas áreas de piscicultura. Na primeira não foi autorizada a entrada da equipe técnica da Nippon. No outro estabelecimento, a área de piscicultura possui 4 tanques, com 210 m³ em cada tanque. A água utilizada é retirada do açude e de um poço profundo. Ainda não há informações sobre a produção de tilápia, visto que é a primeira vez que o proprietário está executando essa atividade.
3	População Estimada (Censo 2010, IBGE) x Taxa Urbana de Cobertura de Abastecimento de Água em 2016 (CAGECE, 2017a).
4	Informações sobre os SES (CAGECE, 2017b).
5	População Estimada (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura da População Total/Urbana em 2011 (SNIS, 2017).
6	Área pertencente a Macione Ferreira da Silva Brito. Irrigação por microaspersão 2 vezes ao dia.
7	Pequenas áreas de cultivo agrícola em APP.
8	Área pertencente a Cícero Moreira. Culturas agrícolas irrigadas.
9	Observa-se a degradação da vegetação no entorno da bacia hidráulica, principalmente para a criação de áreas agrícolas, sendo a maioria de cunho familiar.

Quadro 1 - Registro fotográfico da área de influência da bacia hidrográfica do açude Manoel Balbino referente aos pontos identificados na Figura 9

				
FOTO 1 Coord: 466156mE; 9218220mN	FOTO 2 Coord: 465456mE; 9216390mN	FOTO 3 Coord: 464088mE; 9214770mN	FOTO 4 Coord: 463059mE; 9214600mN	FOTO 5 Coord: 462982mE; 9214700mN
				
FOTO 6 Coord: 463173mE; 9214910mN	FOTO 6.2 Coord: 463173mE; 9214910mN	FOTO 6.3 Coord: 463173mE; 9214910mN	FOTO 7 Coord: 463267mE; 9214940mN	FOTO 8 Coord: 461805mE; 9216640mN
				
FOTO 9 Coord: 461803mE; 9217320mN	FOTO 10 Coord: 463723mE; 9216650mN	FOTO 11 Coord: 463804mE; 9216580mN	FOTO 12 Coord: 462610mE; 9217320mN	FOTO 13 Coord: 463357mE; 9217130mN
				
FOTO 14 Coord: 465723mE; 9217750mN	FOTO 14.2 Coord: 465723mE; 9217750mN	FOTO 15 Coord: 465416mE; 9217490mN	FOTO 15.2 Coord: 465416mE; 9217490mN	FOTO 16 Coord: 464907mE; 9216990mN
Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator Zona 24 M Datum: SIRGAS 2000  GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos Registro Fotográfico da Bacia Hidráulica e Hidrográfica do Açude Manoel Balbino				

				
FOTO 17 Coord: 464627mE; 9216700mN	FOTO 17.2 Coord: 464627mE; 9216700mN	FOTO 17.3 Coord: 464627mE; 9216700mN	FOTO 18 Coord: 465067mE; 9216050mN	FOTO 19 Coord: 464221mE; 9215300mN
				
FOTO 19.2 Coord: 464221mE; 9215300mN	FOTO 20 Coord: 463699mE; 9214780mN	FOTO 20.2 Coord: 463699mE; 9214780mN	FOTO 21 Coord: 463671mE; 9214900mN	FOTO 21.2 Coord: 463671mE; 9214900mN
				
FOTO 22 Coord: 462839mE; 9214910mN	FOTO 23 Coord: 463056mE; 9215070mN	FOTO 24 Coord: 463430mE; 9215080mN	FOTO 24.2 Coord: 463430mE; 9215080mN	FOTO 25 Coord: 462456mE; 9216220mN
				
FOTO 26 Coord: 462886mE; 9216460mN	FOTO 27 Coord: 463703mE; 9216880mN	FOTO 28 Coord: 463720mE; 9216650mN	FOTO 29 Coord: 463393mE; 9217870mN	FOTO 30 Coord: 463815mE; 9217810mN
Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator Zona 24 M Datum: SIRGAS 2000 COGERH Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos NIPPON KOEI LAC BANCO MUNDIAL for IPECE GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos Registro Fotográfico da Bacia Hidráulica e Hidrográfica do Açude Manoel Balbino				

				
FOTO 31 Coord: 463443mE; 9218090mN	FOTO 32 Coord: 465670mE; 9218060mN	FOTO 32.3 Coord: 465670mE; 9218060mN	FOTO 33 Coord: 465083mE; 9217760mN	FOTO 34 Coord: 464083mE; 9217750mN
Descrição: Foto 1: Área de extração com 2 hectare. Não havia nenhum responsável no local. Foto 2: Curral para criação de gado. Foto 3: Piscicultura. De acordo com o caseiro da propriedade há criação de peixe no local. No entanto, não foi permitida a entrada da equipe, pois o dono da propriedade não se encontrava, Foto 4: Área de pastagem. Foto 5: Área desmatada com escavação de solo. Provavelmente para construção de um barreiro para dessedentação animal. Foto 6: Área de piscicultura e cultura agrícola. Existem 4 tanques de criação de tilápia, cada um com 15 m x 7 m e 2 m de profundidade. Cultiva-se coentro, mamão e maracujá. A água é retirada do açude e de um poço profundo. Foto 7: Curral para criação de gado Foto 8: Área de pastagem. Poço no local. Foto 9: Barreiro. Foto 10: Curral para criação de gado. Foto 11: Área de compostagem. Foto 12: Área desmatada e escavada provavelmente para reservar água da chuva. Foto 13: Atividade de piscicultura desativada. Os tanques secaram e não se tinha mais água para enxê-los. Foto 14: Região de APP com presença de agricultura (maracujá, capim) Foto 15: Região de APP. Cultura de bananeiras e pasto para criação de gado Foto 16: Região de APP, parcialmente desmatada e queimada. Foto 17: Vista para o açude (presença de bomba submersa e local de abastecimento de carros pipa). Foto 18: Acesso Sisar. Encontrava-se bloqueado. Foto 19: Cultura de goiaba e maracujá (irrigada). Proprietário Cícero Moreira Foto 20: Vista para barragem e APP. Foto 21: Vista para o açude. APP desmatada, com presença de lixo depositado na margem do reservatório. Foto 22: Despejo de lixo pela colônia de pescadores que vivem próximo ao açude Foto 23: Cultura de maracujá irrigada por aspersão. Aproximadamente 0,6 hectares. Foto 24: Pequena área irrigada com culturas de coco, goiaba e cebolinha. Localizada em APP. Foto 25: Área desmatada na região de influência do reservatório. Foto 26: Área desmatada para pasto na região de influência do reservatório. Foto 27: Agricultura na APP (irrigada). Proprietário José Ailton Siqueira Foto 28: Criação de gado em APP Foto 29: Pequeno cultivo em APP Foto 30: Área de agricultura em APP, aproximadamente 0,25 hectares. Foto 31: Cultura agrícola (fava) em APP. Região de da comunidade Candeia. Foto 32: Área de APP com cultivos irrigados (uso de água de poço). Foto 33: Área de APP. Cultivo de banana e mamão Foto 34: Ocupações humanas em APP				
Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator Zona 24 M Datum: SIRGAS 2000  COGERH Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos  NIPPON KOEI LAC  BANCO MUNDIAL  IPECE  GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos Registro Fotográfico da Bacia Hidráulica e Hidrográfica do Açude Manoel Balbino				