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 LIMA CAMPOS

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Governador: Camilo Sobreira de Santana

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Secretário: Francisco José Coelho Teixeira

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Diretor-Presidente: João Lúcio Farias de Oliveira

CHEFIA DE GABINETE

Antônio Treze de Melo Lima

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO

Ubirajara Patrício Álvares da Silva

DIRETORIA DE OPERAÇÕES

Débora Maria Rios Bezerra

DIRETORIA FINANCEIRA

Paulo Henrique Studart Pinho

GERENTE DO PROJETO

Zulene Almada Teixeira

EQUIPE TÉCNICA DO CONSÓRCIO

Francisco Jácome Sarmento (Coordenador Geral)

Jonair Mongin

José Antônio de Oliveira Jesus

Romulo de Macedo Vieira

Bruno Costa Castro Alves

Juliana Argélia Garcia de Almeida

Alan Pinheiro de Souza

Akira D. Kobayashi

Talles Chateaubriand de Macedo

Marcela Rafaela de Freitas Silva

Emanuella Almeida Figueiredo

Jamille Freire Amorim

EQUIPE TÉCNICA DA COGERH

Francimeyre Freire Avelino

Micaella da Silva Teixeira Rodrigues

Nice Maria da Cunha Cavalcante

Zulene Almada Teixeira

AGRADECIMENTOS/COLABORADORES

Ana Lúcia Maia de Souza

Davi Martins Pereira

Elano Lamartine Leão Joca

Fátima Lorena Magalhães Ferreira

Francisco de Assis de Souza Filho

Walt Disney Paulino

QUADRO DE CODIFICAÇÃO

Código do 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 Lima Campos*, 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 Lima Campos, 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, foram realizadas visitas ao centro administrativo da prefeitura de Icó, a fim de coletar informações acerca das potenciais fontes de poluição existentes na área de contribuição do açude Lima Campos e visitas *in loco* com essa mesma finalidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da bacia de contribuição – Açude Lima Campos 18

Figura 2 - Principais vias de acesso – Açude Lima Campos 19

Figura 3 - Precipitação média anual da área de contribuição hidrográfica – Açude Lima Campos 23

Figura 4 - Mapa hipsométrico da área de contribuição hidrográfica – Açude Lima Campos 24

Figura 5 - Prática de pecuária extensiva próximo a bacia hidráulica do açude Lima Campos 26

Figura 6 - Livre circulação de gado bovino em canal utilizado para irrigação 26

Figura 7 - Irrigação de capim por superfície 27

Figura 8 - Cultura de milho e feijão sem sistema de irrigação visível 27

Figura 9 - Lançamento de efluente doméstico a céu aberto próximo ao açude Lima Campos 28

Figura 10 - Pontos visitados na área de influência da bacia hidrográfica – Açude Lima Campos 30

Figura 11 - Estimativa populacional dos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos 36

Figura 12 - Tratamento de água nos domicílios dos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos 41

Figura 13 - Pecuária nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos 44

Figura 14 - Área plantada com lavouras temporárias nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos 45

Figura 15 - Área plantada com lavouras permanentes nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos 45

Figura 16 - Evolução do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Lima Campos 50

Figura 17 - Histograma do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Lima Campos .. 51

Figura 18 - Histograma do volume armazenado no período de 2012 a 2016 – Açude Lima Campos .. 51

Figura 19 - Frequência de não superação do volume armazenado – Açude Lima Campos 52

Figura 20 - Histograma de frequência do aporte (hm³) – Açude Lima Campos 53

Figura 21 - Frequência de não superação do aporte de água – Açude Lima Campos 53

Figura 22 - Localização espacial do ponto de coleta no açude Lima Campos 55

Figura 23 - Volume e clorofila-a ao longo do tempo – Açude Lima Campos 68

Figura 24 - Volume e cianobactérias ao longo do tempo – Açude Lima Campos 69

Figura 25 - Volume e DBO ao longo do tempo – Açude Lima Campos 70

Figura 26 - Volume e fósforo total ao longo do tempo – Açude Lima Campos 71

Figura 27 - Volume e nitrogênio total ao longo do tempo – Açude Lima Campos 72

Figura 28 - Volume e oxigênio dissolvido ao longo do tempo – Açude Lima Campos 73

Figura 29 - Volume e pH ao longo do tempo – Açude Lima Campos..... 73
Figura 30 - Volume e turbidez ao longo do tempo – Açude Lima Campos..... 74
Figura 31 - Volume e condutividade elétrica ao longo do tempo - Açude Lima Campos..... 75
Figura 32 - Estado trófico do açude Lima Campos 76
Figura 33 - Diagrama de articulação dos principais componentes da modelagem matemática..... 80
Figura 34 - Relação Chuva-Vazão pelo modelo SMAP 83
Figura 35 - Relação chuva-vazão da Sub- Bacia Salgado com dados de estações fluviométricas localizadas dentro da sub-bacia 85
Figura 36 - Relação chuva-vazão – Sub Bacia do Salgado, com dados de estações fluviométricas localizadas dentro e próximas à essa sub-bacia 86
Figura 37 - Relação chuva-vazão – Sub-Bacia Salgado 87
Figura 38 - Carga total de fósforo na área de contribuição hidrográfica – Açude Lima Campos..... 95
Figura 39 - Concentração média anual de fósforo na área de contribuição hidrográfica – Açude Lima Campos 96
Figura 40 - Área de influência da bacia hidrográfica – Açude Lima Campos 98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da área da bacia hidrográfica – Açude Lima Campos 17

Tabela 2 - Ficha Técnica da Barragem Lima Campos 20

Tabela 3 - Aglomerados Urbanos Identificados na Bacia do açude Lima Campos 34

Tabela 4 - População residente, rural e urbana, dos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos 35

Tabela 5 - Número de docentes nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015 37

Tabela 6 - Número de matrículas iniciais nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015 37

Tabela 7 - Profissionais de saúde/SUS nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015 37

Tabela 8 - Cobertura de abastecimento de água e esgoto nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015 38

Tabela 9 - Ligações da rede de distribuição de água e rede coletora de esgoto nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015 40

Tabela 10 - Tipos de moradias e acesso à energia elétrica nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos . 41

Tabela 11 - Indicadores municipais de coleta e produção de resíduos *per capita* nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015 42

Tabela 12 - PIB a preços de mercado nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos 43

Tabela 13 - População com renda mensal de até R$70,00 nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos . 46

Tabela 14 - IDHM e IDM dos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos 47

Tabela 15 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológica do açude Lima Campos 58

Tabela 16 - Quantitativo e qualitativo de cianobactérias no açude Lima Campos 59

Tabela 17 - Quantitativo e qualitativo dos demais grupos de fitoplâncton no açude Lima Campos 59

Tabela 18 - Resultados de análises (em mg/L) da água do açude Lima Campos 60

Tabela 19 - Classe trófica a partir do IET do fósforo e clorofila 61

Tabela 20 - Classe trófica a partir da contagem de cianobactérias 61

Tabela 21 - Classe trófica a partir da transparência 62

Tabela 22 - Classificação do estado de trofia do açude Lima Campos 62

Tabela 23 - Procedimento para seleção das profundidades de coleta 63

Tabela 24 - IQAR do açude Lima Campos 64

Tabela 25 - Classificação das águas do açude Lima Campos quanto a salinidade e sodificação 65

Tabela 26 - Resultados de análise do sedimento do açude Lima Campos 66

Tabela 27 - Estatística da qualidade de água da série histórica do açude Lima Campos – 2004 a 2016 67

Tabela 28 - Açudes selecionados para a construção do primeiro modelo chuva-vazão 82

Tabela 29 - Estações fluviométricas selecionadas para a construção do segundo modelo chuva-vazão 84

Tabela 30 - Equações de regressão chuva-vazão 84

Tabela 31 - Estações fluviométricas adicionadas ao cálculo matemático de chuva e vazão – Sub-Bacia do Salgado 85

Tabela 32 - Equações de regressão chuva-vazão 86

Tabela 33 - Estações fluviométricas selecionadas para o cálculo final da chuva-vazão – Sub-Bacia do Salgado 87

Tabela 34 - Coeficientes médios de exportação de fósforo total adotados no estudo 90

Tabela 35 - Percentual da carga bruta anual de fósforo das fontes poluidoras pontuais e difusas 99
Tabela 36 - Carga anual de poluição pontual, difusa e acumulada de fósforo 100
Tabela 37 - Capacidade de suporte, estimativa de cargas recebidas e variáveis utilizadas 100
Tabela 38 - Capacidade de suporte, estimativa de cargas recebidas e variáveis utilizadas 101
Tabela 39 - Espécies químicas dos sedimentos amostrados em porcentagem 104

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

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

APP – Área de Preservação Permanente

BR – Brasil

CAGECE – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CE – Ceará

CEPIS – Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DDA – Doença Diarreica Aguda

DEFoFo – Tubos e Conexões Hidráulicas em PVC Modificado

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

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

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 de Saúde

PAC – Policloreto de Alumínio

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

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

PRFV – Polímero Reforçado com Fibra de Vidro

PSH – Plano de Segurança Hídrica

PVC – Policloreto de Polivinila

RAS – Relação de Adsorção de Sódio

RCC – Resíduos da Construção Civil

RDO – Resíduos Domiciliares

RPU – Resíduos Públicos

RSS – Resíduos Sólidos de Saúde

SAAE – Sistema Autônomo de àgua 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 25
2.1.4 Principais impactos *25*
2.2 Medidas Mitigadoras 31
3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS 34
3.1 Demografia 35
3.2 Educação e saúde 36
3.3 Infraestrutura e saneamento 38
3.4 Resíduos sólidos 42
3.5 Economia 43
3.6 Pecuária 44
3.7 Agricultura 44
3.8 Doenças de veiculação hídrica 45
3.9 Desenvolvimento humano 46
4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO 50
5. QUALIDADE DA ÁGUA 55
5.1 Análises das coletas realizadas 55
5.1.1 Água 56
5.1.1.1 Estado de trofia 60
5.1.1.2 IQAR 62
5.1.1.3 Qualidade de água para irrigação 64
5.1.2 Sedimento *65*
5.2 Dados de qualidade da água de 2004 a 2016 66
6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES 78
6.1. Modelagem matemática para definição da área de influência dos reservatórios 78
6.1.1 Modelo Digital de Elevação - MDE e Direção de Fluxo 78
6.1.2 Modelagem da Relação Chuva-vazão 81
6.1.2.1 Alternativas estudadas 82

6.1.3 Modelo de vazão acumulada 87
6.1.4 Modelo de cargas difusas e pontuais 88
6.1.5 Modelo regressivo referenciador 89
6.1.6 Modelagem espacial distribuída 90
6.1.7 Calibração de parâmetro de depuração 92
6.1.8 Apresentação dos mapas com resultados obtidos 94
6.2. Resumo do cálculo das cargas de nutrientes 99
6.3 Cenário atual e capacidade de suporte do reservatório 100
7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO 103
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS 106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 109
ANEXOS 113

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 Icó. 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.

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 Lima Campos localiza-se entre as coordenadas UTM, Zona 24M, 9302731mN e 9278859mN, e 510575mE e 585073mE, na porção noroeste da sub-bacia hidrográfica do Salgado, conforme pode ser observado na Figura 1. Sua bacia hidrográfica abrange uma área de 340 km², de acordo com a delimitação realizada através da Base Cartográfica da Cogerh (2016a) e do Modelo Digital de Elevação (MDE) Topodata (INPE, 2016), com três municípios inseridos parcialmente em sua bacia hidrográfica (Tabela 1). Nessa bacia está incluída a sub-bacia do açude Tatajuba.

O reservatório está inserido no município de Icó, que possui população de 65.456 habitantes, sendo 30.463 na zona urbana e 34.993 na zona rural, segundo os dados de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

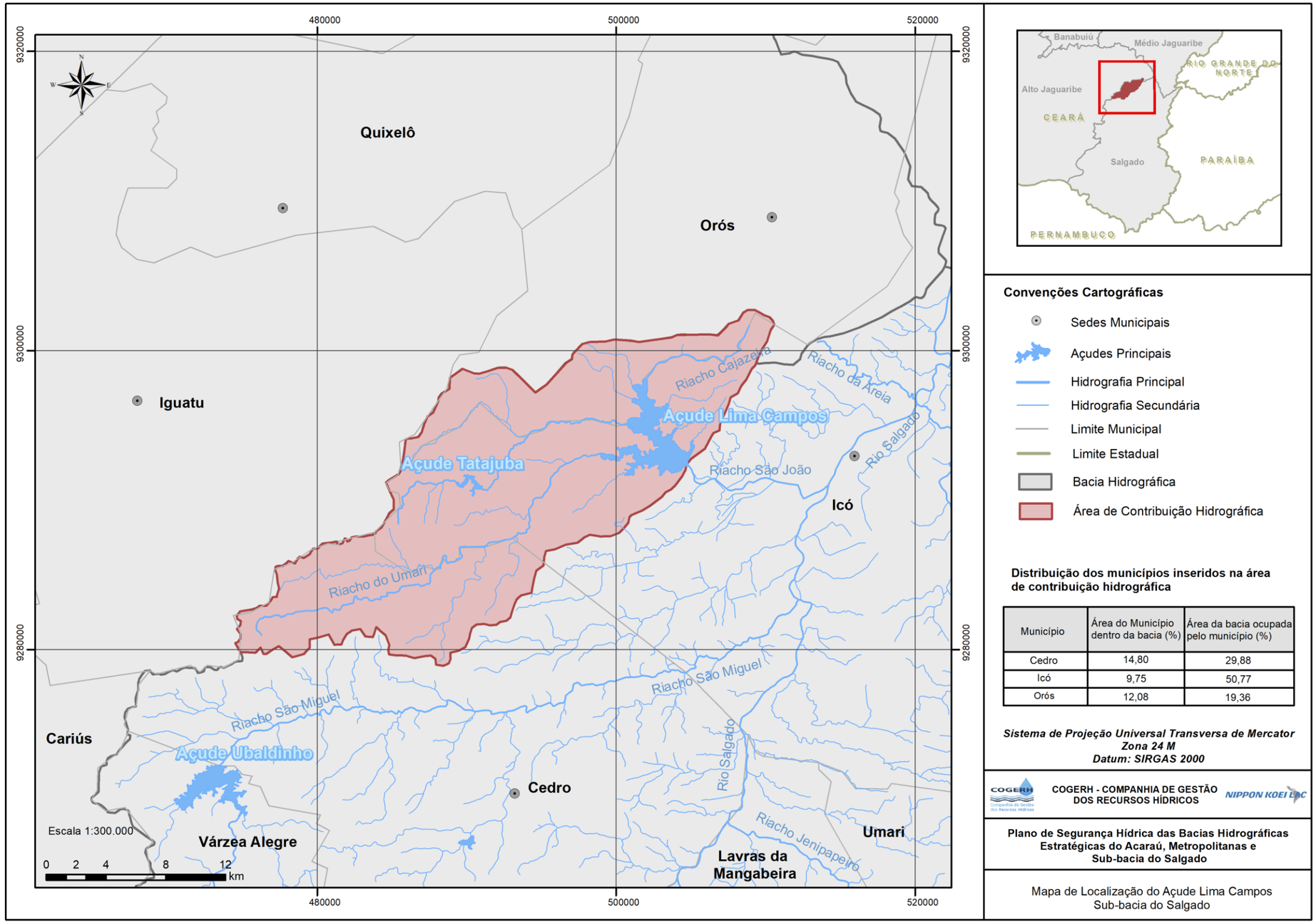
Tabela 1 - Distribuição da área da bacia hidrográfica – Açude Lima Campos

Município	Área do município dentro da bacia (%)	Área da bacia dentro do município (%)
Cedro	**14,800**	**29,875**
Icó	**9,751**	**50,767**
Orós	**12,079**	**19,358**

Fonte: adaptado de IBGE (2015a).

Os principais tributários do açude Lima Campos são o rio Salgado, o riacho São João e o riacho Umari, sendo o riacho São João o possuidor do barramento. As principais vias de acesso à região são as rodovias BR-404 e CE-153 (Figura 2).

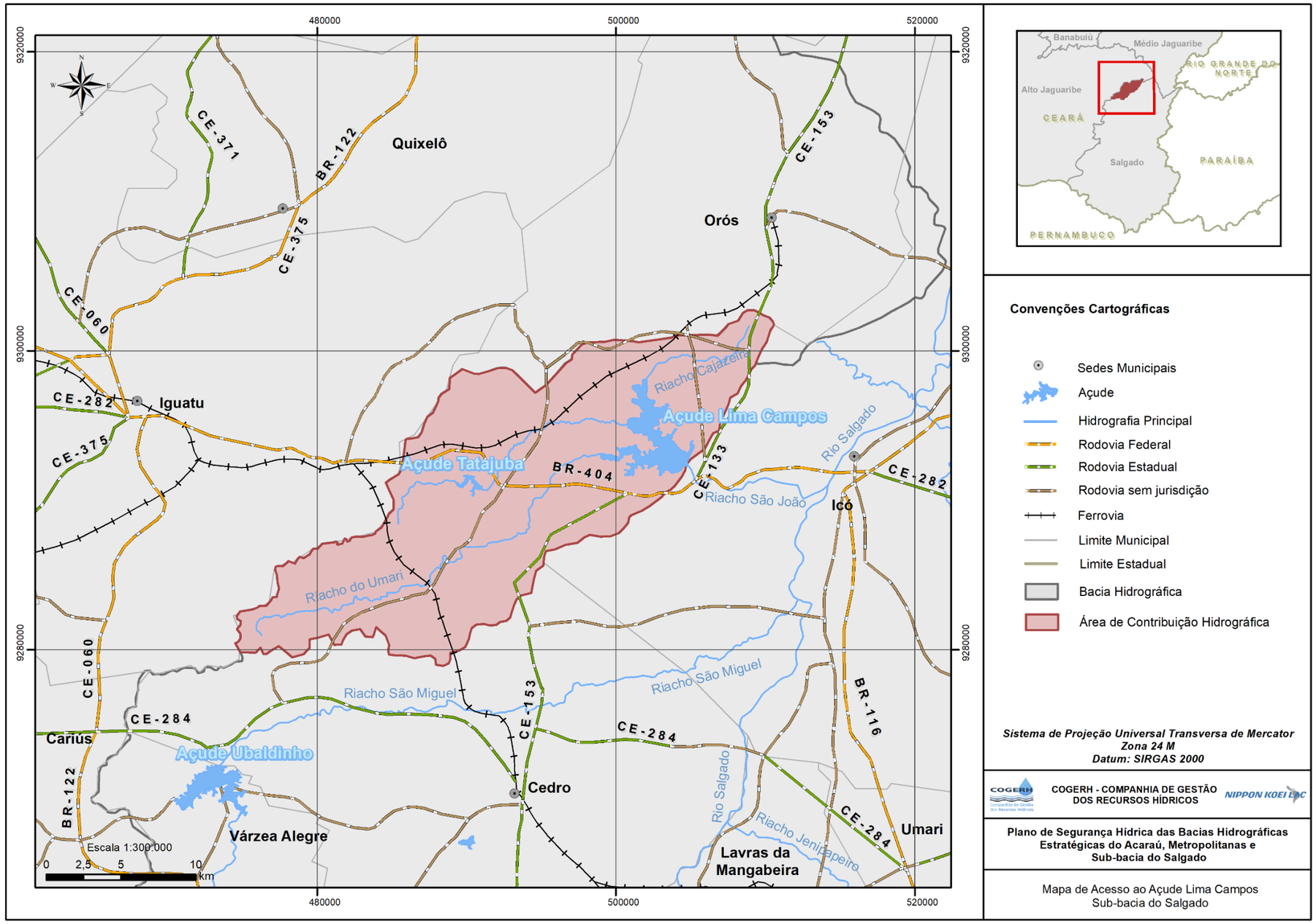
Figura 1 - Localização da bacia de contribuição – Açude Lima Campos



Município	Área do Município dentro da bacia (%)	Área da bacia ocupada pelo município (%)
Cedro	14,80	29,88
Icó	9,75	50,77
Orós	12,08	19,36

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

Figura 2 - Principais vias de acesso – Açude Lima Campos



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

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

Tabela 2 - Ficha Técnica da Barragem Lima Campos

Município:	**Icó**
Coordenada E:	**504.749**
Coordenada N:	**9.292.408**
Bacia:	**Salgado**
Rio/Riacho Barrado:	**Riacho São João**
Barragem	
Tipo:	**Terra Zoneada**
Capacidade (m^3):	**66.382.000**
Bacia Hidrográfica(Km^2):	**340,000**
Bacia Hidráulica(ha):	**1.515,000**
Vazão Regularizada(m^3/s):	**-**
Extensão pelo Coroamento(m):	**185,0**
Largura do Coroamento(m):	**7,50**
Cota do Coroamento(m):	**180,00**
Altura Máxima(m):	**19,00**
Vertedouro	
Tipo:	**Lâmina Livre**
Largura(m):	**50**
Lâmina Máxima(m):	**1,80**
Cota da Soleira(m):	**175,5**
Tomada d'água	
Tipo:	**Galeria**
Diâmetro(mm):	**-**
Comprimento(m):	**60,00**

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

2.1.2 Caracterização ambiental

O clima predominante na área de contribuição hidrográfica do açude Lima Campos é o Tropical Quente Semiárido Brando, cujo período chuvoso se concentra de fevereiro a abril (IPECE, 2016). Na região são registradas temperaturas entre 23°C e 29°C (médias de mínimas e máximas). A precipitação pluviométrica anual situa-se geralmente entre 600 e 1.013,96 mm (Figura 3) e o regime de chuvas é considerado bastante irregular, com anos marcados por grandes chuvas, concentradas geralmente de janeiro a abril, e outros por secas (CPRM, 1998).

Com relação às altitudes registradas na área de contribuição hidrográfica, a paisagem apresenta formas suaves na região da Depressão Sertaneja, com valores predominantes de 151 a 238 metros. As áreas mais elevadas caracterizam a região da Serra do Padre (Figura 4).

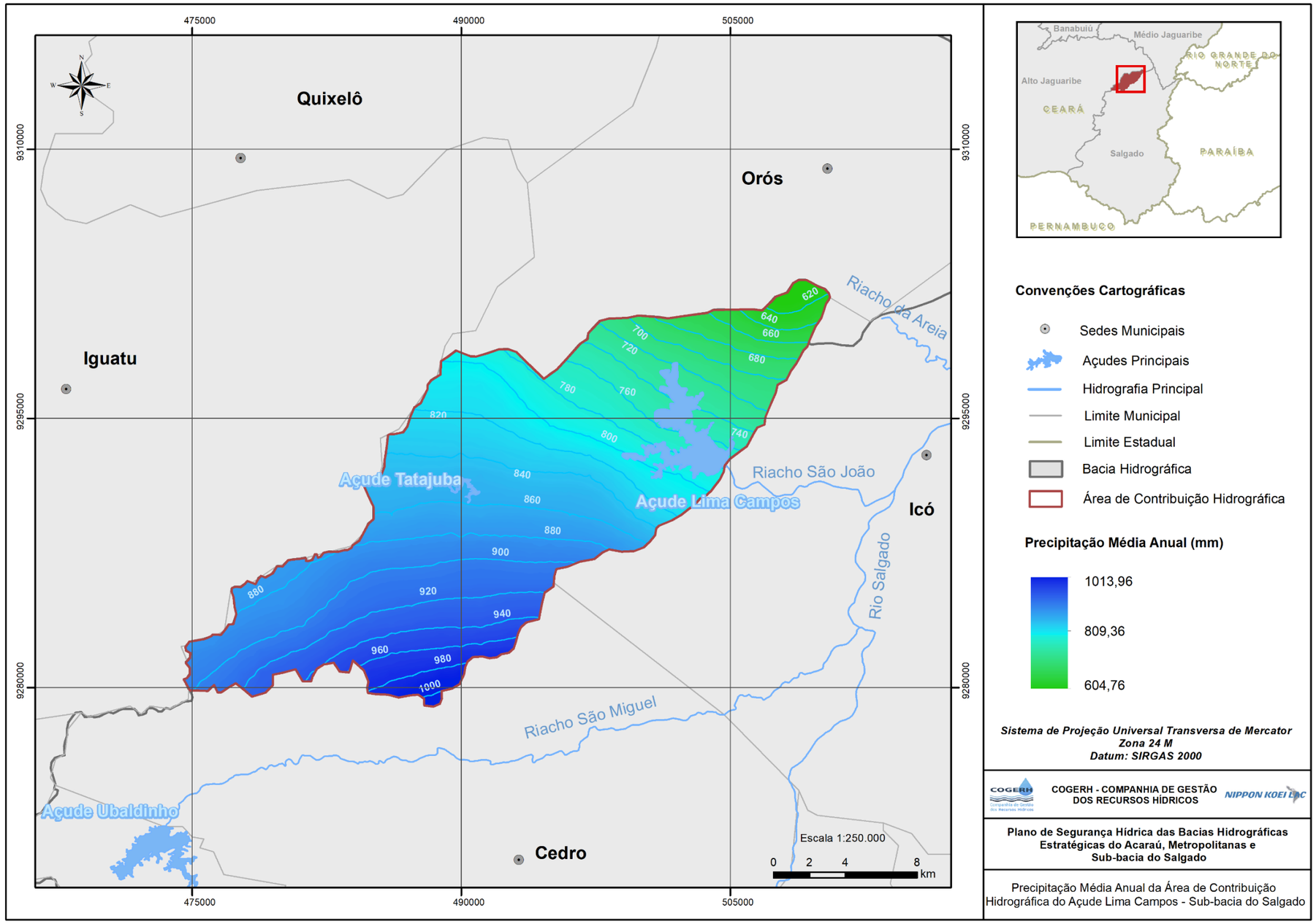
As classes de solos que predominam na região são os Luvissolos, os Argissolos, os Neossolos e os Vertissolos. Os Luvissolos são rasos a pouco profundos, geralmente apresentando horizonte B textural e cores vivas, com argila de atividade alta; o horizonte A, no entanto, possui cores claras e espessura fina, característica de solo pouco desenvolvido. Graças às singularidades de seus horizontes, os Luvissolos são vulneráveis a erosão. Além disso, possuem um teor moderado de acidez, podendo também ser neutros (EMBRAPA, 2006). Os Argissolos compreendem 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 (EMBRAPA, 2006). Os Neossolos são constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, sendo geralmente formados com baixa relevância dos processos pedogenéticos, devido a características intrínsecas do material de origem, como resistência às intempéries, sua composição químico-mineralógica ou influência de fatores de formação, como clima e relevo, por exemplo (EMBRAPA, 2006). Por fim, os Vertissolos apresentam pequena variação textural em seu perfil (não suficiente para caracterizar um horizonte B textural), mas que têm uma grande variação em seu volume de acordo com o teor de água presente no solo. Possuem tendência a apresentar grande movimentação da massa do solo, que se contrai quando em época de seca e se expande quando em épocas úmidas. Sua consistência é plástica e pegajosa, graças às argilas expansíveis e outros argilominerais em sua composição (EMBRAPA, 2006).

Do ponto de vista geológico, observa-se na região o predomínio de rochas do embasamento cristalino do Pré-Cambriano, representadas por gnaisses e migmatitos diversos, além de quartzitos, xistos, filitos e metacalcários. Ocorre também uma sequência sedimentar de idade mesozóica (Grupo Rio do Peixe), constituída por conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos. Podem ainda ser detectados juntos aos cursos dos principais rios os depósitos aluviais, de idade quaternári e compostos principalmente por areia, silte, argila e cascalhos (CPRM, 1998).

No que se refere aos domínios hidrogeológicos presentes na bacia hidrográfica do açude Lima Campos, podem ser encontradas rochas cristalinas e sedimentares do Grupo Rio do Peixe, além de 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 ainda possui sua importância na medida em que pode ser usado para abastecer comunidades mais remotas e servir como alternativa em períodos de estiagem. Entre os sedimentos que compõem o Grupo Rio do Peixe estão os da Formação Antenor Navarro, que constituem um aquífero com bom potencial de água subterrânea, porém com pequena área de ocorrência na região. 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, onde predominam as rochas cristalinas, por produzir vazões significativas (CPRM, 1998).

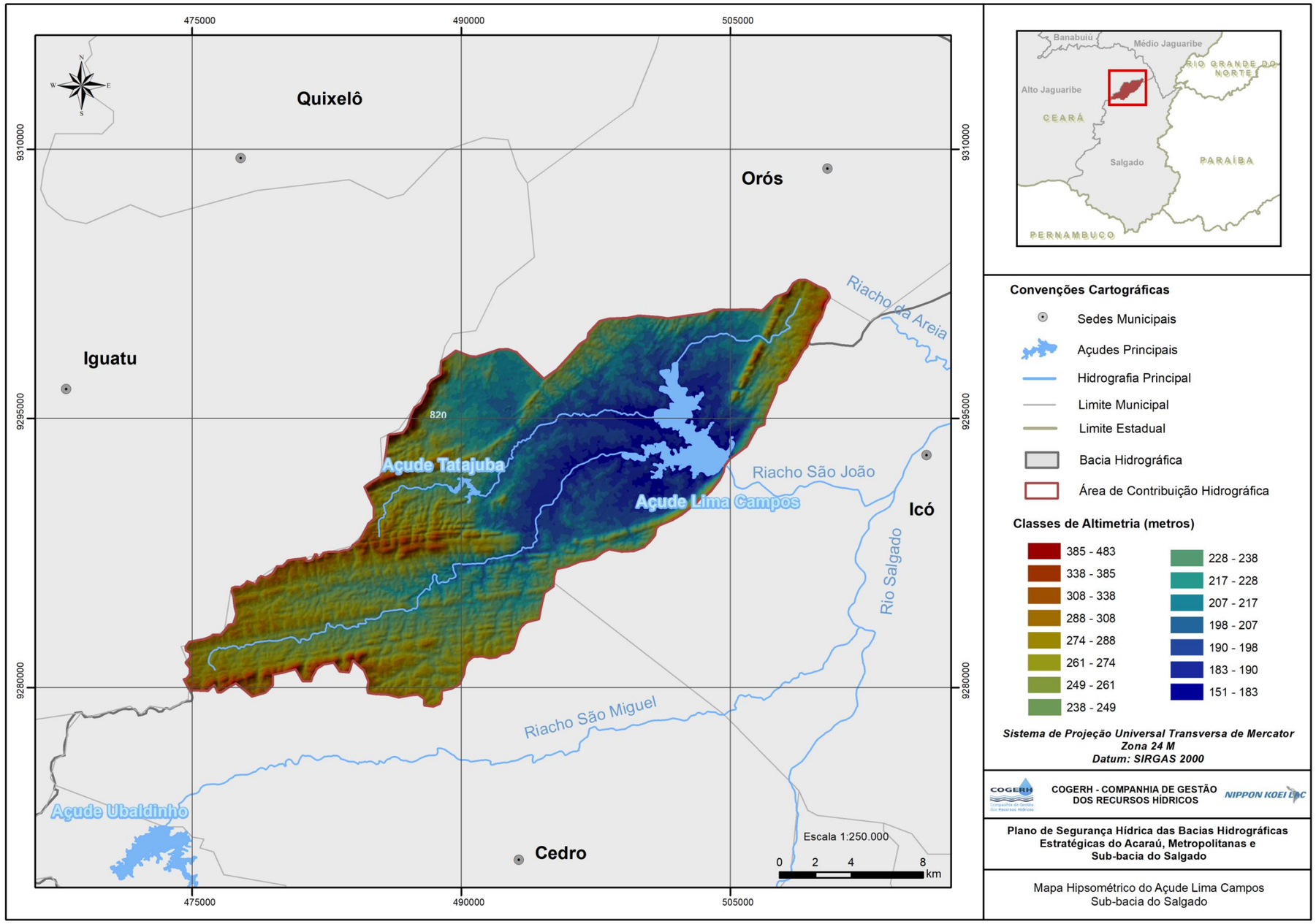
A vegetação na bacia de contribuição é caracterizada por caatinga arbustiva densa, com manchas arbóreas e espinhosas. Estão presentes também alguns fragmentos de mata ciliar e mata seca (CPRM, 1998).

Figura 3 - Precipitação média anual da área de contribuição hidrográfica – Açude Lima Campos



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 Lima Campos



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

2.1.3 Principais usos

A água do açude Lima Campos é destinada ao abastecimento das seguintes localidades: Lagedo, Manoel Alexandre, Pitombeiras e Várzea da Conceição, no município de Cedro; Canudo, Cruz das Pedras, Malhada Vermelha, Rendinha, Tatajuba e Lima Campos, no município de Icó e Guassusê, Igarói e Cabeça de Negro, no município de Orós. Além disso, o reservatório Lima Campos garante o abastecimento humano de alguns municípios no estado da Paraíba. Nas visitas *in loco* realizadas ao açude, identificou-se também o uso da água para irrigação de culturas agrícolas e dessedentação animal, conforme se comenta a seguir.

2.1.4 Principais impactos

Na área de influência do açude Lima Campos foram identificadas extensas áreas onde os bovinos circulam livremente, por vezes localizadas em APP, onde a vegetação nativa foi substituída principalmente por plantas forrageiras, como o capim, como mostrado nas Figuras 5 e 6, registradas nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9295540mN e 501548mE, e 9296190mN e 501611mE, respectivamente (SIRGAS 2000). A criação de gado bovino se caracteriza como uma das principais atividades causadoras de impactos ambientais negativos no reservatório, na medida em que os excrementos bovinos são carreados e lixiviados para a bacia hidráulica, aumentando o aporte de nutrientes e de resíduos na bacia hidráulica do açude, contribuindo para o processo de eutrofização. Nas áreas mais distantes do açude observa-se a existência de barreiros, cujas águas são utilizadas para a dessedentação do gado.

Figura 5 - Prática de pecuária extensiva próximo a bacia hidráulica do açude Lima Campos

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Figura 6 - Livre circulação de gado bovino em canal utilizado para irrigação

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

A agricultura da região se caracteriza por cultivos de subsistência, como feijão e milho. No entorno do reservatório observou-se a presença de bombas que retiram água do açude para a irrigação de áreas cultivadas, utilizando os métodos de aspersão, microaspersão ou mesmo técnicas que promovem um maior consumo de água, como a irrigação por sulcos e o alagamento, que podem causar até mesmo a salinização do solo. Quando não advinda do próprio reservatório, a

água usada em irrigação é oriunda de poços ou do canal de irrigação da transposição Orós-Lima Campos. As Figuras 7 e 8, registradas nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9296190mN e 501611mE, e 9300740mN e 508427mE (SIRGAS 2000), respectivamente, exemplificam a prática de sistemas agrícolas tradicionais na região.

Figura 7 - Irrigação de capim por superfície

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Figura 8 - Cultura de milho e feijão sem sistema de irrigação visível

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

As atividades agrícolas, onde se inclui o cultivo de plantas forrageiras, possuem forte influência na degradação da vegetação nativa da região, inclusive das matas ciliares. A supressão da vegetação acelera os processos erosivos, potencializando o assoreamento e o carreamento/ lixiviação de poluentes, como os agrotóxicos. Sem vegetação não há barreiras naturais ao escoamento, o que contribui para a intensificação de secas e cheias no açude, uma vez que o solo não consegue mais armazenar água nos períodos de chuva e realizar a recarga dos rios durante as secas. O desmatamento favorece a devastação do bioma caatinga, além de destruir habitats naturais e prejudicar o forrageamento das espécies da região.

Percebeu-se também problemas associados à ausência de saneamento básico em comunidade lindeira ao Lima Campos, como o lançamento e disposição inadequada de efluentes domésticos e resíduos sólidos, como mostrado na Figura 9, localizada nas coordenadas UTM, Zona 24M, 9292560mN e 504816mE (SIRGAS 2000). Adicionalmente, as ocupações urbanas causam o aumento de áreas impermeáveis pela supressão da vegetação natural, o que também contribui para o assoreamento do açude.

Figura 9 - Lançamento de efluente doméstico a céu aberto próximo ao açude Lima Campos

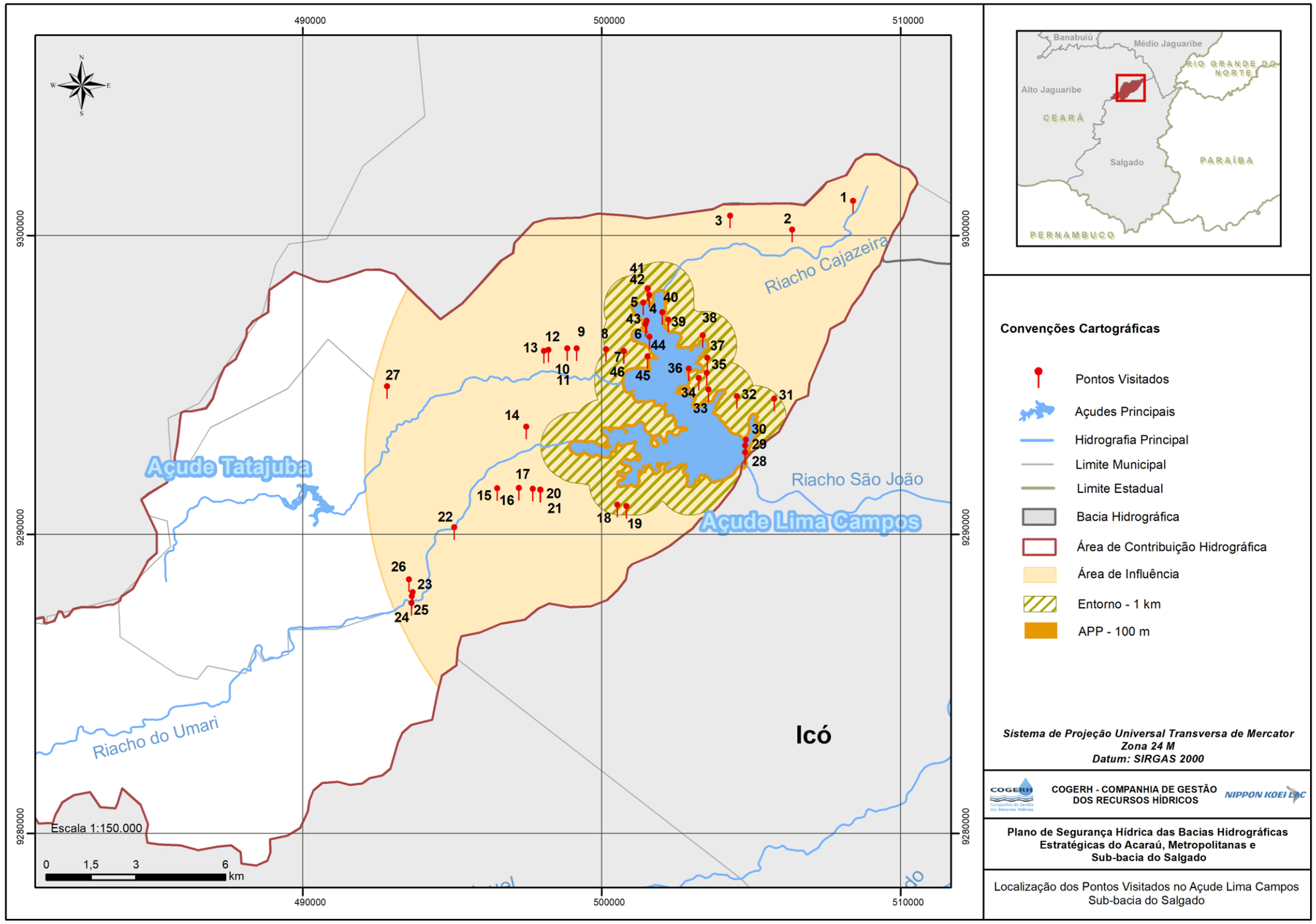
Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

No dia 17 de janeiro de 2017, ainda no contexto do mapeamento da área de contribuição do açude Lima Campos, foi realizada visita à prefeitura de Icó, com a finalidade de obter dados referentes a existência de potenciais fontes de poluição na região, seguindo orientação de relação apresentada no Termo de Referência (TR), que contempla os seguintes pontos de poluição:

estações de tratamento de água (ETA), estações de tratamento de esgoto (ETE), cemitérios, ourivesarias, postos de combustíveis, lagoas de estabilização, esgotos, lixões/aterros sanitários, balneários, matadouros, indústrias, atividades de mineração, poços abandonados, resíduos domésticos, resíduos hospitalares, resíduos industriais, locais de lavagem de carros, uso de agrotóxicos, uso de fertilizantes, pecuária extensiva, confinamento de animais, indústrias alimentícias, indústrias de couro e curtume, indústrias têxteis, metalúrgicas, lavanderias, usina de álcool (vinhoto) e tanques de armazenamentos.

A Figura 10 apresenta a localização dos pontos visitados na área de influência da bacia hidrográfica do açude Lima Campos. Em anexo, no Quadro 1, é apresentado o registro fotográfico da área de influência dessa bacia hidrográfica.

Figura 10 - Pontos visitados na área de influência da bacia hidrográfica – Açude Lima Campos



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

2.2 Medidas Mitigadoras

No açude Lima Campos 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 às prefeituras 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 ao 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 Lima Campos, 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 Cogerh e os órgãos municipais de meio ambiente, visando coibir a prática de ações danosas à manutenção da qualidade ambiental dessas áreas, fazendo uso das informações compiladas neste IVA, sobretudo quanto a identificação das principais fontes de poluição do reservatório.

3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

3. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

Os estudos socioeconômicos tiveram como base as informações obtidas nos censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Sistema Nacional de Informações 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.

Na bacia hidrográfica do açude Lima Campos foram identificados 13 aglomerados urbanos, dos quais 3 são sedes distritais. Destaca-se que a sede distrital de Lima Campos se localiza na margem do açude e que a sede distrital de Guassussê está situada a apenas 2,3 km desse reservatório (Tabela 3).

Tabela 3 - Aglomerados Urbanos Identificados na Bacia do açude Lima Campos

Nome	Tipo	Município	Distrito	Categoria[1]	Menor Comprimento da Rede de Drenagem até o Açude Lima Campos (km)
Lagedo	Sede Distrital	Cedro	Lagedo	Urbano	14,34
Manoel Alexandre	Localidade	Cedro	Várzea da Conceição	Rural	28,58
Pitombeiras	Localidade	Cedro	Várzea da Conceição	Rural	30,90
Várzea da Conceição	Sede Distrital	Cedro	Várzea da Conceição	Urbano	18,40
Canudo	Localidade	Icó	Lima Campos	Rural	19,14
Cruz das Pedras	Localidade	Icó	Lima Campos	Rural	18,29
Malhada Vermelha	Localidade	Icó	Lima Campos	Rural	11,84
Rendinha	Localidade	Icó	Lima Campos	Rural	4,03
Tatajuba	Localidade	Icó	Lima Campos	Rural	13,00
Lima Campos	Sede Distrital	Icó	Lima Campos	Urbano	0,00
Guassussê	Sede Distrital	Orós	Guassussê	Urbano	2,31
Igarói	Sede Distrital	Orós	Igarói	Urbano	7,07
Cabeça de Negro	Localidade	Orós	Palestina	Rural	13,63

Fontes: Cogerh (2016a); IBGE (2015a).
Nota: [1] Categoria conforme o setor censitário 2010 do IBGE.

Os municípios de Icó, Cedro e Orós ocupam, respectivamente, 50,77%, 29,88% e 19,36% da área total da bacia de contribuição desse reservatório. Por integrarem a área da bacia de

contribuição, tais municípios possuem grande relevância e influência na dinâmica do uso e ocupação do solo, e potencial influência poluidora para o Lima Campos.

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, dos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos

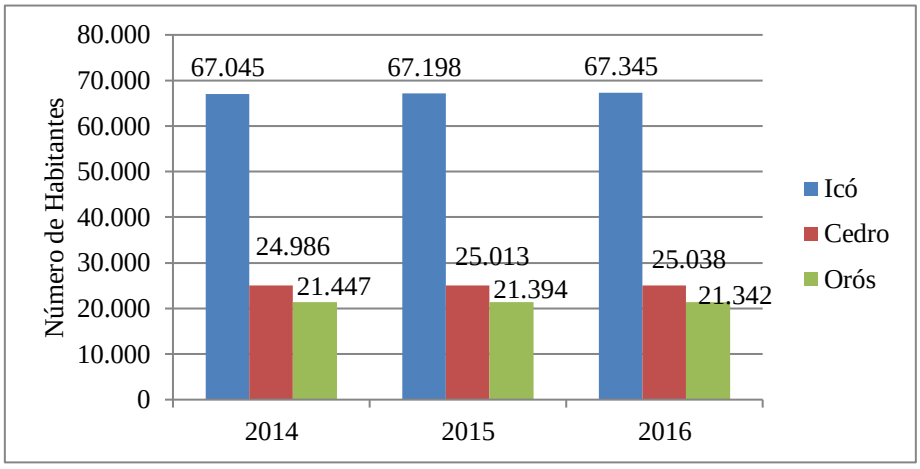
Município		Icó	Cedro	Orós
População em 1970	Urbana	10.453	8.654	8.866
	Rural	31.116	14.104	8.649
	Total	41.569	22.758	17.515
	% Urb	25,15 %	38,03 %	50,62 %
População em 1980	Urbana	16.326	8.436	9.975
	Rural	37.016	13.317	9.129
	Total	53.342	21.753	19.104
	% Urb	30,61 %	38,78 %	52,21 %
População em 1991	Urbana	22.513	11.057	14.222
	Rural	37.953	11.873	7.792
	Total	60.466	22.930	22.014
	% Urb	37,23 %	48,22 %	64,60 %
População em 2000	Urbana	26.047	13.501	15.800
	Rural	36.474	10.561	6.223
	Total	62.521	24.062	22.023
	% Urb	41,66 %	56,11 %	71,74 %
População em 2010	Urbana	30.463	15.159	16.023
	Rural	34.993	9.368	5.366
	Total	65.456	24.527	21.389
	% Urb	46,54 %	61,81 %	74,91 %

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

Conforme o último censo realizado pelo IBGE (2010), o município de Icó é o mais populoso dentre os analisados, possuindo 65.456 habitantes. Observa-se ainda que o município de Orós foi o único que decresceu em número populacional em relação ao ano 2000.

A análise da população rural total mostra que houve um decréscimo populacional em todos os municípios, quando comparado ao censo realizado no ano 2000. Além disso, em todos os municípios houve aumento da população residente na zona urbana. A Figura 11 mostra um gráfico que apresenta a estimativa de crescimento populacional dos municípios em análise para os anos de 2014 e 2016, segundo o IBGE.

Figura 11 - Estimativa populacional dos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos



Fonte: IBGE (2010).

3.2 Educação e saúde

A educação básica nos municípios inseridos na bacia de contribuição do açude Lima Campos é oferecida principalmente pelos governos estaduais e municipais. O número de escolas particulares ainda é limitado e não existem escolas privadas de nível médio em Cedro e Orós (IBGE, 2015b).

O analfabetismo em pessoas com 15 anos ou mais se configura como um problema que precisa ser solucionado pelos gestores públicos, haja vista que o número de analfabetos em relação à população total residente é maior que 20% em todos os municípios. Em Orós, esse número chega a representar 24,29% da população total residente no município, sendo o maior valor dentre os municípios analisados (IBGE, 2010).

Informações adicionais a respeito do número de docentes e matrículas iniciais no ano de 2015 estão apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 - Número de docentes nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015

Município	Docentes				
	Total	Federal	Estadual	Municipal	Particular
Icó	916	-	103	691	122
Cedro	317	35	59	176	47
Orós	183	-	37	137	9
Estado do Ceará	96.737	893	19.680	62.119	21.217

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

Tabela 6 - Número de matrículas iniciais nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015

Município	Matrículas Iniciais				
	Total	Federal	Estadual	Municipal	Particular
Icó	14.423	-	2.271	10.391	1.761
Cedro	5.457	184	948	3.538	787
Orós	4.163	-	590	3.287	286
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, todos os municípios utilizam o Sistema Único de Saúde (SUS). Quanto ao número de médicos por mil habitantes, observa-se que em Icó existe 0,97 médicos/ mil habitantes, o menor valor dentre os municípios analisados. Em Cedro existe 1 médico para cada mil habitantes e em Orós são 1,12 médicos para cada mil habitantes. Vale ressaltar que em todos os municípios esse indicador apresenta valor abaixo da média estadual, que é de 1,37 médicos/ mil habitantes (Tabela 7).

Tabela 7 - Profissionais de saúde/SUS nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015

Municípios	Total*	Médicos	Dentistas	Enfermeiros	Agentes Comunitários de Saúde	Médicos/mil hab
Icó	496	65	33	58	153	0,97
Cedro	171	25	14	19	54	1
Orós	186	24	9	21	53	1,12

Fonte: Ipece (2016)
Nota: *O valor total refere-se à soma de todos os profissionais de saúde ligados ao SUS, incluindo aqueles que não estão mostrados na tabela.

3.3 Infraestrutura e saneamento

No tocante à infraestrutura e saneamento dos municípios em 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, com dados de 2015, apresenta valores próximos da universalização do sistema (Tabela 8).

Tabela 8 - Cobertura de abastecimento de água e esgoto nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015

Municípios	Taxa de cobertura (%)	
	Abastecimento de água	Esgotamento Sanitário
Icó	91,40	50,38
Cedro	99,35	16,79
Orós	99,73	-

Fonte: Ipece (2016).

No município de Icó, o sistema de abastecimento da sede municipal, operado pelo SAAE, possui como manancial o próprio açude Lima Campos. A captação se dá através de um flutuante com dois conjuntos motobombas de potência 25 cv e vazão de 51,08 L/s. O recalque se dá por uma adutora em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e ferro fundido, com diâmetro de 250 e 300 mm, e comprimento total de 440 m, até um reservatório elevado com capacidade de 70 m³. Em seguida, a água bruta é transportada gravitariamente por uma tubulação em Polímero Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) até a ETA, para em seguida ser distribuída. Essa ETA consiste em filtros de ascensão lenta com capacidade de até 69,44 L/s (ANA, 2010). A taxa de cobertura urbana do sistema chegou a 91,40% em 2015 (IPECE, 2016). Em 2015 existiam 13.760 ligações ativas, atendendo a uma população de 49.536 habitantes, com um volume produzido na ETA de 5.383.000 m³ e 138 km de rede (SNSA, 2017).

Em cedro o sistema de abastecimento de água da sede municipal possui uma taxa de cobertura de 99,11%, atendendo 11.629 pessoas, mas com capacidade para atender 13.962 habitantes, conforme a população projetada com base no censo de 2010 (CAGECE, 2017a).

O sistema de abastecimento da sede distrital de Cedro - Várzea da Conceição, passou a ser operado pela Cagece em 2015 (ARCE, 2015b). Esse sistema tem como manancial o riacho São

Miguel, que é afluente do açude Ubaldinho, sendo o tratamento realizado através de filtração, floculação e desinfecção, com uma vazão de água potável de 27,2 m³/h. Após o tratamento, a água é armazenada em 5 reservatórios com capacidade total de 200 m³ e distribuída por uma rede de tubulações em PVC com extensão total de 9,5 km (CAGECE, 2016). Esse sistema possuía taxa de cobertura de 99,41%, atendendo um total de 619 habitantes e com capacidade para atender 744 pessoas em dezembro de 2016, conforme a população projetada com base no censo de 2010 (CAGECE, 2017a). Nesse município, segundo IPECE (2016), a taxa urbana de cobertura de abastecimento de água era de 99,35% em 2015.

No município de Orós, a sede distrital de Guassussê possui um sistema de abastecimento de água, cujo manancial é o próprio açude Lima Campos, com duas estações elevatórias (arranjo 1+1R); duas adutoras, sendo uma em PVC DEFoFo (diâmetro nominal de 100 mm) e 1,2 km de extensão e uma em PVC (diâmetro nominal de 150 mm) com 50 m de comprimento; uma estação de tratamento de água composta por um filtro de fluxo ascendente (aplicação de Hypocal, PAC e polímero); dois reservatórios com capacidade total de 150 m³, sendo um elevado e o outro semienterrado e, por fim, uma rede de distribuição com 4,678 m de extensão e 1.108 ligações ativas em dezembro de 2014 (ARCE, 2015c).

Já no distrito de Palestina tem-se um sistema de abastecimento de água, cujo manancial é o açude Orós, com uma estação elevatória (arranjo 1+1R); três adutoras, sendo uma em ferro fundido (diâmetro nominal de 100 e 150 mm) e 7,9 km de extensão, uma em ferro fundido (diâmetro nominal de 100 mm) com 62 m de comprimento e uma outra em PVC (diâmetro nominal de 100 mm) e 98 m de extensão; uma estação de tratamento de água composta por um filtro de fluxo ascendente (aplicação de PAC-23, hipoclorito de cálcio e fluossilicato de sódio); dois reservatórios apoiados com capacidade total de 200 m³ e, por fim, uma rede de distribuição com 9,9 km de extensão e 705 ligações ativas em dezembro de 2014 (ARCE, 2015d). No município, segundo IPECE (2016), a taxa urbana de cobertura de abastecimento de água era de 99,73% em 2015.

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

Tabela 9 - Ligações da rede de distribuição de água e rede coletora de esgoto nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015

Município	Abastecimento de Água			Esgotamento Sanitário	
	Ligações Reais	Ligações Ativas	Vol. Produzido (m³)	Ligações Reais	Ligações Ativas
Icó	-	-	-	-	-
Cedro	5.814	5.530	1.075.192	386	378
Orós	6.080	5.659	831.532	-	-

Fonte: Ipece (2016).

Com relação à destinação das águas servidas, os dados mostram um cenário preocupante. No município de Icó, conforme SNSA (2017), somente a sede municipal possui um sistema coletivo de esgotamento sanitário, cuja taxa de cobertura em 2015 foi 50,38% (IPECE, 2016). Considerando todo o território do município, parte dos domicílios, em 2010, eram atendidos por soluções individuais, tais como fossas sépticas (8,17%), fossas rudimentares, valas e outras (49,15 %), pela rede pluvial ou geral (27,64 %) e, ainda, 15,03% não possuíam sequer banheiros (IPECE, 2016). Segundo SNSA (2017), em 2015 existiam 4.855 ligações ativas, atendendo 17.850 habitantes, com uma extensão de rede de 49 km e um volume de 1.395.000 m³ de esgotos tratados.

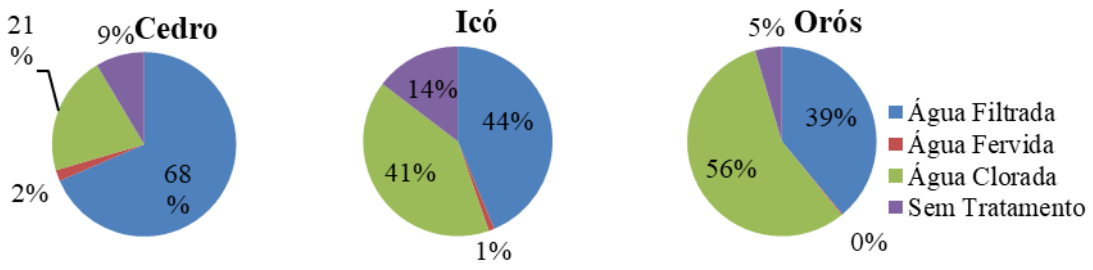
Em cedro, conforme SNSA (2017), somente a sede municipal possui um sistema coletivo de esgotamento sanitário. Parte dos domicílios, em 2010, eram atendidos por soluções individuais, tais como fossas sépticas (2,72%), fossas rudimentares, valas e outras (79,65%), pela rede pluvial (6,21%) e, ainda, 11,37% não possuíam sequer banheiros (IPECE, 2016). Ainda segundo SNSA (2017), em 2015 existiam 378 ligações ativas, atendendo 881 habitantes, com uma extensão de rede de apenas 4,34 km e um volume de 25.890 m³ de esgotos tratados. Na sede municipal, a taxa de cobertura urbana de esgotamento sanitário em dezembro de 2016 era de apenas 16,34% (CAGECE, 2017b). Segundo Cagece (2017b), no município existem cinco Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) operadas pela própria Cagece, sendo todas localizadas na sede municipal, fora da bacia do açude Lima Campos.

Em relação aos sistemas de esgotamento sanitário do município de Orós, considerando todo o município, parte dos domicílios, em 2010, eram atendidos por soluções individuais, tais como fossas sépticas (3,53%), fossas rudimentares, valas e outras (11,71%), pela rede pluvial ou geral (88,03 %) e, ainda, 6,15 % não possuíam sequer banheiros (IPECE, 2016). Segundo SNSA (2017), em 2012 existiam 4.892 ligações ativas, atendendo 15.000 habitantes, com uma extensão de rede de 100 km e um volume de 560.000 m³ de esgotos tratados.

A partir das informações analisadas anteriormente conclui-se que as localidades identificadas na bacia de contribuição do açude Lima Campos não possuem sistemas de esgotamento sanitário coletivo, sendo os efluentes lançados na rede de drenagem pluvial, no solo (fossas ou valas) ou, ainda, nos corpos hídricos.

Com relação ao tratamento de água nos domicílios, dados de Brasil (2015) mostram que a maior parte das famílias em Icó e Cedro utilizam a água filtrada como método de tratamento de água realizado diretamente nos domicílios (Figura 12). Em Orós, o tipo de tratamento de água nos domicílios mais utilizado é a água clorada (56%).

Figura 12 - Tratamento de água nos domicílios dos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Brasil (2015).

Com relação ao tipo de moradia, a maior parte das famílias dos municípios mora em casa de tijolos ou adobe. Dentre os municípios analisados, Orós é o que possui o maior número de famílias residindo em moradias do tipo taipa (18,62%). Quanto ao acesso da energia elétrica, a porcentagem de moradias com energia elétrica apresenta valores próximos à universalização; em Orós esse número chega a 96,90% (Tabela 10).

Tabela 10 - Tipos de moradias e acesso à energia elétrica nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos

Município	Icó	Cedro	Orós
Tijolos/Adobe	89,76 %	93,39 %	81,33 %
Taipa Revestida	5,55 %	3,30 %	11,68 %
Taipa Não Revestida	4,05 %	2,81 %	6,94 %
Madeira	0,43 %	0,01 %	0,01 %
Material Aproveitado	0,07 %	0,04 %	0,00 %
Outros	0,15 %	0,45 %	0,03 %
Energia Elétrica	84,48 %	93,82 %	96,90 %

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.

A Tabela 11 apresenta os principais indicadores municipais sobre a coleta e produção de resíduos no ano de 2015, cujos dados foram extraídos do SNSA (2017).

Tabela 11 - Indicadores municipais de coleta e produção de resíduos *per capita* nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos – Ano 2015

Município	Taxa de Cobertura de Coleta de RDO (%)	Massa de RDO e RPU Coletados *per capita* (Kg/hab.dia)	Taxa de RCC Coletados Pela Prefeitura em Relação ao Total Coletado (%)	Taxa de RSS Coletados em Relação ao Total Coletado (%)
Icó (2)	46,54	0,25	-	-
Cedro (1)	61,60	1,28	-	0,78
Orós(1)	100,00	2,57	3,00	-

Fonte: SNSA, 2017.
Nota: (1) - Dados de 2012;
(2) – Dados de 2015.

No município de Icó, em 2015 foi coletado um total de 2.800 toneladas de RDO e RPU, atendendo 31.274 habitantes; já a taxa de cobertura do serviço de coleta de RDO, em relação à população total do município, era de apenas 46,54% e 100% em relação à população urbana (SNSA, 2017). O destino final dos resíduos sólidos gerados nesse município se dá em um lixão localizado a apenas 4 km a leste do açude Lima Campos, fora de sua bacia.

Em Cedro, no ano de 2015 foi coletado um total de 7.082 toneladas de RDO e RPU; já a taxa de cobertura do serviço de coleta de RDO em relação à população total do município era de apenas 61,6 % e 99,61% em relação à população urbana (SNSA, 2017). O destino final dos resíduos sólidos se dá em um lixão localizado a três quilômetros ao sul da sede municipal, fora da bacia do açude.

No município de Orós, de acordo com dados de 2012, foi coletado um total de 20.000 toneladas de RDO e RPU; já a taxa de cobertura do serviço de coleta de RDO em relação à população total do município era de 100% (SNSA, 2017). O destino final dos resíduos sólidos se dá em um lixão municipal localizado a 6,6 km ao sul da sede municipal, fora da bacia do açude Lima Campos.

Assim conclui-se que a coleta dos resíduos sólidos atende praticamente a toda a população urbana dos municípios em análise, no entanto, tais resíduos são descartados em lixões que, por sua vez, estão localizados fora da bacia, o que gera impacto ambiental negativo significativo, embora com menor potencial de afetar a qualidade das águas do açude Lima Campos, se comparados à falta de Sistemas de Esgotamento Sanitários - SES, principalmente na sede distrital de Lima Campos, localizada às margens do açude Lima Campos, e na sede do distrito de Guassussê, localizada a apenas 2,3 km à montante.

3.5 Economia

A Tabela 12 apresenta o PIB a Preços de Mercado, o PIB *per capita* e a contribuição de cada setor na formação do PIB dos municípios em análise.

Observa-se que nesses municípios o setor de serviços é o maior responsável pelo PIB municipal total, chegando a representar em Icó 86,98 % do seu PIB total. O setor agropecuário é o segundo setor mais influente, chegando a representar em Orós, no ano de 2013, 21,53% do PIB total. O setor industrial possui uma participação pequena no PIB total dos municípios, o que indica a quase ausência de atividade industrial.

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

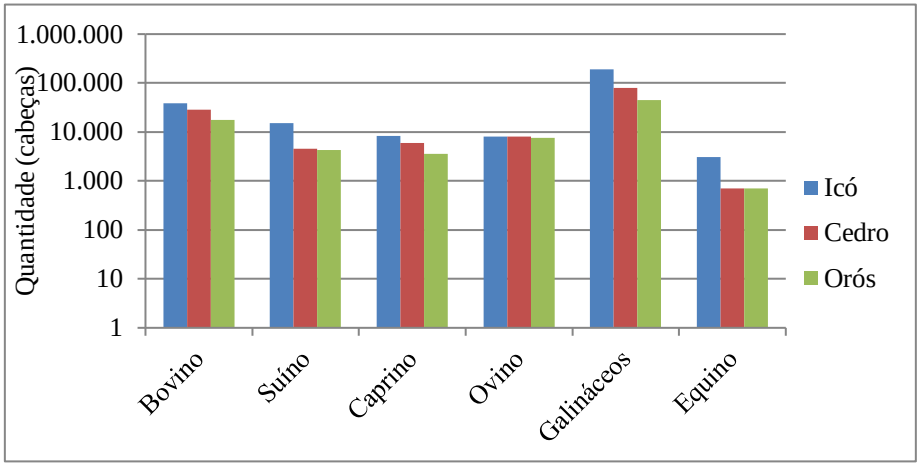
Município	Produto Interno Bruto (2012)				
	PIB a Preços de Mercado (R$ mil)	PIB *per capita* (R$/hab.)	PIB Agropecuária (%)	PIB Indústria (%)	PIB Serviços (%)
Icó	414.740	6.201	8,7	4,32	86,98
Cedro	133.706	5.357	9,01	4,15	86,84
Orós	144.281	6.710	21,53	3,75	74,73

Fonte: Ipece (2015).

3.6 Pecuária

De acordo com dados do IBGE (2015c), o efetivo de rebanhos varia de acordo com cada município, no entanto, observa-se que em todos a criação de galináceos é a de maior destaque. Como mostrado na Figura 13, observa-se que, além de galináceos, destaca-se a criação de bovinos, suínos, caprinos, ovinos e equinos.

Figura 13 - Pecuária nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos

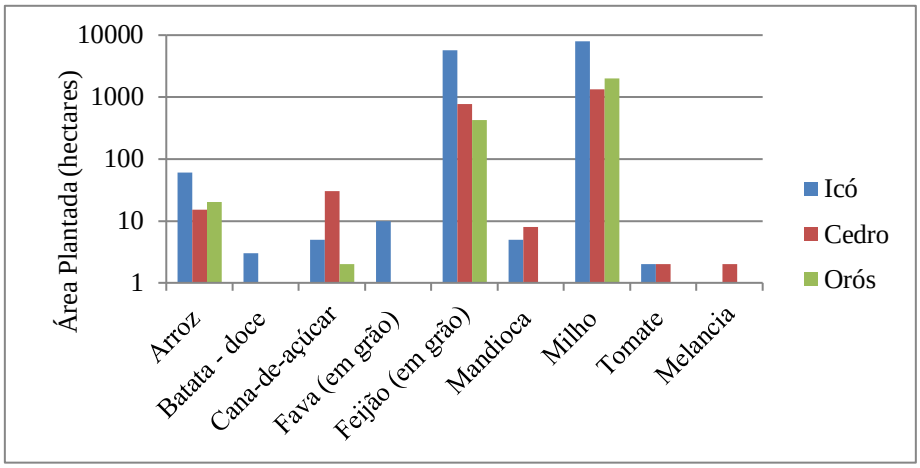


Fonte: IBGE (2015c).

3.7 Agricultura

De acordo com dados do IBGE (2015d), quanto aos tipos de lavouras temporárias destacam-se o feijão e o milho. Além disso, são também cultivados arroz e cana-de-açúcar. A Figura 14 apresenta um gráfico que permite visualizar a área plantada com lavouras temporárias nos municípios em análise, no ano de 2015.

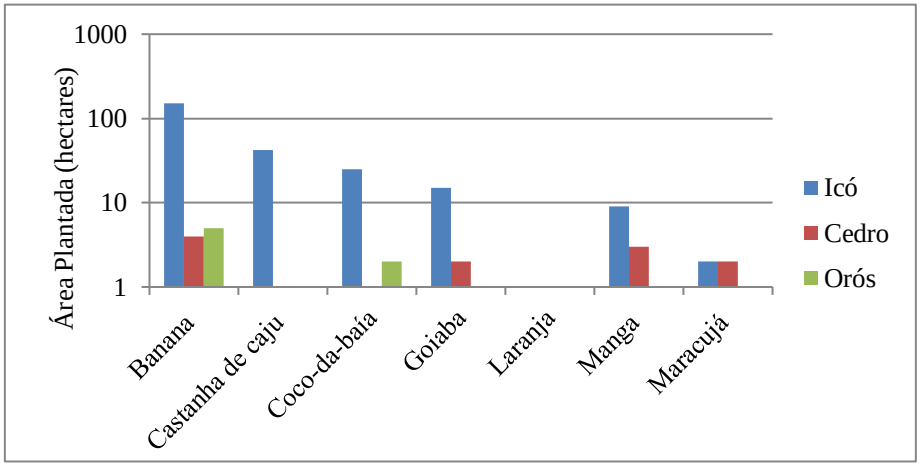
Figura 14 - Área plantada com lavouras temporárias nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos



Fonte: IBGE (2015d).

No que se refere às lavouras permanentes, destaca-se o cultivo de banana. Em Icó se destaca também a castanha de caju, o coco-da-baía, a goiaba, a manga e o maracujá. A Figura 15 apresenta a área plantada com lavouras permanentes nesses municípios, no ano de 2015.

Figura 15 - Área plantada com lavouras permanentes nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos



Fonte: IBGE (2015d).

3.8 Doenças de veiculação hídrica

O levantamento de informações sobre doenças de veiculação hídrica foi realizado a partir de dados referentes aos números de casos confirmados para as doenças do tipo diarreica aguda (DDA), esquistossomose e leptospirose nos municípios da bacia de contribuição do açude Lima

Campos. Tais informações foram obtidas no relatório de notificação de doenças compulsórias, referente ao acumulado do ano de 2016, e nos boletins de saúde disponibilizados pela Secretaria de Saúde do Estado do Ceará, em sua página eletrônica.

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 de inadequada infraestrutura de saneamento básico nos municípios da região (BRASIL, 2014). Casos de DDAs são confirmados recorrentemente nos municípios da bacia de contribuição em análise. Em 2016, o município de Icó notificou 1.788 casos da doença, o maior número de registros dentre os municípios analisados. Em Cedro e Orós foram notificados 955 e 1.313 casos, respectivamente (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 nenhum município registrou casos dessa doença (SESA, 2016a).

Indiretamente, a água também é responsável pela veiculação de verminoses como, é o caso da esquistossomose, doença parasitária causada pelo *Schistosoma mansoni*. Entre os anos de 2010 e 2016 não foi notificada nenhuma confirmação da doença nos três municípios em questão (SESA, 2016b).

3.9 Desenvolvimento humano

De acordo com o IBGE (2010), a população com renda mensal de até R$ 70,00, considerada como população extremamente pobre, apresentava em todos os municípios valores acima da média estadual. Em Icó esse percentual chegou a 27,09% (Tabela 13). Vale ressaltar que a população rural preserva as maiores fatias da população extremamente pobre.

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

Município	Total (%)	Urbana (%)	Rural (%)
Icó	27,09	13,79	38,66
Cedro	26,66	19,04	38,99
Orós	20,89	19,32	25,59
Estado do Ceará	17,78	11,44	36,88

Fonte: Ipece (2016).

A Tabela 14 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 os municípios da bacia de contribuição do açude Lima Campos.

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

Município	Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) - 2010		Índice de Desenvolvimento Municipal (IDM) - 2012	
	Valor	Posição no Ranking Estadual	Valor	Posição no Ranking Estadual
Icó	0,606	113	19,29	161
Cedro	0,627	54	27,21	88
Orós	0,636	41	24,2	119

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, os três municípios em análise são classificados como de IDHM médio.

De acordo com o Ipece (2012), o IDM pode ser dividido em 4 classes, sendo os municípios pertencentes à Classe 1 os que 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 classes de IDM são as seguintes:

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

Conforme dados publicados em 2012, os municípios Icó e Orós são classificados como municípios de IDM classe 4 e o município de Cedro é classificado como classe 3. Dentre os

municípios analisados, Icó apresenta a pior colocação, ocupando a 161º posição no ranking estadual.

4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO

4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO

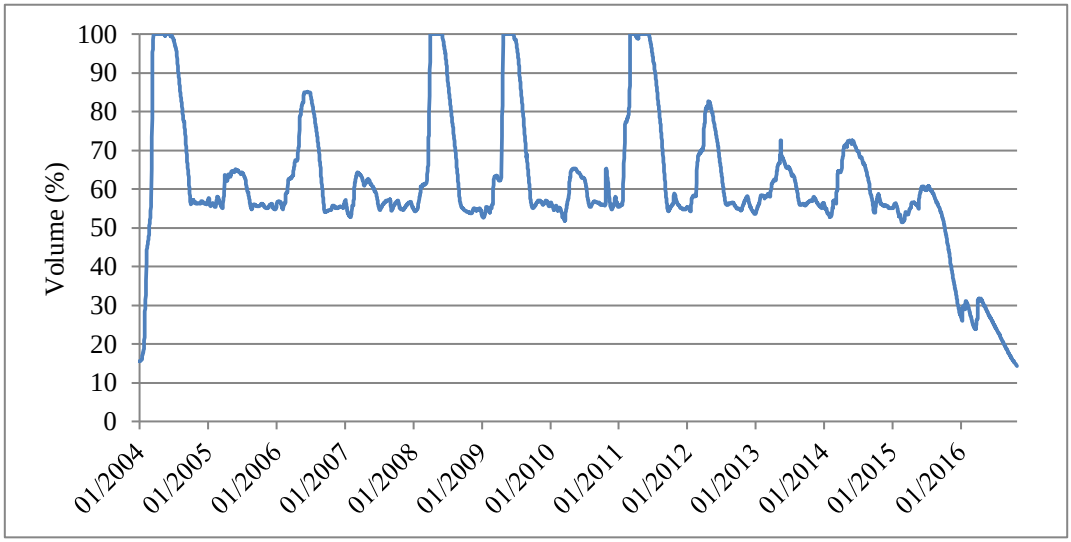
A variação do volume de armazenamento do açude Lima Campos foi avaliada no período de 2004 a 2016, a partir dos dados de nível e volume disponibilizados no site Portal Hidrológico do Ceará (COGERH, 2016c).

De acordo com os dados históricos mostrados na Figura 16, que ilustra o gráfico do volume de água do reservatório em função do tempo, observa-se que a cota do vertedouro foi ultrapassada ou igualada quatro vezes nos anos de 2004, 2008, 2009 e 2011. Nesse período as sangrias iniciaram-se na maioria das vezes no mês de março.

Observa-se que a partir do ano de 2012 o reservatório não atingiu mais seu volume máximo. Além disso, vale ressaltar que até o ano de 2014 o açude Lima Campos era reabastecido pelo Açude Orós por meio de um túnel e por gravidade. No entanto, devido a uma queda no nível de armazenamento do Orós, houve a interrupção de tal sistema.

A partir daí o decréscimo no volume de armazenamento do açude Lima Campos se intensificou e, em outubro de 2016, esse reservatório chegou a atingir menos de 15% de sua capacidade máxima.

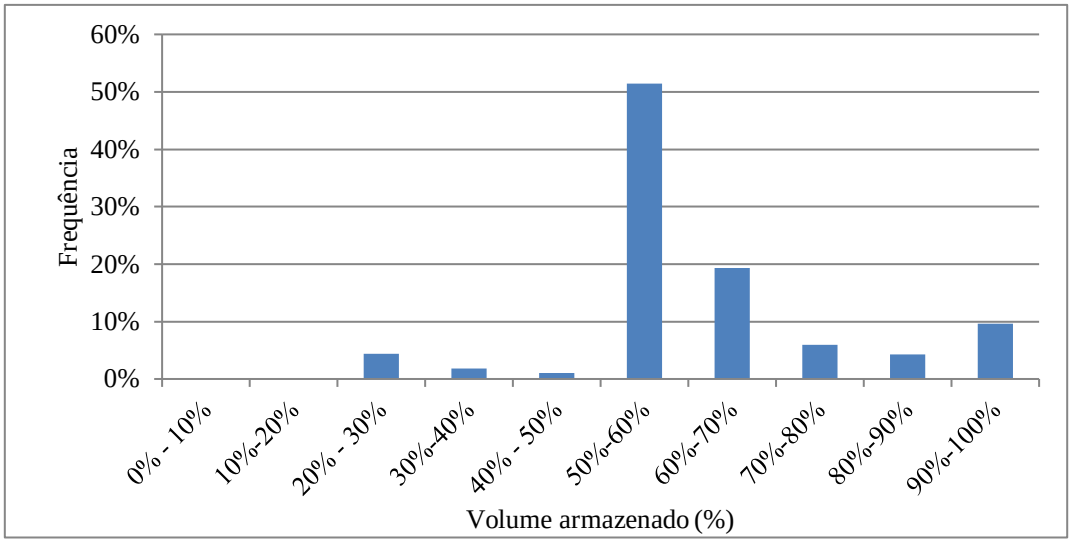
Figura 16 - Evolução do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

O histograma de volume armazenado (Figura 17) indica que, no período de 2004 a 2016, o açude Lima Campos esteve com volume entre 50% e 60% na maior parte do tempo.

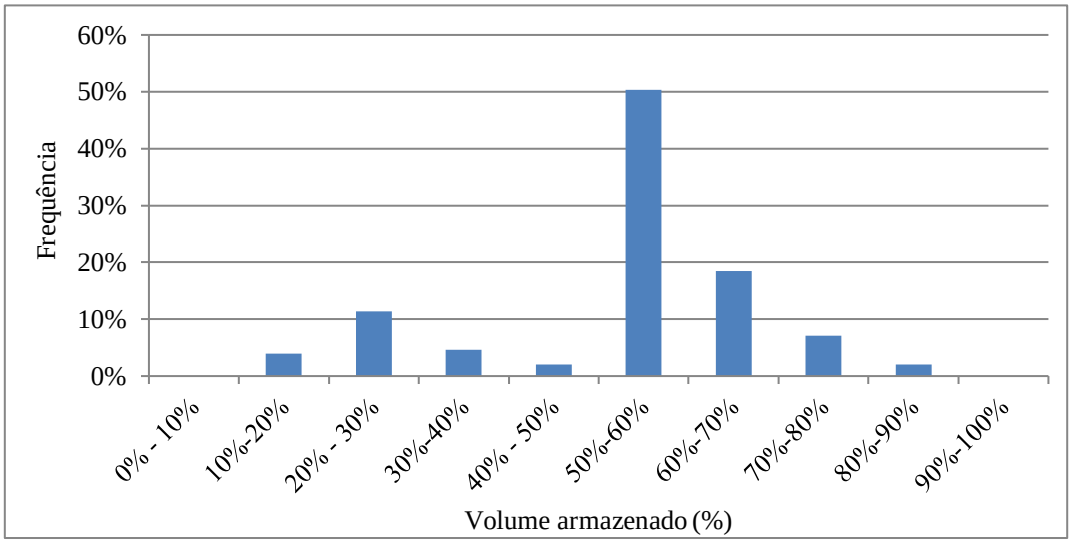
Figura 17 - Histograma do volume armazenado no período de 2004 a 2016 – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

Quando comparado à frequência de volume armazenado dos últimos quatro anos (2012 a 2016), observa-se que o Lima Campos não chegou a atingir em nenhum momento mais de 90% da sua capacidade máxima (Figura 18).

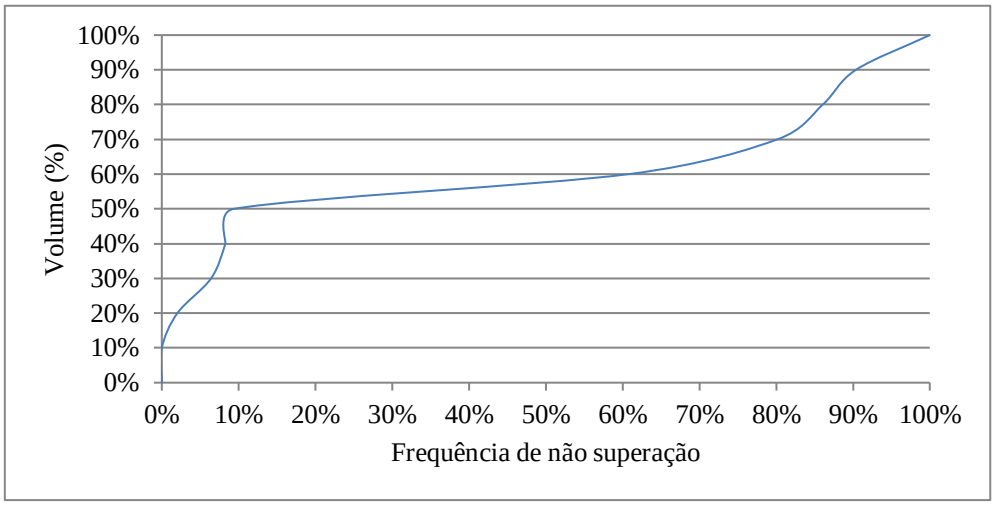
Figura 18 - Histograma do volume armazenado no período de 2012 a 2016 – Açude Lima Campos



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. Acredita-se que dados históricos mais abrangentes, que incluam medições de décadas anteriores, tornariam os valores do histograma de frequência do volume armazenado mais condizentes com a realidade. Para a sequência de dados históricos analisada, observa-se que durante 90,38% do tempo o volume armazenado é menor ou igual a 90% da sua capacidade de armazenamento (Figura 19).

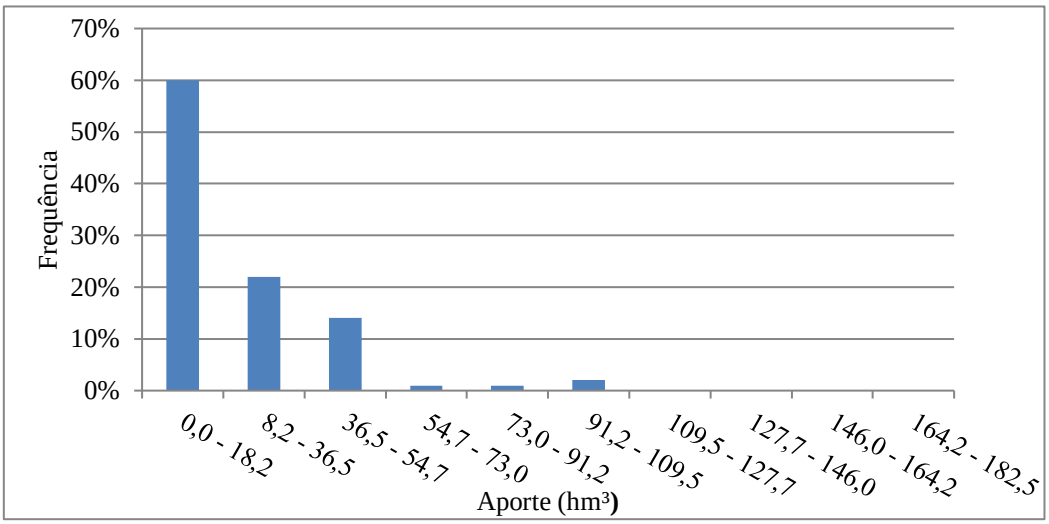
Figura 19 - Frequência de não superação do volume armazenado – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

A análise do aporte de água no açude Lima Campos baseou-se nas séries temporais de vazões médias anuais, obtidas pelo modelo de simulação hidrológica SMAP, disponibilizadas pela Cogerh. A Figura 20 mostra gráfico com o histograma de aporte em hm³.

Figura 20 - Histograma de frequência do aporte (hm³) – Açude Lima Campos

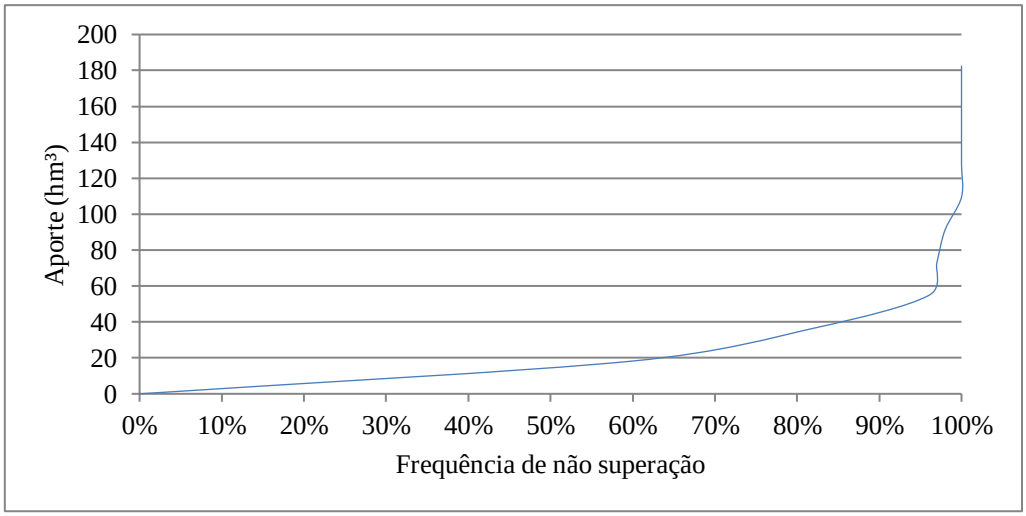


Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

A análise desse histograma mostra que, como era de se esperar, a frequência de aporte anual do reservatório apresenta uma forte assimetria para a direita, o que é característico de histogramas de vazões médias anuais que tendem a valores positivos para essa variável estatística. Em termos de média anual, o aporte de água ao açude Lima Campos é da ordem de 29,54 hm³, valor inferior à sua capacidade de armazenamento, que é de 66,38 hm³.

A frequência de não superação da capacidade de armazenamento máxima do reservatório é de 97% (Figura 21).

Figura 21 - Frequência de não superação do aporte de água – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh (2016c).

5. QUALIDADE DA ÁGUA

5. QUALIDADE DA ÁGUA

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

5.1 Análises das coletas realizadas

No dia 18/08/2016 técnicos da Nippon e da Cogerh realizaram coletas de água e de sedimento no açude Lima Campos, no ponto LMC-01 (UTM 504.702 E/ 9.292.329 N), conforme localização espacial apresentada na Figura 22. As análises hidrobiológica (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 a realização das análises seguiram as orientações dos laboratórios.

Figura 22 - Localização espacial do ponto de coleta no açude Lima Campos

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 15, assim como os valores determinados na resolução do Conama para classe 2. Os valores acima da referência estão destacados em negrito. Percebe-se que os valores de fósforo total, clorofila-a, DBO e cianobactérias estão acima da referência. A clorofila-a está relacionada à biomassa fitoplanctônica e a concentração encontrada supera em mais de 350% o limite estabelecido para classe 2. A concentração de fósforo total foi também em torno de 400% a mais que o valor de referência.

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

O artigo 10, § 3º, da Resolução Conama n.º 357/2005 cita que para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for o fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos. No entanto, no Ceará não há valor

estabelecido pelo órgão ambiental, mas utilizando o valor citado como referência, as concentrações de nitrogênio nas águas em estudo foram elevadas, embora esse nutriente não tenha sido considerado como limitante.

Observa-se que aproximadamente 72% do nitrogênio total quantificado na amostra da superfície é de nitrogênio orgânico, pois do nitrogênio inorgânico pesquisado foi constatado 0,740 mg $N\text{-}NH_3$/L de nitrogênio amoniacal e 0,020 mg $N\text{-}NO_2^-$/L de nitrito. Não foi identificado nitrato.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio que os organismos aeróbicos necessitam para degradação dos compostos orgânicos, o que, por sua vez, permite avaliar a quantidade de matéria orgânica presente na água. No caso do açude Lima Campos a concentração foi de 5,65 mg O_2/L, pouco maior o limite estabelecido na resolução do Conama.

As águas apresentaram baixas concentrações de sais, resultando em condutividade elétrica de 470 µS/cm e salinidade de 022, sendo classificada como doce, segundo a Resolução Conama n.º 357/2005.

As cianobactérias e os demais grupos de fitoplâncton foram identificados nas seguintes densidades: 672.330,3 células/mL (pouco mais de 1.200% do valor de referência) e 6.745,4 células/mL, respectivamente. Salienta-se que a referência para águas classe 2 é de até 50.000 células/mL de cianobactérias.

A bactéria *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal de humanos e de outros animais homeotérmicos (mamíferos e pássaros), foi identificada em baixa concentração, indicando que o corpo hídrico avaliado recebe carga poluidora. Destaca-se que a criação de gado bovino se caracteriza como uma das principais atividades causadoras de impactos ambientais negativos no reservatório. Foi identificado ainda o lançamento e disposição inadequada de efluentes domésticos e resíduos sólidos em comunidade lindeira ao açude.

Além dos contribuintes ricos em nutrientes que o reservatório possivelmente recebe, os baixos índices pluviométricos anuais dificultam a renovação da massa de água do açude, fator que acelera a degradação natural da qualidade das águas. Destaca-se que no dia da coleta o açude estava com 12,01% (7,97 hm^3) de sua capacidade total (66,38 hm^3). No período avaliado (2004 a 2016), o açude sangrou em 2004, 2008, 2009 e 2011 (CEARÁ, 2017).

Tabela 15 - Resultados das análises físico-químicas e bacteriológica do açude Lima Campos

Variáveis	Unidade	Classe 2	0,3 m	3,6 m
Cloreto	mg Cl^-/L	250	61,56	
Cor verdadeira	mg Pt/L	75	20,00	
Ferro	mg Fe/L		0,35	
pH	-	6 - 9	8,40	
Temperatura	ºC		27,97	
Oxigênio dissolvido	mg O_2/L	≥ 5	5,88	
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	361,00	
Sólidos totais	mg/L		384,00	
Sulfato	mg SO_4^{2-}/L	250	24,00	
Turbidez	UNT	100	33,50	
Alcalinidade Bicarbonato	mg $CaCO_3$/L		142,57	
Alcalinidade Carbonato	mg $CaCO_3$/L		<8,95	
Alcalinidade Hidróxido	mg $CaCO_3$/L		<8,95	
Cálcio	mg Ca/L		19,17	
Condutividade elétrica	µS/cm		470	
Ferro dissolvido	mg Fe/L	0,3	<0,20	
Magnésio	mg Mg/L		16,50	
Sódio	mg Na/L		44,00	
Potássio	mg K/L		12,00	
Nitrogênio total	mg N/L		3,150	3,400
Fósforo total	mg P/L	0,03	**0,152**	**0,140**
Ortofosfato	mg P-PO_4^{3-}/L		<0,100	
Clorofila-a	µg/L	30	**141,03**	
Feofitina	µg/L		3,86	
Nitrogênio Amoniacal	mg N-NH_3/L	**	0,740	0,780
Nitrito	mg N-NO_2^-/L	1	0,020	0,020
Nitrato	mg N-NO_3^-/L	10	<0,100	<0,100
DBO	mg O_2/L	5	**5,65**	
DQO	mg/L		76,18	68,99
Escherichia coli	NMP/100 mL		1,00	
Cianobactérias	Células/mL	50.000	**672.330,3**	
Demais grupos de fitoplâncton	Células/mL		6.745,4	
Salinidade	-		0,22	

Fonte: laudos Cagece 0645/2016, 0646/2016 e 20645/2016.
Nota:**Nitrogênio amoniacal = 3,7 mg/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 16 e 17 indicam que praticamente 95% do fitoplâncton (indivíduos/mL) encontrados na amostra são

cianobactérias. Dentre as cianobactérias, destaca-se a ordem *Choococcales*, que inclui as *Microcystis aeruginosas*, potencialmente produtoras de hepatotoxinas. Há ainda as *Cylindrospermopsis raciborskii* também encontradas em alta concentração na amostra (151.190,0 células/mL) e possíveis produtoras de hepatotoxina, as quais apresentam um mecanismo de ação por inibição de síntese protéica e já têm sido observados danos severos também em células renais, pulmonares e cardíacas dos animais testados (BRASIL, 2003). O resultado de 672.330,3 células/mL de cianobactérias supera em muito o limite estabelecido na Resolução Conama n.º 357/2005 para corpos hídricos de classe 2. 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 16 - Quantitativo e qualitativo de cianobactérias no açude Lima Campos

Organismos Identificados	Indivíduos/mL	Células/mL
Chroococcales	64.895,4	296.448,7
Cylindrospermopsis raciborskii	15.119,0	151.190,0
Pseudanabaena sp.	22.329,6	133.977,6
Pseudanabaenaceae	9.071,4	90.714,0
Total	**111.415,4**	**672.330,3**

Fonte: laudo Cagece 20645/2016.

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

Organismos Identificados	Indivíduos/mL	Células/mL
Bacillariophyta	1.163,0	1.163,0
Crucigenia sp.	232,6	930,4
Cryptomonas sp.	232,6	232,6
Desmodesmus sp.	465,2	930,4
Ophiocytium sp.	465,2	465,2
Scenedesmus sp.	232,6	465,2
Tetraedron minimum	2.558,6	2.558,6
Total	**5.349,8**	**6.745,4**

Fonte: laudo Cagece 20645/2016.

Dos 23 elementos químicos analisados na água não foram identificados: berílio, cádmio, chumbo, cianeto, cobalto, cromo, lítio, mercúrio, prata, selênio, urânio e antimônio, assim como sulfetos. Os elementos identificados foram: arsênio, bário, boro, fluoreto, manganês, níquel, vanádio, alumínio, cobre, ferro e zinco, todos em concentrações abaixo do limite da classe 2 (Tabela 18).

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

Variáveis	Classe 2	Lima Campos
Arsênio	0,010	0,00271
Bário	0,700	0,129
Berílio	0,040	<0,001
Boro	0,500	0,0954
Cádmio	0,001	<0,001
Chumbo	0,010	<0,001
Cianeto	0,005	<0,005
Cobalto	0,050	<0,001
Cromo	0,050	<0,001
Fluoreto	1,400	0,580
Lítio	0,300	<0,001
Manganês	0,100	0,0993
Mercúrio	0,0002	<0,0001
Níquel	0,025	0,00141
Prata	0,010	<0,001
Selênio	0,010	<0,001
Urânio	0,020	<0,001
Vanádio	0,100	0,00292
Alumínio	0,100	0,0981
Antimônio	0,005	<0,001
Cobre	0,009	0,00161
Ferro	-	0,254
Zinco	0,180	0,0218
Sulfetos (com o H_2S não dissociado)	0,002	<0,002

Fonte: laudo da *Mérieux NutriSciences* 225461/2016-0.

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, consequentemente, ocorrerá redução de oxigênio dissolvido na água.

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

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

IET (CL) = (10 x (6-((2,04-0,695 x LN(CL))/LN(2)))) (equação 2)

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

Onde:

IET = índice de estado trófico;

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

CL = concentração de clorofila, em µg/;

Ln = logaritmo natural.

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

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

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

Fonte: adaptado de Paulino *et al*, 2013.

Quanto ao nutriente limitante, a Cogerh adota para a relação N:P (em equivalente grama), em que os valores menores que 10:1, indicam que o limitante é o nitrogênio; maior que 22:1 é o fósforo e o intervalo entre eles pode apontar que os dois nutrientes são limitantes ou 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 (Tabela 20).

Tabela 20 - Classe trófica a partir da contagem de cianobactérias

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

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 21 apresenta as faixas para cada classe de trofia em função da transparência.

Tabela 21 - Classe trófica a partir da transparência

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

Fonte: adaptado de Paulino *et al*, 2013.

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

Tabela 22 - Classificação do estado de trofia do açude Lima Campos

Variável	Valor
Fósforo total (mg/L)	0,152
Nitrogênio total (mg N/L)	3,150
Clorofila-a (µg/L)	141,00
Cianobactérias (células/mL)	672.330,30
Transparência (m)	0,40
N:P	45,83
Nutriente limitante	Fósforo
IET - Classe	74,70 - Hipereutrófico
Cianobactérias - Classe	Hipereutrófico
Transparência - Classe	Hipereutrófico
Classificação final	**Hipereutrófico**

Fonte: laudos Cagece 0645/2016 e 20645/2016.

5.1.1.2 IQAR

A avaliação da qualidade de água do reservatório 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: deficit 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 foi de 0,3 m. A Tabela 23 apresenta o procedimento para seleção da profundidade II e III. Para a zona anóxica (profundidade III), considerou-se, conforme orientações da Cogerh, valores de oxigênio dissolvido (OD) menores que 1 mg/L.

Tabela 23 - Procedimento para seleção das profundidades de coleta

Profundidade	Especificação	Detalhes
I	Zona eufótica	0,3 m
II	Zona afótica	[PM + (T x 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 Lima Campos foi 5,380, resultando na Classe V (Tabela 24), indicando que o açude está muito poluído e que possui águas com altas concentrações de matéria orgânica, geralmente com supersaturação de oxigênio dissolvido na camada superficial e baixa saturação na camada de fundo. Grande aporte e alta reciclagem de nutrientes em corpos de água eutrofizados propiciam florações de algas ou cianobactérias que frequentemente cobrem grandes extensões da superfície da água, o que limita a sua transparência (IAP, 2004).

Tabela 24 - IQAR do açude Lima Campos

Profundidade	Prof. I	Prof. II
Profundidade de Coleta (m)	0,30	3,60
Fósforo Total (mg/L)	0,152	0,140
Nitrogênio amoniacal (mg N-NH_3/L)	0,740	0,780
Nitrito (mg N-NO_2^-/L)	0,020	0,020
Nitrato (mg N-NO_3^-/L)	<0,100	<0,100
DQO (mg/L)	76,18	68,99
Clorofila-a (µg/L)	141,03	
Cianobactérias (células/mL)	672.330,30	
Média Déficit OD (%)	73,0	
Transparência (m)	0,40	
Profundidade Média (m)	4,00	
Tempo de Residência (dias)	397	
IQAR - CLASSE	**5,380**	**- CLASSE V**

Fonte: laudos Cagece 0645/2016 e 20645/2016.
Nota: os LQ`s 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, pode 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 25 indica a classificação quanto à salinidade e sodificação das águas do açude Lima Campos. Percebe-se que a amostra de água apresentou salinidade média (C2 – águas que podem ser utilizadas sempre que houver grau moderado de lixiviação). Quanto ao perigo de sodificação, a água foi classificada com baixa

concentração de sódio (S1), podendo ser usada para irrigação em quase todos os tipos de solo, com pequena possibilidade de alcançar níveis indesejáveis de sódio trocável.

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

Variável	Valor
Condutividade elétrica (µS/cm)	470
Sódio (mg/L)	44,000
Cálcio (mg/L)	19,170
Magnésio (mg/L)	16,500
RAS ((meq/L)$^{-1/2}$)	1,770
Classificação	C2S1
Salinidade	Nenhum

Fonte: laudos Cagece 0645/2016.

5.1.2 Sedimento

Os resultados das análises do sedimento podem ser visualizados na Tabela 26, assim como os valores indicados na Resolução Conama n.º 454/2012 quanto aos níveis para água doce (Nível 1 - limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota; Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota). Percebe-se que a percentagem de sólidos foi de 12,7% p/p. Dos 24 elementos químicos analisados não foram identificados: cádmio, mercúrio, prata, selênio, urânio e antimônio, assim como sulfetos. Os elementos identificados foram: arsênio, bário, berílio, boro, chumbo, cianeto, cobalto, cromo, fluoreto, lítio, manganês, níquel, vanádio, alumínio, cobre, ferro, zinco e fósforo. Berílio, chumbo, cianeto, cobalto, cromo e lítio não foram identificados na amostra de água, apenas no sedimento.

A concentração de níquel no sedimento foi acima do Nível 1, conforme Resolução Conama n.º 454/2012. Já o fósforo apresentou uma concentração abaixo do valor de alerta preconizado pela resolução citada, que é de 2.000 mg/Kg.

Tabela 26 - Resultados de análise do sedimento do açude Lima Campos

Variáveis	Unidade	Nível 1 (N1)	Nível 2 (N2)	Lima Campos
Arsênio	mg/kg	5,9	17,0	3,17
Bário	mg/kg	---	---	549
Berílio	mg/kg	---	---	1,63
Boro	mg/kg	---	---	160
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	<0,1
Chumbo	mg/kg	35,0	91,3	19,2
Cianeto	mg/kg	---	---	0,2
Cobalto	mg/kg	---	---	14,2
Cromo	mg/kg	37,3	90,0	33,5
Fluoreto	mg/kg	---	---	9,72
Lítio	mg/kg	---	---	16,2
Manganês	mg/kg	---	---	1.060
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	<0,05
Níquel	mg/kg	18,0	35,9	**19,9**
Prata	mg/kg	---	---	<1
Selênio	mg/kg	---	---	<1
Urânio	mg/kg	---	---	<1
Vanádio	mg/kg	---	---	65,8
Alumínio	mg/kg	-	-	19.900
Antimônio	mg/kg	---	---	<1
Cobre	mg/kg	35,7	197,0	34,5
Ferro	mg/kg	---	---	33.500
Zinco	mg/kg	123,0	315,0	60,5
Sulfeto	mg/kg	---	---	<1
pH (suspensão a 5%)	---	---	---	6,71
Porcentagem de Sólidos	% p/p	---	---	12,7
Fósforo	mg/kg	---	---	738

Fonte: laudo da Mérieux NutriSciences 225469/2016-0.

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 Lima Campos, referente ao período de 2004 a 2016, são apresentadas na Tabela 27. Os dados de qualidade aqui apresentados são oriundos das amostras coletadas a 0,3 m da superfície da água no ponto LMC-01 (UTM 504.702 E/ 9.292.329 N).

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

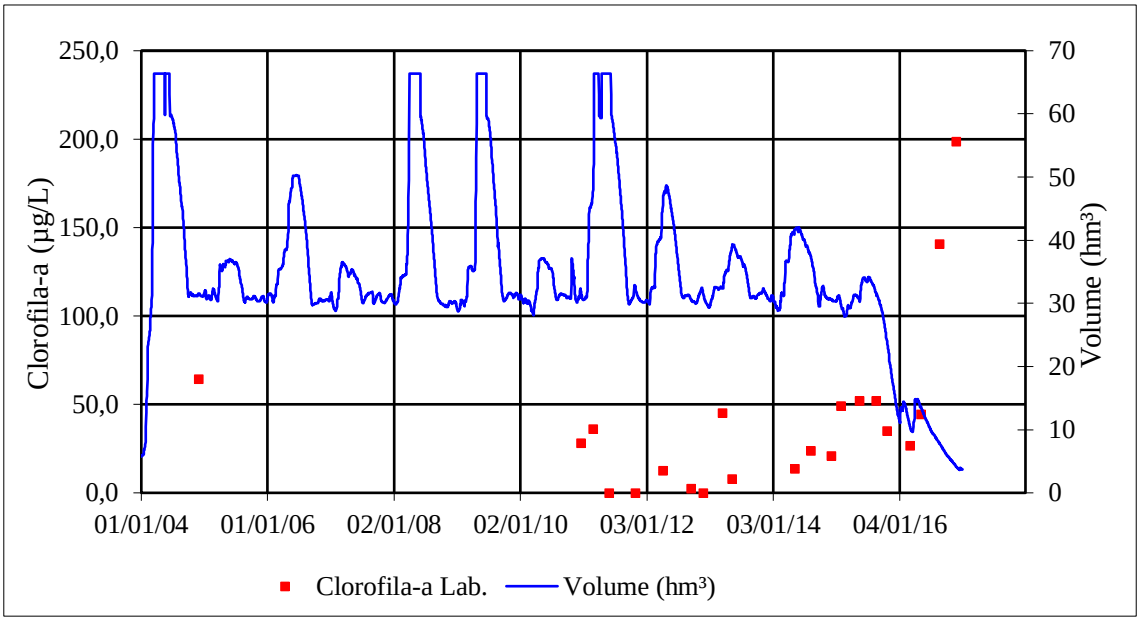
Tabela 27 - Estatística da qualidade de água da série histórica do açude Lima Campos – 2004 a 2016

Variável	Conama 357 Classe 2	Unidade	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	CV (%)	NR
Alcalinidade total	-	mg $CaCO_3$/L	270,60	51,45	129,59	128,15	31,33	25
Condutividade elétrica		µS/cm	655	130	372	372	31,09	25
Cálcio	-	mg/L	97,50	10,26	24,00	18,77	76,71	22
Magnésio	-	mg/L	46,94	<10,00	14,79	12,73	52,06	22
Sódio	-	mg/L	83,00	21,60	46,88	44,70	30,82	25
Sulfato	250	mg/L	91,00	<3,00	12,08	7,68	150,66	24
Cloreto	250	mg/L	85,24	16,79	47,53	44,37	37,37	23
Sólidos Totais	-	mg/L	433,00	140,00	258,16	249,00	28,76	19
Sólidos Dissolvidos Totais	500	mg/L	394,00	23,00	219,25	224,50	37,84	23
Cor verdadeira	75	mg Pt/L	40,00	<10,00	17,70	15,00	56,21	20
Turbidez	100	NTU	56,90	<1,00	13,19	8,63	105,61	26
Ferro	-	mg/L	1,19	<0,014	0,21	0,20	147,62	24
pH	6 - 9	-	9,52	7,45	8,42	8,37	5,94	24
Clorofila-a	30	µg/L	199,00	<0,20	40,88	28,30	117,39	21
Nitrogênio Total	-	mg N/L	5,040	<0,100	0,940	0,530	122,34	25
Fósforo Total	0,03	mg P/L	0,190	<0,014	0,060	0,051	80,00	22
Ortofosfato	-	mg P-PO_4^{3-}/L	0,029	<0,010	0,050	0,030	100,00	23
Oxigênio dissolvido	≥5	mg O_2/L	12,09	2,28	7,98	7,90	32,58	17
DBO	5	mg O_2/L	9,14	<2,00	4,04	3,24	61,88	13
Coliformes Termotolerantes	1.000	NMP/100mL	9.300,00	<1,80	1.034,48	5,20	268,57	11
Escherichia coli	-	NMP/100mL	5,20	<1,00	1,63	1,00	87,12	10
Demais grupos do fitoplâncton	-	Células/mL	85.015,0	0,0	7.275,7	1.596,0	229,38	31
Cianobactérias	50.000	Células/mL	1.195.916,0	0,0	258.198,6	142.328,3	118,41	31

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 50 µg/L praticamente em todas as coletas de água de 2004 a maio/2016. Nas coletas de Agosto e Novembro/2016 as concentrações foram maiores que 100 µg/L. Na última coleta de água de 2016 o açude tinha pouco mais de 4,0 hm^3 e a clorofila-a foi 199 µg/L. Portanto, houve grande variação (coeficiente de variação de 117,39%) nas concentrações de clorofila-a nos 21 resultados obtidos de 2004 a 2016. Praticamente 50% dos valores estavam abaixo do limite estabelecido na Resolução Conama n.º 357/2005 - classe 2.

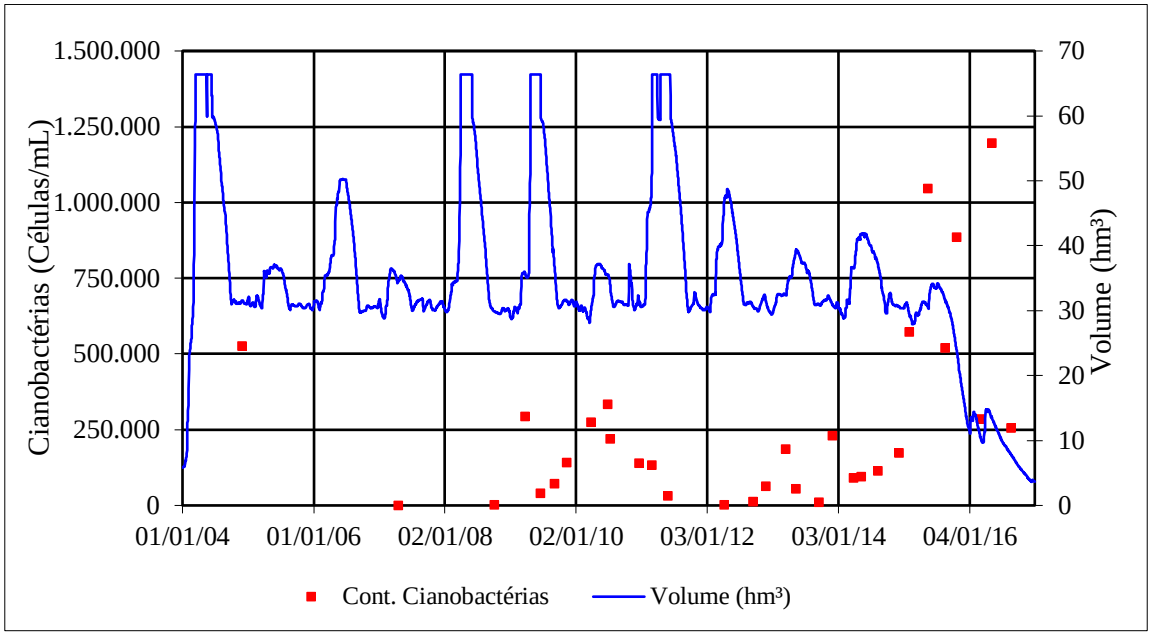
Figura 23 - Volume e clorofila-a ao longo do tempo – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A contagem de cianobactérias (Figura 24) de 2004 a 2016 variou de 0,0 a 1.195.916,0 células/mL. De novembro/2004 a dezembro/2014 a densidade foi menor que 250.000 células/mL praticamente em todos os resultados. De 2015 a 2016 os valores variaram de 255.564,0 a 1.195.916,0 células/mL. Dos 31 resultados, 24 foram maiores que a referência para classe 2 da Resolução Conama nº 357/2005, que é 50.000 células/mL. Na amostra de abril/2007 nenhuma cianobactéria foi identificada. Em todas as análises de contagem de cianobactérias foram avaliados os demais grupos de fitoplânctons e o maior valor encontrado foi de 85.015,0 células/mL. Contudo, em duas amostras não foram identificados fitoplânctons dos demais grupos.

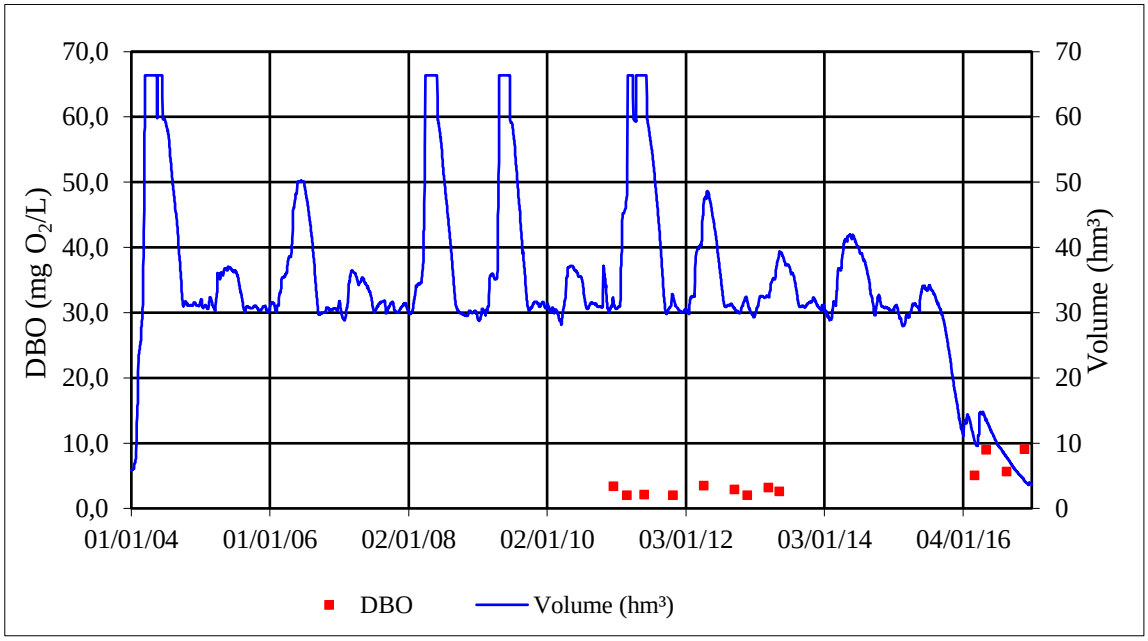
Figura 24 - Volume e cianobactérias ao longo do tempo – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

O valor médio da DBO no período avaliado (2010 a 2016) foi 4,04 mg/L e o coeficiente de variação foi de 61,88%. A Figura 25 mostra que o valor máximo quantificado foi 9,14 mg/L em novembro/2016; não foi possível avaliar o comportamento da DBO em relação ao volume do açude, pois em 2014 e 2015 não houve resultados das coletas de água. Três (últimas coletas de 2016) dos 13 resultados de DBO apresentaram concentrações maiores que 5 mg/L, que é a referência para classe 2 da Resolução Conama n.º 357/2005.

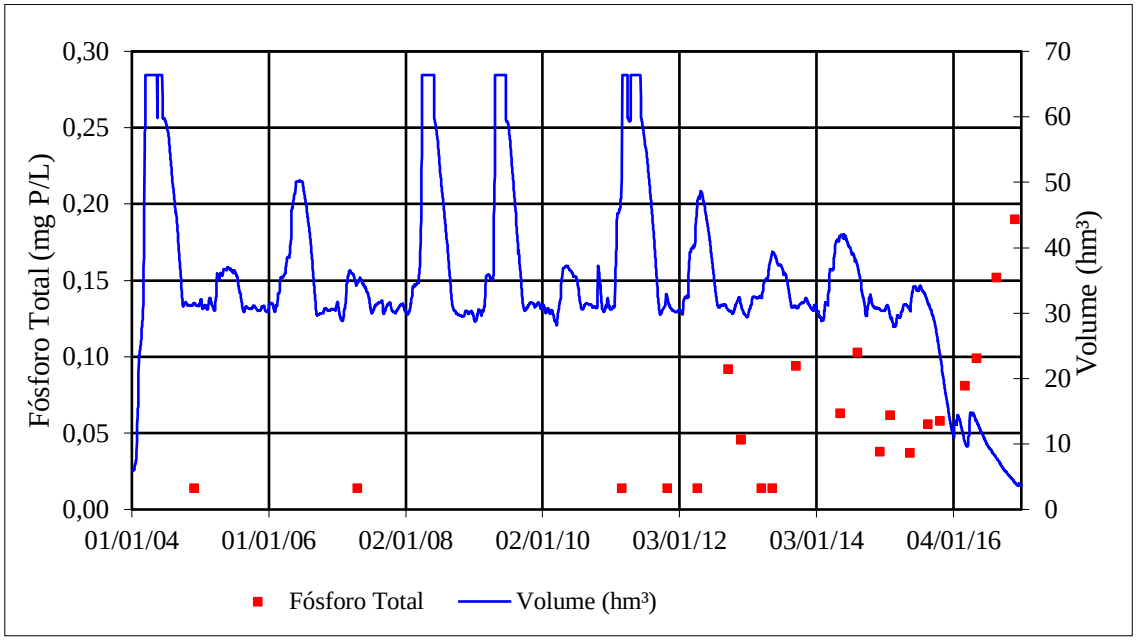
Figura 25 - Volume e DBO ao longo do tempo – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

O coeficiente de variação do fósforo total foi de 80,00% e a maior concentração foi de 0,190 mg P/L. Dos 22 resultados, em sete não foi possível quantificar a concentração de fósforo total, pois estava abaixo do LQ, que é de 0,014 mg P/L. A Figura 26 mostra que a partir de setembro/2012, quando as concentrações de fósforo passaram a ser quantificadas, todos os valores estavam acima da referência para classe 2. As maiores concentrações foram observadas nas duas últimas coletas de 2016, momento em que o açude estava com menos de 8,0 hm^3 de água armazenada. Salienta-se que os açudes funcionam como decantadores naturais e o fósforo pode ser depositado no sedimento.

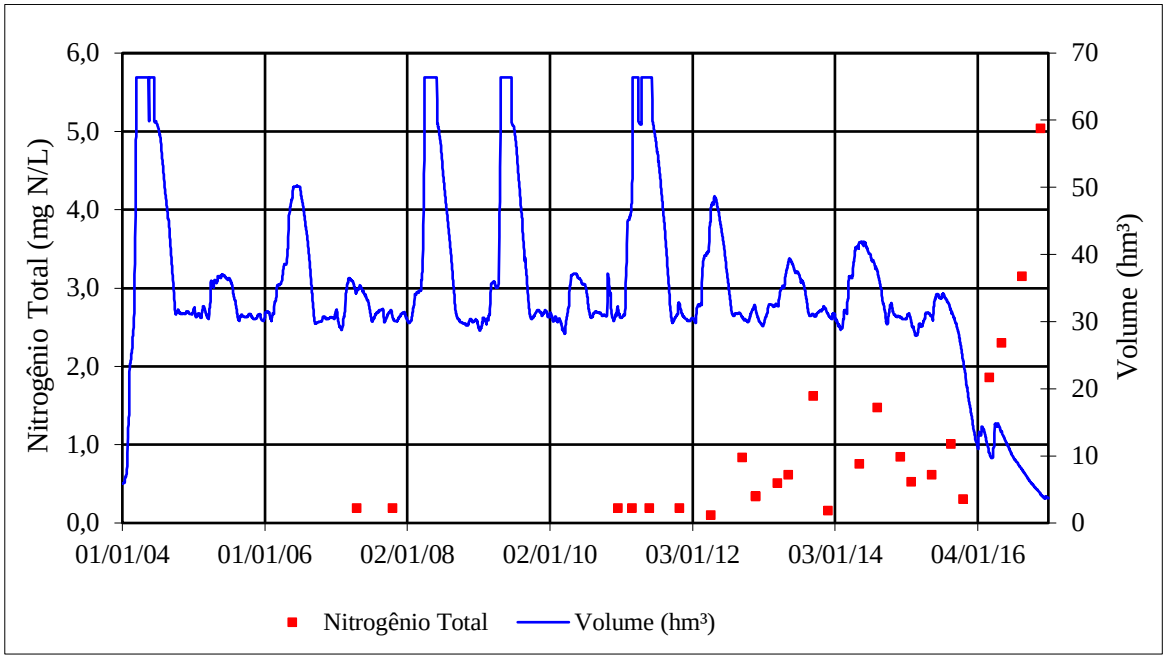
Figura 26 - Volume e fósforo total ao longo do tempo – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A Figura 27 mostra que as concentrações de nitrogênio total foram, na maioria das coletas de 2007 a 2015, menores que 1,0 mg N/L. A partir daí houve incremento da concentração e em novembro/2016 atingiu o valor de 5,04 mg N/L; em paralelo, o volume armazenado do reservatório foi reduzindo e na última coleta de 2016 estava com 4,2 hm^3. O coeficiente de variação dos 25 dados de nitrogênio total foi 122,34% e a média de 0,940 mg N/L. O nitrogênio e o fósforo são os principais nutrientes para os processos biológicos e em conjunto com elevadas temperaturas e a não renovação das águas tornam ambientes favoráveis para o aumento da densidade do fitoplâncton.

Figura 27 - Volume e nitrogênio total ao longo do tempo – Açude Lima Campos

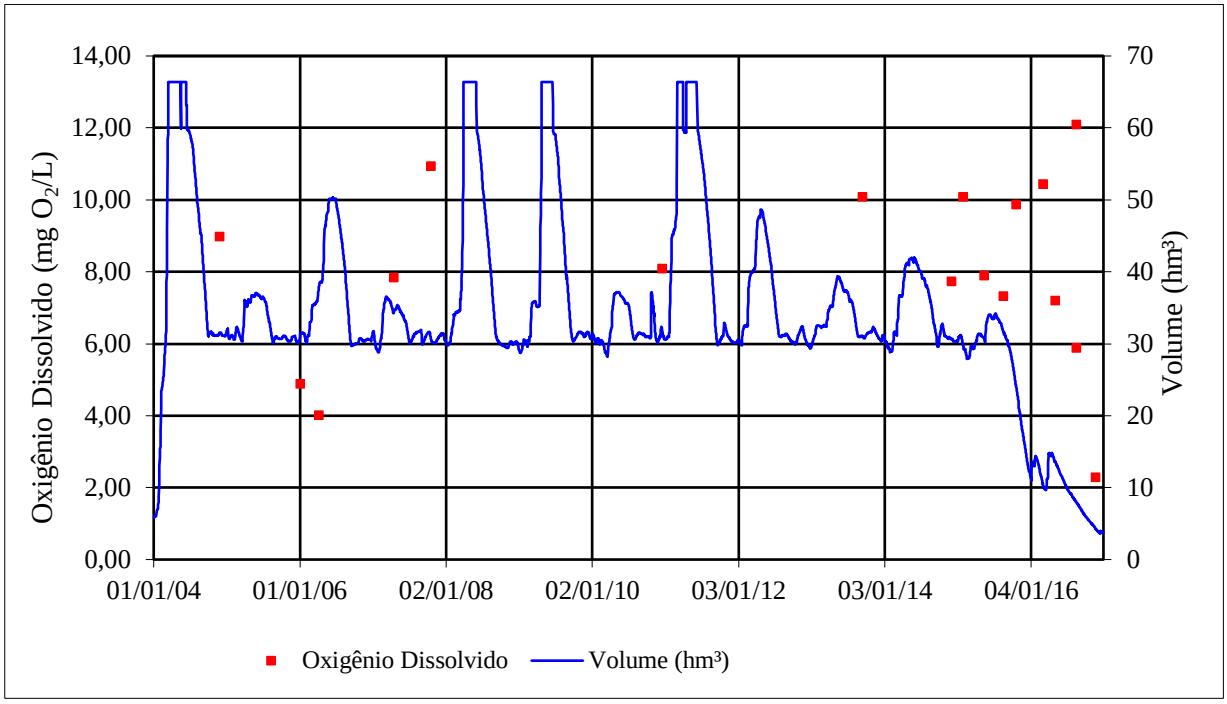


Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

O oxigênio dissolvido (Figura 28) na superfície das águas do açude Lima Campos variou de 2,28 a 12,09 mg O_2/L no período de 2004 a 2016. Na última coleta de 2016, quando o açude apresentava o menor volume de água armazenado, foi constatado 2,28 mg O_2/L. As concentrações, na maioria dos dados, estiveram acima de 5 mg O_2/L, que é a referência da resolução do Conama para águas de classe 2. Dessa forma, a média geral dos 17 dados de oxigênio foi de 7,98 mg O_2/L e o coeficiente de variação de 32,58%. Os valores elevados de oxigênio podem ser indicativos de elevadas densidades de fitoplâncton, pois consomem CO_2 e liberam O_2. Destaca-se que o açude apresentou média de 258.198,6 células/mL de cianobactérias, o que é considerado uma densidade alta quando comparado ao valor de referência indicado na resolução do Conama (50.000 células/mL).

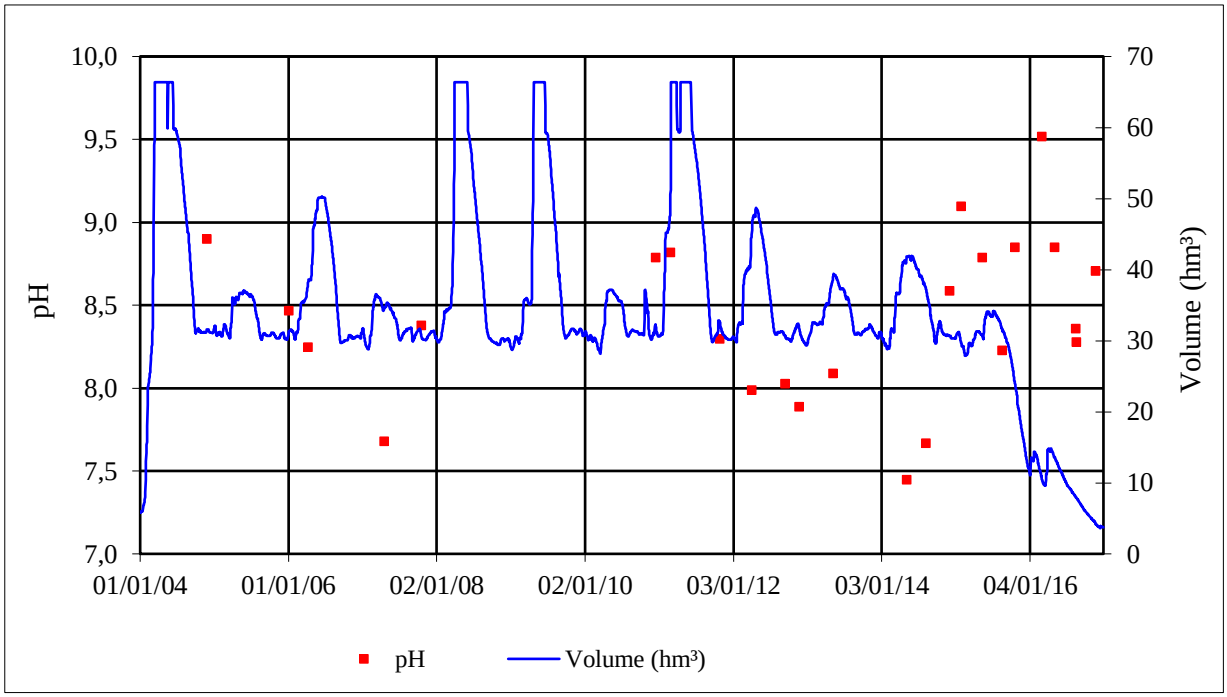
O pH das águas do açude Lima Campos variou de 7,45 a 9,52 (Figura 29); foram analisados 24 resultados de 2004 a 2016 e o coeficiente de variação foi de 5,94%. Não se observou tendência de valores de pH por período de coleta ou com alteração do volume de água no açude.

Figura 28 - Volume e oxigênio dissolvido ao longo do tempo – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

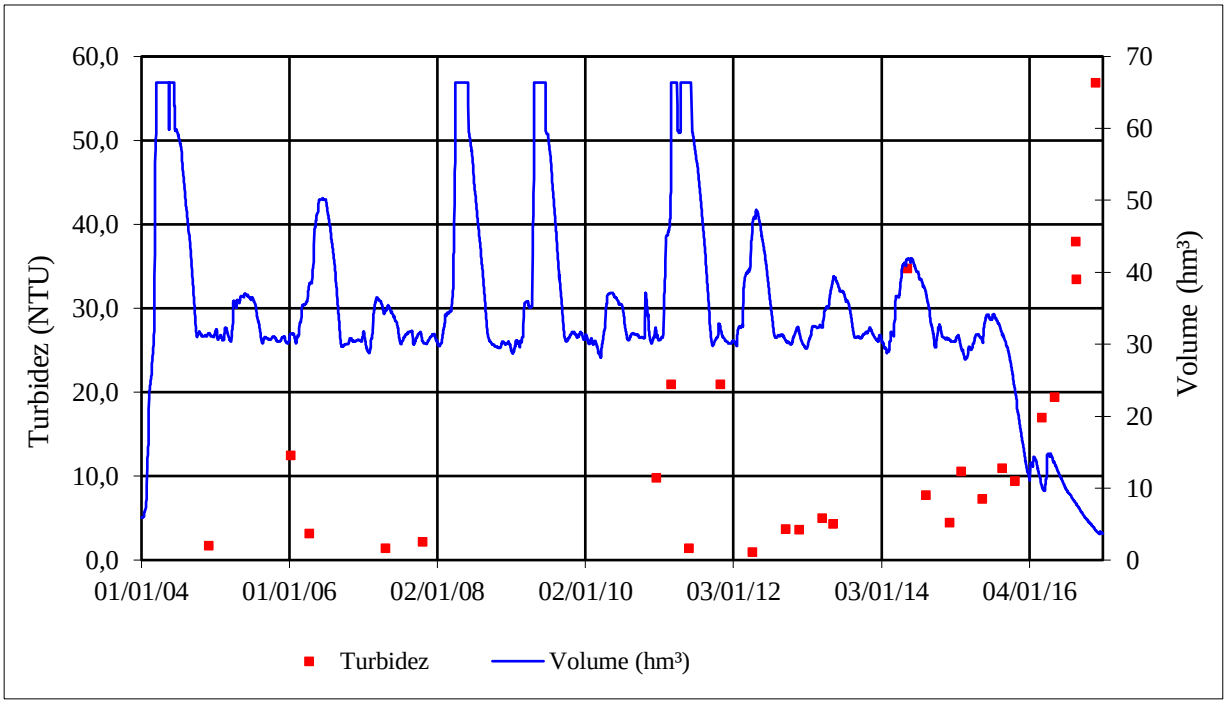
Figura 29 - Volume e pH ao longo do tempo – Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A Figura 30 apresenta os 26 dados de turbidez das amostras de água do açude Lima Campos. Os valores de turbidez variaram de <1,00 a 56,90 NTU, sendo que de 2004 a maio/2016 não ultrapassaram 30 NTU, exceto na coleta de maio/2014, em que o valor foi de 34,84 NTU. Em agosto e novembro/2016, período em que o açude apresenta os menores volumes de água armazenada, a turbidez variou de 33 a 56,90 NTU. O coeficiente de variação de todos os valores de turbidez foi de 105,61% e a média de 13,19 NTU. Nenhum valor foi maior que 100 NTU, que é a referência da resolução do Conama para classe 2.

Figura 30 - Volume e turbidez ao longo do tempo – Açude Lima Campos



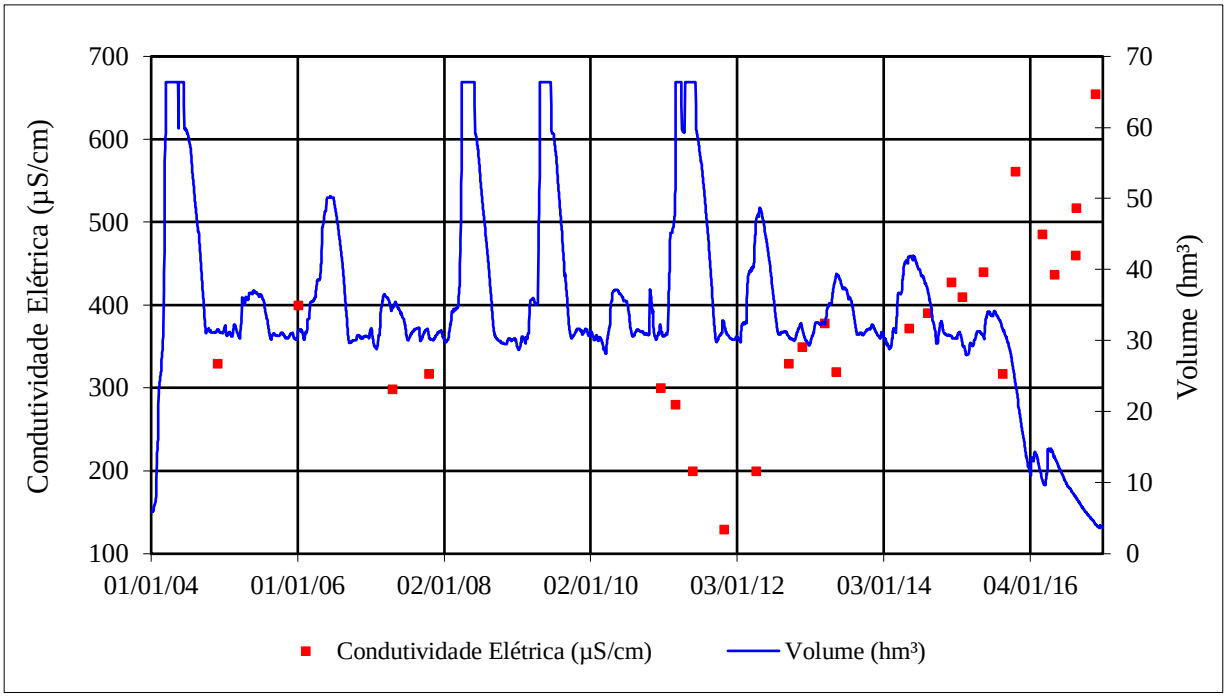
Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A bactéria *Escherichia coli* foi incluída no monitoramento das águas do açude Lima Campos em maio/2014 e, apesar dos baixos valores detectados (maior valor foi 5,2 NMP/100 mL), a presença dessa bactéria indica contaminação por fezes de animais homeotérmicos, confirmando que o açude é afetado por atividades antrópicas.

Os valores de condutividade elétrica nas águas do açude Lima Campos variaram de 130 a 655 µS/cm (Figura 31). Foram observados 25 valores e o coeficiente de variação foi de 31,09%. De 2004 a agosto/2014 os valores foram menores que 450 µS/cm, e a partir de novembro/2014 houve aumento da condutividade, observando-se na última coleta de água de 2016

o valor de 655 µS/cm. A redução do volume de água armazenado no açude aumentou a condutividade elétrica das águas, como esperado.

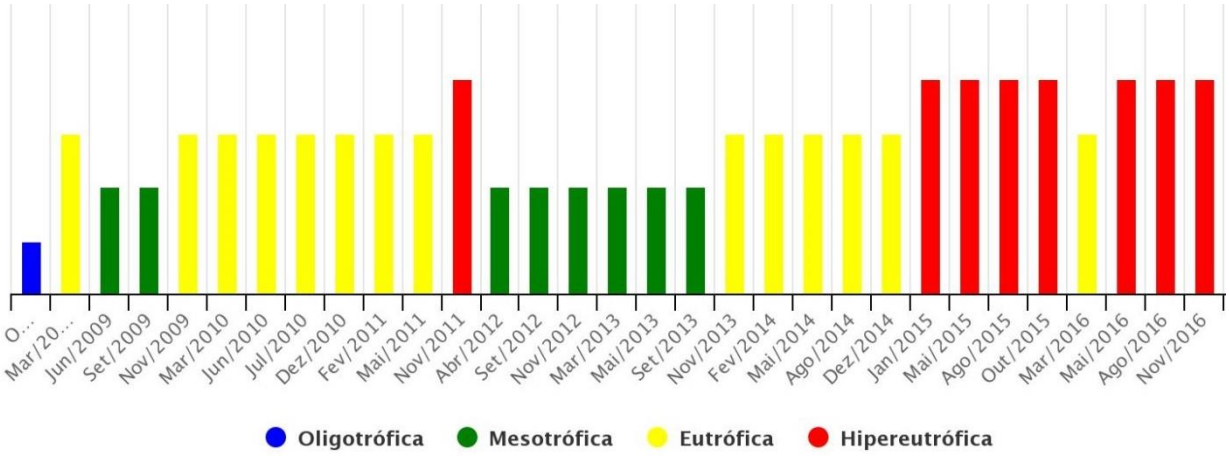
Figura 31 - Volume e condutividade elétrica ao longo do tempo - Açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Cogerh, 2016.

A Figura 32 mostra o estado trófico por coleta de água referente ao período de 2008 a 2016 do ponto LCM-01. Nota-se que a classificação eutrófica (45,2%) é predominante ao longo do tempo, mas a partir de 2015 a qualidade foi piorando e em quase todas as coletas de água foi classificada como hipereutrófica. Além do baixo volume de água armazenada, a contribuição de cargas poluidoras, como efluentes, pecuária e piscicultura, favorecem na piora da qualidade da água.

Figura 32 - Estado trófico do açude Lima Campos



Fonte: adaptado de Ceará (2017).

6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES

6. ESTIMATIVA DA CARGA DE NUTRIENTES

Uma forma de identificar e analisar a poluição em bacias hidrográficas, considerando 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 Lima Campos 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 é apresentada sucintamente na 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 Cogerh.

6.1.1 Modelo Digital de Elevação - MDE e Direção de Fluxo

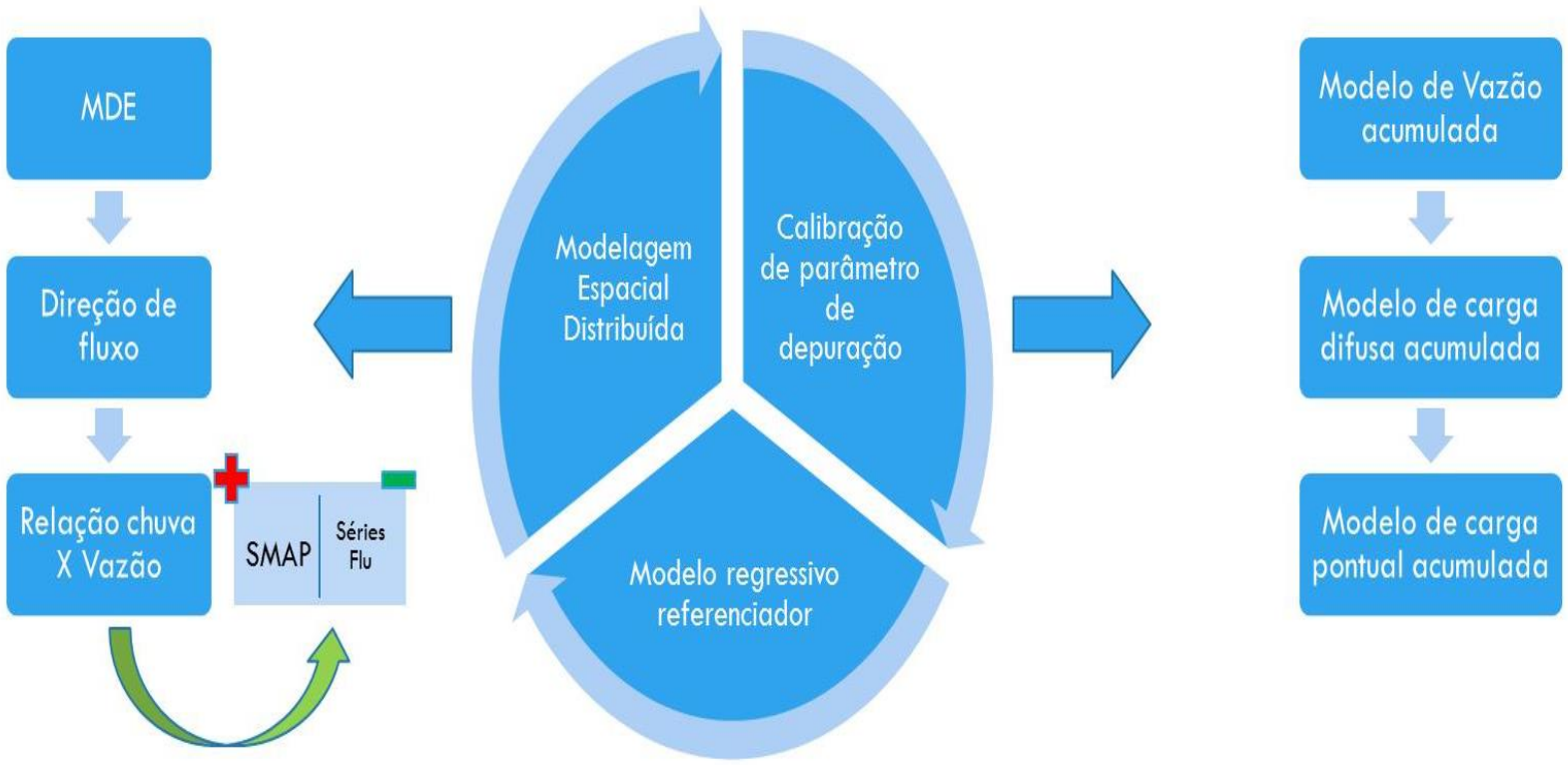
O modelo digital de elevação (MDE) utilizado foi obtido do projeto Topodata, desenvolvido e disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O modelo é proveniente do refinamento de imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), da

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

Em ambiente SIG, a partir do MDE e utilizando o ArcHydro, 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 inventários ambientais de 05 açudes da Sub-Bacia do Salgado; essa etapa (MDE e direção de fluxo) foi desenvolvida para cinco reservatórios, dentre eles o açude Lima Campos, 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 obtido pela média das vazões médias anuais para toda a série de dados, como definido por Pruski *et al*. (2006).

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

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

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

Onde:

D = Deflúvio (mm.ano^{-1});

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

A = área de drenagem da estação (m²).

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.

Para a avaliação da representatividade dos dados pelas equações consideradas foi estimado o coeficiente de determinação (R^2), calculado pela seguinte equação:

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

Onde:

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

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

6.1.2.1 Alternativas estudadas

Inicialmente, para a construção de uma relação matemática entre chuva e vazão, 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 Cogerh. Conforme se sabe, o SMAP é um modelo determinístico de simulação hidrológica do tipo chuva-vazão.

Para o presente estudo foram selecionados os dados de quatro açudes apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 - Açudes selecionados para a construção do primeiro modelo chuva-vazão

Código	Açude	Precipitação Média-P (mm)	Área da Bacia – A (Km²)	Vazão Média Anual (m³/s)	Deflúvio (mm/ano)	Coeficiente de Rendimento (%)
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	Ubaldinho	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:

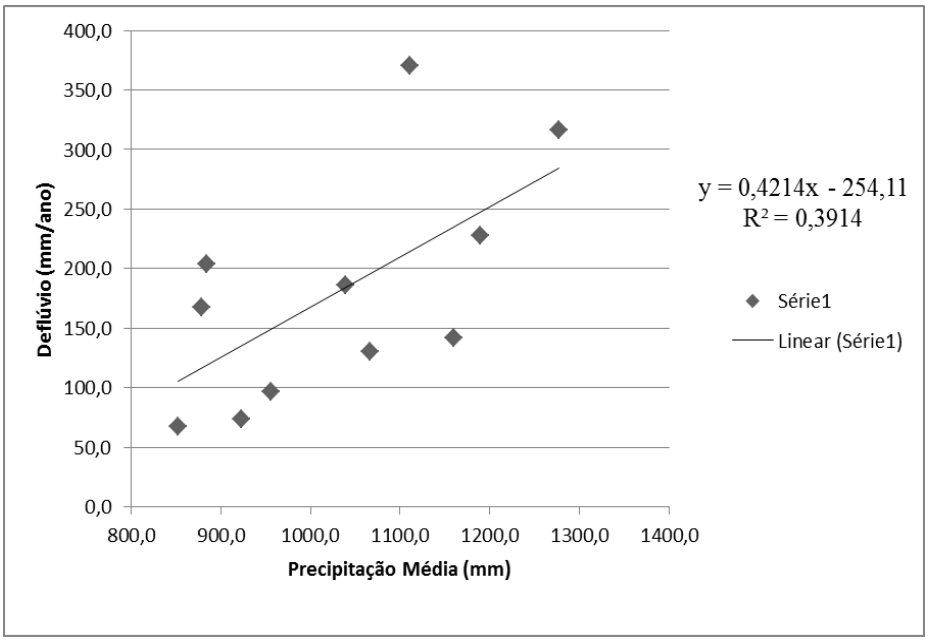
$$Q = 0{,}4214 * P - 254{,}11 \quad (3)$$

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 acima referenciada. 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 Cogerh 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 29 com suas principais características, dentre elas a precipitação média na sub-bacia hidrográfica, segundo informação fornecida pela Cogerh, oriunda de estudo realizado pela Universidade Federal do Ceará - UFC.

Tabela 29 - Estações fluviométricas selecionadas para a construção do segundo modelo chuva-vazão

Estações Fluviométricas – Bacia Salgado					
Estações ANA	**Área de Contribuição da Estação Fluviométrica – A (Km²)**	**Precipitação Média – P (mm)**	**Vazão Média Anual (m/s)**	**Deflúvio (mm/ano)**	**Coeficiente de Rendimento (%)**
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 30. 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.

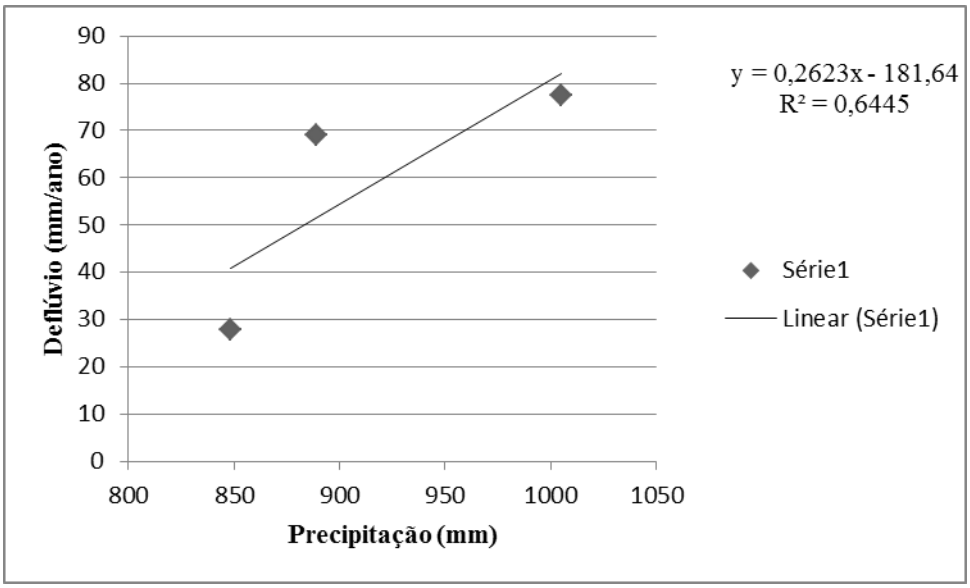
Tabela 30 - Equações de regressão chuva-vazão

Bacia Hidrográfica	Equação	R^2
Bacia 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 Salgado com dados de estações fluviométricas localizadas dentro da 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 31 estão identificadas as estações fluviométricas agregadas.

Tabela 31 - Estações fluviométricas adicionadas ao cálculo matemático de chuva e vazão – 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).

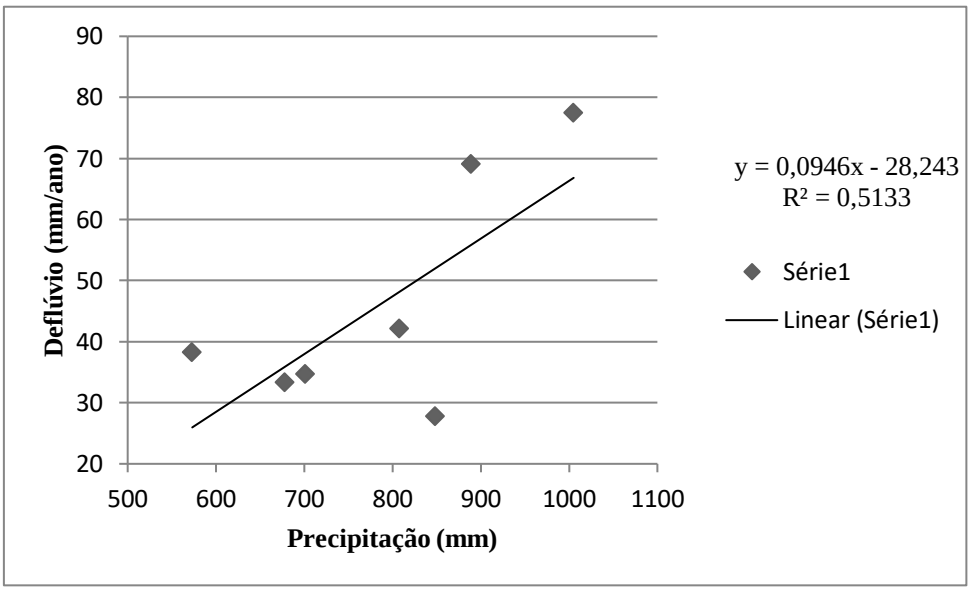
A partir desse novo conjunto de dados uma nova equação de regressão foi obtida, sendo de natureza linear, a qual, mais uma vez, foi reconhecida como a mais adequada à descrição analítica dos dados. Na Tabela 32 é apresentada essa equação com o respectivo coeficiente de determinação (R^2). Na sequência, é mostrado o gráfico do grau de representatividade de cada equação em relação aos dados utilizados (Figura 36).

Tabela 32 - Equações 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 essa 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.

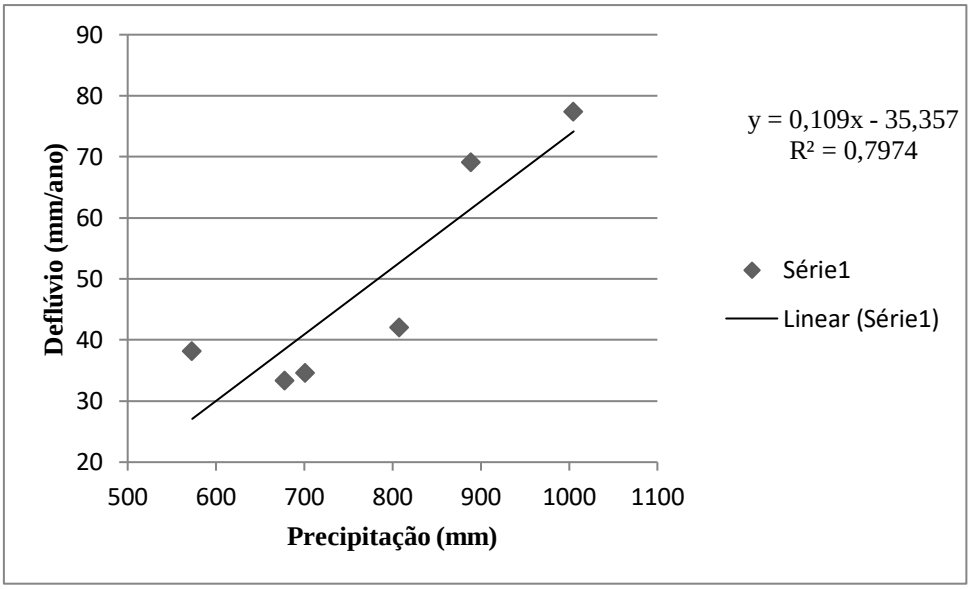
A estação fluviométrica 36250000, localizada dentro da sub-bacia do Salgado, foi excluída do cálculo da equação de regressão, por se mostrar destoante do comportamento das demais estações que monitoram aquela região hidrográfica. Portanto, para o cálculo da equação de regressão chuva-vazão da Sub-Bacia do Salgado (Figura 37), as estações fluviométricas escolhidas foram as que estão apresentadas na Tabela 33.

Tabela 33 - 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)	Coeficiente 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 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 m^3 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 a carga total acumulada de P (kg.ano^{-1});

Q_p é a vazão média anual acumulada (m^3.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 $\mathrm{g/m^2 \cdot ano}$;

$\bar{Z}$ 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 $1/\text{ano}$.

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 34) 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 34 - Coeficientes médios de exportação de fósforo total adotados no estudo

Tipo	Fonte	Unidade	Fósforo Total
Difusa	Afloramento Rochoso	kg/km².ano	10,220
	Área Urbana		12,410
	Água		0,000
	Cultura Agrícola		126,290
	Vegetação		14,240
	Pastagem		10,220
	Solo Exposto		12,410
Pontual	Carga *per capita*	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 coefiiente de exportação ponderado pela distância dado em $kg \cdot km^{-2} \cdot ano^{-1}$;

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

Portanto, se $D_i = 0 => DI_{i=1} = 1$; e se $D_i = \infty => DI_{i=1} = 0$. 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

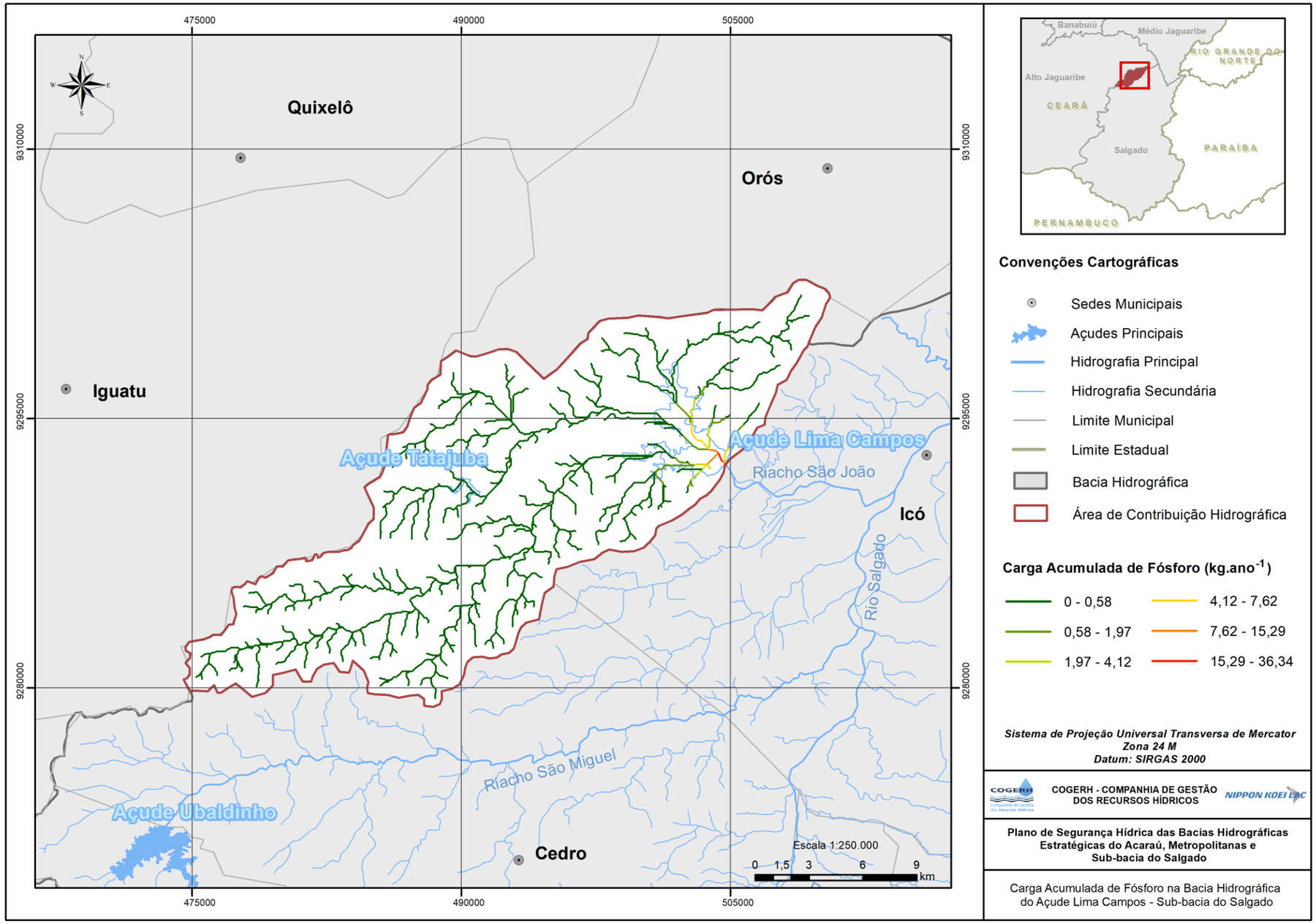
médios anuais de concentração obtidos das amostras disponíveis no banco de dados leva inexoravelmente à conclusão, em todos os casos analisados, que existem atividades sendo realizadas no próprio lago, na sua APP ou em seu entorno mais imediato que resultam no despejo praticamente direto de nutrientes 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 Cogerh.

6.1.8 Apresentação dos mapas com resultados obtidos

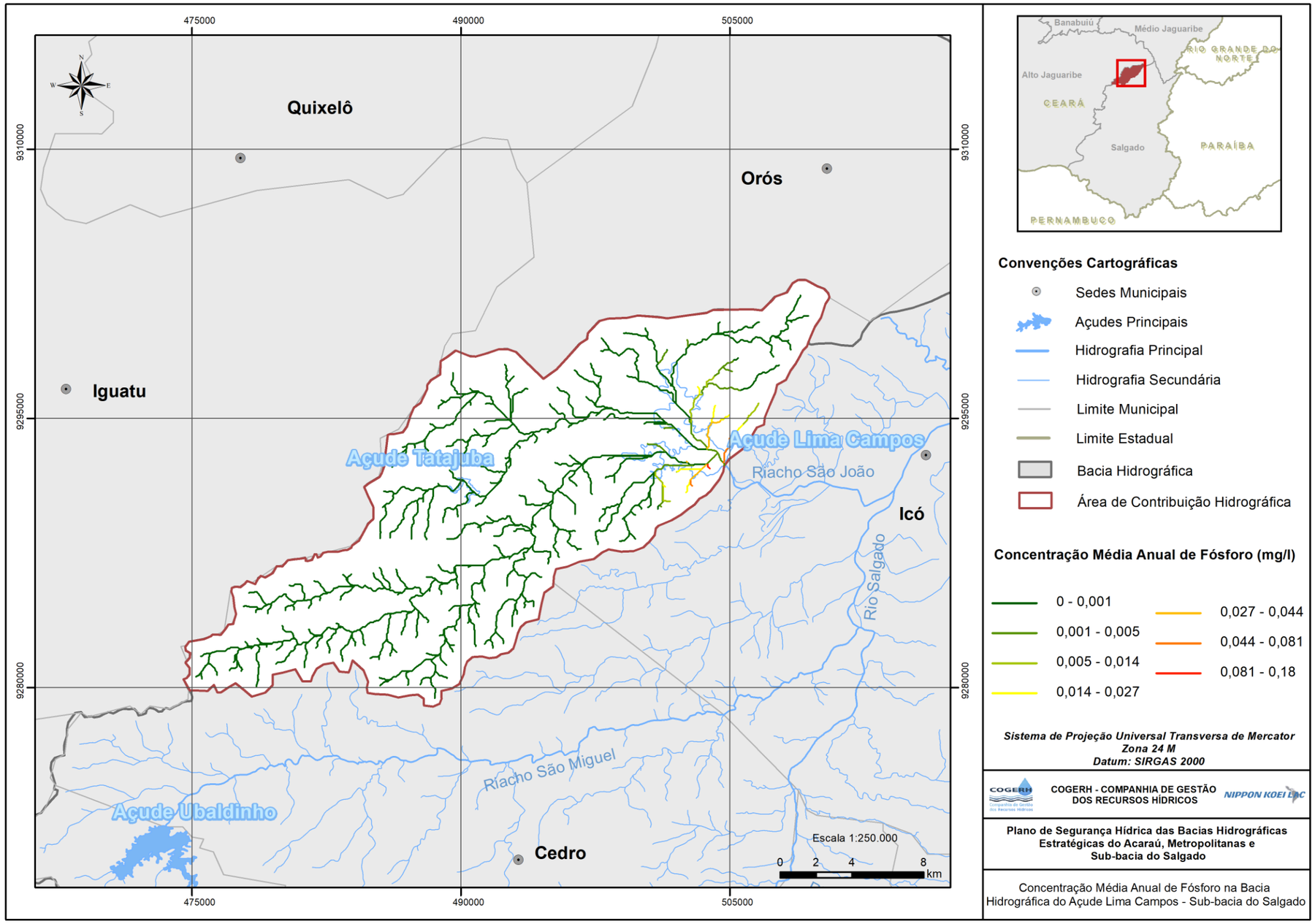
As Figuras 38 a 41 apresentam os mapas referentes à carga total de fósforo, à concentração média anual de fósforo e ao uso e cobertura do solo da área de contribuição hidrográfica do açude Lima Campos, além da sua área de influência.

Figura 38 - Carga total de fósforo na área de contribuição hidrográfica – Açude Lima Campos



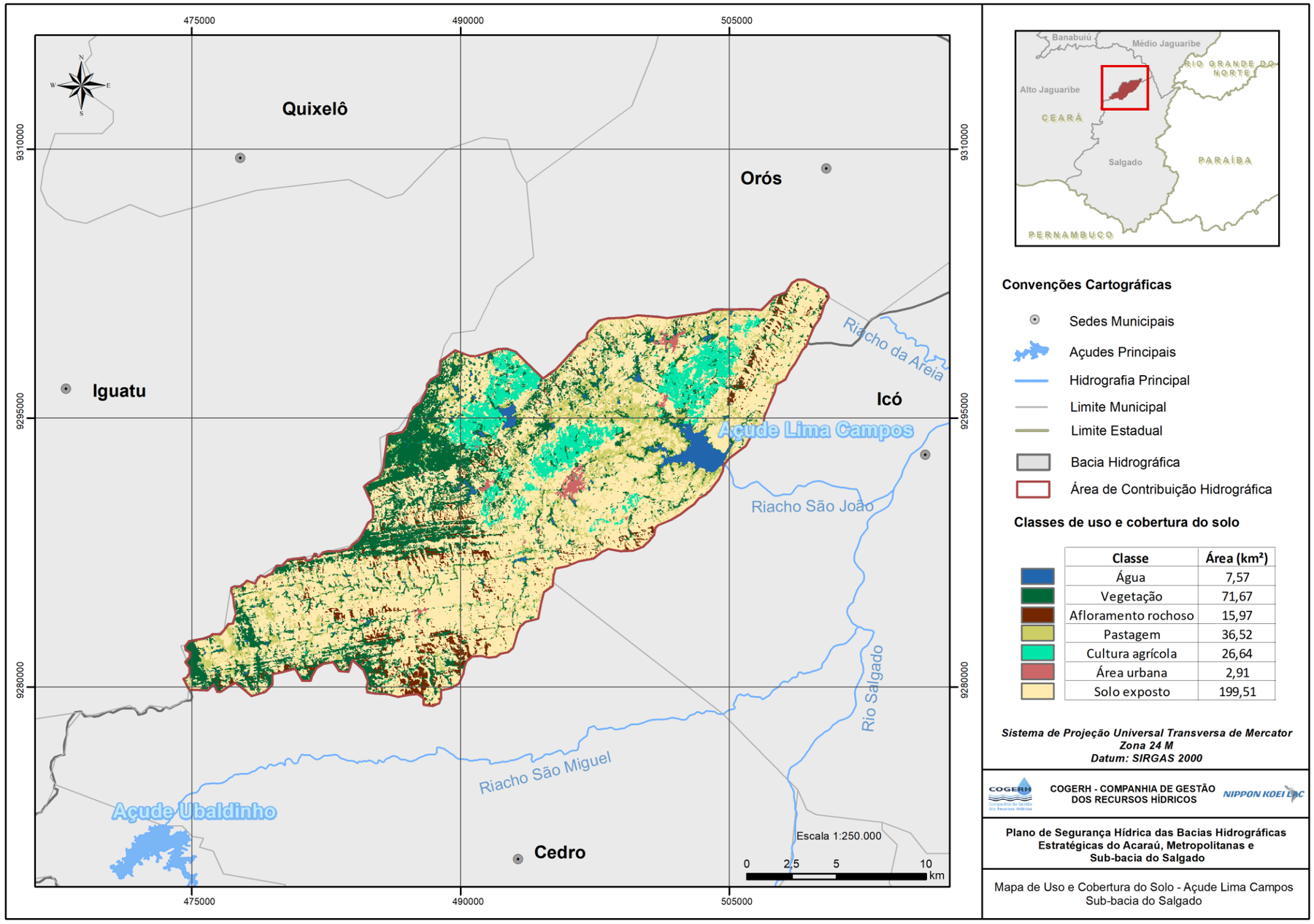
Fonte: elaborado por Nippon Koei LAC (2017), com base cartográfica do IPECE/IBGE e COGERH.

Figura 39 - Concentração média anual de fósforo na área de contribuição hidrográfica – Açude Lima Campos



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

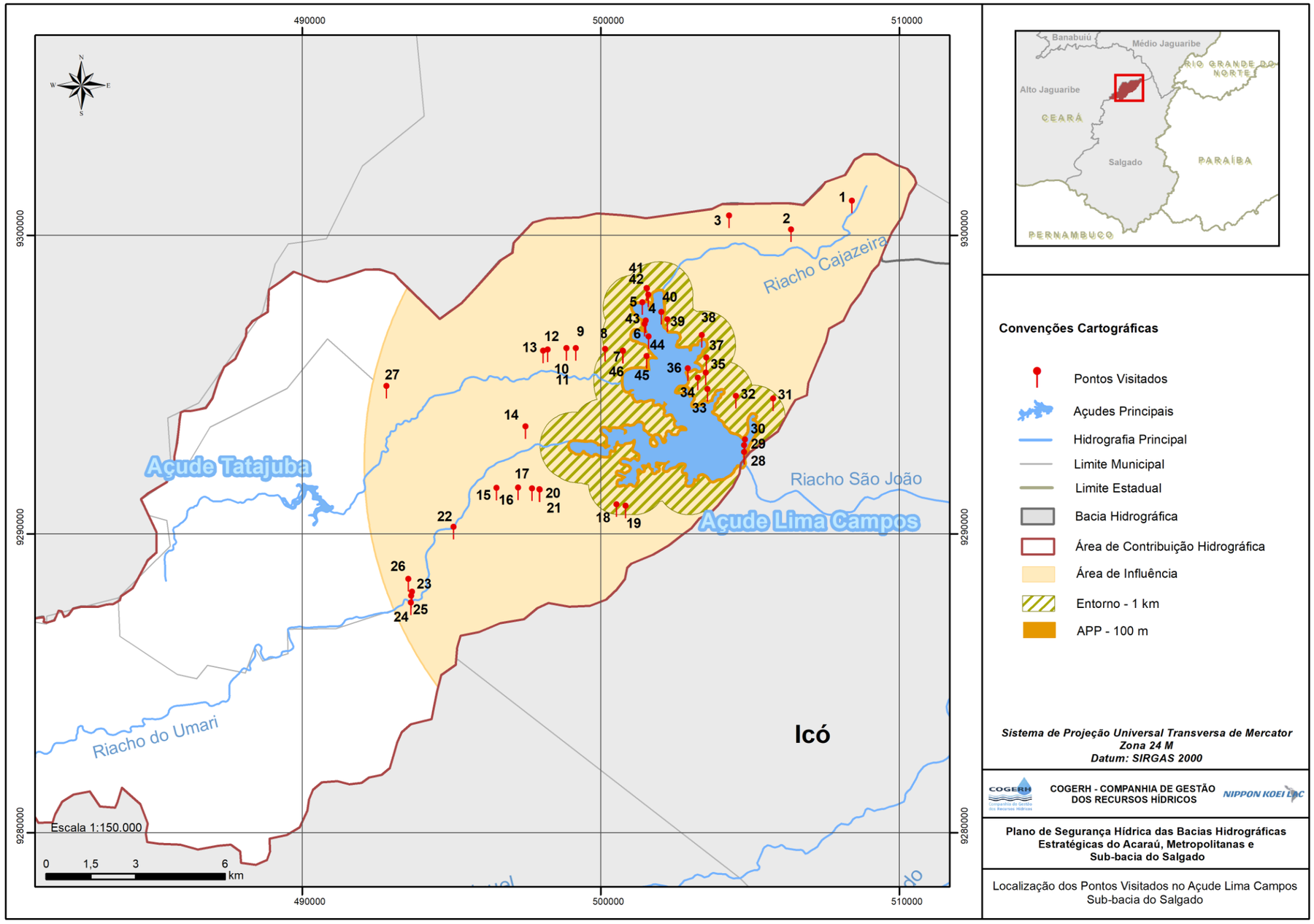
Figura 40- Mapa de uso e cobertura do solo da área de contribuição hidrográfica – Açude Lima Campos



Classe	Área (km²)
Água	7,57
Vegetação	71,67
Afloramento rochoso	15,97
Pastagem	36,52
Cultura agrícola	26,64
Área urbana	2,91
Solo exposto	199,51

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

Figura 40 - Área de influência da bacia hidrográfica – Açude Lima Campos



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 35 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 35 - Percentual da carga bruta anual de fósforo das fontes poluidoras pontuais e difusas

Tipo	Fonte	Junco	Lima Campos	Manoel Balbino	Tatajuba	Ubaldinho
Poluição Difusa de Fósforo (%)	Afloramento Rochoso	0,08	1,49	0,53	3,39	0,37
	Área Urbana	0,34	0,33	0,57	0,06	0,34
	Água	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Cultura Agrícola	3,26	30,71	1,07	0,00	2,82
	Vegetação	28,85	9,32	28,61	36,43	45,85
	Pastagem	4,82	3,41	1,73	0,05	11,34
	Solo Exposto	2,43	22,60	10,25	29,79	12,22
Poluição Pontual de Fósforo (%)	Carga *per capita*	60,21	32,13	57,25	30,29	27,06
	Balneário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).

Já a Tabela 36 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". 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 36 - 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)
Lima Campos	13,471	23,521	36,992

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 37 apresenta as variáveis utilizadas e as cargas de fósforo para as condições propostas.

A média das concentrações de fósforo obtidas nas coletas realizadas em agosto de 2016 mostra que o açude Lima Campos ultrapassou o limite mesotrófico da variável fósforo, pois a carga calculada foi quase o triplo da capacidade de suporte desse reservatório. Adotando o valor médio de fósforo da série histórica, a carga calculada também foi maior que a capacidade de suporte. Vale destacar que o limite de classificação mesotrófica para a variável fósforo serve apenas para estimar a carga suportável para o enquadramento.

Tabela 37 - Capacidade de suporte, estimativa de cargas recebidas e variáveis utilizadas

Reservatório	Tempo de residência (ano)	Volume médio (m^3)	* Fósforo (mg/L)	** Fósforo (mg/L)	*** Fósforo (mg/L)	I Carga (kg/ano)	II Carga (kg/ano)	III Carga (kg/ano)
Lima Campos	1,088	40.69.072	0,050	0,146	0,060	5.767,952	16.842,421	6.921,54

Fonte: Nippon Koei LAC (2017).
Nota: * limite para classe mesotrófica; ** média das concentrações em diferentes profundidades da campanha de agosto/2016; *** média das concentrações da série histórica; I capacidade de suporte para manter uma 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.

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 38 apresenta as variáveis utilizadas e as cargas de fósforo para as condições propostas.

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

Reservatório	Tempo de residência (ano)	Volume médio (m^3)	* Fósforo (mg/L)	** Fósforo (mg/L)	*** Fósforo (mg/L)	I Carga (kg/ano)	II Carga (kg/ano)	III Carga (kg/ano)
Lima Campos	1,088	40.669.072	0,050	0,146	0,075	5.767,952	16.842,421	8.651,929

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, ao analisar as informações apresentadas nessa tabela que, utilizando as concentrações advindas da campanha de coletas e análises de água realizada em agosto de 2016, que o açude Lima Campos ultrapassou a classificação mesotrófica; observa-se que as cargas calculadas com as concentrações obtidas na campanha de agosto de 2016 são muito maiores que a 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.

7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO

7. ASPECTOS QUÍMICOS DO SEDIMENTO

As análises de fluorescência de raios X (FRX) têm sido utilizadas para a avaliação qualiquantitativa de espécies químicas em vários tipos de amostras de interesse agropecuário, agroindustrial, geológico e ambiental. A técnica, por ser instrumental e não destrutiva, e por permitir a análise de vários elementos simultaneamente, de modo rápido e com baixo custo, tem um elevado potencial de aplicação em várias áreas onde há 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 Termos de Referência desse estudo. Com o intuito de fornecer mais informações sobre as características do sedimento, a Tabela 39 apresenta os valores das análises de FRX, que são espécies químicas do sedimento em porcentagem.

Das espécies químicas, vale destacar os valores apresentados 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 60ºC) para análise de FRX era ácido sulfúrico (H_2SO_4). Nos reservatórios da sub-bacia do Salgado o SO_3 apresentou valores inferiores aos encontrados nos açudes das Bacias Metropolitanas e da Bacia do Acaraú. Pela não representatividade das amostras seria imprudente afirmar, mas não supor, que tais percentuais sejam oriundos 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, elemento responsável pelo aparecimento do gás sulfídrico (H_2S), nocivo e de mau odor. O H_2S ao reagir com o oxigênio produz o dióxido de enxofre (SO_2) e água; quando há carência de O_2, forma-se então SO_2 e enxofre livre. O SO_2, por sua vez, pode oxidar convertendo-se 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. Entretanto, o percentual da espécie química composta por um átomo de enxofre no açude Lima Campos, apresentado na tabela citada, é alto quando comparado

ao de outros açudes da sub-bacia do Salgado que tiveram seus IVAs elaborados no âmbito do Plano de Segurança Hídrica, como os açudes Tatajuba e Manoel Balbino, que não ultrapassaram 0,5%, indicando que esses reservatórios apresentam melhores condições qualitativas que o Lima Campos.

Tabela 39 - Espécies químicas dos sedimentos amostrados em porcentagem

Junco	
Analisado	**Resultado (%)**
SiO_2	62,1911 %
Al_2O_3	16,6012 %
Fe_2O_3	12,1971 %
MgO	2,6175 %
K_2O	1,9501 %
CaO	1,6893 %
TiO_2	0,9670 %
SO_3	**0,8238 %**
Na_2O	0,2776 %
P_2O_5	0,1855 %
MnO	0,1769 %
BaO	0,1132 %
Cl	0,0635 %
Cr_2O_3	0,0292 %
SrO	0,0257 %
Rb_2O	0,0238 %
ZrO_2	0,0186 %
ZnO	0,0180 %
NiO	0,0100 %
CuO	0,0089 %
Br	0,0072 %
NbO	0,0049 %
Y_2O_3	0,0000 %

Fonte: adaptado de dados de florescência realizados no LSR.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A capacidade de armazenamento do açude Lima Campos é de 66,38 hm^3. Todavia, na data da coleta de águas e sedimentos, esse reservatório se encontrava com apenas 12% de seu volume máximo. Como se sabe, a qualidade da água de um reservatório relaciona-se com o volume de água existente na data da amostragem, entretanto, ao longo das atividades desenvolvidas para a elaboração deste IVA foram identificados em campo vários fatores antrópicos que também influenciaram diretamente as variáveis físico-químicas e biológicas analisadas na campanha empreendida.

Pelo índice de estado trófico - IET indicado neste IVA, a água do reservatório foi classificada como hipereutrofizada e o IQAR a enquadrou na classe V, que indica uma péssima qualidade da água, por ser rica em nutrientes. Vale ressaltar que a capacidade de suporte do nutriente fósforo foi ultrapassada.

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, mas no sedimento o valor de níquel foi maior que o limite estabelecido na Resolução Conama n.º 454/2012 para Nível 1.

Dentre os fatores que influenciaram na má qualidade da água pode-se destacar o despejo de efluentes domésticos oriundos das comunidades localizadas no entorno do reservatório. Esses efluentes, além de transmitir possíveis patógenos, são ricos em nutrientes que, em excesso, impactam a biota do reservatório e apresentam risco à saúde humana, principalmente pelas possíveis cianotoxinas produzidas por diversas espécies de cianobactérias encontradas nas amostras.

A agricultura praticada no perímetro irrigado Icó-Lima Campos e a pecuária intensiva observada na bacia hidráulica e na área de influência do açude Lima Campos, também são fatores que colaboram de maneira determinante para a condição da reserva hídrica observada.

No que se refere a utilização das águas do reservatório para irrigação, a classificação referente à salinização e sodificação enquadra a água do Lima Campos nas classes C2 e S1, respectivamente, o que representa um risco baixo ou moderado de salinização e nenhum risco de sodificação.

Acerca do volume armazenado no reservatório, observa-se nos histogramas apresentados neste IVA que em mais da metade das coletas de água para análise de sua qualidade, o volume armazenado no açude Lima Campos se encontrava entre 50 e 60% de sua capacidade. Tal regularidade se deu devido ao acréscimo hídrico oriundo do açude Orós. Entretanto, mesmo utilizando essa intervenção não foi mantida uma garantia hídrica adequada, devido ao longo período de seca que se verifica atualmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

ARCE – Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0038/2015 – SAA e SES da Sede do Município de Cedro**. Fortaleza, 2015b;

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0049/2015 – SAA da Localidade de Guassussê do Município de Orós**. Fortaleza, 2015c;

ARCE. Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, **Relatório de Fiscalização RF/CSB/0050/2015 – SAA da Localidade de Palestina do Município de Orós**. Fortaleza, 2015d;

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.

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

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará, **Informações sobre Sistemas de Abastecimento de Água 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;

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará, **Relatório Anual para Informação do Consumidor – Várzea da Conceição – Cedro.** Fortaleza, 2016;

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

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

CEARÁ. **Portal Hidrológico**. Disponível em: < http://www.hidro.ce.gov.br/# >. Acesso em: 11 de dezembro de 2016.

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

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, **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.

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 set. 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**.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, **Perfil Básico Municipal**, 2015.

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.

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.

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

ANEXOS

ANEXOS

FORMULÁRIO DE CAMPO - AÇUDE LIMA CAMPOS

QUADRO 1 - REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO AÇUDE LIMA CAMPOS

1 - IDENTIFICAÇÃO

1.1 - RESERVATÓRIO

Nome: Lima Campos	**Bacia Hidrográfica:** Salgado	**Ano de Construção:** 1932
Coordenadas: Latitude [9.292.408 N] Longitude [504.749 E]	**Município:** Icó	**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 Icó	Rosana de Fátima R. de Figueiredo	Chefe de Gabinete	

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)	( )	1
Pesca Artesanal	( )	( )	
Piscicultura Intensiva (criação em gaiolas)***	( )	( )	
Piscicultura Intensiva (criação em viveiros)***	( )	( )	
Indústria	( )	( )	
Outros (descrever):	( )	( )	
	( )	( )	
	( )	( )	

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

2.2 - CONSUMO HUMANO

Localidade (Município/ Distrito)	Empresa Concession.	Pop. Atendida*		Tratamento Convencional**				N	S	Localização		Nº
		Atual	Potencial	Floc	Dec	Fil	Des			Mont.	Ent.	
Lagedo (Cedro)	Cagece	407	Sem dados							X		2
Manoel Alexandre (Cedro/Várzea da Conceição)	Cagece	Sem dados	Sem dados							X		
Pitombeiras (Cedro/Várzea da Conceição)	Cagece	Sem dados	Sem dados							X		
Várzea da Conceição (Cedro)	Cagece	619	744	X		X	X			X		3
Canudo (Icó/Lima Campos)	SAAE	Sem dados	Sem dados							X		
Cruz das Pedras (Icó/Lima Campos)	SAAE	Sem dados	Sem dados							X		
Malhada Vermelha (Icó/Lima Campos)	SAAE	Sem dados	Sem dados							X		
Rendinha (Icó/Lima Campos)	SAAE	Sem dados	Sem dados							X		
Tatajuba (Icó/Lima Campos)	SAAE	Sem dados	Sem dados							X		
Lima Campos (Icó)²	SAAE	3.150	Sem dados							X		2
Guassussê (Orós)²	Cagece	2.629	Sem dados							X		2
Igarói (Orós)²	Cagece	1.777	Sem dados							X		2
Cabeça de Negro (Palestina/Orós)	Cagece	Sem dados	Sem dados							X		

* - 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	( )	(X)	
Banho	( )	( )	
Uso de Agrotóxicos (defensivos)	( )	( )	
Uso de Fertilizantes (adubos)	( )	( )	
Aterro Sanitário	( )	( )	
Lixão	( )	( )	
Matadouro	( )	( )	
Cemitério	( )	( )	
Confinamento de Animais (currais)	(X)	( )	
Animais Soltos	(X)	(X)	1
Efluentes ETA	( )	( )	
Efluentes ETE	( )	( )	
Indústria Alimentícia	( )	( )	
Indústria Couro e Curtume	( )	( )	
Indústria Têxtil	( )	( )	
Olarias	( )	( )	
Disposição indevida de resíduos sólidos	( )	( )	

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			
Espécies: 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					
Lagedo (Cedro)	Cagece					X	X	X	0	0	X		4
Manoel Alexandre (Cedro/Várzea da Conceição)	Cagece					X	X	X	0	0	X		4
Pitombeiras (Cedro/Várzea da Conceição)	Cagece					X	X	X	0	0	X		4
Várzea da Conceição (Cedro)	Cagece					X	X	X	0	0	X		4
Canudo (Icó/Lima Campos)	SAAE					X	X	X	0	0	X		4
Cruz das Pedras (Icó/Lima Campos)	SAAE					X	X	X	0	0	X		4
Malhada Vermelha (Icó/Lima Campos)	SAAE					X	X	X	0	0	X		4

Rendinha (Icó/Lima Campos)	SAAE					X	X	X	0	0	X		4
Tatajuba (Icó/Lima Campos)	SAAE					X	X	X	0	0	X		4
Lima Campos (Icó)	SAAE					X	X	X	0	0	X		4
Guassussê (Orós)	Cagece					X	X	X	0	0	X		4
Igarói (Orós)	Cagece					X	X	X	0	0	X		4
Cabeça de Negro (Palestina/Orós)	Cagece					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.	
Lagedo (Cedro)[2]									5
Manoel Alexandre (Cedro/Várzea da Conceição)[1]									6
Pitombeiras (Cedro/Várzea da Conceição)[1]									6
Várzea da Conceição (Cedro)[2]									5
Canudo (Icó/Lima Campos)[1]									6
Cruz das Pedras (Icó/Lima Campos)[1]									6
Malhada Vermelha (Icó/Lima Campos)[1]									6

Rendinha (Icó/Lima Campos)[1]									6
Tatajuba (Icó/Lima Campos)[1]									6
Lima Campos (Icó)[2]									5
Guassussê (Orós)[3]									7
Igarói (Orós)[3]									7
Cabeça de Negro (Palestina/Orós)[3]									7

3.1.4 - OUTRAS FONTES NA BACIA HIDRÁULICA

Balneário/Proprietário	**Lavagem**		**Frequência Semanal (Quantidade de Pessoas)**		**Localização***		**Nº**
	Roupa	**Carro**	**Durante**	**Final**	**ME**	**MD**	
Balneário Bastião	( )	( )			(X)	( )	8
	( )	( )			( )	( )	
	( )	( )			( )	( )	

*- 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**
		Distrib		**Intensidade**				**Distrib**		**Intensidade**				**Tipo de**				**Mont.**	**Ent.**	
		U	**D**	**A**	**M**	**B**	**N**	**U**	**D**	**A**	**M**	**B**	**N**	**G**	**M**	**A**	**S**			
Milho																		(X)	( )	
Feijão																		(X)	( )	
Milho	2																	(X)	( )	
Capim																		( )	(X)	
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	Equino	Codorna	Mont.	Ent	
Icó	39.209	15.133	8.261	8.088	188.625	-	3.093	-	( )	( )	
Cedro	29.004	4.500	6.000	8.000	80.000	-	700	-	( )	( )	

3.2.3- DEGRADAÇÃO DA VEGETAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA

Localidade (Município/Distrito)	Intensidade*				Localização		Nº
	A	M	B	N	Mont.	Ent.	
Icó		X			( )	(X)	1
					( )	( )	

* - 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?	[2011]	
c) Quantas vezes sangrou nos últimos 10 anos?	[4]	
d) Durante quantas vezes esteve no volume morto nos últimos 10 anos?	[0]	
e) Estado atual do volume armazenado:		
Cota atual: 168,64m ( ) Cheio ( ) Médio (X)Vazio		
f) Predominância do volume armazenado ao longo dos últimos anos: ( ) Cheio (X) Médio ( ) Vazio		

3.3.2 IDENTIFICAÇÃO DE AÇUDES A MONTANTE

a) Quantidade de açudes a montante? [5]			
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	1

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: ( ) Frequente ( ) Raramente ( ) Nunca Quando: ( ) Durante estação chuvosa ( ) Durante estação seca			
f) Transparência: 0,40 m	g) Velocidade Vento: 0,40 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

Descrição do Tratamento*				Intensidade**			Evolução			Pior Período		Nº
SD	**S**	**CV**	**AV**	**A**	**M**	**B**	**A**	**D**	**C**	**Estação Chuvosa**	**Estação Seca**	
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	Percebe-se que grande parte da área originalmente coberta por vegetação nativa foi desmatada para fins de pastagem. Foram vistas áreas de pasto em toda a extensão da bacia, inclusive no entorno do reservatório, onde foi observada a presença de gado bovino solto para beber a água do açude. Nessas áreas se pratica a irrigação (por diversos métodos) do capim, que serve de forrageio para o gado.
2	População Estimada (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura Urbana de Abastecimento de Água em 2015 (IPECE, 2016).
3	População Atendida em dezembro de 2016 (CAGECE, 2017b).
4	Conforme SNIS (2017).
5	População Estimada (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura da População Total em 2015 (SNIS, 2017).
6	População Estimada (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura da População Total e Urbana em 2015 (SNIS, 2017).
7	População Estimada (Censo 2010, IBGE) x Taxa de Cobertura da População Total em 2012 (SNIS, 2017).
8	O Balneário Bastião situa-se na comunidade Sítio Pedregulho e usa a água de passagem do canal que traz águas do açude Orós para o açude Lima Campos.

Quadro 1 - Registro fotográfico da área de influência da bacia hidrográfica do Açude Lima Campos referente aos pontos identificados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**0

FOTO 1
Coord: 508427mE; 9300740mN

FOTO 2
Coord: 506389mE; 9299770mN

FOTO 3
Coord: 504305mE; 9300240mN

FOTO 4
Coord: 501606mE; 9297590mN

FOTO 5
Coord: 501405mE; 9297330mN

FOTO 6
Coord: 501477mE; 9296610mN

FOTO 6.2
Coord: 501477mE; 9296610mN

FOTO 6.3
Coord: 501477mE; 9296610mN

FOTO 7
Coord: 500750mE; 9295710mN

FOTO 8
Coord: 500153mE; 9295780mN

FOTO 9
Coord: 499170mE; 9295800mN

FOTO 10
Coord: 498859mE; 9295800mN

FOTO 11
Coord: 498859mE; 9295800mN

FOTO 12
Coord: 498231mE; 9295760mN

FOTO 13
Coord: 498083mE; 9295720mN

FOTO 14
Coord: 497487mE; 9293190mN

FOTO 15
Coord: 496517mE; 9291120mN

FOTO 16
Coord: 497243mE; 9291140mN

FOTO 17
Coord: 497707mE; 9291100mN

FOTO 18
Coord: 500540mE; 9290570mN

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 PR · IPECE · GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos

Registro Fotográfico da Bacia Hidráulica e Hidrográfica do Açude Lima Campos

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

Continuação do Quadro 1 na próxima página.

Continuação do Quadro 1.

FOTO 19
Coord: 500845mE; 9290520mN

FOTO 20
Coord: 497962mE; 9291070mN

FOTO 21
Coord: 497951mE; 9291080mN

FOTO 22
Coord: 495079mE; 9289820mN

FOTO 23
Coord: 493688mE; 9287650mN

FOTO 24
Coord: 493646mE; 9287290mN

FOTO 25
Coord: 493656mE; 9287520mN

FOTO 25.2
Coord: 493656mE; 9287520mN

FOTO 26
Coord: 493566mE; 9288070mN

FOTO 27
Coord: 492829mE; 9294540mN

FOTO 28
Coord: 504809mE; 9292330mN

FOTO 28.2
Coord: 504809mE; 9292330mN

FOTO 29
Coord: 504816mE; 9292560mN

FOTO 29.2
Coord: 504816mE; 9292560mN

FOTO 29.3
Coord: 504816mE; 9292560mN

FOTO 30
Coord: 504844mE; 9292740mN

FOTO 31
Coord: 505780mE; 9294120mN

FOTO 32
Coord: 504532mE; 9294200mN

FOTO 33
Coord: 503581mE; 9294430mN

FOTO 33.2
Coord: 503581mE; 9294430mN

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 PR · IPECE · Governo do Estado do Ceará, Secretaria dos Recursos Hídricos

Registro Fotográfico da Bacia Hidráulica e Hidrográfica do Açude Lima Campos

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

Continuação do Quadro 1 na próxima página.

Continuação do Quadro 1.

FOTO 33.3
Coord: 503581mE; 9294430mN

FOTO 34
Coord: 503257mE; 9294810mN

FOTO 34.2
Coord: 503257mE; 9294810mN

FOTO 35
Coord: 503524mE; 9294980mN

FOTO 35.2
Coord: 503524mE; 9294980mN

FOTO 36
Coord: 502927mE; 9295120mN

FOTO 37
Coord: 503543mE; 9295490mN

FOTO 38
Coord: 503397mE; 9296240mN

FOTO 38.2
Coord: 503397mE; 9296240mN

FOTO 38.3
Coord: 503397mE; 9296240mN

FOTO 39
Coord: 502243mE; 9296770mN

FOTO 40
Coord: 502042mE; 9297020mN

FOTO 41
Coord: 501550mE; 9297810mN

FOTO 41.2
Coord: 501550mE; 9297810mN

FOTO 41.3
Coord: 501550mE; 9297810mN

FOTO 42
Coord: 501552mE; 9297800mN

FOTO 42.2
Coord: 501552mE; 9297800mN

FOTO 43
Coord: 501513mE; 9296730mN

FOTO 43.2
Coord: 501513mE; 9296730mN

FOTO 44
Coord: 501611mE; 9296190mN

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 Lima Campos

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

Continuação do Quadro 1 na próxima página.

Continuação do Quadro 1.

FOTO 44.2
Coord: 501611mE; 9296190mN

FOTO 44.3
Coord: 501611mE; 9296190mN

FOTO 44.4
Coord: 501611mE; 9296190mN

FOTO 45
Coord: 501548mE; 9295540mN

FOTO 45.2
Coord: 501548mE; 9295540mN

FOTO 46
Coord: 500747mE; 9295710mN

Descrição:

Foto 1: Área de plantação de milho e feijão sem nenhum sistema de irrigação visível.
Foto 2: Área de pastagem.
Foto 3: Área de pastagem.
Foto 4: Área desmatada para pastagem.
Foto 5: Área de pastagem.
Foto 6: Sítio Pedregulho - Plantação de Capim e criação de gado (pastagem). Segundo morador da região, As plantações são irrigadas por um canal de irrigação que traz água Do açude Orós.
Foto 7: Área de pastagem e cultura agrícola.
Foto 8: Área desmatada para pastagem.
Foto 9: Área desmatada.
Foto 10: Pequeno açude usado para dessedentação animal.
Foto 11: Área de pastagem.
Foto 12: Área de pastagem.
Foto 13: Área de pastagem.
Foto 14: Área de pastagem.
Foto 15: Área de pastagem (Rendinha, Distrito de Icó).
Foto 16: Área de pastagem.
Foto 17: Área de pastagem.
Foto 18: Área de pastagem.
Foto 19: Área de pastagem.
Foto 20: Pequeno açude.
Foto 21: Área desmatada.
Foto 22: Barreiro.
Foto 23: Área de plantação de capim com irrigação por aspersão. Água proveniente provavelmente de poço.
Foto 24: Açude Maria Olho D'água responsável pelo abastecimento da comunidade da região.
Foto 25: Plantação de milho de aproximadamente 2 hectares. Presença de poço.
Foto 26: Curral de boi.
Foto 27: Açude da Malhada, pertencente ao distrito de Malhada Vermelha. Constatou-se atividade de pastagem ao redor Do açude.
Foto 28: Vista para a bacia hidráulica
Foto 29: Região de APP na comunidade Lima Campos. Lançamento de efluentes e criação de porcos.
Foto 30: Região de APP. Vegetação suprimida para pasto de animais.
Foto 31: Região de APP. Vegetação suprimida para pasto de animais
Foto 32: Vista para APP. Vegetação suprimid
a para pasto de animais
Foto 33: Região de APP. Pastagem para criação de caprinos e bovinos
Foto 34: Área com vegetação suprimida na área de influência Do reservatório. Possível preparo da terra para agricultura ou pastagem.
Foto 35: Propriedade com tanques (possivelmente para piscicultura) construídos. Não foi encontrado ninguém no local
Foto 36: Região de APP. Preparo da terra para expansão de pastagens.
Foto 37: Vista para área de pastagem inserida parcialmente em APP.
Foto 38: Área de pastagem na APP. Irrigação feita com uso de água de poço.
Foto 39: Região de APP. Região de Pastagens.
Foto 40: Balneário Bastião, na comunidade Sítio Pedregulho. Passagem de canal que traz águas Do Açude Orós para o Lima Campos.
Foto 41: Área de pastagem. Irrigação por superfície (inundação)
Foto 42: Região de APP. Vegetação suprimida para pasto de animais
Foto 43: Região de pastagens, irrigação feita por água retirada Do canal. Comunidade Sítio Pedregulho
Foto 44: Região de APP. Pastagem, irrigação por superfície. Água para irrigação e abastecimento humano retirada Do canal.
Foto 45: Regão de APP. Vegetação suprimida para pasto de animais. Comunidade Sítio Pedregulho
Foto 46: Região de APP. Vegetação suprimida para pasto de animais

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 · PROFOR · IPECE · Governo do Estado do Ceará – Secretaria dos Recursos Hídricos

Registro Fotográfico da Bacia Hidráulica e Hidrográfica do Açude Lima Campos

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

Fonte: Fonte: Nippon Koei LAC (2017).