



PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS
REGIÃO DOS SERTÕES DE CRATEÚS

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS

CRÉDITOS INSTITUCIONAIS

GOVERNADOR

Camilo Sobreira de Santana

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Francisco José Coelho Teixeira
Secretário

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

João Lúcio Farias de Oliveira
Presidente

Elano Lamartine Leão Joca
Diretor de Planejamento

Roberto Bruno Rebouças
Diretor de Operações

Denílson Marcelino Fidelis
Diretor Administrativo-Financeiro



COMITÊ DE BACIA

DIRETORIA CBHSC

PRESIDENTE

Antonia Nilce Pereira de Souza

VICE-PRESIDENTE

Enoch Saboia Coutinho

SECRETÁRIO

Cícero Lacerda de Deus

SECRETÁRIO ADJUNTO

Francisco Teobaldo Gonçalves Marques



COMITÊ DE BACIA

USUÁRIOS

Associação Comunitária de Malhada Vermelha e Região

Titular: Manoel Lacerda Loiola

Suplente: Antônio Eric da Silva Pinto

Associação dos Pequenos Produtores Rurais de Grotá

Titular: Raimundo Cassimiro de Sousa

Suplente: Marinho da Silva Oliveira

Associação dos Usuários de Água do Açude Carnaubal – ASSUSA

Titular: Francisco Teobaldo Gonçalves Marques

Suplente: Francisco Barbosa Farias

Associação dos Vazanteiros de Independência/CE

Titular: Antônia Alvina de Araújo

Suplente: Maria da Piedade Pereira da Silva

Colônia de Pescadores e pescadoras Artesanais Z-58 de Novo Oriente

Titular: José Ribamar do Nascimento

Suplente: Antônio Alexandre Albuquerque

Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará – CAGECE

Titular: Francisco Fernando de Amorim Silva

Suplente: Lucicleide Maria da Silva

Conselho dos Povos Indígenas: Tabajara, Calabaça e outros de Poranga e Região – CIPO

Titular: Raimunda Gomes Marinho Sampaio

Suplente: Antonio Sérgio Marques da Silva

Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE de Ipaporanga

Titular: Teovane Rodrigues de Sousa

Suplente: Vanessa Barros Pereira

Sistema Integrado de Saneamento Rural – SISAR

Titular: Sônia Maria Ximenes Aragão Sales

Suplente: Antônio Marcos Diogo Leitão

SOCIEDADE CIVIL

Área Pastoral Nossa Senhora do Bom Sucesso

Titular: Antônio Adonys Farias Sobrinho

Suplente: Maria Socorro Sampaio Carvalho

Associação Caatinga

Titular: Gilson Miranda do Nascimento

Suplente: Antônio Olavo Vieira das Chagas

Associação dos Professores de Independência – APROFI

Titular: Antonia Nilce Pereira de Souza

Suplente: Paulo Eduardo Gomes Coutinho

Cáritas Diocesana de Crateús – CDC

Titular: Jair Marciel de Melo

Suplente: Edevaldo Melo Ribeiro

Federação dos Trabalhadores da Agricultura do Estado do Ceará – FETRAECE

Titular: Brás Sousa Rodrigues

Suplente: Maria Aparecida Soares de Souza

Instituto Agropoulos do Ceará

Titular: José Edivaldo Rodrigues Melo

Suplente: Katherine Cavalcante de

Azevedo Aragão Albuquerque

Sindicato dos Servidores Públicos Municipais de Independência

Titular: Euclídia Cordeiro Santiago de Paiva

Suplente: Rosilene Gonçalves de Oliveira

Sindicato dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares – STRAAF de Quiterianópolis

Titular: Francisco Pinheiro do Nascimento

Suplente: João Silva de Macedo

Sindicato dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares – STRAAF de Tamboril

Titular: José Oliveira Ribeiro

Suplente: Marcos Aurélio Alves Santos

PODER PÚBLICO MUNICIPAL

Prefeitura Municipal de Crateús

Titular: Marcelo Ferreira Machado

Suplente: Lourismar Oliveira Gomes

Prefeitura Municipal de Independência

Titular: José Rogério Bezerra Pacífico

Suplente: José Yuri Freire Farias

Prefeitura Municipal de Novo Oriente

Titular: Enoch Saboia Coutinho

Suplente: Alonso Alves da Silva

Prefeitura Municipal de Poranga

Titular: Jaeger Holanda Pinho

Suplente: Antônio Cristovam Alves Melo

Prefeitura Municipal de Quiterianópolis

Titular: Cícero Lacerda de Deus

Suplente: Antônio Rodrigues de Souza

Prefeitura Municipal de Tamboril

Titular: Edmilson Rodrigues de Araújo

Suplente: Francileuda Ambrósio Melo

PODER PÚBLICO ESTADUAL/FEDERAL

Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF

Titular: Leandro Aguiar de Oliveira

Suplente: José Orlando Soares Oliveira

Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS

Titular: Não foi indicado

Suplente: Não foi indicado

Empresa de Assistência Técnica de Extensão Rural do Ceará – EMATERCE

Titular: Edivaldo Costa dos Santos

Suplente: Lindinalva Oliveira da Cunha

Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH

Titular: Márcia Soares Caldas

Suplente: Carlos Magno Feijó Campelo

Secretaria do Meio Ambiente do Ceará – SEMA

Titular: Tatianna Karinne Angelo Ferreira

Suplente: Doris Day Santos da Silva

VACÂNCIA

Titular: Vacância

Suplente: Vacância

COMITÊ DE BACIA

CÂMARA TÉCNICA DO PLANO

Adervan Fernandes Sousa
Alan Michell Barros Alexandre
Antonia Nilce Pereira de Souza
Antônio Olavo Vieira das Chagas
Cícero Lacerda de Deus
Enoch Saboia Coutinho
Francisco Teobaldo Gonçalves Marques
Gilson Miranda do Nascimento
Jorge Ricardo Felix de Oliveira
Leandro Aguiar de Oliveira
Sônia Maria Ximenes Aragão Sales
Tatianna Karinne Angelo Ferreira

SECRETARIA-EXECUTIVA

GERÊNCIA REGIONAL DE CRATEÚS E SERRA DA IBIAPABA

GERENTE

Francisco Rodrigues Pessoa dos Santos Júnior

COORDENAÇÃO DO NÚCLEO DE GESTÃO PARTICIPATIVA

Ewerton Torres Melo

COORDENAÇÃO DO NÚCLEO DE OPERAÇÃO

Helder Horácio de Lucena



EQUIPE DE EXECUÇÃO

COORDENAÇÃO GERAL

Elano Lamartine Leão Joca
Diretor de Planejamento da COGERH

Francisco de Assis de Souza Filho
Cientista Chefe Recursos Hídricos/FUNCAP-SRH-UFC

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Ticiane Marinho de Carvalho Studart - FUNCAP-UFC
Ubirajara Patrício Alvares da Silva - COGERH

FUNCAP-UFC

Ályson Brayner Sousa Estácio
Amanda Rodrigues Costa
Andrea Pereira Cysne
Camile Miranda Dino
Francisco José Matos Nogueira Filho
Gabriela de Azevedo Reis
Gamarra Kelson Souza de Oliveira
João Dehon de Araújo Pontes Filho

Lucas Falcão Muniz
Renan Vieira Rocha
Renata Mendes Luna
Samiria Maria Oliveira da Silva
Sandra Helena Silva de Aquino
Taís Maria Nunes Carvalho
Thales Vieira Rocha
Virzângela Paula Sandy Mendes

COGERH

Ana Christine de Araújo Campos
Claire Anne Viana de Sousa
Clara de Assis Jerônimo Sales
Davi Martins Pereira
Edcarlos Rulim de Souza
Henrique Silvestre Mendes

Itamara Mary Leite de Menezes Taveira
José Rodrigo Vasconcelos Cavalcante
Mateus Perdigão de Oliveira
Micaella da Silva Teixeira Rodrigues
Renata Vinhas Cruz
Zulene Almada Teixeira



LISTA DE ABREVIACÕES

ADEL Agência de Desenvolvimento Econômico Local

AGACE Associação das Gestões Ambientais Locais do Estado do Ceará

ANA Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

APA Área de Proteção Ambiental

APP Área de Preservação Permanente

APRECE Associação dos Municípios do Estado do Ceará

BPMA Batalhão de Polícia de Meio Ambiente

CAGECE Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará

CBH Comitê de Bacia Hidrográfica

Ciopaer Coordenadoria Integrada de Operações Aéreas

CMIP Coupled Model Intercomparison Project

COGERH Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

CGEE Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

EMATERCE Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA Estação de Tratamento de Água

ETE Estação de Tratamento de Esgoto

FAO Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

FCCBH Fórum Cearense de Comitês de Bacias Hidrográficas

FUNCEME Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos do
Estado do Ceará

hab Habitantes

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFCE Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

IPECE Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change – (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

IPD Índice de Perdas na Distribuição

IQAr Índice de Qualidade de Água para Reservatórios

L Litro

m Metro

MMA Ministério do Meio Ambiente

MMCs Modelos de Mudança do Clima

ONU Organização das Nações Unidas

PAE Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará

PPM Pesquisa da Pecuária Municipal

PNSB Política Nacional de Segurança de Barragens

PNUMA Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

R² coeficiente de determinação

RH Região Hidrográfica

RHSC Região Hidrográfica Sertões do Crateús

RMQA Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas

SA Sistema Adutor

SAAE Serviço Autônomo de Água e Esgoto

SEAGRI Secretaria Agricultura e Pesca

SEMA Secretaria do Meio Ambiente

SEMACE Superintendência Estadual do Meio Ambiente

SISAR Sistema Integrado de Saneamento Rural

SNIS Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SRH Secretaria de Recursos Hídricos

SSP Shared Socioeconomic Pathways

UC Unidades de Conservação

un Unidade

UFC Universidade Federal do Ceará

VAB Valor Adicionado Bruto

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1 Representação do processo de construção dos cenários.	23
Figura 2-2 Ilustração da terceira oficina de trabalho.	25
Figura 3-1 Taxa média de crescimento considerando os censos demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010.	34
Figura 3-2 Estações de Tratamento de Esgoto da Sede Urbana de Crateús.	46
Figura 4-1 Legenda dos Gráficos Populacionais.	66
Figura 4-2 Projeção Populacional Urbana por Município – RHSC.	72
Figura 4-3 Projeção Populacional Urbana Total da RHSC.	72
Figura 4-4 Legenda dos Gráficos Populacionais.	73
Figura 4-5 Projeção Populacional Rural na RHSC – Municípios.	79
Figura 4-6 Projeção Populacional Rural na RHSC.	80
Figura 4-7 Projeção Populacional Total na RHSC por Município.	82
Figura 4-8 Projeção Populacional Total na RHSC.	82
Figura 5-1 Downscaling.	85
Figura 7-1 Sistema Hídrico Poti-Longa (Marco Regulatório).	115
Figura 7-2 Sistema Adutor Fronteiras (Projeto Malha d'Água).	116
Figura 7-3 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenários I.	119
Figura 7-4 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenários II.	120
Figura 7-5 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenários III.	121
Figura 7-6 Comparativo das Demandas Humanas entre cenários por Município.	124
Figura 7-7 Comparativo das Demandas Humanas entre cenários RHSC.	125
Figura 7-8 Efetivo de Rebanhos por Cenário.	135

LISTA DE MAPAS

MAPA ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	47
MAPA LANÇAMENTO DE EFLUENTES.....	48
MAPA LIMITES MUNICIPAIS.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 Fatores do meio físico propícios a recarga de aquíferos e propícios à urbanização.....	36
Tabela 3-2 Índice de perdas na distribuição (IPD) para o ano de 2019.....	37
Tabela 3-3 Esgotamento Sanitário.....	43
Tabela 4-1 População Recenseada em 2010 (Total Municipal e RHSC).....	64
Tabela 4-2 População Urbana Recenseada e Projetada – Total Municipal.....	68
Tabela 4-3 Projeção da População Urbana na RHSC.....	71
Tabela 4-4 População Rural Recenseada e Projetada – Municipal.....	74
Tabela 4-5 Projeção Populacional Rural – RHSC.....	78
Tabela 4-6 Projeção Polacional Total na RHSC.....	81
Tabela 5-1 Coeficiente de Variação das vazões afluentes anuais a cada reservatório da RHSC e na situação de partida (Diagnóstico).	86
Tabela 5-2 Média das vazões afluentes anuais futuras a cada reservatório da RHSC e na situação de partida – m ³ /s (Diagnóstico).....	87
Tabela 5-3 Q ₉₀ ¹ de cada reservatório da RHSC considerando MMC selecionados e na situação de partida – m ³ /s (Diagnóstico).....	87
Tabela 5-4 Q ₉₀ de cada reservatório da RHSC nos Cenários I, II e III.	88
Tabela 6-1 Variáveis-chave, parâmetros e hipóteses dos cenários 1, 2 e 3 da RHSC.	90
Tabela 7-1 Variáveis utilizadas no balanço hídrico futuro.....	110
Tabela 7-2 Vazão Regularizada Açude Fronteiras (Engesoft,2010).....	113
Tabela 7-3 Disponibilidade Hídrica do Açude Fronteiras para os cenários prospectivos (m ³ /s).....	113
Tabela 7-4 Usos no Reservatórios Fronteiras para cada Cenário Prospectivo..	117
Tabela 7-5 Área Irrigável após a construção do Açude Fronteiras.	118
Tabela 7-6 - Projeção do consumo per capita (L/hab. Dia) para população urbana acima de 5000 habitantes.	118
Tabela 7-7 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenário I.....	122
Tabela 7-8 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenário II.	122
Tabela 7-9 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenário III.....	123
Tabela 7-10 Comparativo das Demandas Humanas entre cenários por Município.	124

Tabela 7-11 Comparativo das Demandas Humanas entre cenários por Município.	125
Tabela 7-12 Índice de Perdas de Distribuição Adotados.	126
Tabela 7-13 Demanda humana com Incorporação de IPD.	127
Tabela 7-14 Áreas Irrigadas estimadas para os cenários prospectivos.	132
Tabela 7-15 Demanda para Irrigação estimadas para os cenários prospectivos.	132
Tabela 7-16 Resumo das Demandas por Cenário Prospectivo.	136
Tabela 7-17 – Balanço hídrico futuro da RHC.	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Variáveis-chave, parâmetros e hipóteses de evoluções possíveis para a construção dos cenários para o Sistema de Recursos Hídricos do Ceará.	29
Quadro 2 - Métodos de Projeção Populacional.....	62
Quadro 3 – Projeções Populacionais Urbanas – Total Municipal.....	69
Quadro 4 – Projeções Populacionais Rurais – Total Municipal.	75
Quadro 5 - Série Histórica de Rebanhos na RHSC.....	134

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	18
2	METODOLOGIA.....	20
2.1	O que são cenários?	21
2.2	Construção dos cenários.....	23
3	SITUAÇÃO DE PARTIDA DAS VARIÁVEIS-CHAVE.....	33
3.1	Abastecimento humano	33
3.1.1	População	34
3.1.2	Consumo per capita	36
3.1.3	Perdas de água tratada nos sistemas de distribuição.....	37
3.2	Indústria	38
3.3	Agropecuária.....	38
3.4	Serviços.....	39
3.5	Água superficial.....	39
3.6	Eixos de Transferência	39
3.7	Diversificação da matriz hídrica.....	40
3.8	Água subterrânea	41
3.9	Qualidade da água	42
3.10	Mudança do clima.....	52
3.11	Monitoramento quali-quantitativos de águas superficiais e subterrâneas.....	53
3.12	Regulação de uso de águas superficiais e subterrâneas.....	54
3.13	Cobrança.....	56
3.14	Segurança de barragens.....	56

3.15	Alocação negociada	56
3.16	Conjuntura política	58
3.17	Capacidade institucional.....	59
4	PROJEÇÃO POPULACIONAL	61
4.1.1	Projeção Populacional Urbana.....	66
4.1.2	Projeção Populacional Rural	72
4.1.3	Projeção Populacional Total	80
5	PROJEÇÃO DA OFERTA HÍDRICA EM CENÁRIO DE MUDANÇA DO CLIMA.....	83
6	CENÁRIOS PROSPECTIVOS	89
6.1	Cenário I – Exploratório extrapolativo	94
6.2	Cenário II – Exploratório múltiplo	100
6.3	Cenário III – Normativo	104
7	PROJEÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO FUTURO.....	110
7.1	O Açude Fronteiras	111
7.1.1	Oferta Hídrica do Açude Fronteiras	112
7.1.2	Demanda Hídrica do Açude Fronteiras	114
7.2	Demanda humana.....	118
7.2.1	Incorporação do IPD na Demanda Humana	126
7.3	Demanda da irrigação	127
7.3.1	Perímetros Irrigados Públicos.....	128
7.3.2	Irrigação Dispersa.....	130
7.3.3	Demanda total para irrigação	131
7.4	Demanda da Pecuária	133
7.5	Resumo das demandas calculadas.....	135
7.6	Balanço Hídrico	136

8	BIBLIOGRAFIAS	138
	ANEXOS	143
	ANEXO A – PARTICIPANTES DA OFICINA DE SEMENTES DE FUTURO NA RHSC – 22/09/2012	143

1 APRESENTAÇÃO

Grande parte da dificuldade de lidar com o futuro reside na impossibilidade de prevê-lo. Segundo Godet e Durance (2011), em “Mundo em Mudança”, os agentes envolvidos no planejamento de recursos hídricos - usuários, sociedade civil, poder público e gestores - podem optar entre quatro atitudes possíveis:

- i) Sofrer a mudança (a passividade),
- ii) Agir na urgência (a reatividade),
- iii) Preparar-se para as mudanças previsíveis (a preatividade) e,
- iv) Agir para provocar as mudanças desejadas (a proatividade).

O **Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús (RHSC)**, realizado por meio do Termo de Cooperação Técnico Científico firmado entre a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – COGERH, vinculada à Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH, e a Universidade Federal do Ceará – UFC, se insere no contexto de preatividade e proatividade de Godet, as quais exigem antecipação para que se definam estratégias à luz dos futuros possíveis e desejáveis.

A Fase 2 do Plano, denominada de Prognóstico, pretende responder quatro questões fundamentais: “o que pode acontecer?” (Q1), “o que será feito?” (Q2), “quem fará?” (Q3) e “como será feito?” (Q4).

Obviamente, existem limites definidos para a habilidade humana de prever o futuro. Porém, nem tudo no futuro é completamente incerto; alguns dos elementos que estarão presentes no futuro podem ser mais

previsíveis do que outros. E, a despeito da previsibilidade, alguns deles podem ter mais ou menos relevância na configuração do futuro.

Sendo assim, no Prognóstico busca-se construir cenários de futuros possíveis e avaliar o efeito desses futuros no balanço hídrico da RHSC. O uso de cenários oferece aos formuladores de políticas públicas, uma ferramenta que os estimula a desenhar possíveis estratégias para o futuro, com uma melhor compreensão das diversas incertezas (Silva, 2018). Os cenários prospectivos são combinações de variáveis que descrevem diversos futuros possíveis e suas ligações com o presente (Marcial e Grumbach, 2008), e embora as incertezas não sejam eliminadas, elas são reduzidas, permitindo a tomada de decisão (Sousa, 2013; Brandalise et al, 2012).

No processo prospectivo, identifica-se a realidade para construir a visão estratégica do futuro em conjunto, porque a realidade é única, mas as visões e interpretações são diferentes. A estratégia pode ser robusta e flexível. Essa primeira é uma estratégia que resiste bem à maior parte dos cenários prováveis, enquanto a estratégia flexível compreende o máximo de escolhas reversíveis (Godet e Durance, 2011).

Os estudos prospectivos aplicadas à área de recursos hídricos não são novidade: pode-se citar a Visão Mundial da Água (World Water Council, 2000) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 2003. Ambas as experiências tiveram relevância em plano internacional, e mobilizaram vários atores sociais para a elaboração dos cenários (Nascimento et al., 2010).

Dessa forma, este documento expõe o Prognóstico da RHSC, e está organizado em oito (8) seções a contar com esta apresentação.

2 METODOLOGIA



O Prognóstico do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica Sertões de Crateús visa avaliar o balanço hídrico da RHSC, caso ocorram três futuros possíveis. Esses futuros são descritos na forma de cenários, construídos com base nas seguintes características:

- **Cenário I** – Prolongamento das tendências atuais no intuito de conduzir a Região Hidrográfica para um futuro verossímil;
- **Cenário II** – Explicita a ruptura das trajetórias das variáveis-chave do sistema de recursos hídricos;
- **Cenário III** – Aponta a imagem desejada do futuro.

Dessa forma, a metodologia foi dividida em duas seções. Na primeira foi apresentado o conceito de cenários e seus elementos. Na segunda foi explicitado o processo de construção dos cenários.

2.1 O que são cenários?

Cenários são formados pela descrição coerente de uma situação futura e pelo encaminhamento imaginado e criado dos acontecimentos que permitem passar da situação de origem à situação futura (Godet, 1993).

O termo “cenário” deriva do termo teatral latino “*scaenarium*”, que quer dizer o roteiro de uma peça de teatro. Assim, os elementos principais para a conceituação e o entendimento da técnica de construção são os mesmos do teatro moderno, quais sejam: cenários, cenas, trajetórias e atores (Oliveira Moritz, 2008).

Marcial e Grumbach (2002) descrevem cinco componentes da prospecção de um cenário. São eles:

- Título – Referência do cenário, e deve condensar a essência da história escrita, dando a ideia da lógica dos cenários;
- Filosofia - Sintetiza o movimento ou a direção fundamental do sistema considerado, constituindo a ideia-força do cenário;
- Variáveis-chave - Representam aspectos ou elementos do contexto considerado, tendo em vista o objetivo do cenário.
- Cena - Visão da situação considerada em um determinado instante de tempo, que descreve como estão organizados ou vinculados entre si os atores e as variáveis naquele instante
- Trajetória - Percurso seguido pelo sistema no horizonte de tempo considerado. Descreve o movimento desse sistema desde a cena inicial até a cena final, podendo ser, inclusive, irregular.

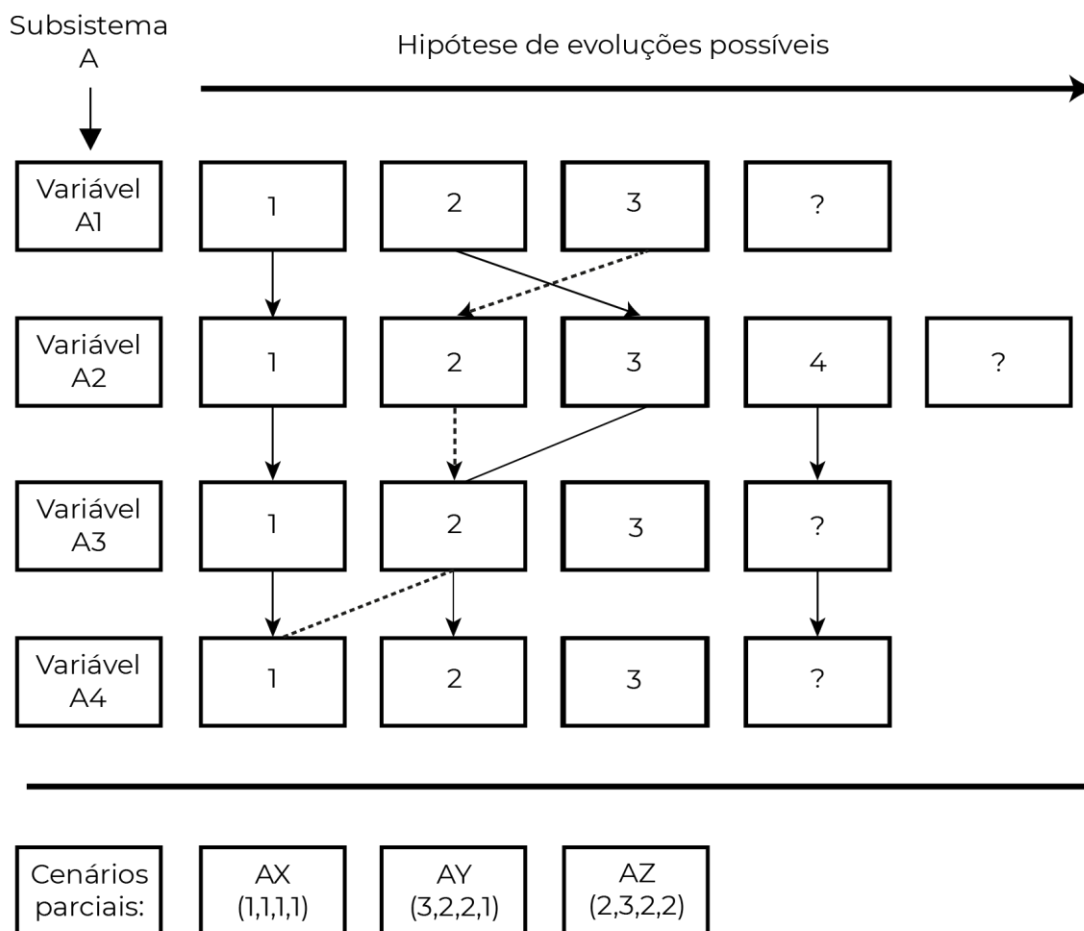
Por meio desses componentes, os cenários são construídos para apoiar as tomadas de decisões e as escolhas de opções com a intenção de torná-las viáveis no futuro (Chiavenato; Sapiro, 2003). Assim, a construção de cenários é uma metodologia para ordenar a percepção sobre ambientes alternativos nos quais as decisões de hoje deverão ser cumpridas e terão o seu efeito continuado. Quanto mais o ambiente se torna mutável e turbulento, e sua organização muda e inova, mais importantes se tornam os cenários para o processo decisório estratégico da organização (Furlan; Morozini, 2015).

Segundo Godet e Durance (2011), pode-se distinguir dois grandes tipos de cenários: os Exploratórios e os Normativos. Os primeiros descrevem, a partir de uma situação presente e das tendências que aí prevalecem, uma sequência de acontecimentos que conduz, de maneira lógica, a um futuro possível. Os cenários normativos, ou de antecipação, partem não de uma situação presente, mas da imagem de um futuro desejável, descrito a partir de um conjunto de objetivos a realizar.

Para Moritz et. al. (2008), a análise de cenários se caracteriza como o estudo criativo ou imaginativo sobre o futuro, com abordagem e metodologia próprias, permitindo aos planejadores não só criar seus cenários futuros, como também, ao longo do desdobramento das suas cenas e trajetórias, construir respostas rápidas às mudanças do ambiente.

Nesse contexto, pode-se dizer que os cenários são pequenas histórias sobre as transformações do macroambiente da RHSC. Essas histórias são construídas seguindo as várias configurações ou hipóteses de evolução de variáveis-chave (Figura 2-1). Haverá, assim, tantos cenários possíveis quantas forem as combinações de hipóteses teoricamente possíveis de estabelecer.

Figura 2-1 Representação do processo de construção dos cenários.



Fonte: Adaptado de Godet e Durrance (2011).

2.2 Construção dos cenários

Os cenários do Plano de Recursos Hídricos da RHSC foram elaborados por meio de oficinas com técnicos da COGERH, equipe da UFC/FUNCAP e membros do CBHSC, que ocorreram de forma virtual, via plataforma Microsoft Teams, por conta das medidas sanitárias vigentes devido à pandemia de Covid-19. Foram realizadas quatro oficinas, são elas:

- 1ª Oficina – definição das variáveis-chave e parâmetros do Sistema de Recursos Hídricos do Estado do Ceará;

- 2ª Oficina – definição das hipóteses de evolução dos parâmetros e relações de causa e efeito dessas hipóteses para o Sistema SRH-Ce;
- 3ª Oficina – levantamento das sementes de futuro (tendências e incertezas) da RHSC (22/09/2021);
- 4ª Oficina – delineamento da história dos cenários para a RHSC (30/09/2021).

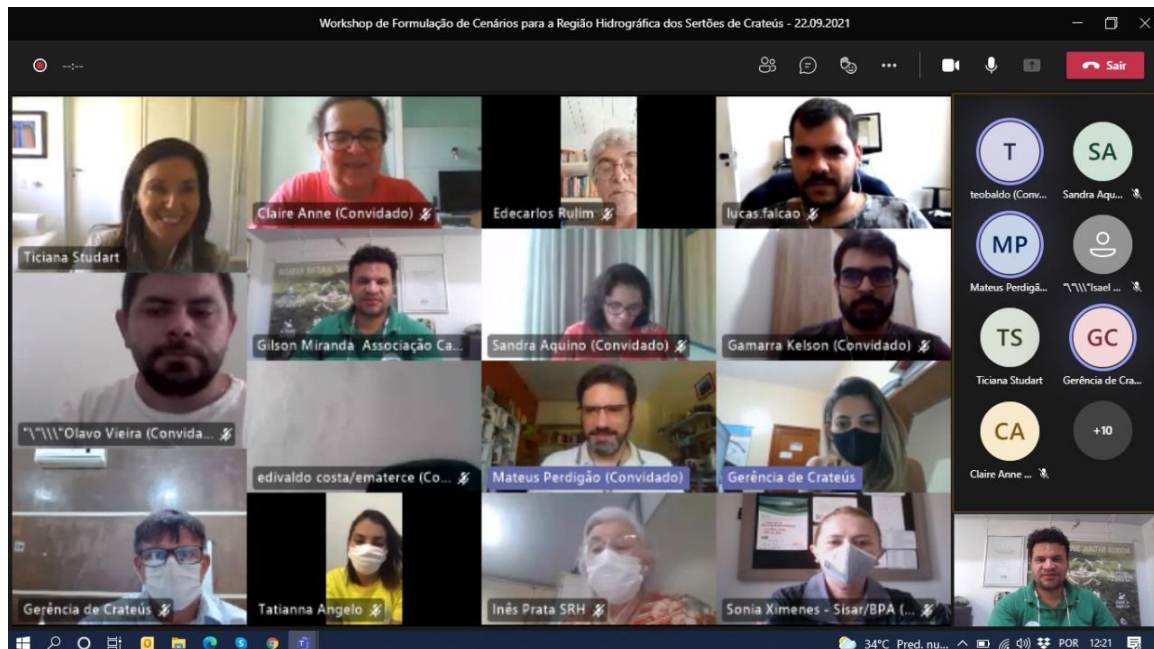
Na **primeira oficina** foram definidas com os técnicos da COGERH e UFC/FUNCAP as variáveis-chave do sistema de recursos hídricos do Ceará, tendo como alicerce o Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará (CEARÁ, 2018). Essas variáveis foram distribuídas em cinco eixos temáticos: demanda, oferta, meio ambiente, gerenciamento das águas e político-institucional.

Na **segunda oficina**, também realizada com o grupo de trabalho da COGERH e a equipe da UFC/FUNCAP, foram definidas as hipóteses de evolução dos parâmetros e criados os futuros possíveis que, embora plausíveis, são significativamente diferentes. Essas hipóteses, apresentadas no **Quadro 1**, foram pensadas para o Sistema de Recursos Hídricos e essa mesma sistemática foi adaptada para RHSC conforme as histórias dos atores colhidas em entrevistas semiestruturadas e na terceira oficina.

A **terceira oficina** (Figura 2-2), denominada de Sementes de Futuro, foi realizada dia 22 de setembro de 2021 e contou com a participação de 33 pessoas, entre técnicos da COGERH, membros da UFC/FUNCAP, representantes de instituições e atores-chave no gerenciamento dos recursos hídricos atores da RHSC (não necessariamente membros do CBH) (**Anexo A**). Nesta oficina, foram postas para discussão no grupo as questões norteadoras, que tinham como objetivo fomentar a discussão

e identificar, na percepção dos participantes, dois tipos de sementes de futuro: as tendências de peso e as incertezas. Sementes de futuro são fatos ou sinais que têm origem no passado e no presente e que sinalizam possibilidades de eventos futuros (Marcial, 2011).

Figura 2-2 Ilustração da terceira oficina de trabalho.



As tendências de peso fazem referência “àqueles eventos cuja perspectiva de direção é suficientemente consolidada e visível para se admitir sua permanência no período considerado” (Marcial e Grumbach, 2008). Tendências são movimentos bastante prováveis de um ator ou variável dentro de um horizonte de estudo, como por exemplo, aumento do número de empresas industriais (Godet, 2006). Sendo um movimento, a tendência é algo dinâmico, não imutável. Ela nos remete a uma ideia de futuro e pode alterar os cenários, tornando-se um sinalizador importante sobre o surgimento de novas oportunidades de negócios. Já as incertezas são “variáveis das quais não se sabe qual será o comportamento futuro” (Ferreira e Marcial, 2015). Essas variáveis apresentam um leque de possibilidades.

As questões norteadoras fazem parte de três eixos - demanda, oferta e ambiental – dentre os cinco eixos temáticos previamente estabelecidos.

No eixo de demanda utilizou-se as seguintes perguntas:

- Existe plano de investimentos para novas áreas irrigadas públicas e privadas? Caso sim, onde ficarão localizadas? Qual a previsão de operação? Qual o tamanho das áreas? Que tipos de culturas serão cultivadas?
- Existe previsão de retomada de alguma área irrigada que está desativada? Onde? Qual o tamanho da área? Quais as culturas?
- Existe plano de intenção de mudança de tecnologia na irrigação?
- Há algum projeto de instalação de novas indústrias? Caso sim, quais tipos? Qual a previsão de operação? Onde ficarão localizadas?

No âmbito da oferta hídrica foram aplicados os seguintes questionamentos:

- Existe algum plano de investimento para a implantação de novos reservatórios na Região? Qual a previsão de operação? Qual a vazão regularizada?
- Qual a previsão de implantação da Malha D'Água na Região?
- Existe previsão de algum projeto para operação de reuso industrial na Região? Qual a capacidade de reuso?
- Existe previsão de algum projeto de reuso de água nas áreas irrigadas da Região? Caso sim, qual a capacidade de reuso? Qual a previsão de implantação?
- Tem perspectiva de extensão da rede de distribuição de água nos municípios? O quanto essa expansão poderá atender a população? Qual a previsão de ativação da rede?

- Qual a tecnologia utilizada nas estações de tratamento de água? Qual a perda média de água nas ETA's? Existe plano de investimento para mudança de tecnologia?



Dentro do eixo ambiental foram utilizadas cinco questões, são elas:

- Há perspectiva de extensão de rede de esgotamento sanitário nos municípios? O quanto essa expansão poderá atender a população? Qual a previsão de ativação da rede?
- Existe algum plano de implantação de estações de tratamento de esgoto à montante dos reservatórios?

- Que áreas de conservação ambiental desejam criar na Região?
Onde serão criadas? Quais os tamanhos?
- Existe plano de revitalização dos rios?
- Existem projetos de plantio de mata ciliar?

Na **4ª Oficina**, ocorrida no dia 30 de setembro de 2021, com o grupo de trabalho da COGERH e a equipe UFC/FUNCAP, foi realizado o delineamento da história dos três cenários para a RHSC, baseados nas percepções da reunião Sementes de Futuro e das entrevistas realizadas por interlocutores chaves da Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús.

Além da realização das quatro oficinas, foram realizadas entrevistas com roteiros semiestruturados com interlocutores chaves, identificados durante a oficina Sementes do Futuro, identificados por técnicos da Gerência de Crateús.

As entrevistas foram realizadas virtualmente, utilizando como instrumento de conexão ligações telefônicas, whatsapp, chamadas de vídeo ou envio de e-mail. A forma de conexão para a entrevista foi escolhida pelo próprio interlocutor chave. Foram entrevistados: irrigantes vinculados a perímetros públicos e representantes dos sistemas de abastecimentos. Os relatos foram sistematizados para também alimentar a construção dos cenários possíveis da RHSC apresentado no Capítulo 6 deste documento.

Quadro 1 - Variáveis-chave, parâmetros e hipóteses de evoluções possíveis para a construção dos cenários para o Sistema de Recursos Hídricos do Ceará.

EIXO	VARIÁVEIS	PARÂMETROS	HIPÓTESES DE EVOLUÇÕES POSSÍVEIS			
Demanda	Abastecimento humano	População	Aumento da taxa média de crescimento	Redução da taxa média de crescimento	Mantém a taxa média de crescimento	-
		Consumo per capita	Aumento	Redução	Mantém	-
		Perdas na rede de distribuição	Aumento do IPD ¹	Redução do IPD ¹	Mantém o IPD ¹	-
	Indústria	Eficiência do uso da água na indústria	Melhora	Piora	Mantém	-
		Número de indústrias	Aumento	Redução	Mantém	-
	Agropecuária	Eficiência do uso da água na irrigação	Melhora	Piora	Mantém	-
		Área irrigada	Aumento	Redução	Mantém	-
		Criação de rebanho	Aumento	Redução	Mantém	-
	Serviços	Turismo e Lazer	Expansão	-	Mantém	-
		Comércio	Expansão	-	Mantém	-
	Aquicultura	Área	Aumento	Redução	Mantém	-
		Consumo	Aumento	Redução	Mantém	-
Oferta	Água superficial	Reservatórios planejados	Implementação de reservatórios	Não há implementação	-	-
		Lagoas	Maior uso para o abastecimento	Menor uso para o abastecimento	Não se aplica	-
	Eixo de transferência	Nível de implementação do Malha D'Água	Implementação de x SAA ²	Implementação de y SAA ²	Implementação de z SAA ²	Não há implementação

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

EIXO	VARIÁVEIS	PARÂMETROS	HIPÓTESES DE EVOLUÇÕES POSSÍVEIS			
		Adutoras isoladas	Aumento	Redução	Mantém	-
		Canais	Aumento	Redução	Mantém	-
		Reuso	Maior utilização	-	Mantém	-
	Diversificação da matriz hídrica	Dessalinização	Implementação de usina	Não há implementação de usina	-	-
		Aproveitamento água chuva	Mantém	Reduz	Maior utilização	
	Água subterrânea	Poços	Maior uso para o abastecimento	Menor uso para o abastecimento	Mantém	-
Meio Ambiente	Qualidade da água	Rede coletora de esgoto	Aumento da taxa de esgotamento sanitário	-	Mantém a taxa atual de esgotamento sanitário	-
		Número de ligações da rede	Mantém	Mantém	Maior	-
		Existência de ETE's ³	Existe a montante de todos os reservatórios	Existe a montante de alguns reservatórios	Não existe	-
		Aterro sanitário (Consórcios de resíduos sólidos)	Existe	Não existe	-	-
		Uso de agroquímicos/salinização	Aumenta	Reduz	Mantém	-
		Manejo da aquicultura (tanque-rede)	Melhora	Piora	Mantém	-
		Áreas de Preservação Permanente (APP's ⁴)	Maior número	-	Mantém	-
		Revitalização de áreas degradadas	Expansão das áreas revitalizadas	-	Mantém	-
		Programas de educação ambiental	Existe	Não existe	-	-

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

EIXO	VARIÁVEIS	PARÂMETROS	HIPÓTESES DE EVOLUÇÕES POSSÍVEIS			
	Mudança climática	Eventos extremos de seca	Aumento da duração e severidade média das secas	-	Mantém a duração e severidade média das secas	-
		Eventos extremos de cheia	Aumento de cheias	Redução das cheias	Mantém a média histórica de cheia	Não há eventos de cheia
Gerenciamento das águas	Monitoramento quali-quantitativo de águas superficiais e subterrâneas	Número de medição de pontos	Aumento	Redução	Mantém	-
		Variáveis de medição	Ampliação	-	Mantém	-
	Regulação de uso de águas superficiais e subterrâneas	Outorga	Universalização	Ampliação	Mantém	-
		Fiscalização	Ampliação	-	Mantém	-
		Cadastro de usuários	Aumento do número de usuários cadastrados	-	Mantém o número de usuários cadastrados	-
	Cobrança	Quantidade de usuários cobrados	Aumento	-	Mantém	-
		Volume faturado	Aumento	-	Mantém	-
		Política tarifária	Melhora a estrutura existente	-	Mantém a estrutura existente	-
	Segurança de barragens	Plano de Segurança de Barragem	Existe	Existe	Existe	-
		Monitoramento (Inspeção e instrumentação)	Aumento	Mantém	Mantém	-
		Manutenção preventiva	Aumento	-	Mantém	-
		Manutenção corretivas	Aumento	Redução	Mantém	-
	Alocação negociada	Regulação	Ampliação	-	Mantém	-
		Aprimoramento	Existe	-	Inexistente	-
		Participação pública	Maior	Menor	Mantém	-
		Normatização dos acordos	Total	Parcial	Inexistente	-
		Conflitos pelo uso	Aumento	Redução	Mantém	-

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

EIXO	VARIÁVEIS	PARÂMETROS	HIPÓTESES DE EVOLUÇÕES POSSÍVEIS			
		Universalização	Atingiu	Não atingiu	-	
Político-institucional	Conjuntura política	Investimentos públicos	Aumento	Redução	Mantém	
		Investimentos privados	Aumento	Redução	Mantém	
		Investimentos público-privados	Aumento	Redução	Mantém	
		Cooperações institucionais	Aumento	Redução	Mantém	
		Transparência	Maior	Menor	Mantém	
		Participação social	Maior	Menor	Mantém	
		Arcabouço jurídico-normativo	Novas regulamentações	-	Aplicação das regulamentações existentes	
		Comunicação	Ampliação dos canais de comunicação	-	Mantém os canais de comunicação	
	Capacidade institucional	Informação	Maior divulgação	-	Mantém	
		Sustentabilidade institucional	Maior		Mantém	

¹ IPD – Índice de Perdas na Distribuição

² SAA – Sistema de Abastecimento de Água

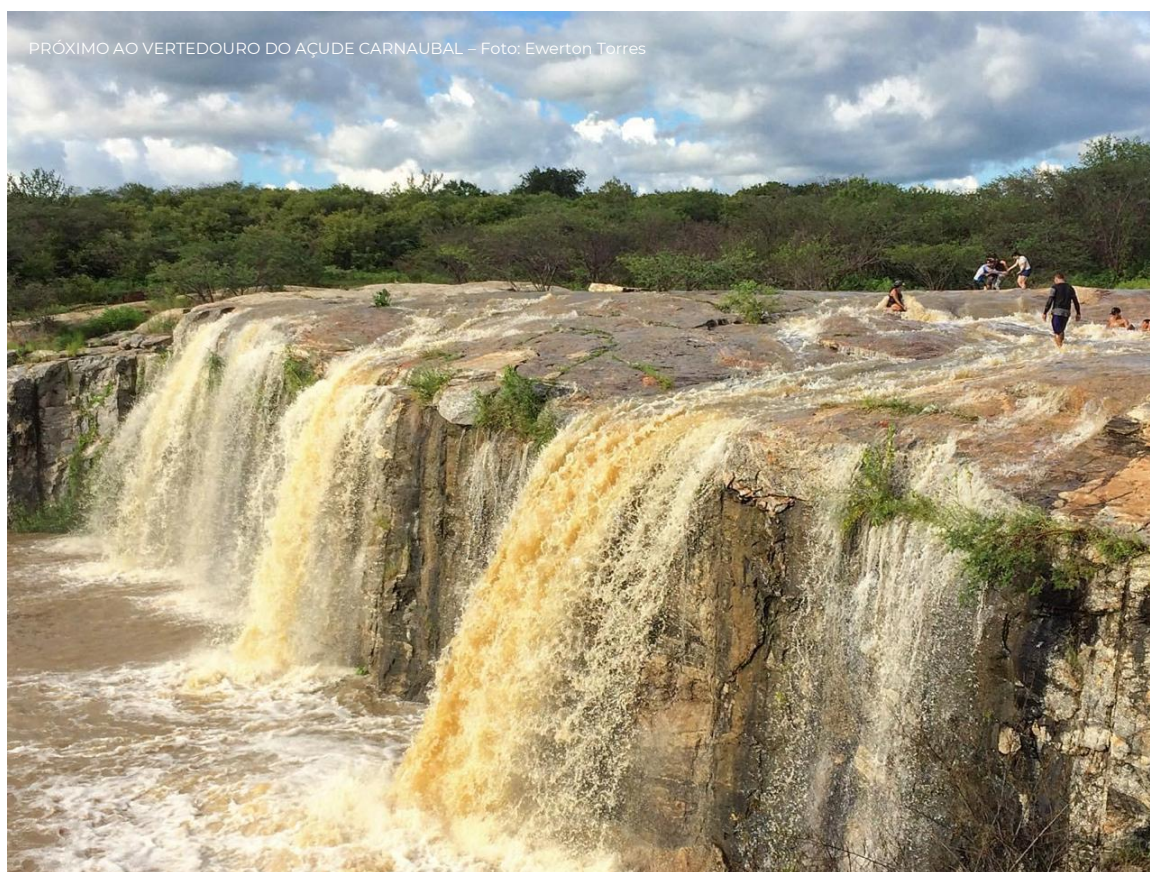
³ ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

⁴ APP – Área de Preservação Permanente

3 SITUAÇÃO DE PARTIDA DAS VARIÁVEIS-CHAVE

Foram definidas 18 variáveis-chaves (Quadro 1) para explicar o sistema de recursos hídricos. Cada uma delas está descrita como se segue.

3.1 Abastecimento humano

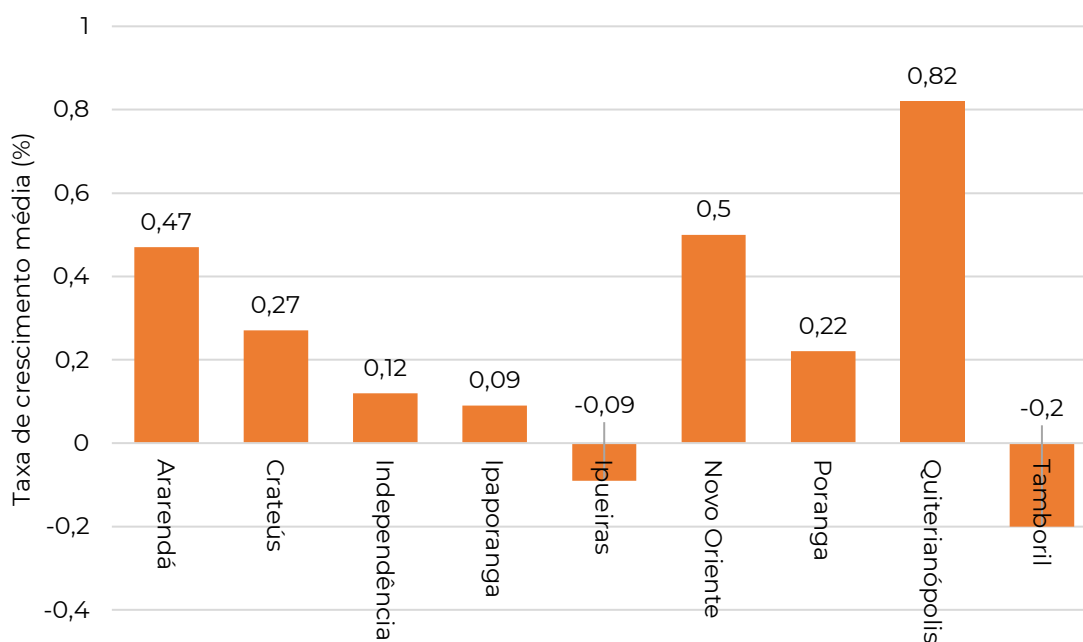


O abastecimento de água é descrito pela população, consumo per capita e perdas de água na rede de distribuição. Essas três variáveis foram escolhidas devido ao seu efeito direto sobre a demanda hídrica futura.

3.1.1 População

A população da RHSC tem crescido a uma taxa média de 0,64% ao ano com base na evolução dos censos demográficos de 2000 e 2010 disponibilizados pelo IBGE. Os municípios com maiores taxas são Quiterianópolis (0,82%), Novo Oriente (0,50%) e Ararendá (0,45%). Nos municípios de Ipueiras e Tamboril verifica-se uma taxa negativa em função da redução da população da zona rural que tem decrescido devido aos processos migratórios (Figura 3-1).

Figura 3-1 Taxa média de crescimento considerando os censos demográficos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010.



O crescimento populacional está relacionado com o aumento da demanda hídrica e com as perturbações no ciclo hidrológico decorrentes das alterações no uso e ocupação do solo. Nesta perspectiva, a demanda hídrica da população pode ser considerada como o elemento propulsor de um sistema de distribuição de água. Consequentemente, a realização de uma projeção confiável de consumo corrobora para o aprimoramento do planejamento dos recursos hídricos (Pacchin, Alvisi e Franchini, 2017).

Em termos hidrológicos, alterações no uso do solo afetam o escoamento superficial, a vazão máxima de cheia, os fluxos de base, a recarga subterrânea, umidade do solo e o volume de erosão e sedimentação. Os impactos do uso do solo na qualidade da água referem-se à quantidade de matéria orgânica e nutrientes presente no meio, incremento de organismos patogênicos, pesticidas, metais pesados e alterações no regime termal (Bonnet et al., 2008).

Conforme a RH apresente solos mais ou menos permeáveis, haverá maior ou menor infiltração, respectivamente, ditando a geração de escoamento superficial. Solos menos permeáveis impedem a infiltração da precipitação e aumento o escoamento superficial (Paz, 2004).

Analogamente ao tipo de solo, o tipo de atividade ou de ocupação da RH reflete diretamente no escoamento superficial, pois áreas urbanas, florestas e campos agrícolas apresentam diferentes comportamentos quanto à capacidade de infiltração e de armazenamento da água precipitada. Com a RH pouco ocupada, por exemplo, o pico de vazão escoada é menor e o tempo para atingi-lo é maior devido ao percurso que a água leva para atingir a drenagem.

A redução da infiltração implica na menor recarga dos aquíferos. Dessa forma, o aumento da população pode levar a dois efeitos negativos sobre os reservatórios: (i) na quantidade, devido às alterações nas taxas de infiltração natural ou artificial; e (ii) na qualidade, devido à intrusão de contaminantes de forma indireta ou direta (Seraphim, 2018).

A comparação das condicionantes à urbanização e à recarga dos aquíferos permite inferir o grau de similaridade entre áreas propícias à ocupação urbana, sob o aspecto ambiental, e as áreas propícias à recarga. Seraphim (2018) sugeriu os condicionantes contidos na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 Fatores do meio físico propícios a recarga de aquíferos e propícios à urbanização.

Características necessárias	Fatores relacionados a recarga	Fatores relacionados a urbanização
Geomorfologia	Regiões topográficas de maior altitude e menor declividade (<20%)	Regiões topográficas de maior altitude e menor declividade (<30%)
Solos	Solos permeáveis e espessos, com umidade antecedente a chuva próxima a capacidade de campo ¹	Solos mais compactados e espessos que possuem ao mesmo tempo resistência as cargas e capacidade de adsorção
Clima	Grande quantidade de chuvas, pouco intensas e de curta duração	Temperaturas e umidades amenas e disponibilidade hídrica

Fonte: Seraphim (2018)

¹Nota: Corresponde a máxima quantidade de água que o solo pode reter.

3.1.2 Consumo per capita

O consumo per capita atual da população são os mesmos preconizados no **Projeto Malha d'água**, são eles:

- População urbana residente inferior a 1.000 habitantes – C = 100 L/hab.dia;
- População urbana residente entre 1.000 a 5.000 habitantes – C = 120 L/hab.dia;
- População urbana residente maior ou igual a 5.000 e menor que 50.000 habitantes – C = 150 L/hab.dia;
- População rural – C = 70 L/hab.dia.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), uma pessoa precisa de, aproximadamente, 110 litros diários de água para atender suas necessidades básicas tendo, o Brasil, em média, o consumo per capita de 150 litros diários por habitante. (ANA, 2013).

Conforme dados do SNIS 2019 (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), o Ceará consome em média 138L/hab/dia.

3.1.3 Perdas de água tratada nos sistemas de distribuição

As perdas em sistemas de abastecimento de água são em geral subdivididas em duas categorias: (1) perdas físicas ou reais, que ocorrem quando parte do volume de água disponibilizado no sistema de distribuição é desperdiçada antes de chegar às unidades de consumo (YU et al., 2019); e (2) perdas comerciais ou aparentes, que ocorrem quando o volume de água utilizado é maior que o computado nas unidades de consumo, sendo cobrado de forma indevida (CRIMINISI et al., 2009).

O SNIS e Pacto pelo Saneamento no Caderno dos Sertões de Crateús (Ceará, 2020) disponibiliza o índice de perdas na distribuição (IPD) para os municípios da região (Tabela 3-2). Observou-se os maiores IPD's nos municípios de Crateús e Ipueiras. Ressalta-se que a CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) atende as sedes municipais (7 na RHSC) e a sedes de alguns distritos, ficando a área rural coberta pelo município ou pelo SISAR (Sistema Integrado de Saneamento Rural).

Tabela 3-2 Índice de perdas na distribuição (IPD) para o ano de 2019.

Município	IPD	Prestador
Ararendá	30,05%	CAGECE
Crateús	43,99%	CAGECE
Independência	27,45%	CAGECE
Ipaporanga	0%	SAAE
Ipueiras	46,98%	SAAE
Novo Oriente	31,48%	CAGECE
Poranga	11,03%	CAGECE
Quiterianópolis	38,74%	CAGECE
Tamboril	28,59%	CAGECE

Fonte: SNIS (2019) e Ceará (2020)

Conforme a literatura científica, as perdas correspondem em média de 30 a 40% do volume de água produzido sendo consideradas um problema de ordem mundial (Thornton et al., 2008). Nesse contexto, a minimização das perdas tem sido um grande desafio aos operadores de

sistemas de abastecimento de água públicos e privados (Tardelli Filho, 2016).

3.2 Indústria

O setor industrial cearense consome, em média, 98.816.204 m³ de água em seu processo produtivo tendo como principais setores econômicos em termos de consumo direto de água: (i) fabricação de produtos têxteis, artigos de vestuário e acessórios, calçados e marroquinaria; (ii) indústrias extrativas; (iii) indústria de bebidas, e (iv) indústria de alimentos conforme discutido em Soares et al (2021).

Segundo dados do diagnóstico deste plano, na RHSC destaca-se a Indústria de Transformação. As principais empresas se localizam nos municípios de Crateús e Ipueiras.

3.3 Agropecuária

O setor agropecuário no Ceará gera 4,7% do Valor Adicionado Bruto (VAB) da economia do Estado (IPECE, 2014). O desempenho ainda modesto desse setor justifica-se pelas condições climáticas locais e em função do crescimento de outros setores, particularmente, o setor de serviços (IPCE, 2014).

De acordo com o Diagnóstico, destaca-se na RHSC a criação de galináceos, especialmente nos municípios de Crateús, Independência, Ipueiras e Novo Oriente; a de ovinos, em Independência e Crateús e a de caprinos, em Independência e Tamboril. Entretanto, a maior demanda agropecuária da região é dos rebanhos bovinos, com 107,27 L/s, seguida dos caprinos/ovinos, com 42,21 L/s.

Já para a irrigação, o Diagnóstico aponta uma demanda hídrica de 915 L/s com base nos dados de área irrigada do Censo Agropecuário de 2017,

sendo as principais culturas Milho e Feijão, e os municípios com maior infraestrutura instalada, Crateús e Independência.

3.4 Serviços

Predomina, para os municípios da Região Hidrográfica, a maior participação da economia vinculada a atividade de Serviços (incluindo a atividade de Administração, Defesa, Educação e Saúde Públicas e Seguridade Social - APU), isso é evidente para 149 municípios do Estado e também para RHSC, onde se verificam os percentuais mais altos para este Setor.

3.5 Água superficial

São 10 os reservatórios monitorados pela COGERH na RH dos Sertões de Crateús, que juntos, têm capacidade de acumulação de 436,10 hm³. O reservatório Fronteiras elevará a capacidade de acumulação da RHSC para 924,1 hm³.

3.6 Eixos de Transferência

Os eixos de transferências são construídos por meio da instalação de adutoras e canais que ajudam a transportar a água no espaço. De acordo com o Diagnóstico, a RHSC conta com 265,20 km de adutoras construídas, sendo 26,60 km de adutoras do tipo Adutora Convencional, e 238,60 km Adutora Emergencial. Uma das adutoras realiza a importação de águas da Região Hidrográfica do Acaraú, tendo sido construída (156 Km) para atendimento à demanda em período de crise hídrica (2013-2017).

Está previsto um sistema adutor no âmbito do Projeto Malha D'Água. Com esse projeto, a captação de água ocorrerá diretamente do Açude Fronteiras e, antes da adução aos núcleos urbanos integrados ao

sistema, a água passará por estações de tratamento, buscando garantir a oferta de água de qualidade às populações.

O sistema adutor Fronteiras-Sertões de Cratêus possuirá 228,13 km de extensão, e tem custo previsto de implantação de R\$ 212,96 milhões de reais, podendo beneficiar até 167.753 pessoas.

3.7 Diversificação da matriz hídrica

O aproveitamento das águas superficiais na RH dos Sertões de Crateús está condicionado à existência de infraestruturas de armazenamento. Sem os reservatórios superficiais, a maior parte do volume afluente no período úmido seria perdido em função da alta variabilidade temporal das vazões.

Na RHSC, a ocorrência da água subterrânea é condicionada à existência de uma porosidade secundária, advinda de fraturas e fendas, onde o armazenamento ocorre principalmente no período chuvoso. O aproveitamento de águas subterrâneas, no meio rural, tem sido incentivado pelo Programa Água Doce. Este programa é uma ação do Governo Federal, coordenada pelo Ministério do Desenvolvimento Regional, que, em conjunto com a Secretaria dos Recursos Hídricos, visa estabelecer uma política pública de acesso à água com a gestão de sistemas de dessalinização no Semiárido Brasileiro, levando-se em consideração a característica da presença de sais nas águas subterrâneas da região (MMA, 2012).

Assim, tornam-se imprescindíveis para o gerenciamento da escassez hídrica instrumentos de gestão da oferta que possibilitem o aumento da disponibilidade de água através da exploração de novos estoques, obras de transferência e diversificação da matriz hídrica.

Algumas ações de diversificação são previstas no Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará - PAE (CEARÁ, 2018), inclusive o reuso de água. Os projetos de reuso agrícola têm configuração própria, com tendência a serem mais descentralizados, de menor porte, sendo, na maioria das vezes, viáveis quando a fonte hídrica está próxima da área de produção.

3.8 Água subterrânea

As águas subterrâneas figuram como fontes estratégicas e que possuem importância significativa nos períodos de seca, apesar das baixas vazões na RHSC. O conhecimento das reservas hídricas subterrâneas disponíveis na RHSC para exploração é fundamental para a gestão eficiente da oferta hídrica.



Conforme descrito no Diagnóstico, os poços da RHSC estão distribuídos por todos os municípios da bacia. O município de Ipaporanga possui 36% dos poços da região, seguido por Ipueiras (25% dos poços) e Ararendá (8% dos poços). Dos 2.140 poços na RHSC, foram identificados 42 poços no município de Nova Russas, que não faz parte do comitê da Região Hidrográfica dos Sertões do Crateús, mas que possui parte de seu município incorporado a região hidrográfica, e está sendo considerado para a conta de disponibilidade de água subterrânea na bacia, visto que conforme a percepção dos membros do comitê de bacia, em sua maioria as vazões captadas em poços na RHSC são utilizadas para atender demandas locais e próximas aos pontos de captação.

Aproximadamente 50% dos poços cadastrados possuem dados de vazão estabilizada (1.076 poços), que totalizam uma vazão disponível de 1,178 m³/s, conforme as informações disponíveis no portal SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas); 382 poços foram classificados como poços secos, parados ou fechados (18% do total), apresentando um panorama de disponibilidade de água subterrânea de cerca de 70% dos poços cadastrados na região.

Durante a oficina Sementes do Futuro foi relatado a importância da construção de poços como medida emergencial adotada pelos usuários de água na RHSC. A expectativa dos participantes desta oficina é que a perfuração de poços cresça com o aumento da população, fato que reforça a importância de estudos sobre a potencialidade das águas subterrâneas, com a definição de áreas favoráveis à perfuração.

3.9 Qualidade da água

A qualidade das águas superficiais e subterrâneas depende das suas características naturais e da forma como o homem usa e ocupa o solo em uma região hidrográfica. O gerenciamento dessas rotas do uso da

água, isto é, o planejamento, projeto, execução e controle das obras e intervenções necessárias, é essencial para a garantia da qualidade (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2008).

O principal processo de poluição das águas é a redução do teor de oxigênio dissolvido (OD) após introdução de matéria orgânica devido, principalmente, ao lançamento de esgotos. Esse consumo de OD se deve aos processos de degradação da matéria orgânica realizados por microrganismos aeróbios, os quais utilizam o oxigênio disponível no meio líquido para a sua respiração (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2008).

Os esgotos são a principal fonte de introdução de matéria orgânica nos corpos receptores, assim, a instalação e expansão de rede coletora de esgoto e das ligações nessa rede são de suma importância para o tratamento dos esgotos e, conseqüente aumento da qualidade das águas. A Tabela 3-3 reúne informações sobre essas duas variáveis para os municípios que possuem sistema de esgotamento sanitário na RHSC, Crateús, Independência, Novo Oriente e Poranga, o último com sede urbana na RHSI (Região Hidrográfica da Serra da Ibiapaba).

De acordo com os dados, esses municípios realizam tratamento de todo o esgoto coletado, e destaca-se o município de Crateús com um maior índice de coleta de esgoto (74,93%).

Tabela 3-3 Esgotamento Sanitário.

Município	População Urbana Total (hab)	População Urbana atendida (hab)	Ligações totais (un)	Ligações ativas (un)	Extensão de rede (Km)	Índices de coleta do esgoto	Índices de tratamento de esgoto (coletado)
Crateús	54.279	34.689	12.623	10.566	132.471	74,93%	100%
Independência	11.744	3.778	1.408	1.226	14.720	35,44%	100%
Novo Oriente	14.828	5.972	2.437	2.156	22.861	45,52%	100%
Poranga	8.016	2.221	1.150	914	12.705	33,76%	100%

Fonte CAGECE (2019) e SNIS (2019).

Conforme o INCT (Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia) (S/d) existe um enorme déficit histórico na infraestrutura sanitária da maioria dos municípios brasileiros, sejam eles predominantemente urbanos ou rurais, especialmente no que diz respeito à cobertura por sistemas de coleta, transporte e tratamento de esgotos.



De maneira geral, as estações convencionais de tratamento de esgoto apresentam fluxogramas de tratamento que consideram o lançamento do efluente tratado em algum corpo d'água receptor e, portanto, são concebidas levando-se em consideração apenas a legislação de proteção das coleções hídricas. Se adequadamente projetadas, construídas e operadas, essas estações de tratamento podem alcançar elevadas eficiências de remoção de matéria orgânica, nutrientes e patógenos, cumprindo o seu papel principal de controle da poluição da água. No entanto, essa não é a situação usual no Brasil, onde a maioria das ETEs (Estação de Tratamento de Esgoto) apresenta algum tipo de problema operacional, que resulta na elevação dos custos do tratamento, na perda de eficiência e em falhas no cumprimento da legislação ambiental.

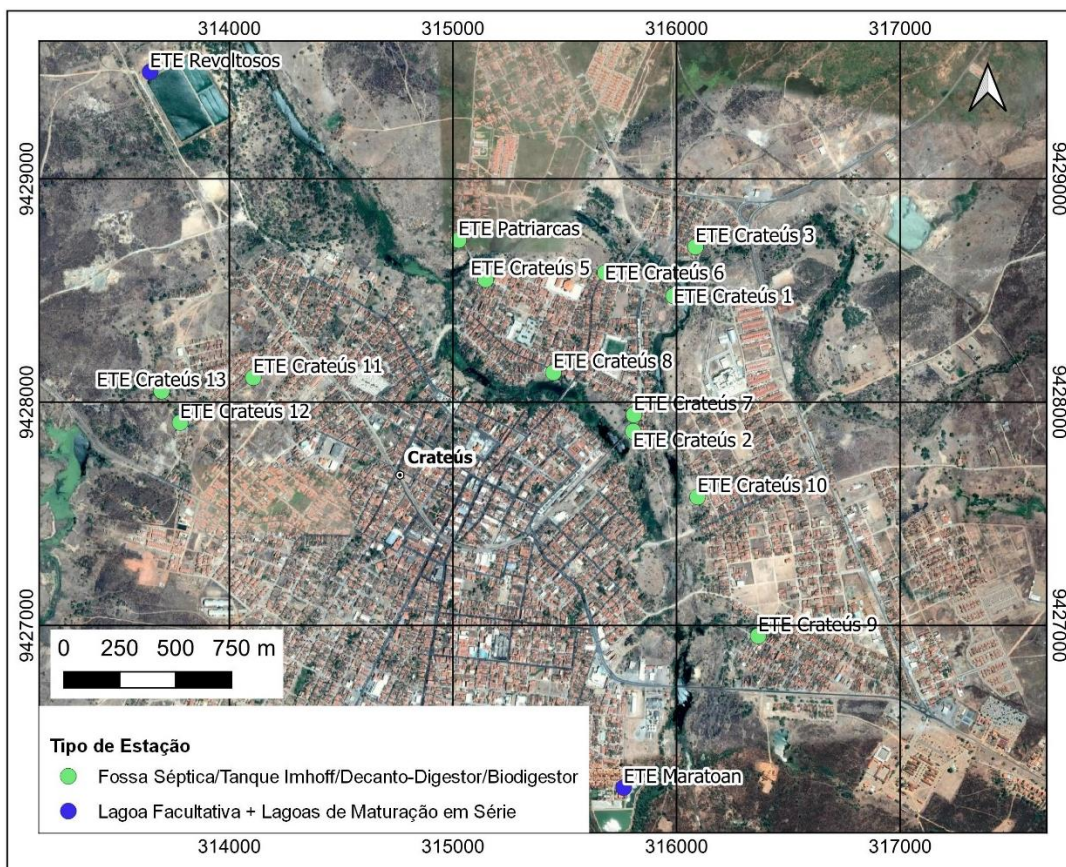
A RHSC possui estações de tratamento de esgoto nos municípios de Crateús, Independência e Novo Oriente. A localização e os sistemas adotados em cada uma delas estão apresentados no **Mapa Estações de Tratamento de Esgoto**. Segundo Oliveira (2005), as tecnologias podem atingir desempenhos superiores ou inferiores a depender de fatores de projeto e operação.

Devido a grande quantidade de estações de tratamento localizadas na sede urbana de Crateús, 15 no total, a Figura 3-2 apresenta a localização destas, apresentando grande espacialização ao redor da área urbanizada.

As lagoas de estabilização, por exemplo, são sistemas mais simplificados que necessitam de grande área de implantação, podem ser classificadas em facultativas, anaeróbias, aeradas e de maturação. Possuem como vantagens o baixo consumo de energia, a eficaz remoção de patógenos, pode receber criação de peixes e possui efluente que pode ser utilizado para irrigação. Entretanto, possui elevada produção de odores, necessitando de conter a reprodução de insetos, é pouco eficaz na remoção de metais pesados e requer tratamento para atender os padrões de lançamentos locais (Cornelli, 2014).

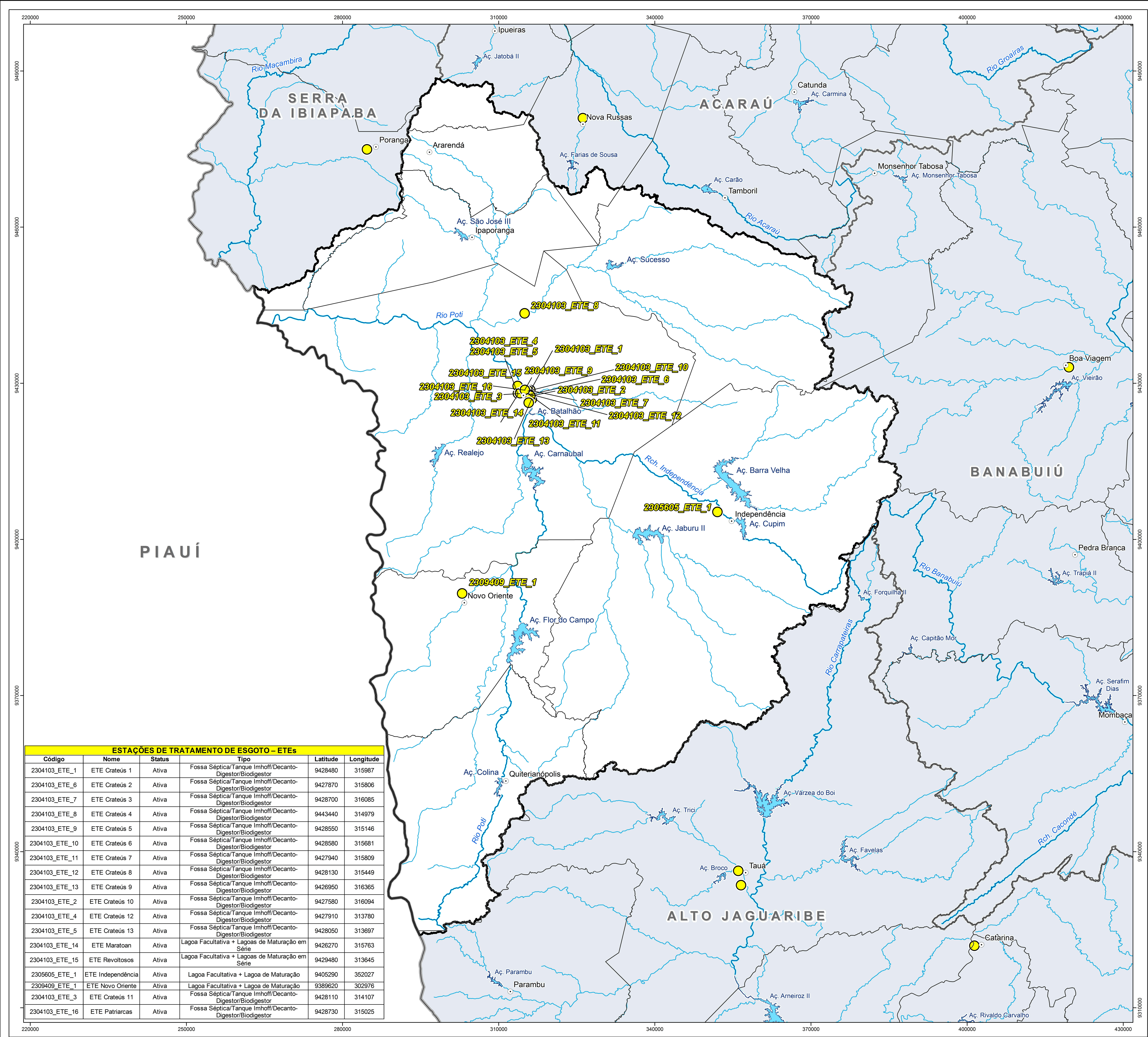
O tratamento com reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) , por sua vez, apesar de possuir baixo consumo de energia e baixa produção de lodo, é um método pouco eficaz na remoção de DBO (Demanda Biológica de Hidrogênio), apresenta dificuldade em atender padrões de segurança para a comunidade, como a remoção de coliformes fecais, de nitrogênio e fósforo (Cornelli, 2014).

Figura 3-2 Estações de Tratamento de Esgoto da Sede Urbana de Crateús



O lançamento de grandes volumes de efluente tratado em corpos hídricos, mesmo após tratamento eficiente, pode violar a capacidade do manancial. Assim, não é razoável o despejo sem uma avaliação prévia da capacidade de suporte do corpo receptor.

A RHSC possui outorgas de lançamento de efluentes conforme cadastro da Cogerh. Esses lançamentos estão localizados nos municípios de Novo Oriente e Crateús e conforme exposto no **Mapa de Outorga de Lançamentos**.



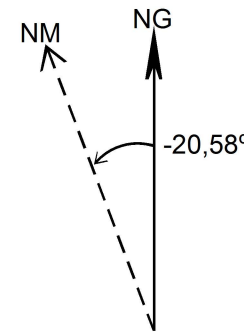
ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO – ETEs					
Código	Nome	Status	Tipo	Latitude	Longitude
2304103_ETE_1	ETE Crateús 1	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9428480	315987
2304103_ETE_6	ETE Crateús 2	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9427870	315806
2304103_ETE_7	ETE Crateús 3	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9428700	316085
2304103_ETE_8	ETE Crateús 4	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9443440	314979
2304103_ETE_9	ETE Crateús 5	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9428550	315146
2304103_ETE_10	ETE Crateús 6	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9428580	315681
2304103_ETE_11	ETE Crateús 7	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9427940	315809
2304103_ETE_12	ETE Crateús 8	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9428130	315449
2304103_ETE_13	ETE Crateús 9	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9426950	316365
2304103_ETE_2	ETE Crateús 10	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9427580	316094
2304103_ETE_4	ETE Crateús 12	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9427910	313780
2304103_ETE_5	ETE Crateús 13	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9428050	313697
2304103_ETE_14	ETE Maratoan	Ativa	Lagoa Facultativa + Lagoas de Maturação em Série	9426270	315763
2304103_ETE_15	ETE Revoltosos	Ativa	Lagoa Facultativa + Lagoas de Maturação em Série	9429480	313645
2305605_ETE_1	ETE Independência	Ativa	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	9405290	352027
2309409_ETE_1	ETE Novo Oriente	Ativa	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	9389620	302976
2304103_ETE_3	ETE Crateús 11	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9428110	314107
2304103_ETE_16	ETE Patriarcas	Ativa	Fossa Séptica/Tanque Imhoff/Decanto-Digestor/Biodigestor	9428730	315025

PROGRAMA DE PLANOS DAS REGIÕES
HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO CEARÁ

REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS



ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO



Declinação Magnética ao centro do mapa em maio de 2021
International Geomagnetic Reference Field - IGRF (1900 - 2024)

PROJEÇÃO:
Universal Transversa de Mercator (UTM)

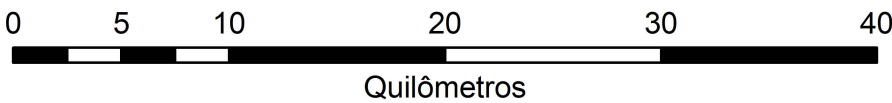
ZONA:
24-S

MERIDIANO CENTRAL:
-39°

SISTEMA DE REFERÊNCIA PLANIMÉTRICO:
SIRGAS-2000

SISTEMA DE REFERÊNCIA ALTIMÉTRICO:
Modelo ALOS-Palsar

ESCALA:
1 : 350.000



MAPAS DE LOCALIZAÇÃO:



Contexto Nacional



Contexto Estadual

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sedes Municipais (Ipece, 2019)
- Limites Municipais (Ipece, 2021)
- Limites Estaduais (Ipece, 2021)
- Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús (Cogerh, 2020)
- Regiões Hidrográficas (Cogerh, 2020)
- Açudes Monitorados (SRH/Cogerh, 2008)
- Rios Principais (ANA, 2016)
- Drenagem (ANA, 2016)

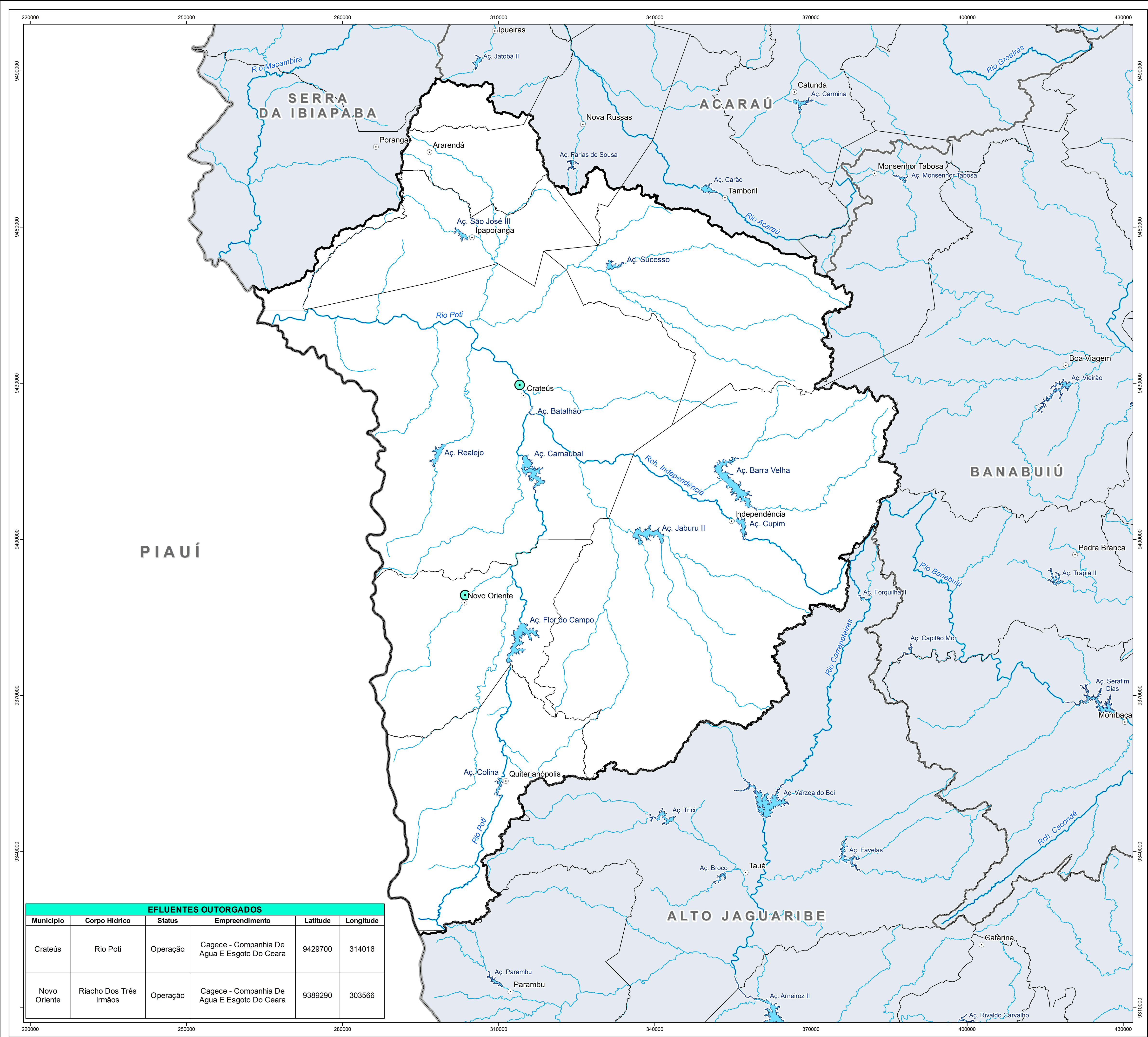
LEGENDA

- ANA, 2019
- Estações de tratamento de esgoto

REALIZAÇÃO:



ELABORAÇÃO:
Gerência de Desenvolvimento Operacional - Cogerh
Setembro - 2021



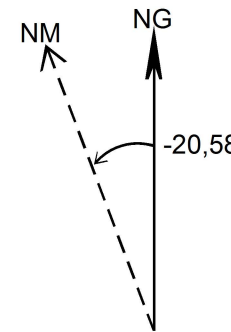
EFLUENTES OUTORGADOS					
Município	Corpo Hídrico	Status	Empreendimento	Latitude	Longitude
Crateús	Rio Poti	Operação	Cagece - Companhia De Agua E Esgoto Do Ceara	9429700	314016
Novo Oriente	Riacho Dos Três Irmãos	Operação	Cagece - Companhia De Agua E Esgoto Do Ceara	9389290	303566

PROGRAMA DE PLANOS DAS REGIÕES
HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO CEARÁ

REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS



EFLUENTES OUTORGADOS



Declinação Magnética ao centro do mapa em maio de 2021
International Geomagnetic Reference Field - IGRF (1900 - 2024)

PROJEÇÃO:
Universal Transversa de Mercator (UTM)

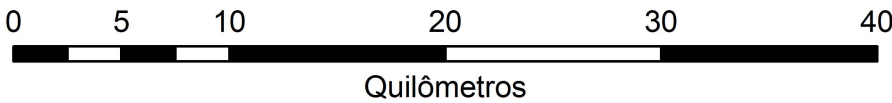
ZONA:
24-S

MERIDIANO CENTRAL:
-39°

SISTEMA DE REFERÊNCIA PLANIMÉTRICO:
SIRGAS-2000

SISTEMA DE REFERÊNCIA ALTIMÉTRICO:
Modelo ALOS-Palsar

ESCALA:
1 : 350.000



MAPAS DE LOCALIZAÇÃO:



Contexto Nacional



Contexto Estadual

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sedes Municipais (Ipece, 2019)
- Limites Municipais (Ipece, 2021)
- Limites Estaduais (Ipece, 2021)
- Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús (Cogeh, 2020)
- Regiões Hidrográficas (Cogeh, 2020)
- Açudes Monitorados (SRH/Cogeh, 2008)
- Rios Principais (ANA, 2016)
- Drenagem (ANA, 2016)

LEGENDA

- Cogeh, 2021
- Efluentes outorgados

REALIZAÇÃO:



ELABORAÇÃO:
Gerência de Desenvolvimento Operacional - Cogeh
Setembro - 2021

Os resíduos sólidos também são meio de poluição e contaminação das águas. Segundo o Pacto pelo Saneamento Básico (2020), nenhum dos municípios da região possui uma destinação final adequada dos resíduos sólidos, fator que compromete os recursos naturais, especialmente a qualidade do solo e água.

Outros pontos levantados no diagnóstico: a degradação e a ocupação irregular das áreas de APP. As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são relevantes para a garantia da qualidade da água. Essas áreas são regulamentadas pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 conhecida como Código Florestal Brasileiro. Para efeito desta Lei considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas (Art. 4º):

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima descrita pela Lei nº 12.727, de 2012.

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado.

As funções ambientais dessas áreas encontram-se previstas no art. 3º, II sendo elas: preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012).

Além da proteção dos recursos hídricos, as APPs foram criadas para a preservação das matas ciliares, ou seja, vegetação às margens de rios e córregos, exercendo função de instrumento redutor do assoreamento, da degradação do meio ambiente e de cheias (Castro, 2013). A regularização das APPs, de Reserva Legal - RL e de uso restrito desmatadas ocupadas por atividades agrossilvipastoris podem ser regularizadas por meio do Programa de Recuperação Ambiental – PRA. Esta regularização pode ser realizada mediante recuperação, recomposição, regeneração ou compensação.

Nas APPs é proibido construir, plantar ou explorar atividade econômica. Contudo, o Art. 9º da referida lei coloca que “é permitido o acesso de pessoas e animais às APP para obtenção de água e para realização de atividade de baixo impacto ambiental.”

Diante disso, os membros do CBHSC pontuam com frequência a necessidade de ampliação das ações de fiscalização, bem como das formações, capacitações e educação ambiental. Assim, espera-se para os próximos anos uma ampliação dos programas de educação ambiental na região.

Destaca-se, também, que o Estado do Ceará conta com uma rede de monitoramento da qualidade das águas gerida pela COGERH, a RMQA (Rede de Monitoramento de Qualidade da Água). O objetivo desta rede é monitorar os principais açudes do Estado e avaliar se os mesmos se encontram em conformidade com a Resolução Conama nº 357/2005 (Ver Diagnóstico). Nesse âmbito, destaca-se o índice de Estado de Trofia para caracterizar os reservatórios quanto à qualidade da água. Nesse índice são utilizados dados de nitrogênio total, fósforo total, clorofila, cianobactérias e transparência para classificar os reservatórios em oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos.

Em relação as águas subterrâneas têm-se a medição dos Sólidos Totais Dissolvidos.

3.10 Mudança do clima

A contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) apontou que a influência humana provavelmente aumentou a chance de eventos extremos desde a década de 1950, incluindo aumentos na frequência de ondas de calor e secas simultâneas em escala global.

O Relatório 5 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR5 - IPCC), de 2014, indicou que sistemas socioeconômicos distintos apresentam diferentes níveis de risco por combinarem diferentes fatores de vulnerabilidade e exposição. Assim, a propensão ou predisposição a ser afetada adversamente varia entre as regiões do globo de acordo com uma variedade de conceitos e elementos, incluindo sensibilidade ou suscetibilidade a danos e falta de capacidade para lidar e adaptar (IPCC, 2014).

Para Cysne et. al (2012), devido à grande variabilidade temporal e espacial das precipitações (com média anual em torno de 800 mm) e altas taxas de evaporação (na ordem de 2.000 mm), o Semiárido Brasileiro pode ser considerado uma região de maior vulnerabilidade quando submetido às adversidades climáticas. As características hidroclimatológicas do Ceará tornam essa região bastante vulnerável às mudanças climáticas, em especial no que diz respeito aos seus estoques de água.

A Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús apresentou um total de 22 eventos de seca no período de 1912 a 2018, o que significa que a cada 4,91 anos ocorre uma seca, com duração média de 2,36 anos. A duração máxima observada de uma seca foi de 6 anos, conforme apresentado no Volume Diagnóstico deste plano de Bacia.

A severidade máxima das secas observadas foi de 5,11, com média de 1,64. Esta Região Hidrográfica apresenta uma maior tendência a secas prolongadas e severas por estar localizada no interior do estado do Ceará, longe do litoral e portanto com maior dependência da posição da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical).

3.11 Monitoramento quali-quantitativos de águas superficiais e subterrâneas

O Estado do Ceará vem implementando ações que visam a consolidação de uma rede de monitoramento meteorológico e hidrológico da oferta de água bruta superficial e subterrânea, com atuação conjunta da FUNCEME e Cogerh, instituições vinculadas à SRH. Essa rede conta com pluviômetros convencionais, plataformas automáticas, radares meteorológicos, sistema de recepção de satélite de órbita geoestacionária, limnígrafos e piezômetros. E mais recentemente, o monitoramento da qualidade de água a partir do uso de estações automáticas e de sensoriamento remoto (CEARÁ, 2018).

De acordo com o Diagnóstico, a RHSC apresenta um total de 47 estações pluviométricas inseridas nos seus limites. Apresenta apenas um posto fluviométrico em operação (Oiticica), com poucos anos de medição. As estações localizadas nos açudes (07) apresentam apenas dados de cota.

Em relação a qualidade da água podemos destacar o Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) que foi lançado pela ANA com o objetivo de prover à sociedade um conhecimento adequado das

águas superficiais brasileiras, de forma a subsidiar os tomadores de decisão na definição de políticas públicas para a recuperação da qualidade das águas, contribuindo com a gestão sustentável dos recursos hídricos.

O PNQA implantou a Rede Nacional de Qualidade das Águas (RNQA) que recebe informações da COGERH e da SEMACE. Na divisão do trabalho, Semace ficou responsável pelos pontos localizados nos rios do estado que não estejam próximos a açudes, os quais serão de responsabilidade da COGERH.

Os dados medidos pela RNQA estão descritos no Diagnóstico. Além da realização dessa medição também são avaliados os estados de trofia, a partir das informações dessa rede (ver diagnóstico)

Dessa forma, as informações geradas pela rede de monitoramento meteorológico, hidrológico e de qualidade da água são indispensáveis à formulação de políticas públicas e ao processo de decisão do setor de recursos hídricos. É também um insumo essencial para a geração dos alertas de eventos extremos pela defesa civil em nível estadual e municipal.

3.12 Regulação de uso de águas superficiais e subterrâneas

Para a regulação das águas pode-se destacar três parâmetros: o cadastro de usuário, a outorga de uso e a fiscalização.

A outorga, de acordo com informações do Diagnóstico deste Plano, em maio de 2021, as outorgas totalizaram uma vazão de 360,58 L/s, sendo os

principais usos da região: abastecimento humano, diluição de efluentes e irrigação.

A vigência mínima para a concessão da outorga de direito de uso no Ceará, com base no Decreto nº 33.559 de 29 de abril de 2020, é de dez (10) anos. Já a vigência máxima, de acordo com a Lei das Águas (Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997), é de trinta e cinco anos.

Embora a ANA tenha delegado a outorga para a SRH, o mesmo não acontece com a fiscalização. Ela é intransferível e cabe à COGERH nesse processo elaborar o documento denúncia qualificada com informações sobre o uso irregular. Esta denúncia é encaminhada para a Gerência de Outorga e Fiscalização – GEOFI, que, por sua vez, envia para o setor de fiscalização da ANA. A notificação é entregue ao próprio usuário, mas quando o uso irregular está localizado na zona rural os técnicos da COGERH fazem a entrega.

A adoção de novas tecnologias como o uso de drones e imagens por satélite ampliou a capacidade de fiscalização e as cooperações institucionais entre ANA/SRH/COGERH com a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, Batalhão de Polícia Militar Ambiental, ICMBio, dentre outros atores relevantes, tem fortalecido a implementação desse instrumento de gestão. É importante destacar, também, a importância da fiscalização para o cumprimento dos acordos realizados nas reuniões de alocação negociada de água. O controle social efetivado pela participação pública – CBHSC e o CBH do Parnaíba- contribuirão para que as regras alocativas relativas aos usos das águas sejam cumpridas.

3.13 Cobrança

A cobrança é fundamentada pelo Decreto Estadual nº 33.920 de 03 de fevereiro de 2021, que também atualiza o valor da tarifa e os critérios de cobrança para este mesmo ano. Com base neste decreto, “a cobrança é implementada de forma monomial¹, admitindo tarifas apenas definidas com base na água consumida (tarifa de consumo)” (CEARÁ, 2021).

Embora a taxa aplicada para o setor de irrigação seja considerada baixa, existem questionamentos quanto a essa cobrança e nem todos usuários aceitam. Mas com a última seca iniciada em 2012, passou-se a ter maior aceitabilidade deste instrumento entre os usuários.

3.14 Segurança de barragens

A segurança de barragens é caracterizada, neste prognóstico, por quatro parâmetros: a existência de plano de segurança de barragem, o monitoramento, a manutenção preventiva e corretiva.

No âmbito da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a COGERH é empreendedora de 89 barragens no Ceará, das quais 09 estão situadas na RHSC. Das 10 barragens, apenas Realejo não tem como empreendedor a COGERH, sendo de responsabilidade do DNOCS.

Em 2021 foram aprovados os Planos de Segurança de Barragens das barragens Jaburu II e Batalhão.

3.15 Alocação negociada

A alocação negociada de água é um processo político e participativo sobre a definição dos destinos e usos das águas entre uma gama variada de atores com posições e interesses distintos e, em muitos casos,

Em formato de monômio (designação matemática atribuída ao que é composto por um único termo, sem que haja operações de subtração ou soma). (DICIO, 2021)

conflitantes. A mesma figura como um mecanismo de negociação de conflitos e de gestão desde a década de 1990, muito embora não possua uma regulação específica que assegure sua plena legalidade.

A outorga da água, reconhecida legalmente como instrumento de gestão, ocorre de acordo com a disponibilidade do manancial pelo balanço hídrico, mas está condicionada à alocação negociada de água que ocorre no ano. Dessa forma, o cadastro de outorga não garante a disponibilidade de recursos hídricos. Por isso, o aprimoramento é necessário para se ter conhecimento das condições para a realização da alocação.

A participação pública é uma das principais características da alocação negociada e é essencial para que a deliberação ocorrida nesta arena aconteça de forma democrática, incorporando as necessidades dos principais usuários das águas, de acordo com a disponibilidade hídrica. A informação e capacitação dos membros do CBHSC é importante para melhor qualificar e fortalecer esta participação. É fundamental que os atores possam não apenas ter acesso à informação, mas possam compreender os dados, os vocábulos e as linguagens que configuram esse processo, para que suas decisões não se transformem em arrependimentos futuros.

A normatização dos acordos firmados nas reuniões de alocação é uma forma de cumprir e dar maior reconhecimento a esse processo entre os atores envolvidos. Ou seja, a transformação do ritual da alocação negociada em um *habitus* (BOURDIEU, 2008). Este *habitus* se dá no sentido da ação realizada pelos indivíduos que reproduzem a estrutura

social em que estão inseridos. Nesse caso, reproduzindo os procedimentos que estruturam o processo de alocação e, assim, unificando a ação dos atores envolvidos em um conjunto unívoco de escolhas de práticas para a distribuição dos recursos hídricos. Também é considerada a universalização da alocação, ou seja, a incorporação desta como meio de estabelecer os acordos para a distribuição de água nos reservatórios da RHSC.

3.16 Conjuntura política

A variável Conjuntura Política está relacionada a questões que envolvem agendas de governos ou orçamentos para as políticas públicas que envolvam os recursos hídricos, como as fontes de investimentos, modificações ou manutenção do arcabouço jurídico-normativo (ou seja, novas leis que interfiram no gerenciamento das águas), além dos níveis da transparência e da participação social, dependentes de intenções de mandatos de governos federal, estadual e municipal. Ainda mais, também se consideram as cooperações institucionais como parâmetro a ser analisado na conjuntura política.

Os investimentos podem vir de fontes públicas, privadas ou público-privadas e podem ser analisados com base em possíveis cenários de aumento, redução ou manutenção dos níveis de recursos investidos. As cooperações institucionais retratam as ações que são tomadas em conjunto com outras instituições que estão envolvidas no apoio à gestão de recursos hídricos.

A transparência retrata a possibilidade de acesso e a disponibilidade de informações sobre os recursos hídricos, algo essencial para a avaliação de políticas públicas por parte da população e de demais instituições governamentais ou não-governamentais, possibilitando um monitoramento do processo que pode subsidiar ações e decisões dos

gestores dessas políticas para que sejam feitos os ajustes necessários, quando precisos, a fim de se obter os resultados desejados nos planejamentos (RAEDER, 2014).

A participação social é essencial para o desenvolvimento das políticas públicas de recursos hídricos. Em uma perspectiva de boa governança para com estes recursos, os mecanismos participativos baseiam-se no engajamento da população como um recurso produtivo central (GOHN, 2011). A ampliação da participação possibilita maiores e melhores “informações e diagnósticos sobre os problemas públicos, gerando conhecimentos e subsídios para a elaboração de estratégias que visem a resolução de problemas e conflitos” (Ibidem) que circundam a gestão dos recursos hídricos.

Todos os pontos colocados dependem do arcabouço jurídico-normativo que regulamenta a forma como a política de gestão de água e seus diversos processos são orientados. Mudanças legais acarretam em novas formas de interpretação e realização do gerenciamento dos recursos hídricos, estando estes, assim, dependentes diretamente desse conjunto de normas.

3.17 Capacidade institucional

Neste documento, a capacidade institucional refere-se às ações, atributos e competências da companhia responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos no estado, a COGERH, e tem como parâmetros para sua análise a comunicação, a informação e a sua sustentabilidade institucional.

O parâmetro sobre comunicação refere-se às ações comunicativas que a companhia realiza com a população e com outras instituições em seus diversos canais de comunicação que propiciem, também, informações sobre diversas ações relacionadas à gestão das águas. A disponibilidade e divulgação dessas informações também é considerada como parâmetro para a análise institucional da companhia, referindo-se à maior ou menor divulgação de informações tanto para o público geral quanto para os membros do colegiado que fazem parte dessa gestão. Por último, a sustentabilidade institucional está relacionada à manutenção da companhia, de suas ações, do quadro técnico, do potencial para captar e responder às demandas e do seu bem-estar financeiro, essenciais para prosseguir e progredir com as ações que forem desenvolvidas.

4 PROJEÇÃO POPULACIONAL

O cálculo da projeção populacional bem como a determinação de demanda hídrica são consideradas difíceis tarefas no planejamento hídrico, pois dependem de uma série de fatores socioeconômicos de complexa, ou mesmo inexequível avaliação, submetendo-se a dinâmicas próprias da atividade antrópica, que nem sempre pode ser enquadrada em simples esquemas teóricos.

Na literatura, por exemplo, são citados modelos de projeção populacional baseados na regionalização das condições socioeconômicas por meio de análise estatística fatorial. No presente estudo, porém, cabe somente fazer ajustes de modelos matemáticos aos dados históricos existentes, extrapolando as séries para períodos futuros, tendo o cuidado de criticar eventuais incoerências nos resultados dessa modelagem matemática, respeitando, sobretudo, a condição atual, dos municípios, no contexto da Região Hidrográfica dos Sertões de Cratéus.

No método matemático de projeção, o cálculo da população é feito mediante uma equação matemática definida, cujos parâmetros são obtidos a partir do conhecimento de dados censitários de anos anteriores. Destacam-se os processos de crescimento aritmético, geométrico e logístico, os quais se pressupõem que o aumento da população em função do tempo obedeça, respectivamente, a uma progressão aritmética, a uma progressão geométrica e à chamada curva logística. Além desses, destacam-se a utilização das equações linear, parabólica, logarítmica e exponencial, e os processos empíricos ou de extrapolação gráfica.

Neste Plano de Bacia, a projeção populacional foi realizada por meio dos métodos: linear, geométrico, polinomial, logarítmico e potência. O

Quadro 2 apresenta uma breve descrição e parâmetros de cada um dos métodos aplicados.

Quadro 2 - Métodos de Projeção Populacional.

Método	Descrição	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coeficientes
Linear	O método linear, ou aritmético, pressupõe que a população cresce linearmente com o tempo. O método considera uma taxa de crescimento constante para os anos projetados utilizando a taxa calculada do último censo. É utilizado para estimativas de curto prazo (TSUTIYA, 2006).	$\frac{dP}{dt} = k_a$	$P = P_2 + k_a (t - t_2)$	$k_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$
Geométrico	O método geométrico pressupõe que o crescimento populacional segue uma projeção geométrica através da taxa de crescimento geométrico, representada por k_g . Assim, para iguais períodos de tempo há um mesmo percentual de aumento da população (TSUTIYA, 2006).	$\frac{dP}{dt} = k_g P$	$P = P_2 e^{k_g(t-t_2)}$	$k_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$
Polinomial	O método polinomial de ordem 2 consiste na verificação da aderência dos dados a uma linha de tendência polinomial, essa linha curva de melhor ajuste, no caso do método polinomial de ordem 2, equivale a uma equação geral do 2º grau (GIVISIEZ, 2004).		$y = ax^2 + bx + c$	
Logarítmico	Uma linha de tendência logarítmica é uma linha curva de melhor ajuste usada quando a taxa de alteração nos dados aumenta ou diminui rapidamente e depois se estabiliza (PEREIRA et al, 2006).		$y = a * \ln(x) + b$	

Método	Descrição	Taxa de crescimento	Fórmula da projeção	Coeficientes
Potência	Uma linha de tendência de potência é uma linha curva de melhor ajuste usada em conjuntos de dados que comparam medidas que aumentam de acordo com uma taxa específica (PEREIRA et al, 2006).		$y = a * 10^b + x^c$	

Os dados de população utilizados para o cálculo das projeções foram obtidos do IBGE para os censos de 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010. Foram aplicadas as seguintes hipóteses para a definição da população atual da RHSC:

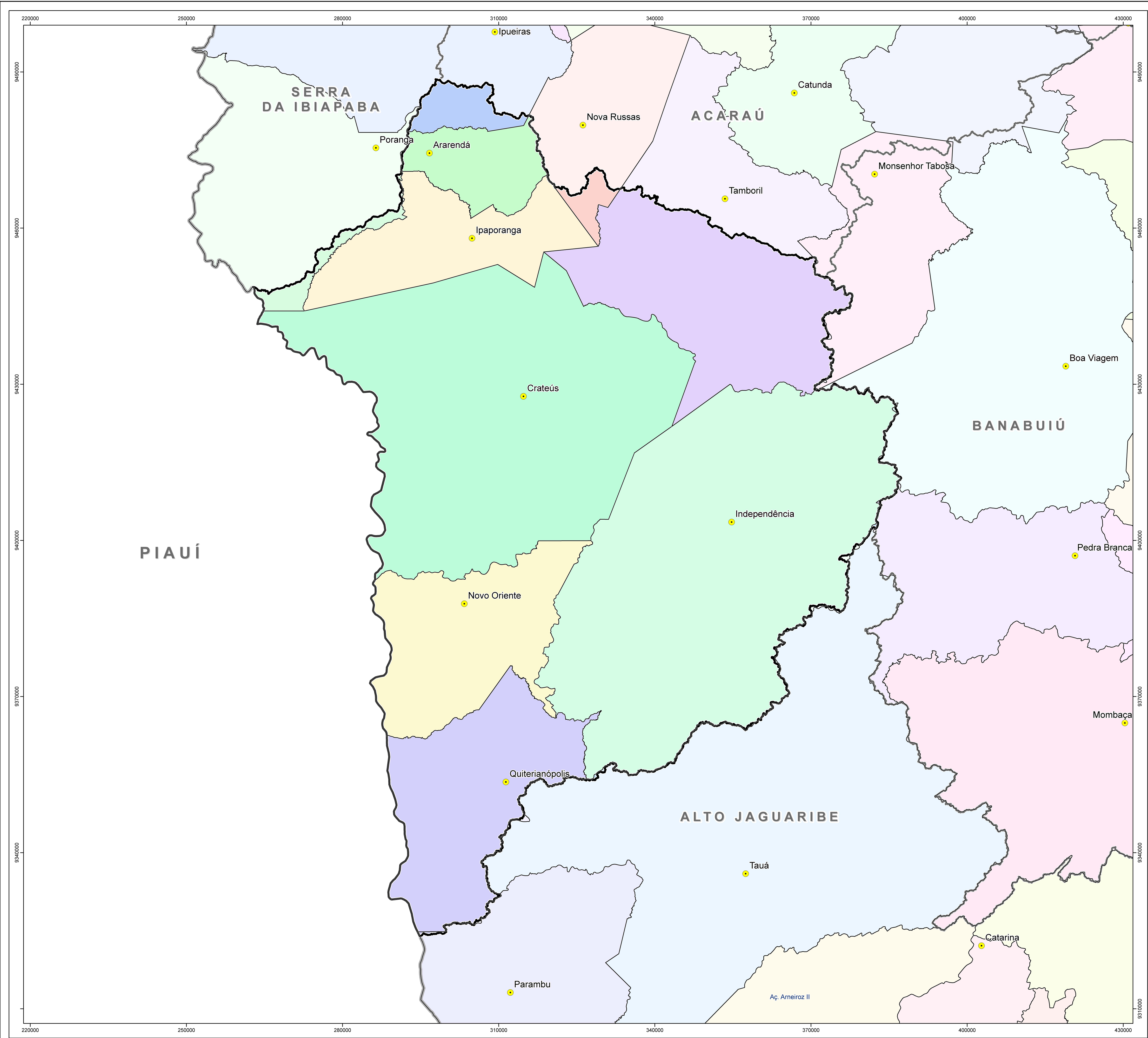
- i) A população total dos municípios é dada pela soma da população urbana com a rural;
- ii) Para a população urbana é considerada a população recenseada das sedes municipais e distritais localizadas dentro da RH;
- iii) A população rural disponível nos censos demográficos é empregada proporcionalmente a área total do município dentro da RHSC, ver Capítulo 2 do Produto “Iniciando o Diálogo”, referente ao Diagnóstico da RHSC;
- iv) As projeções de população urbana e rural são calculadas separadamente;
- v) A taxa de crescimento da população urbana é considerada a mesma para todas as sedes distritais e municipais, levando em consideração a série histórica urbana total de cada município;
- vi) A projeção da população rural é considerada a mesma para todas as localidades, levando em consideração a série histórica rural total de cada município;

Conforme apresentado no Diagnóstico, a RHSC abrange 10 municípios representativos que, total ou parcialmente, fazem parte de seu território, dos quais 8 municípios (Ararendá, Crateús, Independência, Ipaporanga, Ipueiras, Novo Oriente, Quiterianópolis e Tamboril), possuem população urbana e rural no contexto da RHSC, enquanto 2 municípios possuem apenas população rural inseridos na RHSC (Nova Russas e Poranga).

O Mapa a seguir apresenta as sedes distritais e municipais, e seus limites geográficos no contexto da RHSC, enquanto a Tabela 4-1 apresenta a População Municipal Rural e Urbana, e a população inserida nos limites da RHSC.

Tabela 4-1 População Recenseada em 2010 (Total Municipal e RHSC).

Municípios	% do Município na RHSC	População Urbana		População Rural		População Total	
		Município	RHSC	Município	RHSC	Município	RHSC
Ararendá	99,9%	4.906	4.906	5.585	5.580	10.491	10.486
Crateús	100,0%	52.644	52.641	20.168	20.168	72.812	72.809
Independência	99,9%	11.473	11.473	14.100	14.086	25.573	25.559
Ipaporanga	100,0%	4.136	4.136	7.207	7.207	11.343	11.343
Ipueiras	9,3%	18.358	2.245	19.504	1.814	37.862	4.059
Nova Russas	9,1%	23.244	0	7.721	703	30.965	703
Novo Oriente	100,0%	14.230	14.230	13.223	13.223	27.453	27.453
Poranga	6,5%	7.798	0	4.203	274	12.001	274
Quiterianópolis	99,6%	6.305	6.357	13.616	13.562	19.921	19.919
Tamboril	62,8%	14.202	4.330	11.249	7.065	25.451	11.395
Total	-	157.296	100.318	116.576	83.744	273.872	184.000

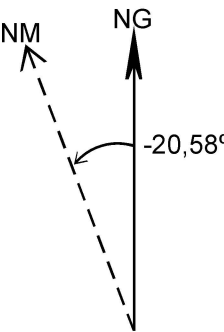


**PROGRAMA DE PLANOS DAS REGIÕES
HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO CEARÁ**

REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS



LIMITES MUNICIPAIS



Declinação Magnética ao centro do mapa em maio de 2021
International Geomagnetic Reference Field - IGRF (1900 - 2024)

PROJEÇÃO:
Universal Transversa de Mercator (UTM)

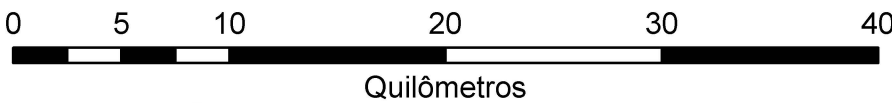
ZONA:
24-S

MERIDIANO CENTRAL:
-39°

SISTEMA DE REFERÊNCIA PLANIMÉTRICO:
SIRGAS-2000

SISTEMA DE REFERÊNCIA ALTIMÉTRICO:
Modelo ALOS-Palsar

ESCALA:
1 : 350.000



MAPAS DE LOCALIZAÇÃO:



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Sedes Municipais (Ipece, 2019)
- Limites Municipais (Ipece, 2021)
- Limites Estaduais (Ipece, 2021)
- Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús (Cogerh, 2020)
- Regiões Hidrográficas (Cogerh, 2020)

REALIZAÇÃO:



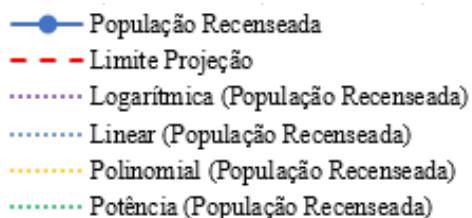
ELABORAÇÃO:
Gerência de Desenvolvimento Operacional - Cogerh
Junho - 2021

4.1.1 *Projeção Populacional Urbana*

As figuras disponíveis no Quadro 3 contêm os dados populacionais censitários (1970 à 2010), e as projeções matemáticas (Linear, Logarítmica, Polinomial e Potência) para os diferentes métodos analisados (2020 à 2050), para as populações urbanas totais dos municípios inseridos na RHSC, a Figura 4-1 apresenta a legenda para identificação dos gráficos disponíveis no Quadro 3.

Devido a definição matemática da projeção logarítmica (Equação linear com incorporação de parâmetro logarítmico), esta se assemelha a projeção linear, devido aos gráficos não estarem plotados neste tipo de escala as projeções logarítmicas e lineares se sobrepõem nos gráficos apresentados, não representando danos aos resultados obtidos.

Figura 4-1 Legenda dos Gráficos Populacionais.



Nota-se tendência de crescimento da população urbana em todos os municípios analisados, com crescimento médio urbano anual superior a 1%, acompanhando a média de crescimento de população urbana do Ceará, que entre 2000 e 2010 foi de 1,78% (IPECE, 2011).

Os destaques de maiores crescimentos populacionais são os municípios de Quiterianópolis, Ararendá e Ipaporanga, ambos criados após a flexibilização de emancipação com a Constituição Federal de 1988, e possuem taxa de crescimento anual urbano da ordem de 2%.

Conforme comentado anteriormente realizou-se uma avaliação gráfica, para seleção do método matemático, bem como a análise do coeficiente

de correlação (R^2), para selecionar o modelo que melhor se adequasse a cada município estudo.

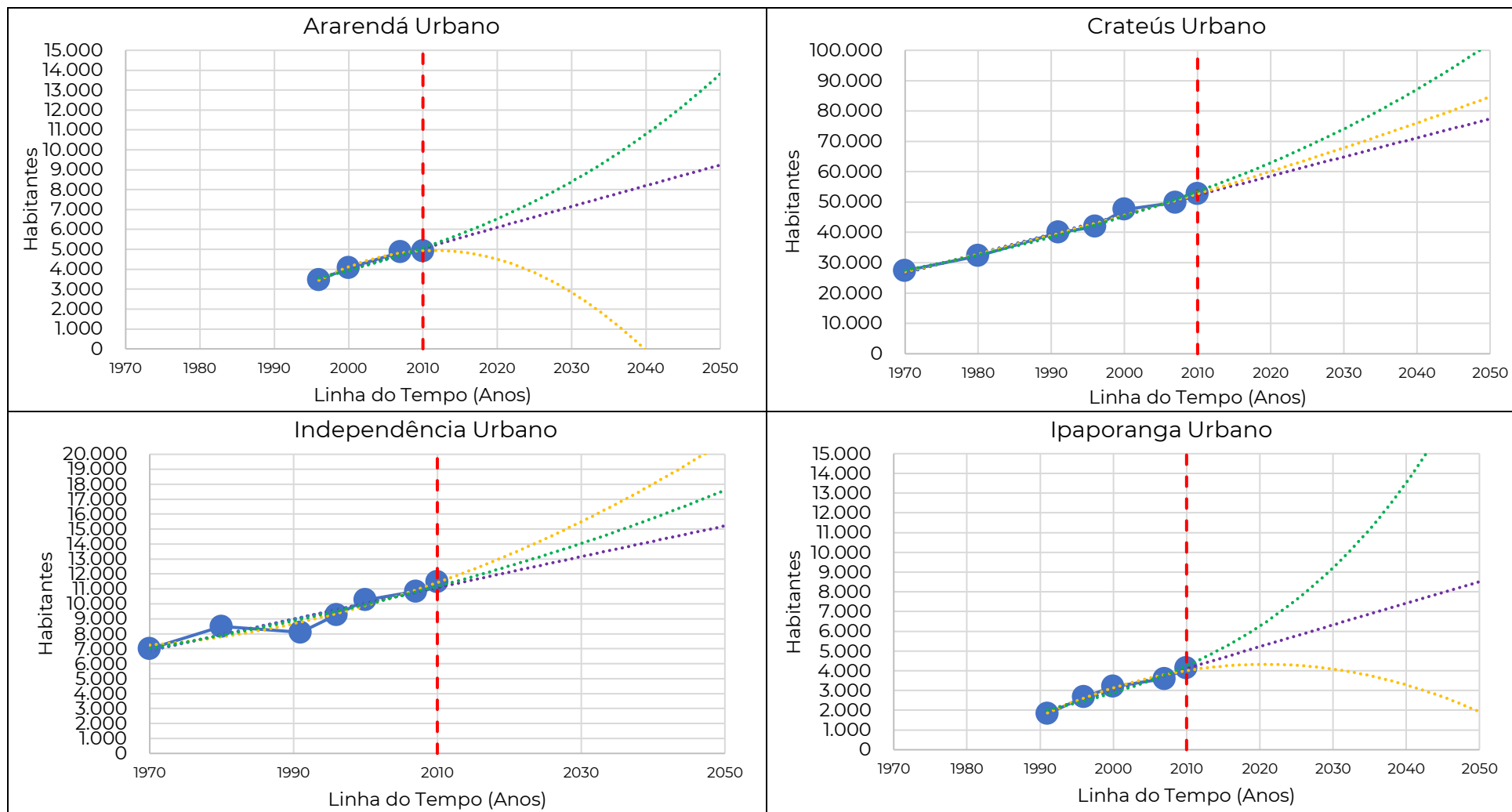
A Tabela 4-2 apresenta a população recenseada (1970 a 2010), a taxa de crescimento anual da população urbana utilizada, e ainda a população projetada a cada 5 anos.

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

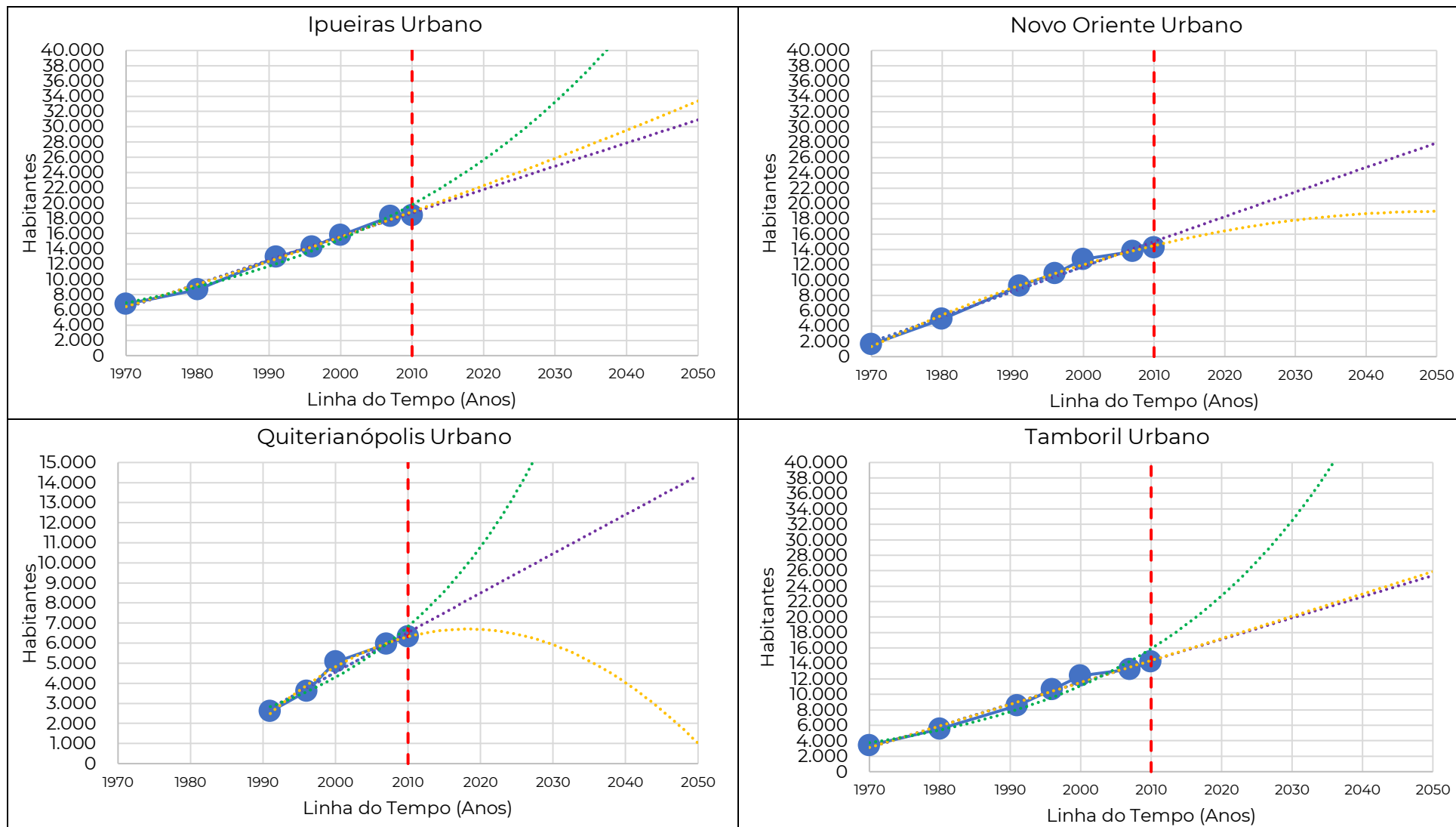
Tabela 4-2 População Urbana Recenseada e Projetada – Total Municipal.

Município	População Recenseada Urbana							Projeção Populacional Urbana								
	1970	1980	1991	1996	2000	2007	2010	Projeção Matem.	Taxa de Cresc. Anual	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ararendá				3.455	4.075	4.863	4.906	Geométrica	1,87%	5.907	6.482	7.112	7.804	8.562	9.395	10.308
Crateús	27.345	32.267	39.945	41.867	47.549	49.847	52.644	Polinomial	1,19%	59.282	62.909	66.757	70.841	75.174	79.773	84.653
Independência	6.997	8.481	8.086	9.264	10.265	10.833	11.473	Potência	1,08%	12.770	13.473	14.213	14.995	15.819	16.689	17.606
Ipaporanga			1.821	2.673	3.203	3.596	4.136	Linear	1,84%	4.964	5.438	5.958	6.527	7.150	7.832	8.580
Ipueiras	6.752	8.629	12.931	14.277	15.775	18.247	18.358	Polinomial	1,51%	21.317	22.971	24.753	26.673	28.741	30.971	33.373
Novo Oriente	1.592	4.901	9.251	10.841	12.709	13.755	14.230	Logarítmica	1,70%	16.841	18.321	19.931	21.683	23.588	25.661	27.915
Quiterianópolis			2.595	3.602	5.068	5.952	6.305	Linear	2,10%	7.759	8.608	9.548	10.592	11.750	13.034	14.459
Tamboril	3.382	5.515	8.533	10.638	12.401	13.233	14.202	Polinomial	1,51%	16.502	17.788	19.174	20.668	22.278	24.013	25.884

Quadro 3 – Projeções Populacionais Urbanas – Total Municipal.



PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021



Após a avaliação do melhor ajuste matemático realizado para a população urbana de cada município representativo na RHSC, foi realizada a projeção populacional para a população urbana efetivamente inserida na RHSC, com base nas sedes distritais e municipais, apresentadas no mapa anterior, e diagnóstico deste Plano de Bacias *“Iniciando o Diálogo na RHSC”*.

Conforme é possível observar na Tabela 4-3, estimou-se em 175.651 habitantes a população urbana em 2050, o que representa um crescimento populacional urbano de 75% em 30 anos, equivalente a um crescimento médio anual de 1,41% na RHSC, seguindo a tendência do estado que aponta crescimento urbano médio de 1,78%, conforme comentado anteriormente.

Tabela 4-3 Projeção da População Urbana na RHSC.

Município	População Urbana							
	2010	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ararendá	4.906	5.908	6.484	7.114	7.805	8.564	9.397	10.310
Crateús	52.641	59.286	62.920	66.768	70.852	75.187	79.783	84.664
Independência	11.473	12.772	13.476	14.218	14.999	15.824	16.693	17.611
Ipaporanga	4136	4.965	5.440	5.959	6.529	7.151	7.834	8.582
Ipueiras	2245	2.608	2.813	3.031	3.265	3.518	3.791	4.085
Nova Russas	0	0	0	0	0	0	0	0
Novo Oriente	14.230	1.844	18.327	19.938	21.689	23.594	25.667	27.922
Poranga	0	0	0	0	0	0	0	0
Quiterianópolis	6.357	7.825	8.681	9.631	10.683	11.851	13.146	14.583
Tamboril	4.330	5.032	5.426	5.848	6.303	6.795	7.325	7.894
Total	100.318	115.240	123.567	132.507	142.125	152.484	163.636	175.651

Figura 4-2 Projeção Populacional Urbana por Município – RHSC.

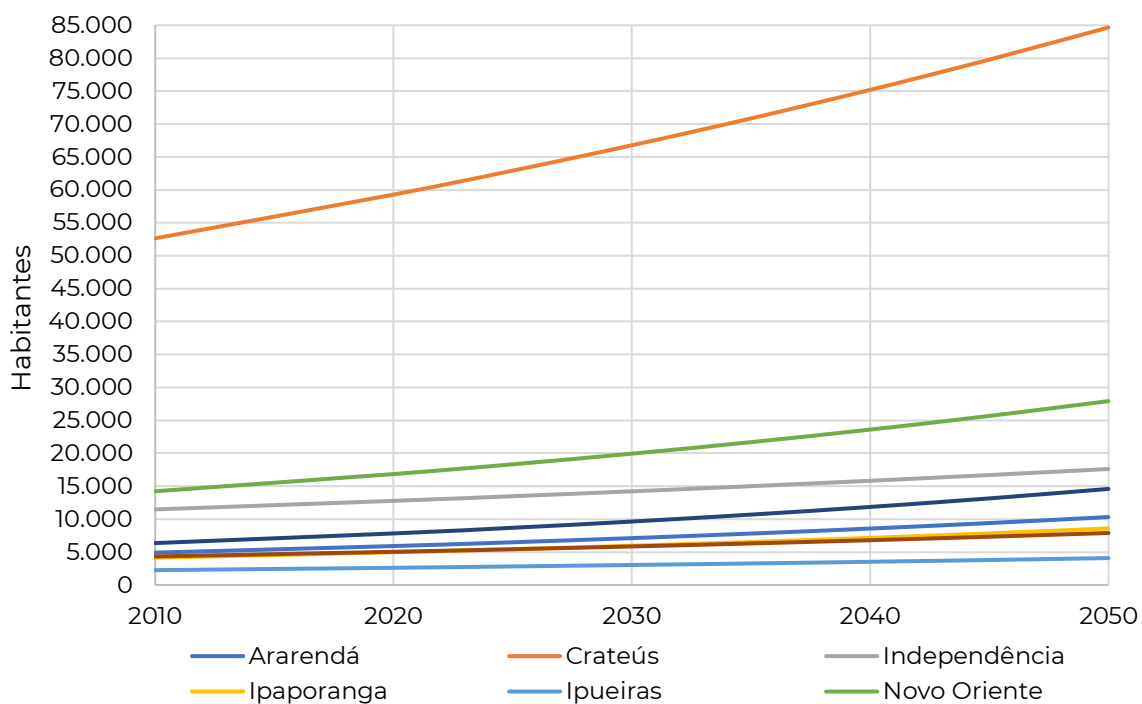
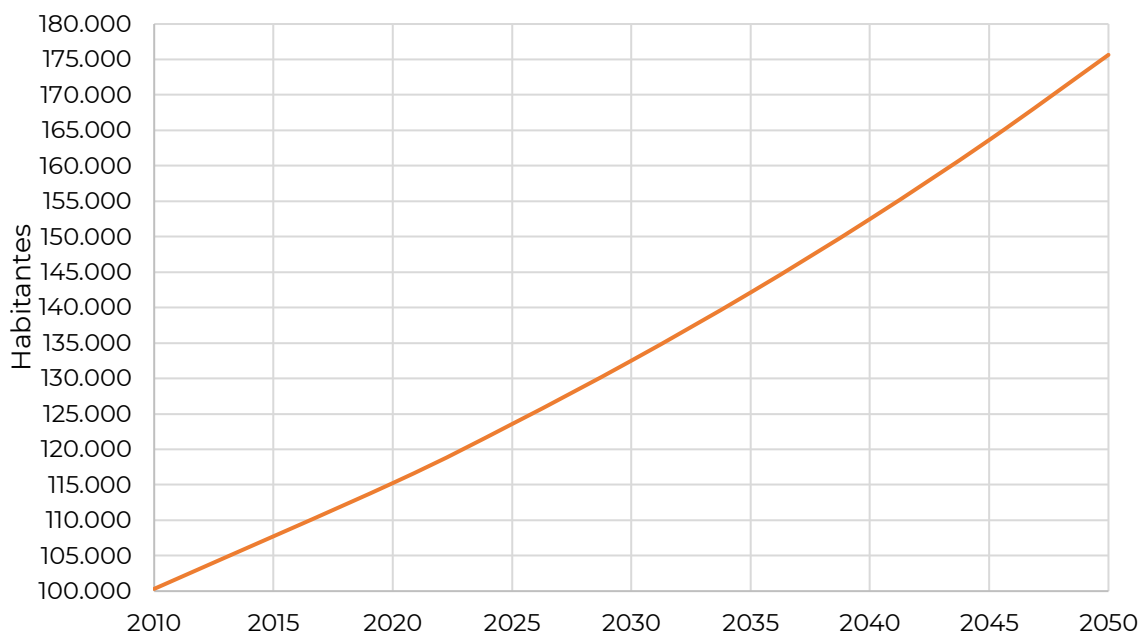


Figura 4-3 Projeção Populacional Urbana Total da RHSC.



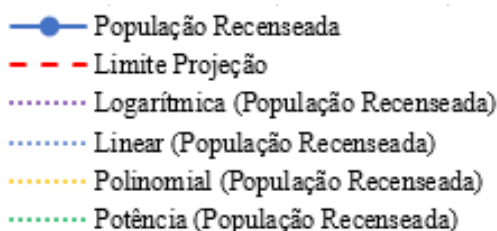
4.1.2 Projeção Populacional Rural

As figuras disponíveis no Quadro 4 contêm os dados populacionais censitários (1970 à 2010), e as projeções matemáticas (Linear,

Logarítmica, Polinomial e Potência) para os diferentes métodos analisados (2020 à 2050), para as populações rurais totais dos municípios inseridos na RHSC, a Figura 4-4 apresenta a legenda para identificação dos gráficos disponíveis no Quadro 4.

Devido a definição matemática da projeção logarítmica (Equação linear com incorporação de parâmetro logarítmico), esta se assemelha a projeção linear, devido aos gráficos não estarem plotados neste tipo de escala as projeções logarítmicas e lineares se sobrepõem nos gráficos apresentados, não representando danos aos resultados obtidos.

Figura 4-4 Legenda dos Gráficos Populacionais.



Nota-se tendência de decaimento da população rural em todos os municípios analisados, com queda mais expressiva nos municípios de Crateús, e Tamboril com decaimento médio inferior a -1,0%.

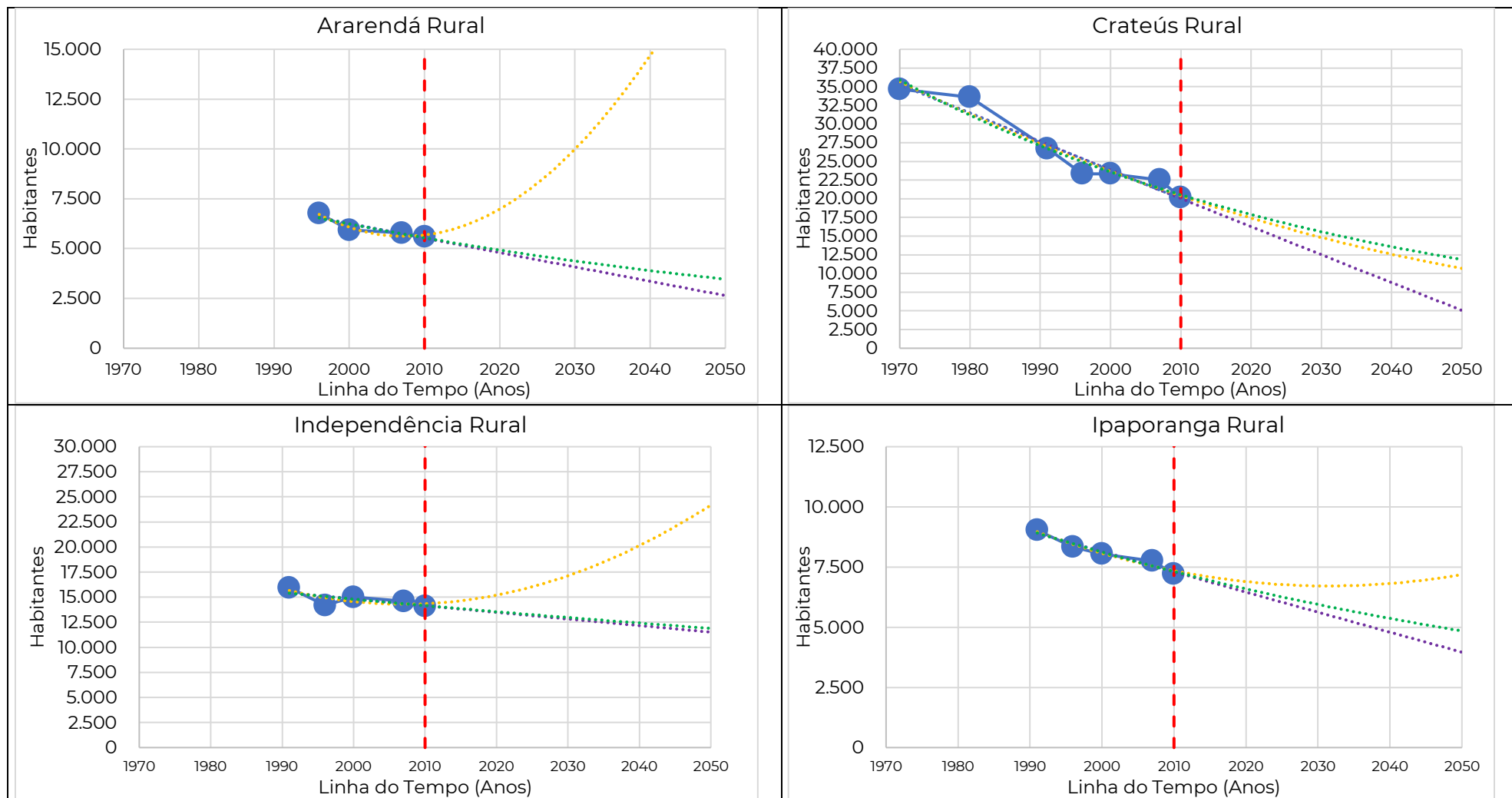
Conforme comentado anteriormente realizou-se uma avaliação gráfica, para seleção do método matemático, bem como a análise do coeficiente de correlação (R^2), para selecionar o modelo que melhor se adequasse a cada o município estudo.

A Tabela 4-4 apresenta a população recenseada (1970 a 2010), a taxa de crescimento anual da população urbana utilizada, e ainda a população projetada a cada 5 anos.

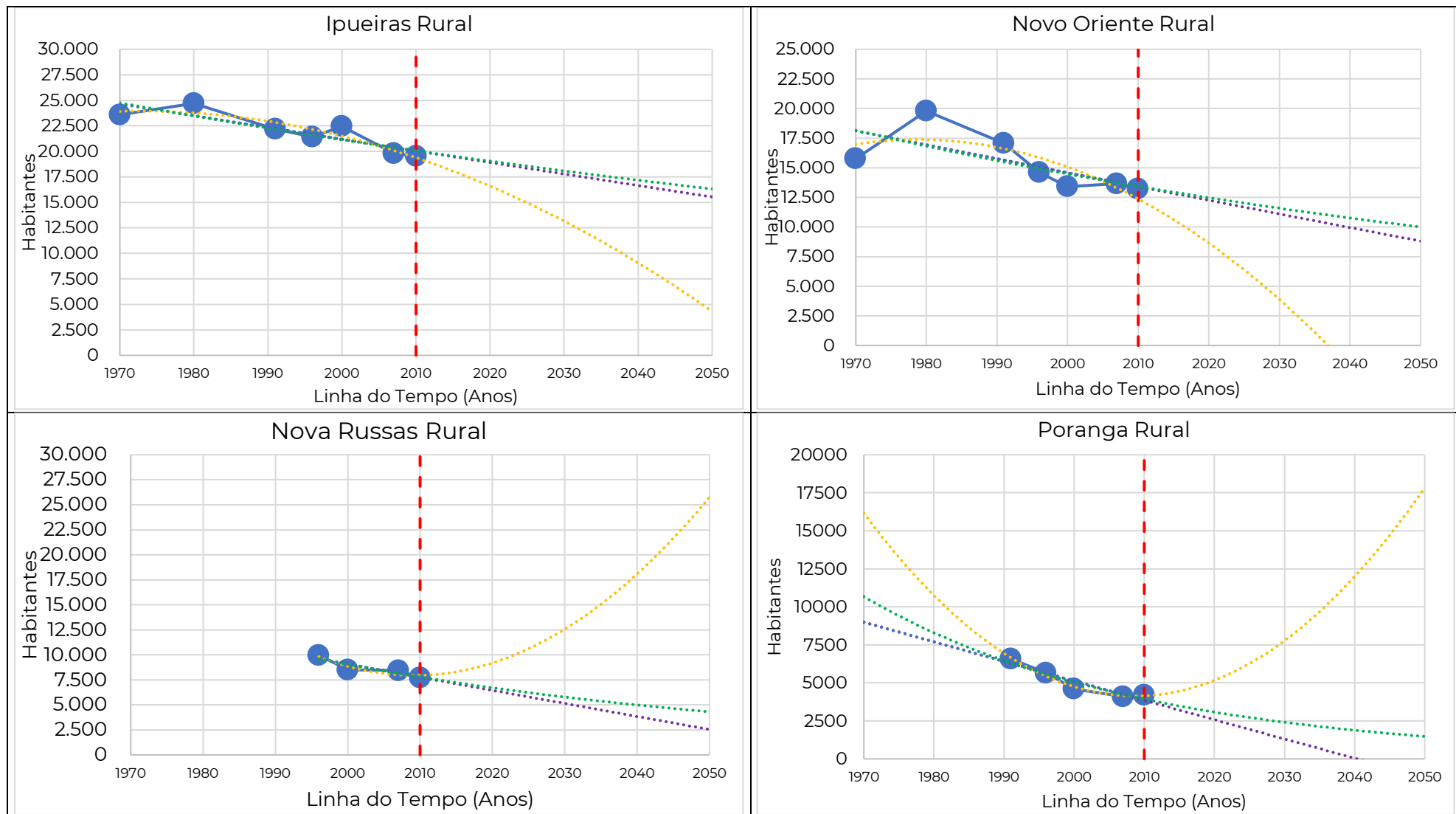
Tabela 4-4 População Rural Recenseada e Projetada – Municipal.

Município	População Recenseada - Rural							Projeção Populacional - Rural								
	1970	1980	1991	1996	2000	2007	2010	Projeção Matemática Utilizada	Taxa de Crescimento Anual	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ararendá				6.769	5.933	5.786	5.585	Geométrico	-0,60%	5.258	5.101	4.950	4.802	4.659	4.521	4.386
Crateús	34.666	33.602	26.707	23.362	23.349	22.539	20.168	Potência	-1,32%	17.663	16.530	15.469	14.476	13.547	12.678	11.865
Independência	32.078	35.361	15.945	14.183	14.997	14.580	14.100	Potência	-0,43%	13.505	13.217	12.934	12.658	12.388	12.123	11.865
Ipaporanga			9.028	8.333	8.044	7.757	7.207	Potência	-0,99%	6.526	6.210	5.910	5.623	5.351	5.092	4.845
Ipueiras	23.580	24.693	22.168	21.428	22.444	19.797	19.504	Logarítmica	-0,57%	18.423	17.905	17.402	16.912	16.437	15.974	15.525
Nova Russas	30.049	29.993	17.306	9.968	8.503	8.421	7.721	Geométrico	-0,96%	7.011	6.681	6.367	6.067	5.781	5.509	5.250
Novo Oriente	15.769	19.793	17.067	14.614	13.410	13.663	13.223	Potência	-0,70%	12.333	11.910	11.502	11.108	10.727	10.359	10.004
Poranga	5.249	6.840	6.571	5.647	4.602	4.100	4.203	Geométrico	-0,90%	3.839	3.669	3.506	3.351	3.202	3.060	2.925
Quiterianópolis			14.750	14.107	13.287	14.127	13.616	Linear	-0,33%	13.178	12.963	12.753	12.545	12.342	12.141	11.944
Tamboril	17.683	20.408	17.727	16.627	13.572	12.226	11.249	Geométrico	-1,86%	9.324	8.489	7.728	7.036	6.406	5.832	5.309

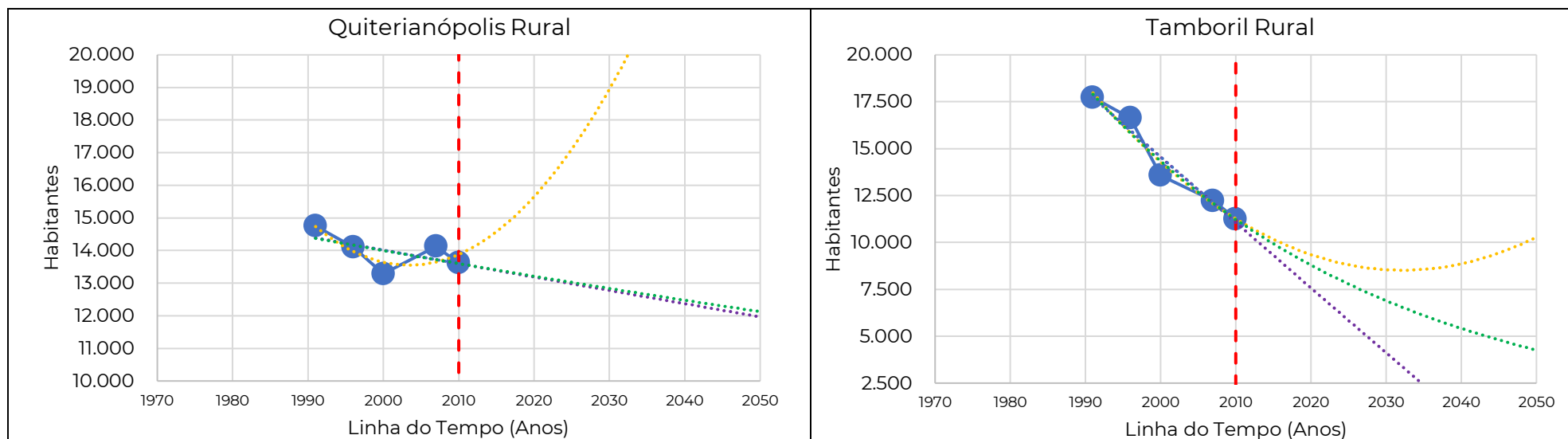
Quadro 4 – Projeções Populacionais Rurais – Total Municipal.



PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021



PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021



Após a avaliação do melhor ajuste matemático realizado para a população rural de cada município representativo na RHSC, foi realizada a projeção populacional para a população rural efetivamente inserida na RHSC, com base na área de cada município inserido na RHSC, apresentado na Tabela 4-5 e no diagnóstico deste Plano de Bacias *“Iniciando o Diálogo na RHSC”*.



DISTRITO DE OITICICA, CRATEÚS – Foto: Ewerton Torres

Conforme é possível observar na Tabela 4-5, estimou-se em 60.349 habitantes, a população rural em 2050 na RHSC, o que representa um decaimento populacional rural de 27% em 30 anos, equivalente a um decaimento médio anual de -0,81% na RHSC.

Tabela 4-5 Projeção Populacional Rural – RHSC.

Município	% Área do Município na Bacia	Projeção Populacional – Rural na RHSC							
		2010	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ararendá	99,56%	5.585	5.258	5.101	4.950	4.802	4.659	4.521	4386
Crateús	100,00%	20.168	17.663	16.530	15.469	14.476	13.547	12.678	11865
Independência	99,59%	14.100	13.505	13.217	12.934	12.658	12.388	12.123	11865
Ipaporanga	99,99%	7.207	6.526	6.210	5.910	5.623	5.351	5.092	4845
Ipueiras	9,26%	1.807	1.707	1.659	1.612	1.567	1.523	1.480	1438
Nova Russas	9,12%	705	640	610	581	554	528	503	479
Novo Oriente	100,00%	13.223	12.333	11.910	11.502	11.108	10.727	10.359	10004
Poranga	6,50%	274	250	239	229	218	209	199	191
Quiterianópolis	99,55%	13.616	13.178	12.963	12.753	12.545	12.342	12.141	11944
Tamboril	62,75%	7.059	5.851	5.327	4.850	4.416	4.020	3.660	3332
RHSC	-	83.744	76.911	73.766	70.790	67.967	65.294	62.756	60.349

É importante destacar que no último levantamento censitário (2010) os municípios de Ararendá, Independência, Ipaporanga, Quiterianópolis e Tamboril possuíam mais de 50% da população em Zonas Rurais, com média na RHSC de 40%, sendo estimado 27% residente em zonas rurais em 2050.

Conforme observado na Figura 4-5 Crateús apresenta o maior decaimento populacional na zona rural, entende-se que por ser a principal economia da RHSC, Crateús tende a ter uma maior migração da população para a zona urbana.

Para melhor entendimento do crescimento populacional ao longo do horizonte de estudo estão apresentadas na Figura 4-5 e Figura 4-6, o crescimento populacional rural por município e total na RHSC, respectivamente.

Figura 4-5 Projeção Populacional Rural na RHSC – Municípios.

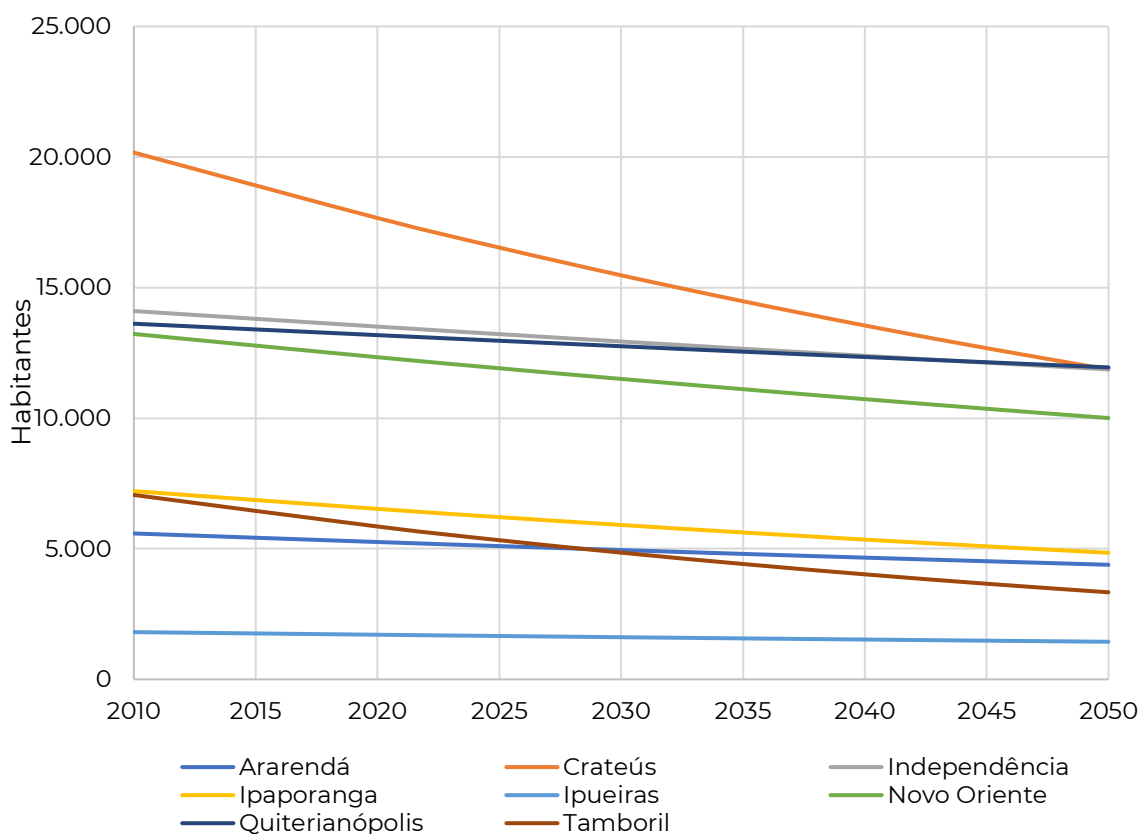
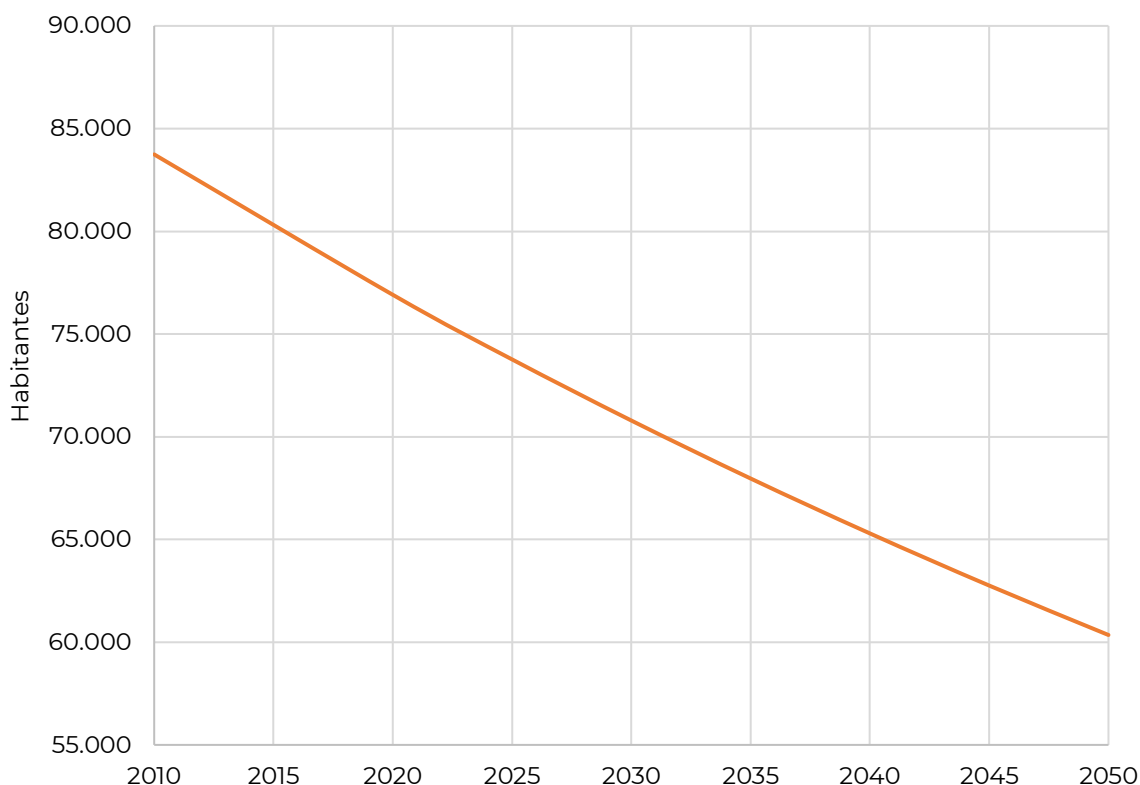


Figura 4-6 Projeção Populacional Rural na RHSC.

4.1.3 Projeção Populacional Total

Após a avaliação populacional por tipo de ocupação na RHSC, procedeu-se a avaliação da população total na RHSC.

As projeções realizadas estimaram que em 2050 cerca de 25% da população residirá em zonas rurais, compatível com o estado do Ceará que em 2010 possuía 22,6% da população residente em áreas rurais (IPECE, 2019).

Regiões de planejamento mais desenvolvidas, fora da Capital do Estado, como o Cariri e Sertão de Sobral, possuíam em 2010, 29,9% e 23,8% da população residente em zonas rurais, respectivamente (IPECE, 2019).

Indicando uma boa aferição para as projeções populacionais adotadas nesse estudo.

Estimou-se que em 2050 a população total na RHSC será de 236.000 habitantes, o que representa um crescimento de 22,8% em 30 anos, com média anual de 0,69%.

Conforme dados do IPECE, a taxa média de crescimento anual no Ceará entre 2000 e 2010 foi de 1,38%, acima do estimado para a RHSC, entretanto quando se olha para regiões de planejamento (RP) com características econômicas similares a RHSC a taxa de crescimento variou entre 0,3% e 0,99% (RP Centro Sul, RP Maciço de Baturité, RP Sertão Central, RP Sertão de Canindé, RP Sertão de Crateús e RP Sertão dos Inhamuns).

Dando um bom indicativo que a estimativa populacional realizada para a RHSC é compatível com as projeções das Regiões de Planejamento Estaduais.

Tabela 4-6 Projeção Polacional Total na RHSC.

Município	População Total								Taxa Média Cresc.
	2010	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
Ararendá	10.491	11.166	11.585	12.064	12.607	13.223	13.918	14.696	0,92%
Crateús	72.809	76.949	79.450	82.237	85.328	88.734	92.461	96.529	0,76%
Independência	25.573	26.277	26.693	2.7152	27.657	28.212	28.816	29.476	0,38%
Ipaporanga	11.343	11.491	11.650	11.869	12.152	12.502	12.926	13.427	0,52%
Ipueiras	4.052	4.315	4.472	4.643	4.832	5.041	5.271	5.523	0,83%
Nova Russas	705	640	610	581	554	528	503	479	-0,96%
Novo Oriente	27.453	29.177	3.0237	31.440	32.797	34.321	36.026	37.926	0,88%
Poranga	274	250	239	229	218	209	199	191	-0,89%
Quiterianópolis	19.973	21.003	21.644	22.384	23.228	24.193	25.287	26.527	0,78%
Tamboril	11.389	10.883	10.753	10.698	10.719	10.815	10.985	11.226	0,10%
RHSC	184.062	192.151	197.333	203.297	210.092	217.778	226.392	236.000	0,69%

A Figura 4-7 e Figura 4-8 apresentam as projeções populacionais por município no contexto da RHSC, e população total da RH, respectivamente.

Figura 4-7 Projeção Populacional Total na RHSC por Município.

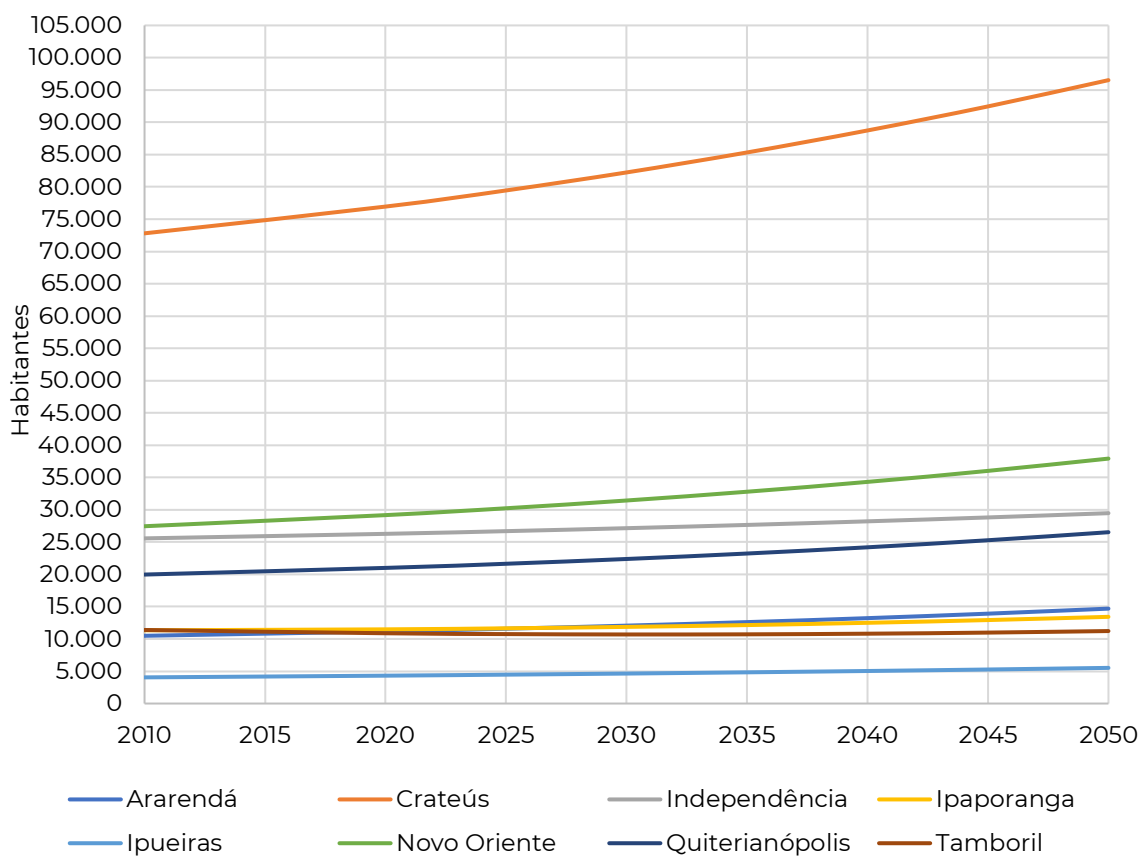
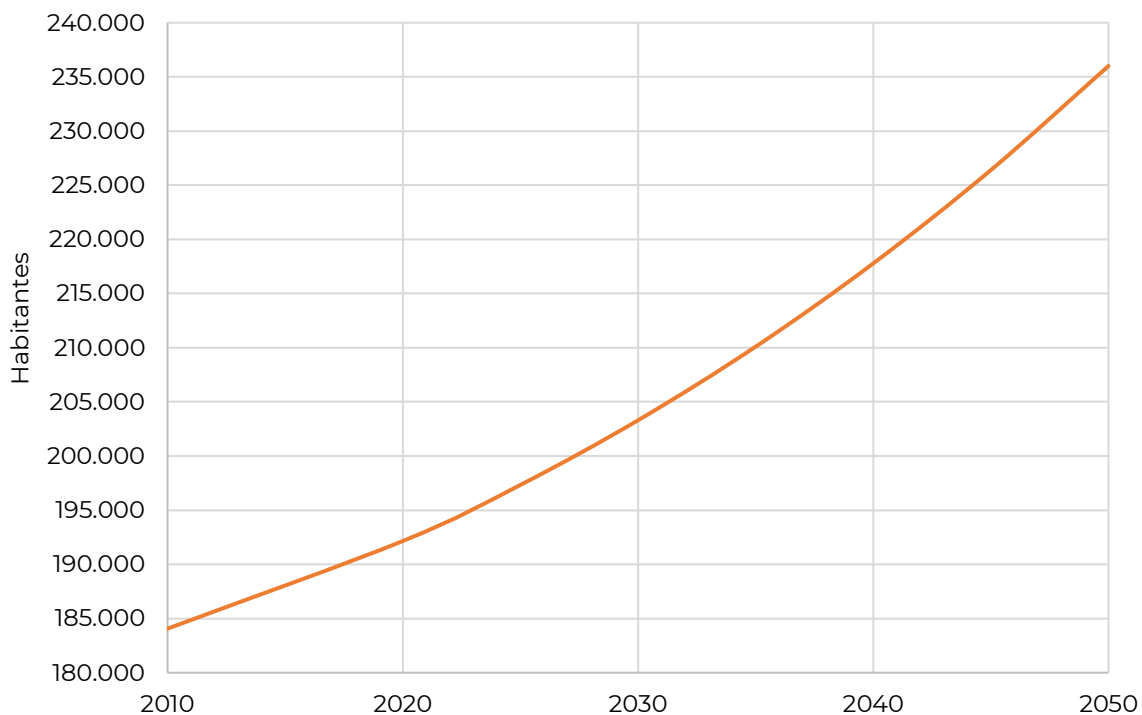


Figura 4-8 Projeção Populacional Total na RHSC.



5 PROJEÇÃO DA OFERTA HÍDRICA EM CENÁRIO DE MUDANÇA DO CLIMA

A oferta hídrica futura foi caracterizada pelas vazões afluentes aos reservatórios conforme explicado no Diagnóstico deste Plano. Essas vazões foram calculadas por meio do modelo SMAP (Lopes, Braga e Conejo, 1981) utilizando como base as precipitações e temperatura dos modelos de mudança do clima (MMCs).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) define a mudança do clima como uma variação estatisticamente significativa em um parâmetro climático médio (incluindo sua variabilidade natural), que persiste em um período extenso (tipicamente décadas ou por mais tempo). Ela pode ser causada por processos naturais contudo, a mudança recente tem sua causa nas atividades humanas (IPCC, 2013).

Para a caracterização dos possíveis efeitos das mudanças climáticas sobre as vazões afluentes foram considerados oito modelos do *Coupled Model Intercomparison Project* na sua versão mais recente, o CMIP6. Os modelos utilizados são: BCC-CSM2-MR, CanESM5, FGOALS-g3, MIROC6, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0, NESM3 e IPSL-CM6A-LR. Ressalta-se que ainda não foram disponibilizados todos os modelos do CMIP6, por isso aplicou-se apenas esses oito modelos.

Os cenários climáticos são definidos no CMIP6 em função das possíveis trajetórias de desenvolvimento socioeconômico a nível global. Estas trajetórias são resumidas nos Shared Socioeconomic Pathways (SSP), são eles:

SSP1 – a sociedade global se desenvolve economicamente, com melhora significativa das condições de saúde e educação e com estabilidade institucional, por meio de práticas em prol da sustentabilidade;

SSP2 – a sociedade global segue as tendências atuais de desenvolvimento;

SSP3 – observa-se pouco investimento em saúde e educação, grande crescimento populacional e aumento das desigualdades, acompanhados por tendência global protecionista;

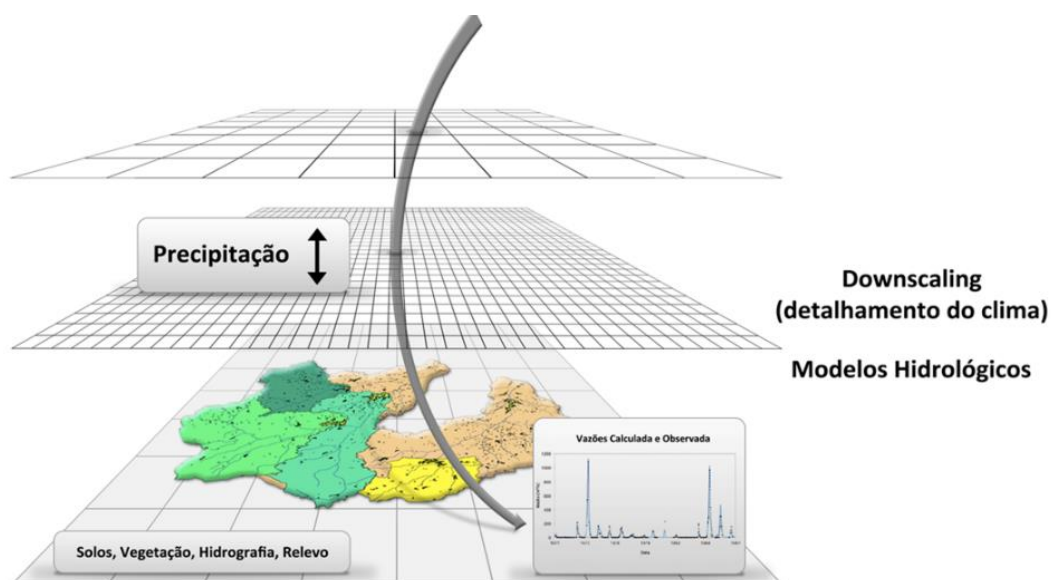
SSP4 – observa-se pouco investimento em saúde e educação, grande crescimento populacional e aumento das desigualdades, acompanhados por forte desigualdade entre países;

SSP5 – a sociedade global se desenvolve economicamente, com melhora significativa das condições de saúde e educação e com estabilidade institucional, por meio de uma economia baseada na exploração dos combustíveis fósseis.

Os oito modelos foram avaliados no cenário SSP2 com forçante radioativa de $4,5 \text{ W/m}^2$ (SSP2-45). A forçante radioativa é usada para mensurar os efeitos das mudanças do uso do solo e das emissões de gases do efeito estufa sobre a dinâmica global das trocas de calor. Desse modo, o SSP-45 representa um cenário intermediário de emissões de gases de efeito estufa associadas à manutenção dos fatores socioeconômicos atuais.

As variáveis de temperatura e precipitação desses modelos foram corrigidas para serem utilizadas no cálculo das vazões afluentes futuras. Essa correção é necessária, pois as duas variáveis são fornecidas numa grade de escala global. Dessa forma, para a análise dos efeitos locais foi aplicado a técnica de *downscaling* (Figura 5-1). Esta técnica é composta por uma etapa de interpolação da informação climática para a região de interesse combinada com uma estratégia de remoção de viés que corrige desvios sistemáticos da escala global para a escala local.

Figura 5-1 Downscaling.



Fonte: Martins (2012)

A variabilidade anual foi representada pelo coeficiente de variação (CV) das séries de vazões afluentes futuras anuais. O CV característico da RHSC no clima presente é 1,5, assim observou-se quais modelos apresentaram CV entre 0,6 e 1,6 considerados característicos do Semiárido Brasileiro, ou seja, quais modelos impunham a maior ou menor variabilidade no clima futuro (maior ou menor CV). A Tabela 5-1 apresenta o coeficiente de variação (CV) das vazões afluentes anuais futuras, no período de 2020 a 2050, em cada um dos três modelos

selecionados, e o CV contido no Diagnóstico. Observa-se que os modelos apontam para uma redução da variabilidade (menores CVs).



Vale ressaltar que as precipitações e temperaturas observadas são obtidas por meio de medições locais, assim, possuem uma menor incerteza quando comparadas a essas mesmas variáveis obtidas pelo processo de *downscaling*. Essa incerteza é transferida para as vazões afluentes na modelagem hidrológica.

Tabela 5-1 Coeficiente de Variação das vazões afluentes anuais a cada reservatório da RHSC e na situação de partida (Diagnóstico).

Reservatório	Modelos			Diagnóstico
	FGOALS-g3	MIROC6	MRI-ESM2-0	
Jaburu II	1,16	1,28	1,08	1,50
Barra Velha	1,21	1,10	1,13	1,20
Cupim	1,19	1,06	1,11	1,50
Realejo	1,06	0,96	0,98	1,40
Carnaubal	1,16	1,13	1,06	1,50
Barragem do Batalhão	0,92	0,92	0,88	2,00
Colina	1,34	1,54	1,21	1,50
Flor do Campo	0,99	1,14	1,10	1,60
São Jose III	0,82	0,80	0,83	1,40
Sucesso	1,44	1,17	1,34	1,40

A média das vazões afluentes futuras, no período de 2020 a 2050, para os três modelos escolhidos podem ser visualizadas na Tabela 5-2. Os três modelos tendem a redução significativa das vazões afluentes comparando esses resultados com a média observada na situação de partida (Diagnóstico). No caso do Jaburu II, por exemplo, estimou-se uma redução na vazões médias afluentes anuais futuras de 73% no FGOALS-g3, 56% no MIROC6 e 54% no MRI-ESM2-0.

Tabela 5-2 Média das vazões afluentes anuais futuras a cada reservatório da RHSC e na situação de partida – m³/s (Diagnóstico).

Reservatório	Modelos			Diagnóstico
	FGOALS-g3	MIROC6	MRI-ESM2-0	
Jaburu II	0,42	0,68	0,71	1,55
Barra Velha	0,41	0,65	0,73	1,46
Cupim	0,11	0,17	0,19	0,23
Realejo	0,05	0,10	0,12	0,25
Carnaubal	0,15	0,26	0,33	1,50
Barragem do Batalhão	0,89	1,35	1,55	4,11
Colina	0,18	0,33	0,33	0,46
Flor do Campo	0,08	0,13	0,15	0,65
São Jose III	0,15	0,22	0,24	0,20
Sucesso	0,10	0,17	0,20	0,55

A vazão regularizada pelos reservatórios considerando-se as séries de vazões dos três modelos selecionados é apresentada na Tabela 5-3.

Tabela 5-3 Q₉₀¹ de cada reservatório da RHSC considerando MMC selecionados e na situação de partida – m³/s (Diagnóstico).

Reservatório	Modelos						Diagnóstico	
	FGOALS-g3		MIROC6		MRI-ESM2-0			
	m³/s	L/s	m³/s	L/s	m³/s	L/s	m³/s	L/s
Jaburu II	0,18	180	0,23	230	0,28	280	0,18	180
Barra Velha	0,21	210	0,35	350	0,42	420	0,47	470
Cupim	0,03	30	0,04	40	0,04	40	0,02	20
Realejo	0,02	20	0,04	40	0,04	40	-²	-
Carnaubal	0,06	60	0,08	80	0,11	110	0,31	310
Barragem do Batalhão	0,12	120	0,12	120	0,12	120	0,1	100
Colina	0,04	40	0,06	60	0,04	40	0,04	40
Flor do Campo	0,03	30	0,02	20	0,02	20	0,05	50
São Jose III	0,07	70	0,09	90	0,09	90	0,01	10
Sucesso	0,02	20	0,05	50	0,05	50	0,07	70
Totais	0,78	780,00	1,08	1.080,00	1,21	1.210,00	1,25	1.250,00

¹ Q₉₀ – Vazão regularizável com 90% de garantia, ou seja, é garantido que em 90% das simulações não houve falhas nas vazões simuladas.

² Não foi realizado a modelagem hidrológica para o reservatório.

Observa-se que, apesar de vazões médias afluentes anuais menores, a diminuição da variabilidade atua no sentido das vazões regularizadas não sofrerem tanto impacto.

Sendo assim a oferta hídrica superficial adotada para cada cenário é apresentada na Tabela 5-4.

O modelo adotado para o Cenário I foi aquele que apresenta uma tendência de diminuição das ofertas hídricas superficiais devido as mudanças climáticas na RHSC, mas não muito acentuada, enquanto o modelo adotado para o Cenário II apresenta uma grande diminuição da oferta hídrica, devido a ocorrência de maiores períodos de seca e maiores severidades, já para o Cenário III foi adotado o modelo que não há mudanças significativas da oferta hídrica superficial, quando comparado ao Cenário de Partida, ou seja, um modelo que apresenta uma condição desejada.

Tabela 5-4 Q₉₀ de cada reservatório da RHSC nos Cenários I, II e III.

Reservatório	Modelos Selecionados					
	MIROC6		FGOALS-g3		MRI-ESM2-0	
	m³/s	L/s	m³/s	L/s	m³/s	L/s
	Cenário I		Cenário II		Cenário III	
Jaburu II	0,23	230	0,18	180	0,28	280
Barra Velha	0,35	350	0,21	210	0,42	420
Cupim	0,04	40	0,03	30	0,04	40
Realejo	0,04	40	0,02	20	0,04	40
Carnaubal	0,08	80	0,06	60	0,11	110
Barragem do Batalhão	0,12	120	0,12	120	0,12	120
Colina	0,06	60	0,04	40	0,04	40
Flor do Campo	0,02	20	0,03	30	0,02	20
São Jose III	0,09	90	0,07	70	0,09	90
Sucesso	0,05	50	0,02	20	0,05	50
Totais	1,08	1.080	0,78	780	1,21	1.210

6 CENÁRIOS PROSPECTIVOS

Na construção dos cenários prospectivos foram observadas as ações planejadas no Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará (PAE) e analisadas as relações de causa e efeito das variáveis-chave e parâmetros explicitados no Capítulo 2. Conforme exposto na metodologia, foram construídos três cenários para representar os futuros possíveis da RHSC:

- **Cenário I** – utilizou o prolongamento das tendências no intuito de conduzir a região para um futuro verosímil;
- **Cenário II** – é um futuro de maior incerteza baseado na ruptura das trajetórias das seguintes variáveis-chave: consumo per capita, área irrigada, criação de rebanhos, aquicultura, reservatórios planejados, nível de implementação do projeto malha d'água, eventos extremos de seca, universalização da alocação negociada e arcabouço jurídico-normativo;
- **Cenário III** – explicitou a imagem desejada do futuro.

As hipóteses de evolução dos parâmetros de cada variável estão apresentadas na Tabela 6-1.

Tabela 6-1 Variáveis-chave, parâmetros e hipóteses dos cenários 1, 2 e 3 da RHSC.

EIXO	VARIÁVEIS	PARÂMETROS	EVOLUÇÕES		
			Cenário I	Cenário II	Cenário III
Demanda	Abastecimento humano	População	Aumento da taxa média de crescimento	Aumento da taxa média de crescimento	Aumento a taxa média de crescimento
		Consumo per capita	Mantém	Aumento	Redução
		Perdas na rede de distribuição	Redução do IPD ¹	Mantém do IPD ¹	Redução do IPD ¹
	Indústria	Eficiência do uso da água na indústria	Mantém	Mantém	Mantém
		Número de indústrias	Mantém	Mantém	Mantém
	Agropecuária	Eficiência do uso da água na irrigação	Mantém	Mantém	Mantém
		Área irrigada	Aumento	Redução	Aumento
		Criação de rebanho	Mantém	Redução	Mantém
	Serviços	Turismo e Lazer	Mantém	Mantém	Mantém
		Comércio	Expansão	Expansão	Expansão
	Aquicultura	Área	-	-	-
		Consumo	-	-	-
Oferta	Água superficial	Reservatórios planejados	Implementação Fronteiras	Implementação Fronteiras	Implementação Fronteiras
		Lagoas	-	-	-
	Eixo de transferência	Nível de implementação do Malha D'Água	Implementado 1 SAA ²	Implementado 1 SAA ²	Implementado 1 SAA ²
		Adutoras isoladas	Mantém	Mantém	Mantém
		Canais	-	-	-
	Diversificação da matriz hídrica	Reuso	Mantém	Mantém	Maior utilização
		Dessalinização	-	-	-
		Aproveitamento água chuva	-	-	-

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

EIXO	VARIÁVEIS	PARÂMETROS	EVOLUÇÕES		
			Cenário I	Cenário II	Cenário III
	Água subterrânea	Poços	Maior uso para o abastecimento	Maior uso para o abastecimento	Maior uso para o abastecimento
Meio Ambiente	Qualidade da água	Rede coletora de esgoto	Aumento da taxa de esgotamento sanitário	Mantém a taxa atual de esgotamento sanitário	Aumento da taxa atual de esgotamento sanitário
		Número de ligações da rede	Mantém	Mantém	Maior
		Existência de ETE's ³	Existe a montante de alguns (4 - incluindo Fronteiras e Flor do Campo	Existe a montante de alguns - atuais (3 - incluindo Fronteira)	Existe a montante de alguns - todos
		Aterro sanitário (Consórcios de resíduos sólidos)	Existe	Existe	Existe
		Uso de agroquímicos/salinização	Mantém	Mantém	Mantém
		Manejo da aquicultura (tanque-rede)	-	-	-
		Áreas de Preservação Permanente (APP's ⁴)	Maior número	Mantém	Maior número
		Revitalização de áreas degradadas	Mantém	Mantém	Expansão das áreas revitalizadas
		Programas de educação ambiental	Existe	Existe	Existe
	Mudança climática	Eventos extremos de seca	Mantém a duração e severidade média das secas	Aumento da duração e severidade das secas	Mantém a duração e severidade média das secas
		Eventos extremos de cheia	Mantém a média histórica de cheia	Mantém a média histórica de cheia	Mantém a média histórica de cheia
Gerenciamento das águas	Monitoramento quali-quantitativo de águas	Número de campanhas	Ampliação	Mantém	Ampliação
		Variáveis de medição	Ampliação	Ampliação	Ampliação

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

EIXO	VARIÁVEIS	PARÂMETROS	EVOLUÇÕES		
			Cenário I	Cenário II	Cenário III
	superficiais e subterrâneas				
	Regulação de uso de águas superficiais e subterrâneas	Outorga	Ampliação	Ampliação	Universalização
		Fiscalização	Ampliação	Ampliação	Ampliação
Gerenciamento das águas	Regulação de uso de águas superficiais e subterrâneas	Cadastro de usuários	Aumento do número de usuários cadastrados	Aumento do número de usuários cadastrados	Aumento do número de usuários cadastrados
	Cobrança	Quantidade de usuários cobrados	Aumento	Aumento	Aumento
		Volume faturado	Aumento	Mantém	Aumento
		Política tarifária	Melhora a estrutura existente	Melhora a estrutura existente	Melhora a estrutura existente
		Monitoramento (Inspeção e instrumentação)	Existe	Existe	Existe
	Segurança de barragens	Manutenção preventiva	Aumento	Aumento	Aumento
		Manutenção corretivas	Aumento	Aumento	Aumento
		Regulação	Redução	Redução	Redução
	Alocação negociada	Aprimoramento	Ampliação	Ampliação	Ampliação
		Participação pública	Existe	Existe	Existe
		Normatização dos acordos	Maior	Maior	Maior
		Conflitos pelo uso	Parcial	Parcial	Total
		Universalização	Mantém	Aumento	Redução
		Investimentos públicos	Atingiu	Não atingiu	Atingiu
		Investimentos privados	Mantém	Mantém	Aumento
Político-institucional	Conjuntura política	Investimentos público-privados	Mantém	Reduz	Aumento
		Cooperações institucionais	Mantém	Reduz	Aumento
		Transparência	Mantém	Aumento	Aumento
		Participação social	Maior	Maior	Maior

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

EIXO	VARIÁVEIS	PARÂMETROS	EVOLUÇÕES		
			Cenário I	Cenário II	Cenário III
		Arcabouço jurídico-normativo	Maior	Mantém	Maior
		Comunicação	Novas regulamentações	Aplicação das regulamentações existentes	Novas regulamentações
	Capacidade institucional	Informação	Ampliação dos canais de comunicação	Ampliação dos canais de comunicação	Ampliação dos canais de comunicação
		Sustentabilidade institucional	Maior divulgação	Maior divulgação	Maior divulgação

¹ IPD – Índica de Perdas na Distribuição

² SAA – Sistema de Abastecimento de Água

³ ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

⁴ APP – Área de Preservação Permanente

A história de cada um desses cenários foi detalhada a seguir:

6.1 Cenário I – Exploratório extrapolativo

Neste cenário, a demanda hídrica humana aumenta como resultado da elevação da taxa média de crescimento da população e o consumo per capita permanece no mesmo nível identificado na situação de partida. A estabilização deste consumo é dada pela existência de programas de educação ambiental com vistas à conservação da água. As perdas no sistema de abastecimento são reduzidas em função de investimentos empregados no setor.

O processo de vacinação da Covid-19 é ampliado e tem-se a retomada gradual da economia na RHSC com a expansão do setor do comércio, em função do crescimento populacional e da atração de mais atividades relacionadas à educação como os campi da Universidade Federal do Ceará (UFC) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), que ampliam a geração de emprego e renda. Por outro lado, os setores industrial, turismo e lazer mantém as configurações da situação de partida.

Os eventos extremos de cheia permanecem não sendo recorrentes na RHSC por sua própria configuração espacial e os extremos de seca apresentam a duração e severidade média observadas na situação de partida.

Os impactos ocasionados por estes eventos permanecem na memória da população e implicam em três movimentos distintos para a agropecuária na região. O primeiro refere-se à criação de animais e não sofre modificações ao que já existia na região enquanto, o segundo e terceiro movimentos estão relacionados à irrigação e apresentam uma configuração distinta da situação de partida. Este setor amplia suas áreas

em função da implantação do Açude Fronteiras, da reativação de um lote do Perímetro de Irrigação Realejo e da retomada do Perímetro Jaburu II. Não se observa a busca por melhoria na eficiência do uso da água.



Dentre os fatores que disparam conflitos potenciais na região, citam-se disputas entre abastecimento humano e pecuária no entorno dos reservatórios.

Embora neste cenário haja novas áreas de unidades de conservação, não há expansão da revitalização de áreas degradadas, apesar dos programas ambientais promovidos pela Associação Caatinga, SISAR, Escola Dom Fragoso e Cáritas.

Os **Planos Municipais de Saneamento Básico** de todos os municípios da RHSC são concluídos e/ou revisados e os Consórcios Públicos de

Manejo dos Resíduos Sólidos da Região do Sertão de Crateús e o Consórcio de Manejo de Resíduos Sólidos da Região do Sertão de Inhamuns (para o município de Quiterianópolis) são implantados, incentivando a adequada destinação final destes resíduos e a elevação da qualidade da água. Este avanço decorre da publicação do Decreto nº 10.588, de 24 de dezembro de 2020, que regulamentou a Lei nº 11.445/2007 e estabeleceu que os municípios que não tiverem a prestação dos serviços realizada por meio de soluções regionalizadas até 31 de março de 2022 não poderão mais acessar os recursos da União.



REUNIÃO DO COMITÊ INTEGRADO DE COMBATE À SECA – Foto: DNOCS

A rede coletora de esgoto atinge maiores extensões, contudo as ligações na rede não acompanham a mesma tendência.

Duas cooperações institucionais continuam existentes: o Comitê Integrado de Combate às Secas e o Grupo de Contingência. Elas

continuam sendo importantes para identificar os principais problemas e pensar em ações para serem aplicadas no contexto de seca.

Os investimentos públicos e privados são advindos das mesmas fontes e não se sobressaem aos montantes observados na situação de partida. Apesar disso, tem-se o direcionamento desses recursos para obras hídricas permitindo a implantação do sistema adutor vinculado ao projeto Malha d'Água bem como, a finalização do reservatório Fronteiras, no município de Crateús ($Q_{90} = 5,6 \text{ m}^3/\text{s}$), o qual elevará a capacidade de acumulação para 924.100.000 m^3 .

A matriz de abastecimento da região permanece dependente das águas superficiais e subterrâneas.

O monitoramento quali-quantitativo é ampliado por meio do maior número de campanhas e pela ampliação das variáveis de medição. No monitoramento qualitativo das águas superficiais é escolhido um ponto por açude para realização de análises de qualidade de água, trimestralmente, ou seja, na situação de partida são realizadas 4 análises ao ano (1 análise x 4). Em termos qualitativos, prevê-se o acréscimo de 01 ponto (Açude Fronteiras).

Essas informações são úteis para a elaboração do Índice de Qualidade de Água para Reservatórios (IQAr) e outros indicadores hidroambientais, como indicadores de sustentabilidade e segurança hídrica.

Em relação às águas subterrâneas na Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús, realiza-se o monitoramento qualitativo de poços na localidade de Canto dos Pintos. O monitoramento teve início em 2016 e as amostras d'água são coletadas duas vezes ao ano e encaminhadas ao laboratório para realizar as análises físicas e químicas dos íons maiores. Desde 2019, ao todo são 4 os poços monitorados. Em 2020 o monitoramento não foi

realizado devido à pandemia (Covid-19). A partir de maio 2021, a Gerência Regional passou a realizar o monitoramento quantitativo e as medidas de pH, temperatura, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD).

Estima-se que até 2050, caso seja realizada a construção de baterias de poços nesse Sistema Aquífero, haverá um acréscimo de 20 poços.

Tem-se uma redução do aporte de fósforo nas águas superficiais em virtude da instalação de Estação de Tratamento de Esgoto em Quiterianópolis, que contribuirá diretamente para a redução da poluição do Açude Flor do Campo.

A Lei Federal nº 12.334/2010, que estabeleceu na situação de partida, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), propicia um maior número de barragens cadastradas e a RHSC possui os Planos de Segurança dos açudes Jaburu II e Batalhão. Em função do aumento das manutenções preventivas, as manutenções corretivas são mantidas.



A desburocratização da outorga iniciada pelo Decreto nº 31.559 de 29 de abril de 2020 propicia a ampliação e o aperfeiçoamento dos cadastros de usuários. A associação da cobrança ao uso da água promulgada pelo mesmo decreto impulsiona o aumento da quantidade de usuários cobrados e do volume faturado. Estudos de capacidade de pagamento são desenvolvidos e estimulam a rediscussão da política tarifária que propicia o aprimoramento dessa política.

O uso da plataforma Outorga online cresceu após a pandemia da Covid-19, que gerou um movimento comportamental no sentido da maior utilização de meios digitais. Esse movimento também estimula a ampliação dos canais de comunicação e uma maior divulgação das informações geradas no âmbito do gerenciamento das águas.

A alocação negociada de água é regulamentada como instrumento de gestão. Estudos desenvolvidos na situação de partida sobre alocação promovem o aprimoramento desse instrumento e a melhoria da geração de informação. Relatórios anuais são divulgados no intuito de permitir um melhor entendimento do processo. Capacitações são ofertadas aos membros dos colegiados, elevando os seus conhecimentos sobre o sistema de recursos hídricos. O CBHSC elabora seu planejamento estratégico. O CBHSC e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Parnaíba apresentam um funcionamento continuado e efetivo. Esses acontecimentos fazem emergir uma maior participação social, contudo observa-se, pela normatização parcial dos acordos, que a alocação não foi totalmente internalizada por todas as partes envolvidas, muito embora tenha atingido a universalização do processo.

O desejo de construir uma governança capaz de se adaptar aos desafios colocados pelas mudanças nos sistemas socio-hidrológicos colocou o acesso à informação como uma premissa básica. Desse modo, a

transparência é ampliada pela maior utilização do Portal da Transparência e das ouvidorias. O primeiro instrumento mantém a dupla função de servir como um grande repositório, evitando a fragmentação da informação entre as múltiplas instituições do Estado e de facilitador do diálogo entre Estado, detentores de informação e cidadãos.

A COGERH expõe uma maior sustentabilidade institucional em virtude de quatro fatores: (i) aumento do quadro de pessoal; (ii) criação da Gerência na Serra da Ibiapaba reduzindo a demanda para a Gerência de Crateús; (iii) sustentabilidade financeira gerada por uma arrecadação da cobrança pelo uso da água; e, (iv) redefinição do organograma da instituição. O fortalecimento institucional se dá por meio da realização de concursos públicos para a SRH, a COGERH e a SEMACE.

A expansão da fiscalização é alcançada com a ampliação da equipe de fiscais da SRH, a capacitação para o exercício da função e a integração institucional para o desenvolvimento de ações conjuntas de fiscalização do uso da água e segurança de barragens (ANA/SRH/COGERH/BPMA/SEMA/SEMACE/Polícia Ambiental/Ciopaer). Também contribui para a ampliação da fiscalização na RHSC o funcionamento do Comitê Federal da Bacia do Parnaíba, que abriga membros do CBHSC e atuará em conjunto, elevando o controle social na região quanto às ações para o campo dos recursos hídricos.

6.2 Cenário II – Exploratório múltiplo

Este cenário é marcado pela maior ocorrência de eventos extremos de seca com uma maior duração e severidade e desestimula o crescimento das áreas irrigadas e da criação de rebanhos. O setor de indústria, turismo e lazer mantém-se ao já existente na situação de partida, enquanto o setor de comércio cresce incentivado pela breve recuperação da economia após a pandemia da Covid-19, pelo

crescimento populacional e do emprego e renda gerado pelas instituições educacionais.

A manutenção da instabilidade entre os três poderes da República e na relação com os entes federados implica na volatilidade dos investimentos, mantendo-se apenas investimentos públicos, enquanto se observa uma redução dos investimentos privados e na modalidade público-privado. A manutenção dos investimentos públicos com recursos da União viabiliza a conclusão do açude Fronteiras.

A falta de água induz à perfuração de um maior número de poços pelos usuários de água na busca pela manutenção de suas atividades; a falta de aporte de água nos reservatórios reduz a área irrigada. Este cenário crítico e a redução dos investimentos alavancam os conflitos pelo uso da água que são recorrentes, intensos e em maior número. Duas cooperações institucionais continuam existentes e agem no sentido de identificar os principais problemas relacionados à seca, são elas: o Comitê Integrado de Combate às Secas e o Grupo de Contingência.

A matriz de abastecimento da região permanece dependente das águas superficiais e subterrâneas. A demanda hídrica humana eleva-se em função do aumento da taxa média de crescimento da população e do consumo per capita. Ingredientes que acirram conflitos pelo uso da água em função da escassez hídrica.

Os extremos de cheia continuam não sendo um problema da região. Os Consórcios Públicos de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos são concluídos na região em cumprimento ao Decreto nº 10.588, de 24 de dezembro de 2020, que regulamentou a Lei nº 11.445/2007 e estabeleceu que os municípios que não tiverem a prestação dos serviços realizada por meio de soluções regionalizadas até 31 de março de 2022 não poderão mais acessar os recursos da União.

A rede coletora de esgoto não passa por ampliação e não se verifica aumento no número de ligações nesta rede.

Em relação às Áreas de Preservação Permanente a situação não se modifica conforme expresso na situação de partida e nenhuma nova área para este propósito é criada.

O número de campanhas de monitoramento quali-quantitativo é mantido, com as mesmas variáveis de medição. O Índice de Qualidade de Água para Reservatórios (IQAr) é utilizado para monitorar os açudes ainda em operação. Neste cenário não há redução de aporte de fósforo nas águas superficiais dado que só existem as ETE's das situação de Partida, em Novo Oriente, Independência e Crateús.

A Lei Federal nº 12.334/2010, que estabeleceu, na situação de partida, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), propicia um maior número de barragens cadastradas e a conclusão dos Planos de Segurança de todas as barragens sob responsabilidade da COGERH. A ampliação da manutenção preventiva faz com que as manutenções corretivas sejam reduzidas.

A desburocratização da outorga iniciada pelo Decreto nº 31.559 de 29 de abril de 2020 propicia a ampliação e o aperfeiçoamento dos cadastros de usuários. A associação da cobrança ao uso da água promulgada pelo mesmo decreto impulsiona o aumento da quantidade de usuários cobrados, apesar do volume faturado manter-se nos níveis da situação de partida. Estudos de capacidade de pagamento são desenvolvidos e estimulam a rediscussão da política tarifária que propiciam o aprimoramento dessa política.

O uso da plataforma Outorga online cresceu após a pandemia da Covid-19, que impulsionou maior utilização de meios digitais por parte da

população. Esse movimento também estimula a ampliação dos canais de comunicação e uma maior divulgação das informações geradas no âmbito do gerenciamento das águas.

Estudos desenvolvidos na situação de partida promovem o aprimoramento da alocação negociada e a melhoria da geração de informação, mas o processo não é universalizado. Relatórios anuais são divulgados no intuito de permitir um melhor entendimento do processo. Capacitações são ofertadas aos membros dos colegiados, elevando seus conhecimentos sobre o sistema de recursos hídricos. Mas a normatização dos acordos ocorre de forma parcial, muito embora, se verifique maior participação nas arenas públicas de alocação negociada de água decorrente das disputas entre usuários por acesso à água em contexto de escassez que buscam garantir estratégias que favoreçam o atendimento às suas demandas.

O desejo de construir uma governança capaz de se adaptar aos desafios colocados pelas mudanças nos sistemas socio-hidrológicos colocou o acesso à informação como uma premissa básica. Desse modo, a transparência é ampliada pela maior utilização do Portal da Transparência e das ouvidorias. O primeiro instrumento mantém a dupla função de servir como um grande repositório, evitando a fragmentação da informação entre as múltiplas instituições do Estado e de facilitador do diálogo entre Estado, detentores de informação e cidadãos.

A COGERH expõe uma maior sustentabilidade institucional em virtude de três fatores: (i) aumento do quadro de pessoal; (ii) criação da Gerência Regional na Serra da Ibiapaba, reduzindo as demandas sobre a GR de Crateús; e, (iii) redefinição do organograma da instituição. O fortalecimento institucional dá-se por meio da realização de concurso público para SRH, COGERH E SEMACE. Com isso, a expansão da

fiscalização é alcançada com a ampliação da equipe de fiscais da SRH, a capacitação para o exercício da função e a integração institucional para o desenvolvimento de ações conjuntas de fiscalização do uso da água e segurança de barragens (SRH/COGERH/BPMA/SEMA/SEMACE/Polícia Ambiental/Ciopaer).



As ações de fiscalização são ampliadas em função da escassez para que as premissas estabelecidas garantam que os usos priorizados sejam atendidos. Para implementação dessas ações, o funcionamento do CBH do Parnaíba figura como reforço dado que amplia o controle social na RHSC com atuação de dois colegiados participativos, um federal e o outro no nível estadual, o CBHSC.

6.3 Cenário III – Normativo

Este cenário configura-se pela redução da demanda hídrica humana em virtude do decréscimo do consumo per capita e das perdas no sistema de distribuição. A eficiência no uso da água para os setores da indústria e irrigação se mantém nos mesmos patamares da Situação de Partida.

As mudanças que implicam em reduções relativas ao abastecimento humano - demanda hídrica humana e consumo per capita – decorrem dos resultados positivos de programas de educação ambiental, uso de aparelhos sanitários economizadores, uso eficiente de água de paisagem (residencial e não residencial), desenvolvimento de estudos sobre os usos residenciais urbanos e rurais e o atendimento do plano de metas de perdas de água.

A crise instalada pela Covid-19 é controlada. Tem-se um quadro marcado por um crescimento mais sustentado das atividades econômicas, expresso pelo crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), fim da recessão e equilíbrio das contas públicas. Esta conjuntura implica em uma maior renda per capita e na elevação dos investimentos públicos, privados e da modalidade público-privado que propiciam a implantação do sistema adutor vinculado ao projeto Malha d'água bem como, a finalização do reservatório Fronteiras ($Q_{90} = 5,6 \text{ m}^3/\text{s}$). Este reservatório eleva a capacidade de acumulação para 924.100.000 m³.

Observa-se o crescimento da área irrigada em função da conclusão do Açude Fronteiras e da reativação de parte do perímetro irrigado Realejo e a reativação plena do perímetro Jaburu II, apesar dos extremos de seca continuarem apresentando duração e severidade de acordo com a média histórica.

Há a expansão do setor do comércio, em função do crescimento populacional e da atração de mais atividades relacionadas à educação como os campi da Universidade Federal do Ceará (UFC) e do Instituto Federal de Educação (IFCE), que amplia a geração de emprego e renda. Por outro lado, os setores industrial, turismo e lazer mantém as configurações da situação de partida.

A matriz de abastecimento da região se expande com os projetos de reúso de água industrial, reúso de águas cinzas que são instalados na RHSC e aproveitamento de águas pluviais. Novos poços são utilizados para captação de água subterrânea após o desenvolvimento de estudos hidrogeológicos e hidroquímicos.

O monitoramento quali-quantitativo é ampliado por meio do maior número de campanhas e pela ampliação das variáveis de medição. No monitoramento qualitativo das águas superficiais é escolhido um ponto por açude para realização de análises de qualidade de água, trimestralmente, ou seja, na situação de partida são realizadas 4 análises ao ano (1 análise x 4). Prevê-se um aumento de mais um ponto em função da construção do Fronteiras. Essas informações são úteis para a elaboração do Índice de Qualidade de Água para Reservatórios (IQAr) e outros indicadores hidroambientais, como indicadores de sustentabilidade e segurança hídrica.

No que se refere à água subterrânea, na região dos Sertões de Crateús, realiza-se o monitoramento qualitativo de poços na localidade de Canto dos Pintos. O monitoramento teve início em 2016 e as amostras d'água são coletadas duas vezes ao ano e encaminhadas ao laboratório para realizar as análises físicas e químicas dos íons maiores. Desde 2019, ao todo são 4 os poços monitorados. Em 2020 o monitoramento não foi realizado devido à pandemia (Covid-19). A partir de maio 2021, a Gerência Regional passou a realizar o monitoramento quantitativo e as medidas de pH, temperatura, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD). Estima-se que até 2050, caso seja realizado a construção de baterias de poços nesse Sistema Aquífero, haverá um acréscimo de 20 poços.

Haverá uma redução de aporte de fósforo nas águas superficiais em virtude da instalação de Estações de Tratamento de Esgoto em a montante de todos reservatórios na RHSC.

Investimentos públicos e privados no âmbito social (saneamento, saúde e habitação) se mostraram decisivos para a retomada do emprego e aumento da renda, além de incentivarem a ampliação da rede de esgotamento sanitário e a maior ligação da população nesta rede. As cooperações institucionais avançam na busca pela expansão das atividades econômicas e na implantação de políticas públicas.

Consórcios Públicos de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos são instalados na região incentivando a adequada destinação final destes resíduos contribuindo para a elevação da qualidade das águas.

Novas unidades de conservação ambiental são implantadas na região e são desenvolvidos programas de recuperação de mata ciliar no entorno dos açudes e rios da região.

A Lei Federal nº 12.334/2010, que estabeleceu, na situação de partida, a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), propiciou um maior número de barragens cadastradas e a conclusão dos Planos de Segurança de todas as barragens sob a responsabilidade da COGERH. A ampliação da manutenção preventiva reduz a necessidade de manutenção corretiva.

A desburocratização da outorga iniciada pelo Decreto nº 31.559 de 29 de abril de 2020 propicia a ampliação e o aperfeiçoamento dos cadastros de usuários. A associação da cobrança ao uso da água promulgada pelo mesmo decreto impulsiona o aumento da quantidade de usuários cobrados e do volume faturado. Estudos de capacidade de pagamento são desenvolvidos e estimulam a rediscussão da política tarifária que

propiciam o aprimoramento dessa política. Com isso, as regras tarifárias são sistematicamente atualizadas, visando o aperfeiçoamento da gestão de recursos hídricos e adequando-as às especificidades da demanda e da oferta de água no estado.

O uso da plataforma Outorga online cresceu após a pandemia da Covid-19 que gerou um movimento comportamental no sentido da maior utilização de meios digitais e, com isso, ajuda a alcançar a universalização da Outorga. Esse movimento também estima a ampliação dos canais de comunicação e uma maior divulgação das informações geradas no âmbito do gerenciamento das águas.

A alocação negociada de água é regulamentada como instrumento de gestão e a universalização desse processo é atingida. Estudos desenvolvidos na situação de partida sobre a alocação promovem o aprimoramento desse instrumento e a melhoria da geração de informações. Relatórios anuais são divulgados no intuito de permitir um melhor entendimento do processo. Capacitações são ofertadas aos membros do CBHSC, elevando os seus conhecimentos sobre o sistema de recursos hídricos e favorecendo a uma melhor elaboração do seu planejamento estratégico em um contexto marcado por um funcionamento continuado e efetivo. Esses acontecimentos fazem emergir uma maior participação social, alguns conflitos pelo uso da água mantêm-se, tendo em vista que os mesmos não são disparados apenas pela insuficiência dos recursos hídricos, mas também são deflagrados pela forma de uso e ocupação do solo, bem como o modo de apropriação dos recursos de uso comum.

O desejo de construir uma governança capaz de se adaptar aos desafios colocados pelas mudanças nos sistemas socio-hidrológicos colocou o acesso à informação como uma premissa básica. Desse modo, a

transparência é ampliada pela maior utilização do Portal da Transparência e das ouvidorias. O primeiro instrumento mantém a dupla função de servir como um grande repositório, evitando a fragmentação da informação entre as múltiplas instituições do Estado e de facilitador do diálogo entre Estado, detentores de informação e cidadãos.

A COGERH expõe uma maior sustentabilidade institucional em virtude de quatro fatores: (i) aumento do quadro de pessoal; (ii) instalação da Gerência Regional na Serra da Ibiapaba, reduzindo as demandas sobre a GR de Crateús; (iii) sustentabilidade financeira gerada por uma arrecadação da cobrança pelo uso da água; e, (iv) redefinição do organograma da instituição. O fortalecimento institucional se dá por meio da realização de concursos públicos para a SRH, a COGERH e a SEMACE. Com isso, a expansão da fiscalização é alcançada por meio da ampliação da equipe de fiscais da SRH, a capacitação para o exercício da função e a integração institucional para o desenvolvimento de ações conjuntas de fiscalização do uso da água e segurança de barragens (SRH/COGERH/BPMA/SEMA/SEMACE/Polícia Ambiental/Ciopaer).

A esse processo de fortalecimento institucional que favorece o aumento da fiscalização junta-se o funcionamento do CBH do Parnaíba em conjunto com CBHSC. O primeiro possibilita o aumento da capacidade técnica para a realização das denúncias qualificadas e o segundo estimula a ampliação do controle social na RHSC.

7 PROJEÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO FUTURO

Esta seção visou avaliar o balanço hídrico futuro da Região Hidrográfica com base nos cenários prospectivos. Ele foi realizado de forma concentrada incluindo, apenas, os usos com maior demanda na situação de partida (abastecimento humano e irrigação) e a dessedentação animal, os demais usos foram retirados do diagnóstico.

Para definir a demanda e oferta hídrica futura considerou-se os parâmetros apresentados na Tabela 7-1.

Somado a isso, foi inserido um tópico específico para o Açude Fronteiras, estrutura que visa mudar a realidade da disponibilidade hídrica na RHSC, mais do que dobrando a capacidade de armazenamento superficial na Região, e com operação prevista para os três cenários prospectivos.

Tabela 7-1 Variáveis utilizadas no balanço hídrico futuro.

VARIÁVEIS	PARÂMETROS	EVOLUÇÕES		
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Demanda hídrica				
Abastecimento humano	População	Aumento da taxa média de crescimento	Aumento da taxa média de crescimento	Aumento a taxa média de crescimento
	Consumo per capita	Mantém	Aumento	Redução
	Perdas na rede de distribuição	Redução do IPD ¹	Mantém do IPD	Redução do IPD
Agropecuária	Eficiência do uso da água na irrigação	Mantém	Mantém	Mantém
	Área irrigada	Aumento	Redução	Aumento
	Criação de rebanho	Mantém	Redução	Mantém
Disponibilidade Hídrica				
Água superficial	Reservatórios planejados	Implementação Fronteiras	Implementação Fronteiras	Implementação Fronteiras
	Nível de implementação do Malha D'Água	Implementado 1 SAA ²	Implementado 1 SAA ²	Implementado 1 SAA ²

VARIÁVEIS	PARÂMETROS	EVOLUÇÕES		
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Eixo de transferência	Adutoras isoladas	Mantém	Mantém	Mantém
	Reuso	Mantém	Mantém	Maior utilização

¹ IPD – Índica de Perdas na Distribuição

² SAA – Sistema de Abastecimento de Água

7.1 O Açude Fronteiras



VISITA A BARRAGEM FRONTEIRAS, CRATEÚS – Foto: Tiago Stille

Espera-se que a partir da operacionalização do Açude Fronteiras, hoje em obras, será garantida maior segurança hídrica para a RHSC, alterando significativamente o contexto econômico da RH, e implicando num aumento considerável na demanda hídrica.

A atual disponibilidade hídrica superficial da Região, conforme apresentado no Relatório “Iniciando o Diálogo”, é de 436 hm³, em 10 reservatórios monitorados, o Açude Fronteiras possui capacidade de 488 hm³, elevando a disponibilidade na RHSC para 924 hm³, equivalente a um incremento de 112%.

Dentro deste contexto, optou-se por tratar o Açude Fronteiras de maneira isolada para demanda e oferta hídrica.

Conforme Projeto Executivo, elaborado pela EngeSoft Engenharia em 2010, a finalidade da Barragem Fronteiras é o abastecimento dos distritos de Ibiapaba, Poty, Assis e Curral Velho e localidade de Cabaças, do município de Crateús, cujos níveis de atendimento são insatisfatórios, e para irrigação de 5.000 ha de solos.

Entende-se que desde a sua concepção há 10 anos, foram propostos diversos projetos, que alteraram em parte, a finalidade do reservatório, principalmente no que se refere ao abastecimento humano, tendo em vista a implantação de um sistema adutor do projeto Malha D'água.

Assim a avaliação de tal reservatório se deu principalmente levando em consideração dos dados disponíveis no PAE.

7.1.1 Oferta Hídrica do Açude Fronteiras

Conforme disposto no Projeto Executivo a Barragem Fronteiras localiza-se à jusante dos açudes Carnaubal, Flor do Campo, Realejo, Barra Velha, Jaburu II e Sucesso, e controla uma bacia de 5869 km² a jusante desses açudes, quando considerada a área controlada a montante por reservatórios existentes, o açude Fronteiras possui uma bacia hidrográfica de 10.258 km², o que representa cerca de 95 % da RHSC.

A Tabela 7-2 apresenta as vazões regularizáveis para diferentes garantias do Açude Fronteiras, calculadas em seu projeto executivo, onde estima-se que o reservatório é capaz de regularizar 5,60m³/s para uma garantia de 90%.

Tabela 7-2 Vazão Regularizada Açude Fronteiras (Engesoft,2010).

Garantia	Vazão Regularizada (m³/s)	Volume Regularizado (m³/ano)	% Volume Acumulado
90%	5,60	176.601.600	36%
95%	4,40	138.758.400	28%
99%	2,50	78.840.000	16%

Visto que o reservatório ainda está em fase de implantação, a aplicação de um modelo de mudança climática pode implicar em distorções significativas devido à grande quantidade de variáveis imputadas nos modelos, e à adoção de condições não conhecidas de operação do reservatório.

Somado a isso, o Açude Fronteiras controlará quase que a totalidade da área de Contribuição da RHSC, indicando que o reservatório deve apresentar uma tendência similar aos demais reservatórios da Região Hidrográfica.

Assim optou-se por adotar as médias das reduções dos reservatórios simulados no Capítulo 5 deste relatório (Cenário I - MIROC6 (-13,6%); Cenário II – FGOALS-g3 (-37,6%); Cenário III – MRI-ESM2-0 (-3,2%)), para estimar as disponibilidades hídricas do açude Fronteiras no contexto de cada cenário prospectivo.

Os resultados encontrados de disponibilidade hídrica do reservatório para os cenários prospectivos estão dispostos na Tabela 7-3, variando de 3,50 m³/s à 5,42 m³/s.

Tabela 7-3 Disponibilidade Hídrica do Açude Fronteiras para os cenários prospectivos (m³/s).

Reservatório	Cenários			Projeto Executivo
	Cenário I	Cenário II	Cenário III	
Fronteiras	4,84 m³/s	3,49 m³/s	5,42 m³/s	5,60 m³/s

7.1.2 *Demanda Hídrica do Açude Fronteiras*

Com base nos documentos existentes sobre planejamento dos recursos hídricos do Ceará, em especial o Plano de Ações Estratégicas, elaborado em 2018, entende-se que o Açude Fronteiras terá três usos prioritários, a saber:

- i) Transferência Hídrica entre Estados;
- ii) Abastecimento Humano;
- iii) Irrigação.

A seguir está descrito como foram estimadas as demandas para cada tipo de uso

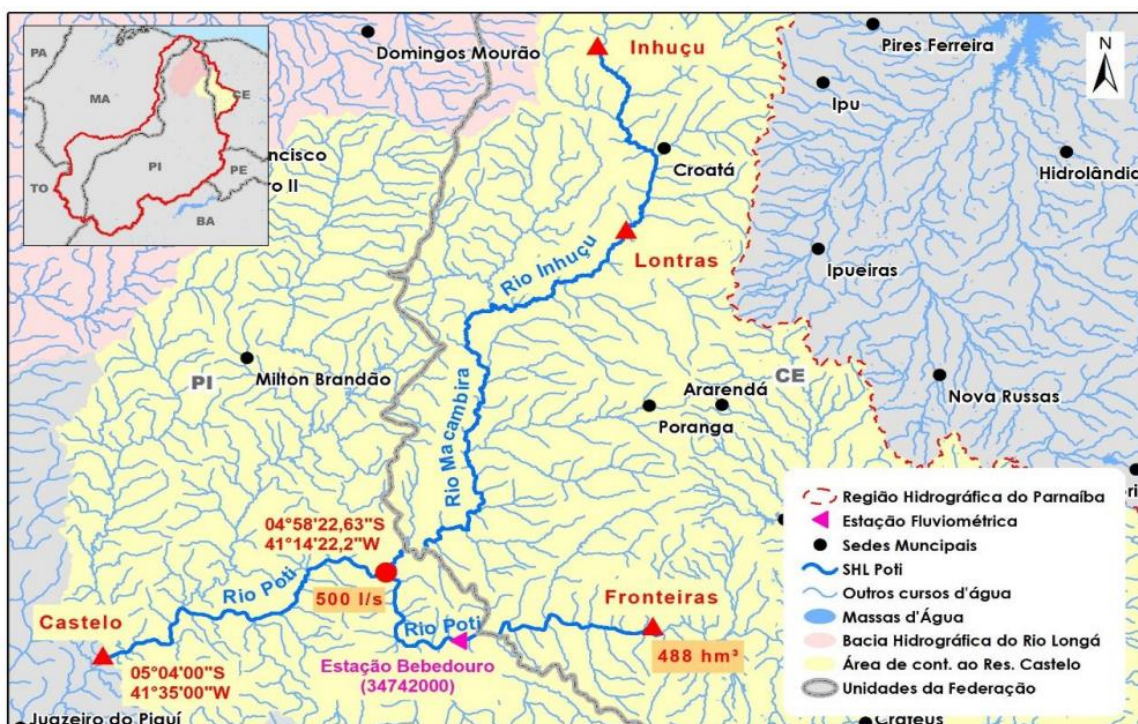
- Transferência Hídrica

O Art 3º do marco regulatório do Sistema Hídrico Poti-Longa discorre sobre a vazão a ser liberada pelo Estado Ceará para o Estado do Piauí, e define que a liberação deve ser de 500L/s.

Art. 3º A vazão de entrega de água do Estado do Ceará para o Estado do Piauí na seção do rio Poti imediatamente a jusante da confluência com o rio Macambira (bacia hidrográfica do rio Inhuçu) às coordenadas geográficas 04° 58' 22,63" Sul e 41° 14' 22,2" Oeste é igual a 500 L/s.

Conforme pode se observar na Figura 7-1, o Marco Regulatório refere-se à vazão de transferência provenientes de dois reservatórios, Lontras e Fronteiras, o primeiro em fase de planejamento e localizado na Região Hidrográfica da Serra da Ibiapaba.

Figura 7-1 Sistema Hídrico Poti-Longa (Marco Regulatório).



Por se tratar de reservatórios que não entraram em operação, não se tem informações disponíveis de como se dará essa transferência para o Piauí, neste estudo adotou-se que a liberação de cada reservatório será proporcional a sua vazão regularizada.

Conforme disposto no Atlas de Recursos Hídricos da SRH-CE, o açude Lontras terá capacidade de 347 hm³ e vazão regularizada de 3,20 m³/s (Q₉₀).

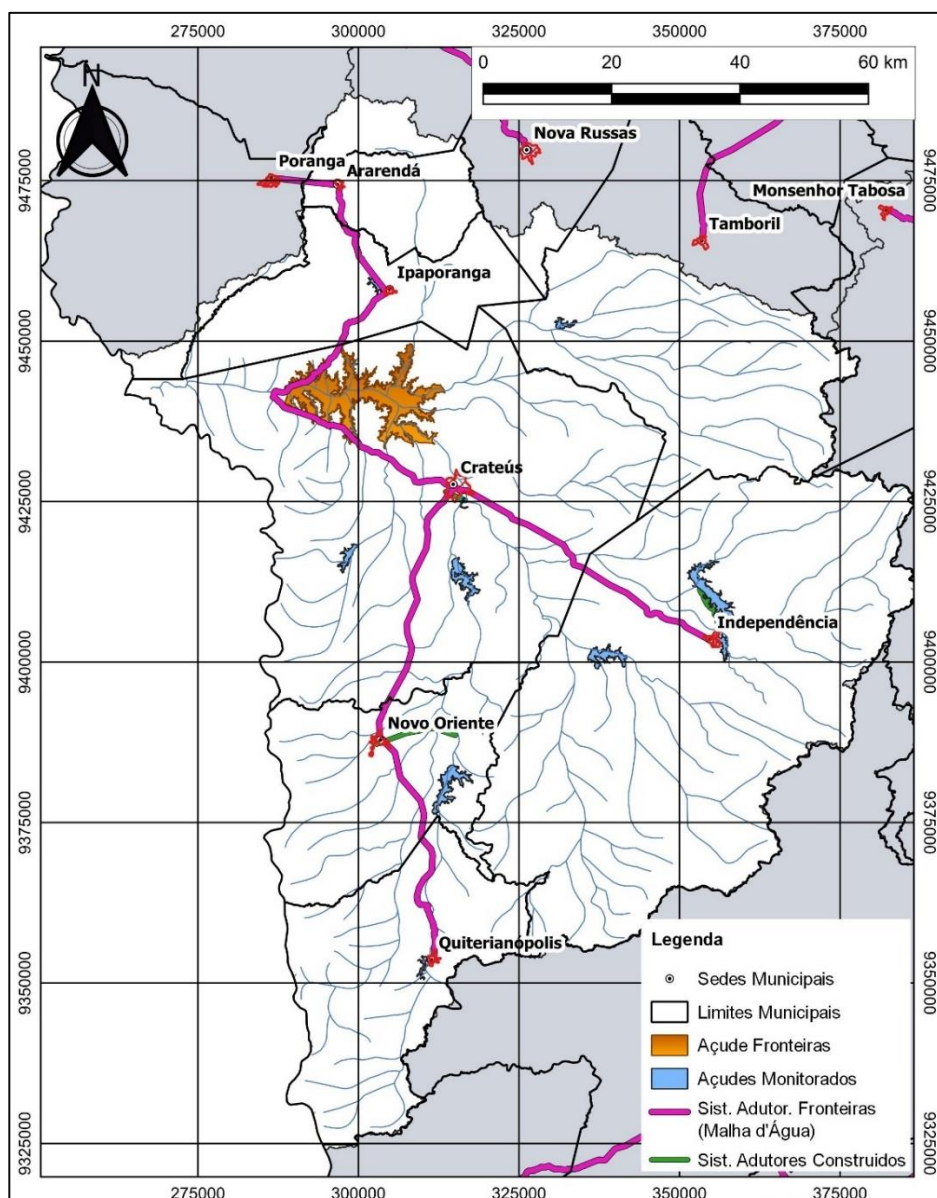
Assim estimou-se em 180 L/s de transferência para o Piauí será proveniente do Açude Lontras, pelo rio Macambira, e 320 L/s provenientes do Açude Fronteiras, pelo Rio Poti, totalizando 500 L/s liberados a montante do Açude Castelo no estado do Piauí.

- Abastecimento Humano

O plano de ações estratégicas do Ceará, dispõe sobre o sistema adutor Fronteiras – Sertões de Crateús, parte componente do Projeto Malha d'Água, o traçado de tal sistema adutor está apresentado na Figura 7-2.

Conforme disposto no PAE, o sistema adutor Fronteiras – Sertões do Crateús, após a sua implantação deverá abastecer a sede municipal dos municípios de Ipaporanga, Ararendá, Poranga, Crateús, Independência, Novo Oriente e Quiterianópolis, Figura 7-2, demandando uma vazão de 435,62 L/s para abastecimento humano.

Figura 7-2 Sistema Adutor Fronteiras (Projeto Malha d'Água)



- Irrigação

Para a determinação da área irrigável a partir da construção do Açude Fronteiras, estimou-se que 80% da vazão regularizada pelo reservatório, descontados os usos para abastecimento humano e transferências (755 L/s) serão destinados para a irrigação, e 20% para os demais usos na bacia.

Conforme apresentado na Tabela 7-4, a disponibilidade hídrica para irrigação, proveniente do açude Fronteiras varia entre 2,19 m³/s a 3,72 m³/s.

Tabela 7-4 Usos no Reservatórios Fronteiras para cada Cenário Prospectivo.

Reservatório	Modelos		
	Cenário I	Cenário II	Cenário III
Demandas (m³/s)			
Demanda Humana	0,44	0,44	0,44
Transferências	0,32	0,32	0,32
Demais Usos	0,82	0,55	0,93
Irrigação	3,27	2,19	3,73
Vazão Regularizada	4,85	3,50	5,42

Conforme apresentado no Relatório “Iniciando o Diálogo na RHSC”, a demanda média para irrigação na RH é de 20.000 m³/ha/ano, onde foram levadas em consideração as condições climáticas e culturas produzidas locais.

Levando em consideração a demanda por hectare (há) e 40% de perda no transporte da água para lotes irrigados, desconsiderando as perdas devido ao método de aplicação no solo, foi estimada a área irrigável por meio do açude Fronteiras para cada cenário prospectivo (Tabela 7-5).

Assim, foi estimada que implantação do açude Fronteiras poderá incrementar 2468 ha a 4204 ha, a depender do cenário prospectivo.

Tabela 7-5 Área Irrigável após a construção do Açude Fronteiras.

Área Irrigável (ha)	Cenário I	Cenário II	Cenário III
	3.679	2.468	4.204

7.2 Demanda humana

A demanda humana futura foi obtida pelo produto da população projetada pelo consumo per capita. Para os três cenários, a taxa média de crescimento da população da RHSC em 30 anos é igual a 0,69% (Tabela 4-6).

Foi adotado o consumo per capita apresentado na seção 3.1.2 para o primeiro cenário, e para os cenários II e III foi hipotetizado, ao final dos 30 anos, um aumento/redução de 10% de consumo per capita para a população urbana acima de 5000 habitantes, aumento para o Cenário II e redução para o cenário III.

Este aumento/redução depende da aplicação de medidas que modifiquem o comportamento do consumidor conforme detalhado anteriormente. Dessa forma, preconizou-se que este aumento/redução começa a ocorrer após o ano de 2025 (Tabela 7-6).

Tabela 7-6 - Projeção do consumo per capita (L/hab. Dia) para população urbana acima de 5000 habitantes.

Cenário	Demanda per capita (L/hab/dia)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Cenário II (+10%)	150	150	153	155	157	160	165
Cenário III (-10%)	150	150	147	145	143	140	135

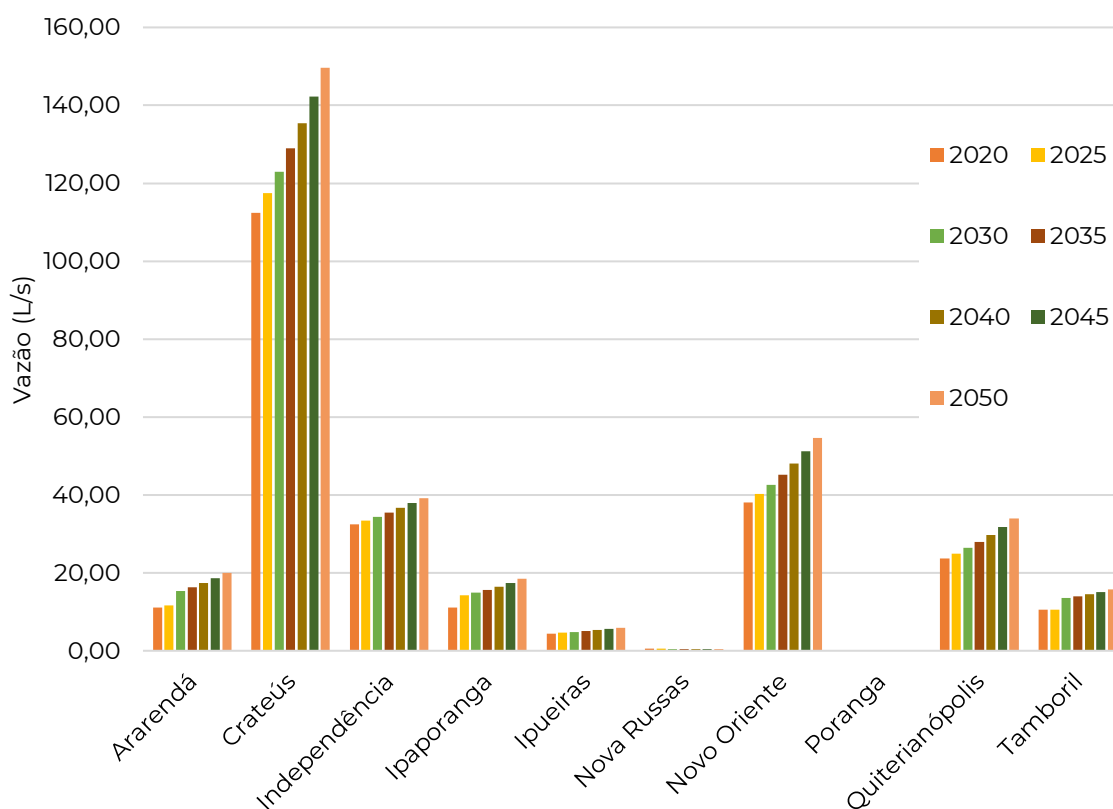
Para o Cenário I estimou-se uma demanda humana total de 338,24 L/s, um aumento efetivo de 25,6% em 30 anos, equivalente a um crescimento médio anual de 1,09% na demanda para abastecimento humano, pouco superior à estimativa de crescimento populacional.

À primeira vista, espera-se que o crescimento da demanda humana seja igual à taxa de crescimento populacional, visto que uma das premissas do Cenário I é que o crescimento das demandas são provenientes apenas do crescimento populacional, entretanto a metodologia empregada considera diferentes consumos per capita a depender do tamanho da população urbana; assim, aglomerados urbanos que atingem uma nova faixa populacional têm um incremento na demanda per capita.

Assim, o crescimento de demanda superior ao crescimento populacional não está associada a uma mudança de consumo dos habitantes, mas sim a uma evolução natural das cidades devido a urbanização.

Os resultados de crescimento populacional para o Cenário I estão apresentados na Tabela 7-7 e Figura 7-3.

Figura 7-3 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenários I.

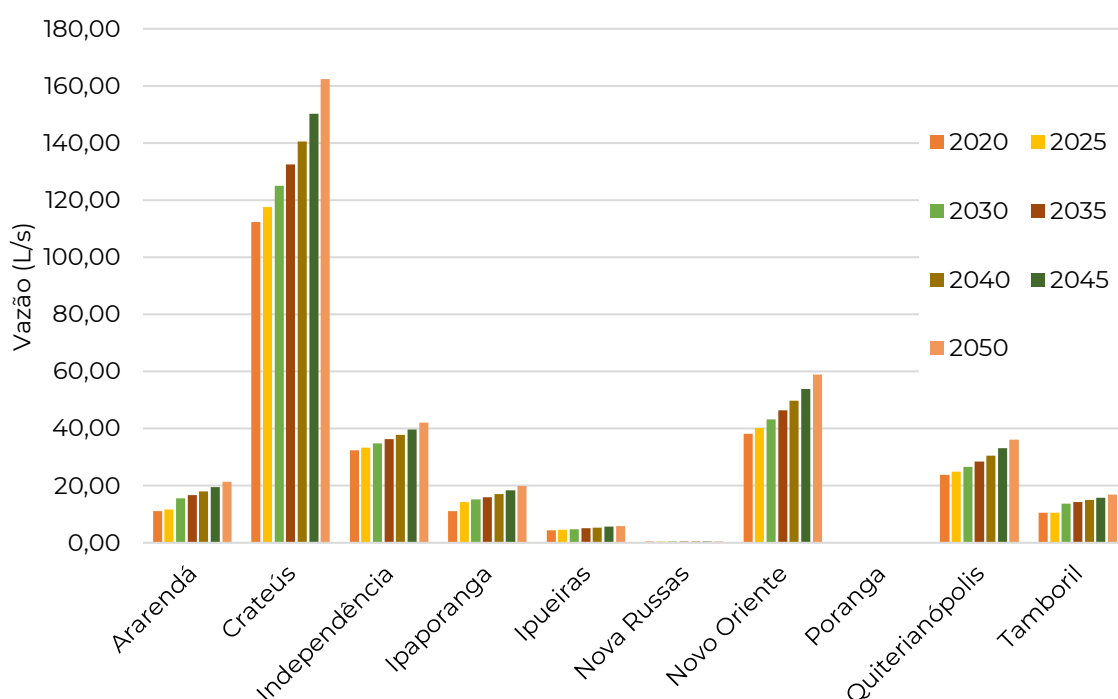


Para o Cenário II estimou-se uma demanda humana total de 364,05 L/s, um aumento efetivo de 34,6% em 30 anos, equivalente a um crescimento médio anual de 1,34% na demanda para abastecimento humano, praticamente o dobro do crescimento populacional.

Valor esse compatível as premissas estabelecidas para avaliação do Cenário II, visto que foi considerada uma mudança de comportamento populacional, caracterizada pelo aumento de consumo per capita e da mudança da faixa populacional de alguns aglomerados urbanos implicando em um incremento na demanda per capita.

Os resultados de crescimento populacional para o Cenário II estão apresentados na Figura 7-4 e Tabela 7-8.

Figura 7-4 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenários II.



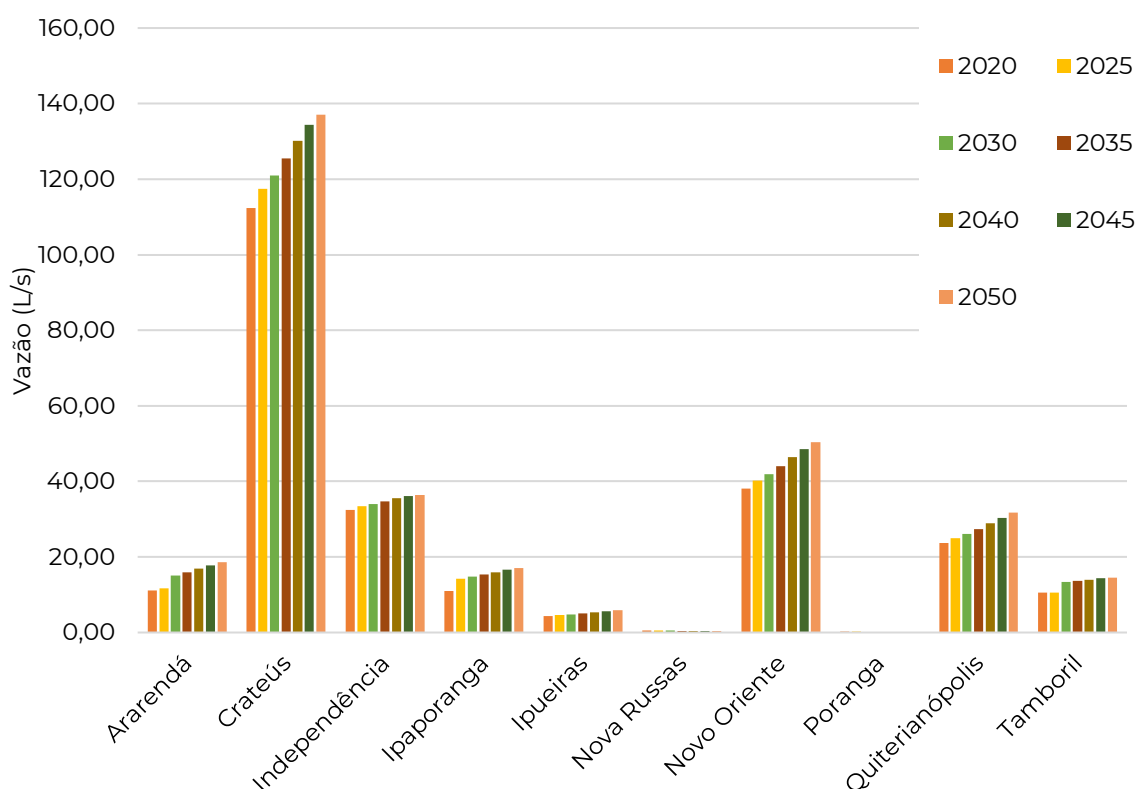
Para o Cenário III estimou-se uma demanda humana total de 312,43 L/s, um aumento efetivo de 17,00% em 30 anos, equivalente a um crescimento médio anual de 0,82% na demanda para abastecimento humano, levemente superior ao crescimento populacional.

Para tal Cenário esta prevista uma mudança de comportamento do uso da água, considerando uma diminuição per capita ao longo do horizonte de projeto.

Entretanto, têm-se uma taxa de crescimento da demanda superior à taxa de crescimento populacional (0,69%), fato este justificado pela migração da população da zona rural para a zona urbana. Em 2050 foi estimado que 75% da população da RHSC estará inserida em aglomerados urbanos, aumentando naturalmente o perfil de consumo destes habitantes.

Os resultados de crescimento populacional para o Cenário III estão apresentados na Tabela 7-9 e Figura 7-5.

Figura 7-5 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenários III.



PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

Tabela 7-7 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenário I.

Município	Demanda Urbana (L/s)							Demanda Rural (L/s)							Demanda Total (L/s)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ararendá	6,84	7,50	11,32	12,42	13,63	14,96	16,41	4,26	4,13	4,01	3,89	3,77	3,66	3,55	11,10	11,64	15,34	16,32	17,41	18,62	19,97
Crateús	98,09	104,10	110,47	117,23	124,40	132,01	140,08	14,31	13,39	12,53	11,73	10,98	10,27	9,61	112,41	117,50	123,00	128,96	135,38	142,28	149,70
Independência	21,48	22,66	23,91	25,22	26,61	28,07	29,61	10,94	10,71	10,48	10,26	10,04	9,82	9,61	32,42	33,37	34,39	35,48	36,65	37,89	39,23
Ipaporanga	5,75	9,25	10,14	11,10	12,16	13,32	14,60	5,29	5,03	4,79	4,56	4,34	4,13	3,93	11,03	14,28	14,92	15,66	16,50	17,45	18,52
Ipueiras	3,02	3,26	3,51	3,78	4,07	4,39	4,73	1,38	1,34	1,31	1,27	1,23	1,20	1,16	4,40	4,60	4,81	5,05	5,31	5,59	5,89
Nova Russas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,52	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39
Novo Oriente	28,10	30,58	33,26	36,18	39,36	42,82	46,58	9,99	9,65	9,32	9,00	8,69	8,39	8,11	38,09	40,22	42,58	45,18	48,05	51,21	54,69
Poranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15
Quiterianópolis	13,03	14,45	16,03	17,78	19,73	21,88	24,28	10,68	10,50	10,33	10,16	10,00	9,84	9,68	23,70	24,95	26,36	27,95	29,73	31,72	33,95
Tamboril	5,82	6,28	9,67	10,42	11,23	12,11	13,05	4,74	4,32	3,93	3,58	3,26	2,96	2,70	10,56	10,60	13,60	14,00	14,49	15,08	15,75
RHSC	182,13	198,09	218,31	234,15	251,20	269,57	289,35	62,3	59,8	57,4	55,1	52,9	50,8	48,9	244,44	257,85	275,66	289,21	304,10	320,41	338,24

Tabela 7-8 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenário II.

Município	Demanda Urbana (L/s)							Demanda Rural (L/s)							Demanda Total (L/s)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ararendá	6,84	7,50	11,51	12,76	14,15	15,78	17,76	4,26	4,13	4,01	3,89	3,77	3,66	3,55	11,10	11,64	15,52	16,65	17,93	19,44	21,31
Crateús	98,09	104,10	112,46	120,75	129,63	139,94	152,71	14,31	13,39	12,53	11,73	10,98	10,27	9,61	112,41	117,50	125,00	132,48	140,61	150,21	162,32
Independência	21,48	22,66	24,36	26,01	27,77	29,82	32,38	10,94	10,71	10,48	10,26	10,04	9,82	9,61	32,42	33,37	34,83	36,26	37,81	39,64	42,00
Ipaporanga	5,75	9,25	10,33	11,46	12,71	14,18	16,00	5,29	5,03	4,79	4,56	4,34	4,13	3,93	11,03	14,28	15,12	16,02	17,04	18,30	19,92
Ipueiras	3,02	3,26	3,51	3,78	4,07	4,39	4,73	1,38	1,34	1,31	1,27	1,23	1,20	1,16	4,40	4,60	4,81	5,05	5,31	5,59	5,89
Nova Russas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,52	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39
Novo Oriente	28,10	30,58	33,87	37,29	41,05	45,44	50,86	9,99	9,65	9,32	9,00	8,69	8,39	8,11	38,09	40,22	43,19	46,29	49,74	53,84	58,97
Poranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15
Quiterianópolis	13,03	14,45	16,33	18,33	20,57	23,22	26,50	10,68	10,50	10,33	10,16	10,00	9,84	9,68	23,70	24,95	26,66	28,49	30,57	33,05	36,17
Tamboril	5,82	6,28	9,84	10,73	11,71	12,84	14,23	4,74	4,32	3,93	3,58	3,26	2,96	2,70	10,56	10,60	13,77	14,31	14,96	15,80	16,93
RHSC	182,13	198,09	222,21	241,12	261,67	285,60	315,16	62,3	59,8	57,4	55,1	52,9	50,8	48,9	244,44	257,85	279,56	296,18	314,56	336,44	364,05

PROGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DOS SERTÕES DE CRATEÚS // OUTUBRO DE 2021

Tabela 7-9 - Demanda humana futura para os municípios da RHSC no Cenário III.

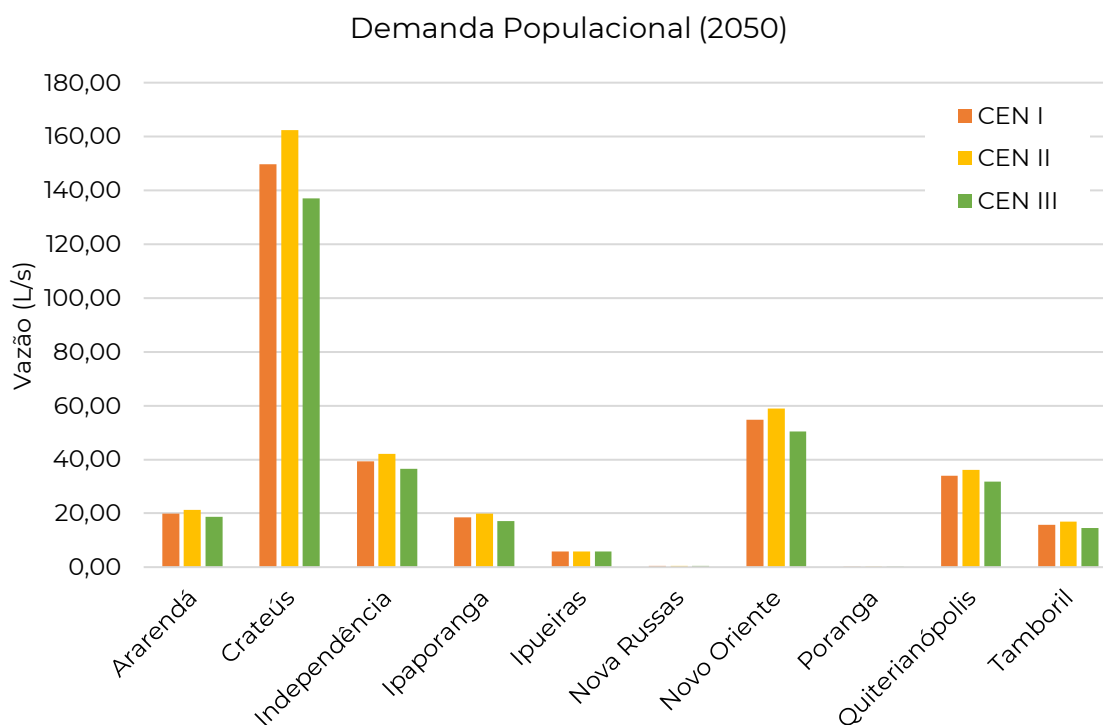
Município	Demanda Urbana (L/s)							Demanda Rural (L/s)							Demanda Total (L/s)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Ararendá	6,84	7,50	11,14	12,09	13,11	14,14	15,07	4,26	4,13	4,01	3,89	3,77	3,66	3,55	11,10	11,64	15,15	15,98	16,89	17,81	18,62
Crateús	98,09	104,10	108,48	113,71	119,17	124,07	127,46	14,31	13,39	12,53	11,73	10,98	10,27	9,61	112,41	117,50	121,01	125,43	130,14	134,35	137,07
Independência	21,48	22,66	23,46	24,44	25,45	26,32	26,85	10,94	10,71	10,48	10,26	10,04	9,82	9,61	32,42	33,37	33,94	34,69	35,48	36,14	36,46
Ipaporanga	5,75	9,25	9,94	10,75	11,62	12,47	13,20	5,29	5,03	4,79	4,56	4,34	4,13	3,93	11,03	14,28	14,73	15,31	15,95	16,60	17,12
Ipueiras	3,02	3,26	3,51	3,78	4,07	4,39	4,73	1,38	1,34	1,31	1,27	1,23	1,20	1,16	4,40	4,60	4,81	5,05	5,31	5,59	5,89
Nova Russas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39	0,52	0,49	0,47	0,45	0,43	0,41	0,39
Novo Oriente	28,10	30,58	32,65	35,08	37,68	40,20	42,30	9,99	9,65	9,32	9,00	8,69	8,39	8,11	38,09	40,22	41,97	44,08	46,37	48,59	50,41
Poranga	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15
Quiterianópolis	13,03	14,45	15,74	17,24	18,89	20,55	22,06	10,68	10,50	10,33	10,16	10,00	9,84	9,68	23,70	24,95	26,07	27,41	28,89	30,39	31,73
Tamboril	5,82	6,28	9,49	10,11	10,76	11,38	11,88	4,74	4,32	3,93	3,58	3,26	2,96	2,70	10,56	10,60	13,42	13,69	14,02	14,35	14,58
RHSC	182,13	198,09	214,42	227,18	240,74	253,53	263,53	62,3	59,8	57,4	55,1	52,9	50,8	48,9	244,44	257,85	271,77	282,25	293,64	304,37	312,43

A Tabela 7-10 e Figura 7-6 apresentam um comparativo entre os cenários prospectivos propostos, deixando claro que para todos os municípios inseridos na RHSC obteve-se sempre tendência de crescimento, sendo o Cenário II aquele com maior demanda populacional e o Cenário III com menor demanda populacional.

Tabela 7-10 Comparativo das Demandas Humanas entre cenários por Município.

Município	Demanda Urbana (L/s)			Demanda Rural (L/s)			Demanda Total (L/s)		
	CEN I	CEN II	CEN III	CEN I	CEN II	CEN III	CEN I	CEN II	CEN III
Ararendá	16,41	17,76	15,07	3,55	3,55	3,55	19,97	21,31	18,62
Crateús	140,08	152,71	127,46	9,61	9,61	9,61	149,70	162,32	137,07
Independência	29,61	32,38	26,85	9,61	9,61	9,61	39,23	42,00	36,46
Ipaporanga	14,60	16,00	13,20	3,93	3,93	3,93	18,52	19,92	17,12
Ipueiras	4,73	4,73	4,73	1,16	1,16	1,16	5,89	5,89	5,89
Nova Russas	0,00	0,00	0,00	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Novo Oriente	46,58	50,86	42,30	8,11	8,11	8,11	54,69	58,97	50,41
Poranga	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Quiterianópolis	24,28	26,50	22,06	9,68	9,68	9,68	33,95	36,17	31,73
Tamboril	13,05	14,23	11,88	2,70	2,70	2,70	15,75	16,93	14,58
RHSC	289,35	315,16	263,53	48,9	48,9	48,9	338,24	364,05	312,43

Figura 7-6 Comparativo das Demandas Humanas entre cenários por Município.



Conforme observado na Tabela 7-11, o Cenário II possui uma demanda populacional cerca de 16% superior ao Cenário III e 7,5% superior ao Cenário I.

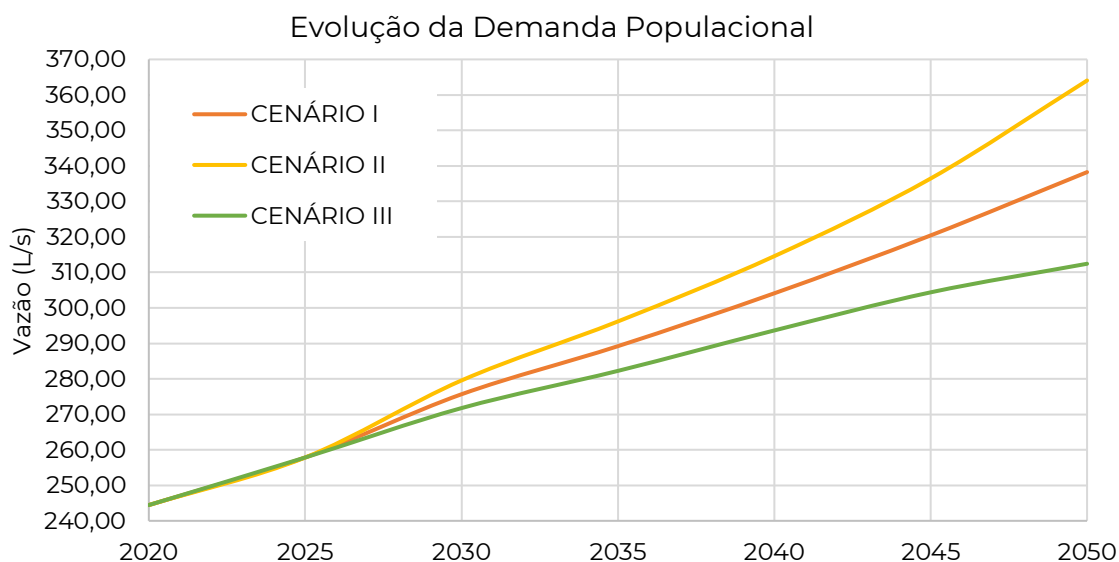
É importante destacar que a mudança de comportamento de consumo da população da RHSC ocorre a partir de 2025, conforme apresentado na Tabela 7-6, assim as demandas humanas, até esse ano de referência, permanecem as mesmas para todos os cenários.

Tabela 7-11 Comparativo das Demandas Humanas entre cenários por Município.

Cenário	Demanda Total (L/s)						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
CENÁRIO I	244,44	257,85	275,66	289,21	304,10	320,41	338,24
CENÁRIO II	244,44	257,85	279,56	296,18	314,56	336,44	364,05
CENÁRIO III	244,44	257,85	271,77	282,25	293,64	304,37	312,43

Avaliando a Figura 7-7 o Cenário I apresenta comportamento de crescimento linear, o Cenário III apresenta tendência de crescimento com tendência de estabilização a partir de 2045, enquanto o Cenário II apresenta tendência de crescimento expressiva.

Figura 7-7 Comparativo das Demandas Humanas entre cenários RHSC.



7.2.1 Incorporação do IPD na Demanda Humana

Conforme discutido anteriormente as perdas na distribuição representam um importante incremento nas demandas humanas e na RHSC são em média de 35%.

Conforme dados disponíveis no SNIS 2019 o volume de água produzido no Ceará equivale a uma demanda per capita de 241 L/hab/dia, enquanto o volume de água consumido equivale a 138L/hab/dia, representando uma eficiência de aproximadamente 60% na distribuição.

Assim, para uma efetiva estimativa dos volumes de retirada nos reservatórios da RHSC, é importante considerar o IPD para atingir valores de balanço hídrico mais próximos a realidade.

Assim, assumiu-se que no Cenário I as perdas atingem um patamar de 25% para todos os sistemas de distribuição, no Cenário II serão mantidos os IPD atuais (apresentados no capítulo 3), e no Cenário III será atingido um índice de perda de 20% para todos os sistemas.

O IPD foram aplicados apenas para a demanda urbana, visto que os sistemas de distribuição existentes estão praticamente localizados nos aglomerados urbanos na RHSC.

A Tabela 7-12 apresenta o IPD para cada cenário prospectivo.

Tabela 7-12 Índice de Perdas de Distribuição Adotados.

Município	IPD		
	Cenário I	Cenário II (Condição Atual)	Cenário III
Ararendá	25,00%	30,05%	20,00%
Crateús	25,00%	43,99%	20,00%
Independência	25,00%	27,45%	20,00%
Ipaporanga	25,00%	35,33*%	20,00%
Ipueiras	25,00%	46,98%	20,00%
Novo Oriente	25,00%	31,48%	20,00%
Quiterianópolis	25,00%	38,74%	20,00%
Tamboril	25,00%	28,59%	20,00%

* Adotado a média de perda dos demais municípios da RHSC

Conforme apresentado na Tabela 7-13 estimou-se em 410,58 L/s , 483,67 L/s e 365,13L/s a demanda humana com a incorporação da perdas de distribuição, para os cenários I, II e III, respectivamente.

Tabela 7-13 Demanda humana com Incorporação de IPD.

Município	Demanda Urbana (L/s)			Demanda Rural (L/s)			Demanda Total (L/s)		
	CEN I	CEN II	CEN III	CEN I	CEN II	CEN III	CEN I	CEN II	CEN III
Ararendá	20,52	23,09	18,08	3,55	3,55	3,55	24,07	26,65	21,64
Crateús	175,10	219,89	152,95	9,61	9,61	9,61	184,72	229,50	162,56
Independência	37,02	41,27	32,21	9,61	9,61	9,61	46,63	50,89	41,83
Ipaporanga	18,25	21,65	15,84	3,93	3,93	3,93	22,17	25,57	19,76
Ipueiras	5,91	6,95	5,67	1,16	1,16	1,16	7,07	8,11	6,84
Nova Russas	0,00	0,00	0,00	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Novo Oriente	58,23	66,88	50,76	8,11	8,11	8,11	66,33	74,98	58,87
Poranga	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Quiterianópolis	30,35	36,76	26,47	9,68	9,68	9,68	40,02	46,44	36,15
Tamboril	16,31	18,29	14,25	2,70	2,70	2,70	19,01	20,99	16,95
RHSC	361,68	434,78	316,24	48,9	48,9	48,9	410,58	483,67	365,13

7.3 Demanda da irrigação

Dentro do contexto do diagnóstico apresentado no marco “Iniciando o Diálogo”, há de se fazer algumas considerações para a determinação da demanda de irrigação projetada, a saber:

- **Perímetros Irrigados Públicos:** Na RHSC existem dois perímetros irrigados Públicos, Jaburu II e Realejo, o primeiro completamente desativado, devido ao último período de seca, e o segundo com funcionamento parcial;
- **Irrigação Dispersa:** A irrigação dispersa na bacia foi calculada com base nos dados do Censo Agropecuário no relatório “Iniciando o Diálogo” e serão mantidos;

- **Açude Fronteiras:** Incorporação de novas áreas irrigadas devido ao incremento da disponibilidade hídrica, com incrementos diferentes, a depender do cenário prospectivo.

A demanda instalada futura da irrigação foi calculada por meio da equação 1, apresentada no diagnóstico da RHSC, onde foram utilizados os mesmos parâmetros.

$$Demanda = \frac{ETP \times Kc \times A}{n} \quad (1)$$

Em que n é a eficiência de aplicação, A é a área irrigada, ETP é a evapotranspiração e Kc é o coeficiente de cultura.

Com relação a eficiência de uso foi utilizada a mesma prevista no diagnóstico, conforme apresentado na Tabela 7-1, para todos os cenários, visto que a irrigação na RHSC já é em sua maioria de precisão e com altos índices de eficiência.

Devido às dificuldades de se estimar quais as culturas futuras serão cultivadas na RH, visto que haverá um incremento significativo de novas áreas irrigadas devido à implementação do açude Fronteiras, adotou-se que a demanda para irrigação, calculada com base na Equação 1, será constante por hectare (há) produzido e igual a 20.000 m³/ha/ano, equivalente à demanda média por hectare (ha) da RHSC, calculada no diagnóstico.

Assim, a diferença das demandas entre os cenários prospectivos será proveniente da área à ser irrigada, e não relativo a cultura ou método de aplicação.

7.3.1 Perímetros Irrigados Públicos

No diagnóstico foram levadas em consideração apenas as áreas irrigadas disponíveis no Censo Agropecuário, que leva em consideração apenas as

áreas irrigadas naquele ano, podendo haver uma demanda ociosa associada aos perímetros públicos sem operação, devido as secas da região.

- **Perímetro Jaburu II**

O perímetro irrigado Jaburu II localizado a jusante do reservatório de mesmo nome, ao longo do Riacho Meio, encontra-se desativado, entretanto, durante as reuniões junto ao CBHSC há uma expectativa da retomada de sua operação quando haja segurança hídrica suficiente.

O perímetro Jaburu II possui uma área total de 110 ha , sendo 85 ha de área irrigada com infraestrutura instalada.

Os métodos de aplicação disponíveis no perímetro são aspersão e gravidade, os lotes funcionam de forma independente e são alimentados por um conjunto de eletrobomba instalado nas margens do Riacho do Meio.

Assim para os Cenário II, não há previsão de reativação do perímetro Jaburu II, já para os Cenários I e III será considerado o funcionamento pleno do perímetro com 85 ha de área Irrigada.

- **Perímetro Realejo**

O perímetro irrigado Realejo possui 400 ha de área, com infraestrutura hídrica em toda sua extensão e dividido em duas etapas: 1ª etapa com 150 ha e 2ª etapa com 250 ha, ambas abastecidas pelo Açude Realejo.

A irrigação é feita por meio de pivôs centrais, sendo dois pivôs com área irrigada de 75 ha, localizados na margem esquerda do reservatório (1ª etapa), e 4 pivôs com área de 62,5 ha, localizados na margem direita do reservatório (2ª etapa).

Conforme dados fornecidos nas reuniões junto ao CBHSC atualmente o perímetro conta com um Pivô (75 ha) em operação, com perspectivas consistentes de implantação do segundo Pivô (75ha), ambos localizados na 1ª etapa do perímetro.



Com base nessas informações adotou-se para o Cenário I um incremento de 75 ha à área irrigada existente, somando 150 há de área irrigada no perímetro Realejo.

Para o Cenário II considerou-se uma manutenção da área irrigada atual do perímetro, totalizando 75 ha de área irrigada e para o Cenário III adotou-se a retomada total do perímetro, 400 ha de área irrigada.

7.3.2 Irrigação Dispersa

No Volume Diagnóstico deste Plano de Bacias estimou-se em 1.557 ha a área irrigada em 2020 na RHSC.

O perímetro Jaburu II está localizado nos municípios de Independência e Crateús. No volume diagnóstico foi estimada uma área irrigada de 947 ha para esses municípios.

Como foram considerados os Censos Agropecuários de 2006 e 2017, entende-se que tal perímetro foi incorporado no cálculo da demanda instalada de irrigação no Volume Diagnóstico, assim será descontado uma área de 85 ha, nos municípios de Crateús e Independência, para a determinação da área de irrigação dispersa na RHSC.

Com relação ao perímetro Irrigado Realejo localizado em Crateús, também foram incorporados os 75 ha de área irrigada em operação no Perímetro Realejo, a serem descontados no valor total da área irrigada no diagnóstico da RHSC.

Assim, estimou-se que a irrigação dispersa instalada na RHSC é de 1.397 hectares (há).

Assim foi adotado que a irrigação dispersa permanecerá a mesma nos Cenários I e III (1397 hectares), tais cenários prevêm o aumento da área irrigada na RHSC. Entretanto, considerou-se que este aumento será proveniente dos incrementos de novos perímetros públicos e da retomada de perímetros desativados.

Já para o Cenário II, que prevê uma diminuição na área irrigada, considerou-se uma redução de 35% na área irrigada dispersa na RHSC, totalizando 908 ha de irrigação dispersa no cenário II.

7.3.3 Demanda total para irrigação

Assim foi estimado em 4.100 ha a área irrigada para o Cenário I, 4.711 ha para o Cenário II e 6.086 ha para o Cenário III, ou seja um elevado

incremento de área irrigada para todos os cenários quando comparados ao cenário de partida (Diagnóstico).

Entretanto, ao se retirar o incremento de área irrigada devido ao açude Fronteiras, tem-se que o Cenário I apresenta 1632 ha, incremento de 5% comparado ao Cenário de partida, o Cenário II apresenta 1032 ha, redução de 34%, e o Cenário III uma área de 1882 ha, aumento de 21 %.

Os resultados são compatíveis com as premissas de cenarização propostas anteriormente.

Tabela 7-14 Áreas Irrigadas estimadas para os cenários prospectivos.

Infraestrutura	Área Irrigada (ha)			
	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário de Partida
Açude Fronteiras	3.679	2.468	4.204	-
Perímetros Públicos Existentes	235	75	485	160
Irrigação Dispersa	1.397	957	1.397	1.397
Total	5.311	3.500	6.086	1.557

Com base no exposto anteriormente foi estimada em 2,60 m³/s, 2,99 m³/s, e 3,86 m³/s, a demanda para irrigação para os Cenários I, II e III, para o final do horizonte de projeto (2050).

A Tabela 7-15 apresenta os valores estimados para demanda de irrigação, divididos por, demanda incremental devido ao Açude Fronteiras, demanda de Perímetros Públicos existentes, e demanda para irrigação dispersa.

Tabela 7-15 Demanda para Irrigação estimadas para os cenários prospectivos.

Infraestrutura	Demanda para Irrigação (m ³ /s)			
	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário de Partida
Açude Fronteiras	2,33	1,56	2,67	-
Perímetros Públicos Existentes	0,15	0,05	0,31	0,10
Irrigação Dispersa	0,89	0,61	0,89	0,89
Total	3,36	2,22	3,86	0,99

7.4 Demanda da Pecuária

Para o cálculo de demanda de Pecuária foram utilizados os dados referentes à série histórica retirados da Pesquisa de Pecuária Municipal (PPM, 2020). Foram avaliados os dados entre os anos de 2000 e 2020.

Conforme pode ser observado no Quadro 5 há uma variação irregular para todos os tipos de rebanho na RHSC, havendo períodos com decréscimo acentuado e períodos com elevado incremento de rebanhos.



Tais aumentos e decaimentos de rebanhos podem estar ligados diretamente à disponibilidade hídrica na Região Hidrográfica que possui alta variabilidade climática, com elevados períodos de estiagem.

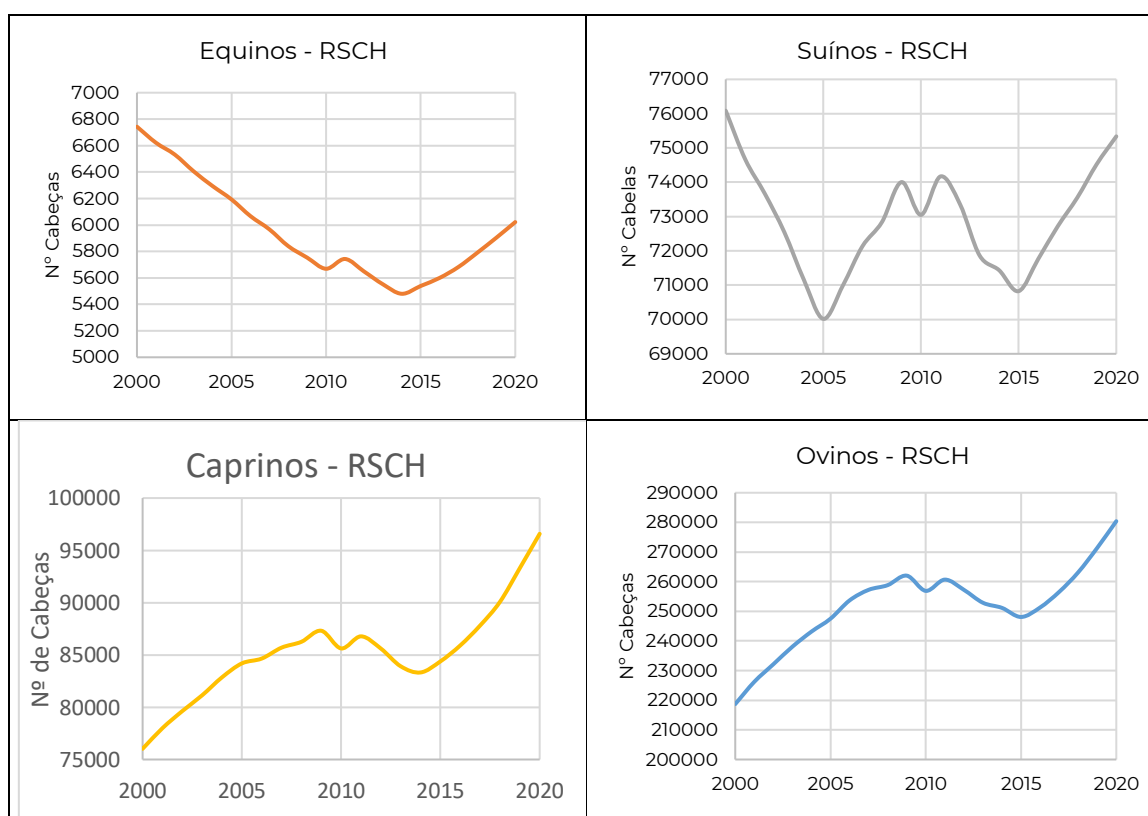
Analizando os Gráficos nota-se uma tendência de crescimento de todos os rebanhos desde 2017, e que apesar das secas extremas que a região

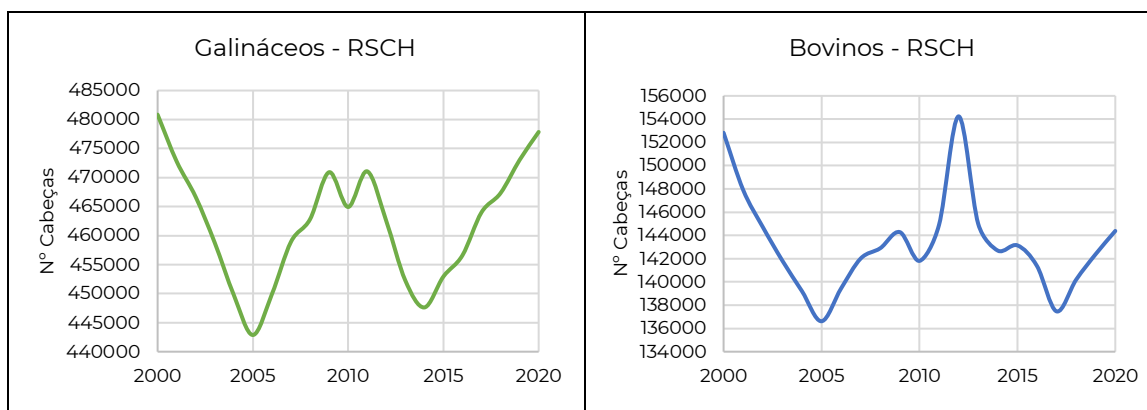
passa, os mínimos se equivalem para diferentes anos, indicando um piso mínimo para a criação de rebanhos.

Assim para os cenários que prevêem uma redução dos rebanhos, considerou-se o menor valor da série histórica, para cada tipo de rebanho, Cenários I e III.

Já para o Cenário II considerou-se a mesma quantidade de rebanhos adotada no diagnóstico, referente ao ano de 2020.

Quadro 5 - Série Histórica de Rebanhos na RHSC.





A Figura 7-8 apresenta o efetivo de rebanhos por categoria e a demanda por tipo de rebanho, para cada cenário prospectivo.

Para os Cenários I e III foi estimada uma demanda de 168,83 L/s igual ao apresentado no diagnóstico, enquanto que o Cenário II que prevê uma redução dos rebanhos foi estimada em 155,07 L/s.

Nota-se que não há diferença significativa da demanda entre os diferentes cenários, isso ocorre pois os valores mínimos da série histórica estão no máximo 20% abaixo do ano com maior quantidade de cabeças, indicando alta resiliência à seca por parte dos criadores da RHSC.

Figura 7-8 Efetivo de Rebanhos por Cenário.

Município	Numero de Cabeças			Demanda (L/s)		
	CEN I	CEN II	CEN III	CEN I	CEN II	CEN III
Bovinos (Corte)	115.939	111.172	115.939	67,09	64,34	67,09
Bovinos (Leite)	26.537	25.446	26.537	39,16	37,55	39,16
Suínos	74.791	70.018	74.791	16,19	15,15	16,19
Caprinos/Ovinos	364.445	294.733	364.445	42,18	34,11	42,18
Galináceos	472.680	442.876	472.680	1,48	1,38	1,48
Equinos	5.903	5.480	5.903	2,73	2,54	2,73
RHSC	1.060.295	949.725	1.060.295	168,83	155,07	168,83

7.5 Resumo das demandas calculadas

A depender do Cenário prospectivo avaliado, as demandas na RHSC variaram entre 3,184 m³/s (Cenário I) e 4,398 m³/s (Cenário III), conforme apresentado na Tabela 7-16.

O incremento de demanda significativa cerca de 2,5 vezes superior, quando comparada ao cenário de partida é devido a incorporação do Açude Fronteiras na RH em todos os Cenários, impactando de forma drástica a realidade hídrica da Região Hidrográfica.

Tabela 7-16 Resumo das Demandas por Cenário Prospectivo.

Tipo de Uso	Demanda (m³/s)			
	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário de Partida (Diagnóstico)
Abastecimento Humano	0,411	0,484	0,365	0,319
Indústria	0,001	0,001	0,001	0,001
Irrigação	3,368	2,219	3,860	0,915
Dessedentação Animal	0,169	0,155	0,169	0,169
Mineração	0,001	0,001	0,001	0,001
Demais Usos	0,002	0,002	0,002	0,002
Demais Usos (Fronteiras)	0,820	0,550	0,930	
Total	4,772	3,412	5,238	1,407

7.6 Balanço Hídrico

A disponibilidade hídrica futura foi representada pela vazão regularizada com 90% de garantia (Q_{90}), que foi calculada com base nas vazões afluentes futuras dos modelos FGOALS-g3, MIROC6 e MRI-ESM2-0, apresentados anteriormente (capítulo 5).

A utilização dos modelos climáticos nos três cenários prospectivos impõe que a mudança do clima é possível de ocorrer em qualquer futuro e, ela gerará efeito sobre a severidade e duração dos eventos extremos.

Conforme apresentado na Tabela 7-17 ambos os cenários prospectivos indicam um saldo no balanço hídrico, mesmo em cenários de mudanças climáticas.

Esse saldo hídrico é proveniente majoritariamente devido à implantação do açude Fronteiras, que tem enorme potencial para reduzir a variabilidade da Região Hidrográfica frente às secas, e vem a ser a principal estrutura hídrica na RHSC quando finalizada.

Este é um bom indicativo, que o Governo do Estado do Ceará, junto a Secretaria dos Recursos Hídricos e seus órgãos, vêm tomando medidas assertivas na RHSC, em todos os eixos aqui estudados, para diminuir a vulnerabilidade da RH às secas.

Tabela 7-17 – Balanço hídrico futuro da RHC.

Balanço hídrico futuro	Cenário I	Cenário II	Cenário III
Disponibilidade futura (m ³ /s)	5,92	4,27	6,63
Demanda futura (m ³ /s)	4,77	3,41	5,33
Saldo (m³/s)	1,15	0,86	1,30

8 BIBLIOGRAFIAS

ALVES, E.; SOUZA G. S.; MARRA, R. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. Revista de Política Agrícola, v.20, p. 80-88, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/910778>. Acesso 11 de agosto de 2019.

ANA [AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS]. A Questão da Água no Nordeste / Centro de Gestão e Estudos. Estratégicos, Agência Nacional de Águas. – Brasília, DF: CGEE, 2012.

BOURDIEU, Pierre. Razões Práticas: Sobre a teoria da ação. 9 ed. Campinas: Papirus, 2008.

BRANDALISE, L. T., ROJO, C. A., DA MATA, D. M., & DE SOUZA, A. F. Simulação de cenários e formulação de estratégias competitivas: o caso do atacado liderança. Revista Gestão & Tecnologia, v. 12, n. 3, p. 223-257, 2012.

BRASIL. Presidência da República. Decreto 10.588, de 24 de dezembro de 2020. Dispõe sobre o apoio técnico e financeiro de que trata o art. 13 da Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, sobre a alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com recursos da União ou geridos ou operados por órgãos ou entidades da União de que trata o art. 50 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União. Brasília, 24 de dezembro de 2020.

_____. BRASIL. Presidência da República. Lei 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Diário Oficial da União. Brasília, 05 de janeiro de 2007.

CAMPOS, R. T.; GOMES, R. K. G.; CAMPOS, K. C. A crise da água no setor agrícola do Ceará: a busca de solução por meio de sistemas de dessalinização. Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural - SOBER, 42, 2004, Cuiabá - MT. Anais... Brasília: SOBER, n. 42. p. 1-13, 2004.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. Caderno regional da bacia do Curu / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia

Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 2009.

_____. CEARÁ. Assembleia Legislativa. Pacto Pelo Saneamento Básico. Ninguém fica para trás. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. Cenário atual do saneamento básico no Ceará [livro eletrônico]. – Fortaleza: Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, INESP, 2021.

_____. CEARÁ. Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará. Ceará: SRH, 2018.

CGEE - CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. 2016. Disponível em: <<https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/DesertificacaoWeb.pdf>>.

COGERH. Relatório Anual de Segurança de Barragens 2020. SRH: Companhia de Gestão e Recursos Hídricos - Cogeh, 2021.

CRIMINISI, A.; FONTANAZZA, C.M.; FRENI, G.; LA LOGGIA, G. (2009). Evaluation of the apparent losses caused by water meter underregistration in intermittent water supply. Water Science and Technology, v. 60, (9), 2373-2382. <https://doi.org/10.2166/wst.2009.423>.

CYSNE, A. P.; STUDART, T. M. de C.; LUNA, R. M. Vulnerabilidade de reservatórios superficiais às mudanças climáticas: o caso de rios com deflúvios anuais de alta variabilidade. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 33, n. 2, p. 133-144, dez. 2012.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. 2018.

FURLAN, M.; MOROZINI, J. F. Métodos de prospecção de cenários e sua aplicação nas cooperativas agroindustriais do Paraná. Anais...Gramado: 8º Congresso IFBAE, 2015.

GIVISIEZ, GHN. Introdução a métodos de estimativas e interpolação populacionais. In: Riani JLR, Rios-Neto ELG (Org.). Introdução à Demografia da Educação. Campinas: ABEP; 2004. p. 45-70.

GODET, M.; DURANCE, P. A prospectiva estratégica. Para as empresas e territórios. DUNOD. 180p. 2011.

GODET, Michel. Manual de prospectiva estratégica: da antecipação a ação. Lisboa: Dom Quichote, 1993.

GOHN, Maria da Glória. conselhos gestores e participação sociopolítica. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2011.

HORODESKY, A. Balanço de nutrientes e qualidade da água em pisciculturas de tanque-rede com regime intensivo de produção. 2021.

IBGE [INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA]. Contagem da População 1996. Rio de Janeiro: IBGE, 1997.

_____. IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa da Pecuária Municipal. 2019. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>. Acesso em 20 ago. 2021.

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change]. Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf >. Acesso em: 22 ago. 2021.

_____. IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change]. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf> . Acesso em: 22 ago. 2021.

IPECE [INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ]. Agropecuária e extração vegetal. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/paineldinamico.xhtml>. Acesso em: 19 ago. 2021.

_____. IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica. Enfoque econômico: Algumas Reflexões Sobre a Agropecuária do Ceará. Nº 105. Fortaleza. 2014.

LOPES, J. C.; BRAGA, Jr. B. F.; CONEJO, J. L. Simulação Hidrológica: Aplicações de um modelo simplificado. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS 1981, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza 1981 p. 42–62.

MARCIAL, E. C. Análise estratégica: estudos de futuro no contexto da inteligência competitiva. Brasília: Thesaurus, 2011.

MARCIAL, E. C., GRUMBACH, R. J. S. Cenários Prospectivos: Como construir um futuro melhor. 5 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2008.

MARENGO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias Estratégicas*, v.27, p.149-75, 2008.

MARTINS, E. S. P. Water Resources Planning and Adaptation to Climate Variability and Climate Change in Selected River Basins in Northeast Brazil. World Bank: Non Lending Technical Assistance (NLTA), 2012.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Documento Base: Programa Água Doce. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Ministério do Meio Ambiente. Governo Federal. Brasília, 2012.

NASCIMENTO, E. P., NEVES, M. J. M., & CHRISTOFIDIS, D. Prospecção no universo das águas: a experiência da construção de cenários no plano nacional de recursos hídricos no Brasil, 2005-2006. *Geosul*, v. 25, n. 49, p. 27-62, 2010.

PACCHIN, E.; ALVISI, S.; FRANCHINI, M. A Short-Term Water Demand Forecasting Model Using a Moving Window on Previously Observed Data. *Water*, v. 9, n. 3, p. 172, 28 fev. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w9030172>.

PEREIRA, S.A.; LOUREIRO, L.D.; MARTINS, F.R.G.S.P.; SANTOS, A.C.O. dos; TUBINO, D.F. Estudo comparativo entre modelos de previsão de demanda: ensaio em um produto classe a de uma empresa de perfumes e cosméticos. In: XXVI ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza/CE: 9 a 11 de outubro de 2006.

Projections of Indian rainfall and temperature in climate change studies. In: International Conference on Environmental and Computer Science, 4, 2011, Singapore. *Proceedings...* Singapore: IPCBEE, 2011, p. 7–11.

RAEDER, Savio. CICLO DE POLÍTICAS: uma abordagem integradora dos modelos para análise de políticas públicas. *Perspectivas em Políticas Públicas*, Belo Horizonte, v. VII, ed. 13, p. 121-146, jan/jun 2014. Disponível em:

<https://revista.uemg.br/index.php/revistappp/article/download/856/550>. Acesso em: 22 ago. 2021.

RIGOTTO, R. M. et al. Trends of chronic health effects associated to pesticide use in fruit farming regions in the state of Ceará, Brazil. *Revista Brasileira de Epidemiologia* [online]. 2013, v. 16, n. 03 [Acessado 24 Agosto 2021], pp. 763-773. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415->

790X2013000300019>. ISSN 1980-5497. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000300019>.

SALVI, K.; KANNAN, S.; GHOSH, S. Statistical downscaling and bias-correction for

SCHWARTZ, Peter. A arte da visão de longo prazo: planejando o futuro em um mundo de incertezas. São Paulo: Best Seller, 2000.

SHARMA, D.; BABEL, M. S. Assessing hydrological impacts of climate change using biascorrected downscaled precipitation in Mae Klong basin of Thailand. *Meteorological Applications*, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 384–393, 2018. DOI: 10.1002/met.1706.

SILVA, C. A. V. Prospective scenarios for regional development in Bolivar, Colombia: Great Vision study 2014-2064. *Urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana* 10 (3), 521-557. 2018. doi: 10.1590/2175-3369.010.003. AO04.

SIMONATO, Adriano Luís; GALLO, Kenia Cristina. Aplicação de modelagem no crescimento populacional brasileiro, p. 431 a p. 445. São Paulo -SP, 2007.

SOARES, R.B.; DA SILVA, S.M.O; DE SOUZA FILHO, F.D.A; DE LIMA PAIVA, W. Macroeconomic Accounting of Water Resources: Na Input-Output Approach to Linkage Analysis and Impact Indicators Applied to the State of Ceará, Brazil. *Water* 2021, 13, 869. <https://doi.org/10.3390/w13060869>

SOUSA, C. S. G. D. Cenários prospectivos da produção do biodiesel no Brasil em 2020. João Pessoa, Paraíba, 2013.

SOUZA FILHO, F. A., et al. Diagnóstico da Alocação de água no Ceará. Relatório: Projeto Alocar. 2021.

TARDELLI FILHO, J. (2016). Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. *Revista DAE*, v. 64, (201), 6-20.

THORNTON, J.; STURM, R.; KUNKEL, G. (2008). *Water Loss Control*. 2nd Edition, McGraw-Hill, 650 pp.

TSUTIYA, Milton T. Abastecimento de Água. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 3^a Edição, 2006

YU, T.; ZHANG, X.; LIMA NETO, I. E.; ZHANG, T.; SHAO, Y.; MIAOMIAO, Y., 2019. Impact of Orifice-to-Pipe Diameter Ratio on Leakage Flow: An Experimental Study. *Water*, 11 (10), 2189. <https://doi.org/10.3390/w11102189>

ANEXOS

ANEXO A – PARTICIPANTES DA OFICINA DE SEMENTES DE FUTURO NA RHSC – 22/09/2012

Diretoria do CBHSC

- Associação dos Usuários de Água do açude Carnaubal – ASSUSA – Teobaldo Marques – Secretário Adjunto

Câmara Técnica do Plano de Recursos Hídricos do CBHSC

- Associação Caatinga – Gilson Miranda e Olavo Vieira
- Secretaria de Meio Ambiente – SEMA – Tatianna Angelo
- Universidade Federal do Ceará – UFC campus Crateús – Alan Michell
- Instituto Federal do Ceará – IFCE – Jorge Felix
- Sistema Integrado de Saneamento Rural – SISAR – Sônia Mourão

Instituições membros do CBHSC que podem contribuir com a discussão

- Cáritas Diocesana de Crateús - CDC – Marciel Melo
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará – EMATERCE – Edivaldo Costa
- Secretaria dos Recursos Hídricos – SRH – Inês Prata
- Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE – Isaias

Demais instituições da Região Hidrográfica que não são membros do CBHSC

- Associação dos Agricultores e Ovinocaprinocultores da Região do Distrito de Irapuá – ASSOCRI – Lourenço Torres

- Usuários da Região Hidrográfica dos Sertões de Crateús que não são membros do CBHSC
- Beckman Sementes – Beckman Filho e Beckman Pai (irrigante do açude Realejo)

Gerência Regional de Crateús

- Rodrigues Júnior
- Nayara Carvalho
- Edna Nascimento

COGERH/Fortaleza

- Elano Joca
- Ubirajara Patrício
- Clarie Anne
- Mateus Perdigão
- Edecarlos Rulim
- Davi Martins
- Micaella Rodrigues
- Assessoria da Presidência

UFC/FUNCAP

- Ticiane Studart
- Sandra Aquino
- Vizangela Mendes
- Gamarra Kelson
- Lucas Falcão
- Samiria Oliveira
- Renata Luna
- Thales Rocha