



Estudos de Análise de Consistência de Dados Fluviométricos de

Estações de Monitoramento da ANA em Operação

nas Bacias Hidrográficas Seleccionadas

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Jair Bolsonaro
Presidente da República

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR)

Rogério Simonetti Marinho
Ministro

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA)

Diretoria Colegiada
Christianne Dias Ferreira (Diretora-Presidente)
Ricardo Medeiros de Andrade
Oscar Cordeiro de Moraes Netto
Marcelo Cruz
Rodrigo Flecha Ferreira Alves (Diretor-Substituto)

Secretaria Geral (SGE)
Rogério de Abreu Menescal

Procuradoria-Federal (PF/ANA)
Luis Carlos Martins Alves Junior

Corregedoria (COR)
Maurício Abijaodi Lopes de Vasconcellos

Auditoria Interna (AUD)
Eliomar Ayres da Fonseca Rios

Chefia de Gabinete (GAB)
Thiago Serrat

Gerência Geral de Estratégia (GGES)
Nazareno Marques de Araújo

Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR)
Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica Nacional (SGH)
Marcelo Jorge Medeiros

Superintendência de Tecnologia da Informação (STI)
Sérgio Augusto Barbosa

Superintendência de Apoio ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SAS)
Humberto Cardoso Gonçalves

Superintendência de Implementação de Programas e Projetos (SIP)
Tibério Magalhães Pinheiro

Superintendência de Regulação (SRE)
Rodrigo Flecha Ferreira Alves

Superintendência de Operações e Eventos Críticos (SOE)
Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho

Superintendência de Fiscalização (SFI)
Alan Vaz Lopes

Superintendência de Administração, Finanças e Gestão de Pessoas (SAF)
Luís André Muniz

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO
MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Estudos de Análise de Consistência de Dados Fluviométricos de

Estações de Monitoramento da ANA em Operação

nas Bacias Hidrográficas Seleccionadas

Brasília-DF
ANA
2020

COMITÊ DE EDITORAÇÃO

Diretor

Ricardo Medeiros de Andrade

Superintendentes

Humberto Cardoso Gonçalves

Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Secretário Executivo

Rogério de Abreu Menescal

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO

Equipe técnica

Marcelo Jorge Medeiros

Eurides de Oliveira

Walszon Terllizzie Araújo Lopes

Gabriel Meldau Lemos

Ivan Laertes Fett Laydner

João Augusto de Pessôa

Jorge Augusto Pimentel Filho

Maria Célia Alencar Machado da Silva

Rita de Cássia Cerqueira Condé de Piscoya

Rafael de Araújo Mendes

EQUIPE EDITORIAL

Supervisão editorial

Walszon Terllizzie Araújo Lopes

Gabriel Meldau Lemos

Andréia Pedroso

Karine Krunn

Revisão dos originais

Candice Schaufert Garcia

Laertes Munhoz da Cunha

Projeto gráfico e diagramação

Lucas Andrade

Capa e revisão gráfica

Vanessa da Silva

Fotografias

Banco de Imagens ANA

Produção

Agência Nacional de Águas e

Saneamento Básico

Catálogo na fonte: CEDOC/Biblioteca

A265e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil).
Estudos de análise de consistência de dados fluviométricos de
estações de monitoramento da ANA em operação nas bacias
hidrográficas selecionadas / Agência Nacional de Águas e
Saneamento Básico. – 1. ed. – Brasília : ANA, 2020.
64 p. il.

ISBN 978-65-88101-08-7

1. Estações Fluviométricas. 2. Vazão - Medição.
3. Bacias Hidrográficas. I. Título

CDU 556.53.08

As ilustrações, tabelas e gráficos sem indicação de fonte foram
elaborados pela ANA.

Informações, críticas, sugestões, correções de dados: cedoc@ana.gov.br.
Disponível também em: <https://www.ana.gov.br/>

Todos os direitos reservados

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos
nesta publicação, desde que citada a fonte.

CONSÓRCIO RHA ÁGUA E SOLO

Coordenação Geral

Candice Schauffert Garcia

Coordenação Técnica e Executiva

Andréia Pedroso

Candice Schauffert Garcia

Laertes Munhoz da Cunha

Márian da Costa Rohn

Rodrigo Marcos de Souza

Equipe Técnica

Camila Ebberts Fabiani Giantomaso

Cristiane Lourencetti Burmester

João Lucas Ponciano

Karine Krunn

Kássia Regina Bazzo

Livia Assunção Taborda

Mariana Garcia da Costa de Almeida

Natan Dezanet Ricci Szatkowski

Orides Wladislau Golyjeswski

Paula Wessling da Silva

Equipe de Apoio

Alceu Correa

Alex Jhonny Simplício

Alícia Camila de Oliveira Prux

Anne Caroline Negrão

Artur Cerveira Bertone

Bruna Daniela de Araújo Taveira

Cassiano Bastos Moroz

César Augusto Crovador Siefert

Daniel Ribeiro Lange

Daniele Felix

Elisa de Melo Kich

Elisa Stefan

Felipe Pereira Diniz

Fernando Fagundes

Fernando H. S. Marangon

Gilson B. Schultz

Gustavo de Carvalho Hulyk

Isabela Raquel Ramos Iensen

Karen Estefania Moura Bueno

Karina Thomé Ramalho

Lucas Rangel Martins

Luciana Zabrocki Borges

Marcelo Hung

Manoella de Souza Soares

Marcia Cristina Kruppa

Marcos Andriolo

Mikael Oliveira N. da Silva

Rodrigo B. Osternack

Consultores

Alexandre A. Mees Alves

Eloy Kavisky

Heinz Dieter Oskar August Fill

Homero Buba

Irani dos Santos

Maurício Dambrós Melati

Estagiários

Gabriel Leitoles

Otávio Maruyama Wogel



1

APRESENTAÇÃO

7

2

ABRANGÊNCIA E BASE DE DADOS DO PROJETO DE CONSISTÊNCIA FLUVIOMÉTRICA

2.1 Base de dados

11

2.2 Descrição das Regiões Hidrográficas

11

3

MÉTODOS

3.1 Método de consistência de dados fluviométricos

38

3.1.1 Coleta e organização de dados e informações

39

3.1.2 Informações da bacia hidrográfica

39

3.1.3 Método para análise de cotas

39

3.1.4 Método para análise de perfis transversais

40

3.1.5 Método para análise de medições de descarga

41

3.1.6 Método para análise de curvas de descarga

43

3.1.7 Método para análise regional de cotas e vazões

45

3.2 Método para o preenchimento de falhas

47

3.2.1 Escala diária

48

3.2.2 Escala mensal

48

3.3 Método para a qualificação das séries fluviométricas

48

3.3.1 Critério e definição do conceito de qualidade

49



4

FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

—————	51
4.1 Sistema para gerenciamento de dados hidrológicos – Hidro	51
4.2 Sistema para análise de dados hidrológicos – SiADH	51
4.3 Sistema para visualização de fichas de campo	52
4.4 Ferramentas para automatização de procedimentos	52

5

RESULTADOS DA QUALIFICAÇÃO

—————	53
-------	----

6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

—————	55
-------	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

—————	62
-------	----



SUMÁRIO



Salto Ipiranga - PR
Ricardo Zig Koch /Banco de Imagens ANA

APRESENTAÇÃO

A água é um bem finito e dotado de valor econômico. Este entendimento impacta na política de gestão dos recursos hídricos do país, que coloca a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) como a entidade federal responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e pela coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. No processo de gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos, a ANA é o órgão responsável por regular o acesso à água, promovendo seu uso sustentável em benefício das atuais e futuras gerações. Nesse sentido, atendendo às suas prerrogativas, busca disponibilizar à toda comunidade técnica e a todos os demais interessados, séries hidrológicas consistentes, de modo a contribuir para a melhoria da qualidade dos estudos e projetos, baseados na disponibilidade hídrica, distribuída pelas bacias hidrográficas que compõem o território nacional.

O Brasil é um país privilegiado quanto ao potencial de disponibilidade hídrica, no entanto a ocorrência da água se dá de maneira diversa, tanto no tempo, como no espaço. A maior confiabilidade no estudo de eventos extremos, sejam cheias ou estiagens, contribui para a tomada de decisões, cada vez mais consoantes com a realidade física, caracterizada pelo regime hidrológico regional. O conhecimento mais aprimorado da variabilidade temporal e espacial dos recursos hídricos permite otimizar o desempenho das estruturas hidráulicas, bem como minimizar os custos envolvidos. Em suma, cabe à ANA conceber e gerenciar bases de dados sobre recursos hídricos e bacias hidrográficas, promovendo o desenvolvimento nacional, ciente de que a água é vital à vida, seja pelo consumo humano, seja pela sua presença em grande parte dos processos produtivos.

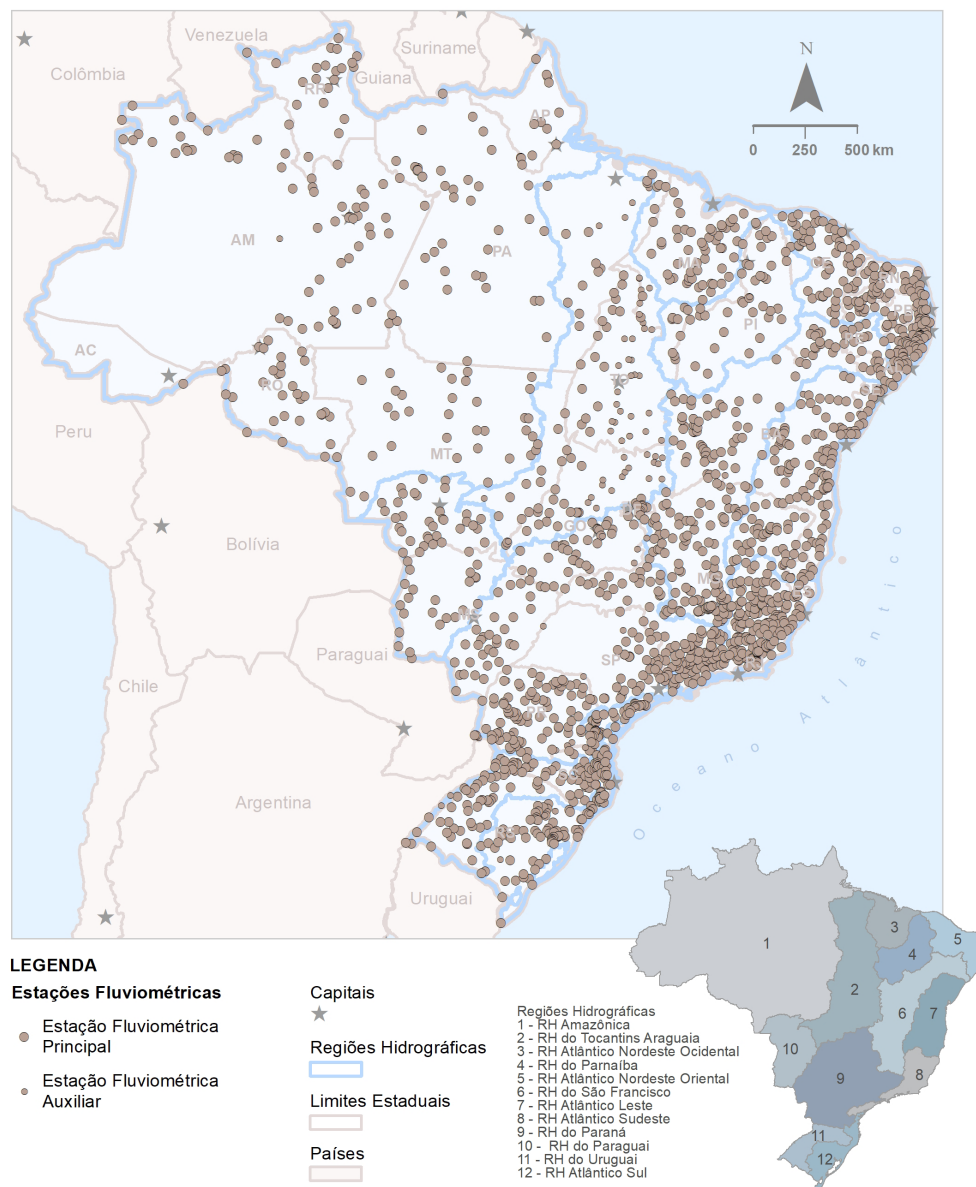
O projeto “Análise de Consistência de Dados Fluviométricos de Estações de Monitoramento da ANA em Operação”, relativo ao Contrato nº 010/ANA/2015, objetiva corroborar com o processo de gestão dos recursos hídricos no país, tendo em vista as suas competências e responsabilidades regulamentadas em lei. Nesse sentido, o projeto tem dentre as suas diretrizes, a consideração de estudos anteriores já realizados, tais como aqueles contratados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 1999, pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) entre 2002 e 2012, pela ANA em 2009, além daqueles realizados pelas empresas operadoras da rede hidrometeorológica.

A Figura 1 a seguir apresenta as estações fluviométricas trabalhadas no escopo deste projeto e o número de anos consistidos, conferindo uma ideia do esforço empreendido.



Rio Xingu (PA)
Rui Faquini / Banco
de Imagens ANA

REDE DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS CONSISTIDAS NO PROJETO



CONSISTÊNCIA DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS

RH	Região Hidrográfica	Número de estações com período medido em anos*			
		> 30 anos	20 a 30 anos	10 a 20 anos	< 10 anos
1	RH Amazônica	122	21	30	33
2	RH do Tocantins-Araguaia	79	11	18	6
3	RH Atlântico Nordeste Ocidental	38	3	17	0
4	RH do Parnaíba	24	1	22	3
5	RH Atlântico Nordeste Oriental	82	20	62	30
6	RH do São Francisco	151	5	36	22
7	RH Atlântico Leste	117	9	21	11
8	RH Atlântico Sudeste	174	13	10	10
9	RH do Paraná	226	22	35	15
10	RH do Paraguai	54	4	2	1
11	RH do Uruguai	72	1	6	2
12	RH Atlântico Sul	100	18	8	7
Total		1239	128	267	140

*Estações apenas com dados de vazão

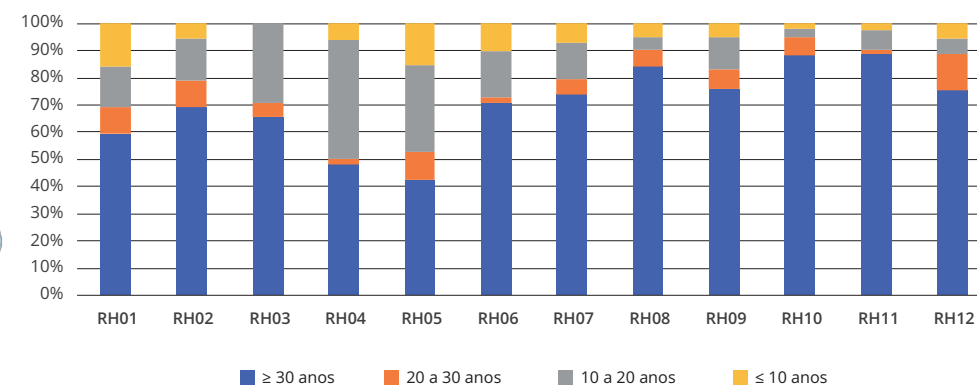


FIGURA 1 – CONSISTÊNCIA DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS

1 INTRODUÇÃO

O presente projeto objetivou a análise de consistência de dados fluviométricos de estações de monitoramento da ANA em operação, conforme Contrato nº 010/ANA/2015. A área de abrangência do estudo estendeu-se pelas 12 Regiões Hidrográficas brasileiras, contemplando séries diárias de 1779 estações fluviométricas, no período compreendido desde o início de operação de cada estação, até a data limite de 31/12/2014.

Conforme definição pela Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 15 de outubro de 2003, foi instituído o uso de Regiões Hidrográficas como unidade de análise a fim de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Considera-se como Região Hidrográfica o espaço territorial brasileiro, compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

A Tabela 1 apresenta o número de estações principais e auxiliares, por Região Hidrográfica, que foram consistidas no projeto. São definidas como estações principais aquelas contempladas originalmente no escopo do projeto. Já as estações auxiliares são aquelas não incluídas no escopo, sendo utilizadas como apoio no processo de consistência das estações principais.

TABELA 1 – NÚMERO DE ESTAÇÕES POR REGIÃO HIDROGRÁFICA

RH	Região Hidrográfica	Estações	
		Principais	Auxiliares
1	RH Amazônica	204	2
2	RH do Tocantins-Araguaia	60	54
3	RH Atlântico Nordeste Ocidental	57	1
4	RH do Parnaíba	48	2
5	RH Atlântico Nordeste Oriental	195	0
6	RH do São Francisco	211	3
7	RH Atlântico Leste	153	5
8	RH Atlântico Sudeste	206	1
9	RH do Paraná	280	19
10	RH do Paraguai	61	0
11	RH do Uruguai	78	3
12	RH Atlântico Sul	127	9
Total		1680	99

Os principais produtos resultantes deste projeto foram as séries consistidas de cotas e vazões constantes no banco HIDRO, apresentado em anexo digital, bem como a análise qualitativa referente às séries fluviométricas. As análises e procedimentos de consistência e de qualificação das estações estão detalhados nesta publicação. Um resumo do resultado da análise qualitativa desenvolvida pode ser visualizado através da Figura 2, onde a convenção de cores indica o “Índice de Qualidade” atribuído a cada série analisada. Conforme o método adotado, apresentado posteriormente, os “Índices de Qualidade” apontam os conceitos Ótimo, Bom, Razoável, Ruim e Péssimo. Observa-se, em termos gerais, que a maioria das séries foram classificadas com conceito Bom ou Razoável, à exceção da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, classificada como Ruim.

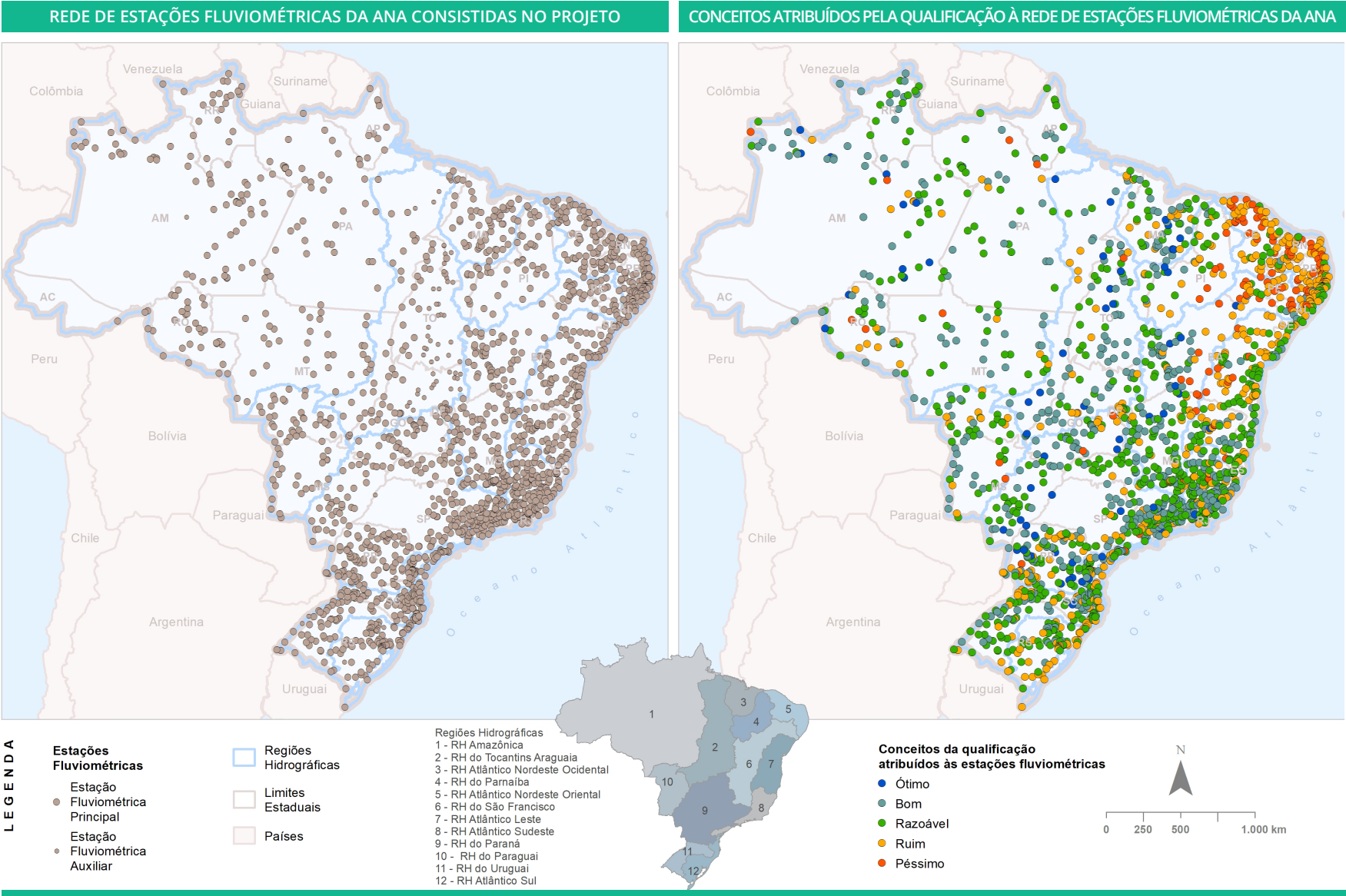


FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

2 ABRANGÊNCIA E BASE DE DADOS DO PROJETO DE CONSISTÊNCIA FLUVIOMÉTRICA

O presente estudo tem abrangência nacional e contempla a consistência de séries fluviométricas em 1680 estações principais e 99 estações auxiliares.

Uma atividade desenvolvida no início dos estudos consistiu na consulta a estudos similares anteriormente desenvolvidos no Brasil. Dentre os estudos hidrológicos afins, analisados para o presente projeto, observa-se que a tendência de automação de procedimentos está presente, sendo que, praticamente, a totalidade dos projetos faz uso das funções básicas de consistência através de aplicativos disponibilizados por órgãos de governo, para acesso ao banco de dados e para o tratamento das séries hidrológicas. Nos estudos mais antigos analisados, observou-se o uso recorrente do *software* “Microssistema de Dados Hidrometeorológicos (MSDHD)” para arquivo, atualização e correção dos dados, e o “Programa de Homogeneização de Dados (PROHD)” para crítica e geração de da-

dos. Alguns estudos mais recentes, a partir de 2000, mencionam o uso do *software* HIDRO, banco de dados do tipo cliente/servidor, desenvolvido e mantido pela ANA, para análise de dados hidrometeorológicos.

Essa prática de automação de procedimentos foi aplicada pelo Consórcio ao longo do estudo, fazendo uso de ferramentas disponíveis, algumas já citadas, e com o desenvolvimento de outros aplicativos para funções específicas, os quais são citados ao longo desta publicação.

2.1 Base de dados

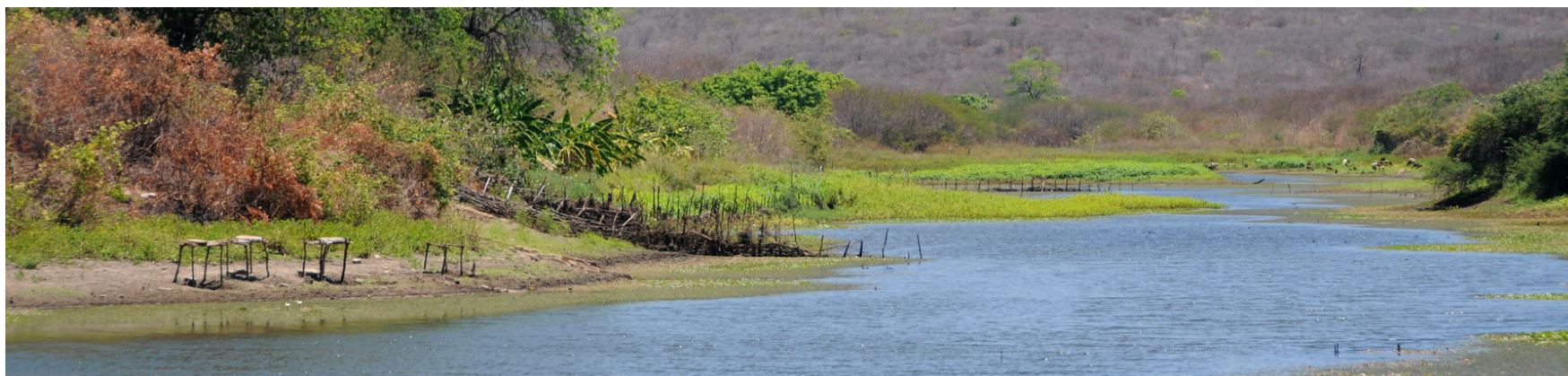
A base de dados do projeto, disponibilizada pela ANA, consiste no banco de dados, formato HIDRO, contendo séries de cotas, perfis transversais, medições de vazão, curvas de descarga e dados cadastrais das estações consideradas. Também para apoio à consistência de dados fluviométricos, a ANA disponibilizou os dados operativos, vazão afluente

e vazão defluente na escala diária, relativas aos aproveitamentos que compõem o Sistema Interligado Nacional (SIN). As informações oriundas das estações fluviométricas telemétricas também foram consideradas.

Apesar de praticamente todos os dados operativos dos aproveitamentos do SIN estarem disponíveis, a Tabela 2 apresenta, por Região Hidrográfica, a lista das usinas hidrelétricas (UHEs) cujos dados de vazão foram efetivamente utilizados no processo de consistência, basicamente compondo grupos de estações correlacionadas para a análise regional, descrita mais adiante nesta publicação.

2.2 Descrição das Regiões Hidrográficas

Um resumo das principais características de cada Região Hidrográfica é apresentado nas próximas páginas.¹



Rio Araguaia (GO)
Rui Faquini / Banco
de Imagens ANA

¹ As informações das Regiões Hidrográficas foram obtidas nas seguintes referências: ANA (2007, 2012, 2015, 2016 e 2017); ANEEL (2003); EMBRAPA (2005, 2006 e 2011); IBGE (2009, 2012 e 2015) e MMA (2006).

TABELA 2 - USINAS CUJOS DADOS DE VAZÃO FORAM UTILIZADOS NO PROCESSO DE CONSISTÊNCIA

RH	Região Hidrográfica	Código	Reservatório	RH	Região Hidrográfica	Código	Reservatório	RH	Região Hidrográfica	Código	Reservatório
1	Amazônica	15044000	Guaporé	8	Atlântico Sudeste	58318080	Santa Cecília	9	Paraná	63995080	Porto Primavera
		15360000	Santo Antônio			58512080	Picada			64571080	Rosana
		15552570	UHE Rondon II			58651980	Ilha dos Pombos			65883051	Salto Santiago
		16070980	UHE Balbina								
2	Tocantins-Araguaia	21070000	San Salvador	9	Paraná	60160080	Emborcação	10	Paraguai	66071385	Jauru
		22043000	Peixe Angical			60335080	Nova Ponte			66240080	Manso
		29680080	Tucuruí			60351080	Miranda			66489000	Ponte de Pedra
		34218080	Boa Esperança (Castelo Branco)			60444950	Corumbá IV			66523000	Itiquira
6	São Francisco	40990080	Três Marias			60453500	Corumbá III	11	Uruguai	70840080	Barra Grande
		42459080	Queimado			60570080	Corumbá			71840000	Campos Novos
		47750080	Sobradinho			60610080	Itumbiara			72690080	Machadinho
		49042580	Luiz Gonzaga			60625080	Cachoeira Dourada			73200080	Itá
		49340080	Xingó			60877080	São Simão			73420080	Passo Fundo
7	Atlântico Leste	54950000	Santa Clara			60901800	Cacu			73500080	Monjolinho
						60903800	Barra dos Coqueiros			74040080	Foz do Chapecó
8	Atlântico Sudeste	56688080	Sá Carvalho			60908000	Foz Rio Claro			73600600	Quebra – Queixo
		56820080	Porto Estrela			60920400	Salto	12	Atlântico Sul	83458000	Salto Pilão
		56846080	Baguari			60921500	Salto Rio Verdinho			85395100	Dona Francisca
		56992400	Mascarenhas			60943000	Espora			86305000	Castro Alves
		57760080	Rosal			61819080	Limoeiro			86448000	Monte Claro
		58093080	Santa Branca			62020080	Ilha Solteira			86470800	14 de Julho
		58240080	Funil			63007080	Jupia				





REGIÕES HIDROGRÁFICAS



REGIÃO HIDROGRÁFICA AMAZÔNICA



Área: 3.850.000 km².

Localização: Abrange os estados do Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso.

População: 9,7 milhões de habitantes, destes 73% vivem na área urbana. A densidade demográfica é muito baixa, de 2,5 hab./km².

Principais rios: Purus, Juruá, Xingu, Solimões, Madeira, Negro e Guaporé.

Vegetação: Ocupada predominantemente por cobertura florestal ombrófila, podendo ainda ser identificadas florestas estacionais, florestas de igapó, campos alagados, várzeas, savanas, refúgios montanhosos, campinaranas e formações pioneiras.

Geologia: Composta predominantemente de rochas sedimentares fanerozóicas de litologia variável assentadas sobre um substrato rochoso pré-cambriano, onde predominam rochas de natureza ígnea, metamórfica e sedimentar.

Solos: Predominância de argissolos, latossolos, gleissolos, plintossolos, neossolos, espodossolos, cambissolos, nitossolos, planossolos, solos indiscriminados de mangue e chernossolos.

Clima: Classificado como equatorial, tendo por característica ser quente e úmido (variando a superúmido), com temperaturas médias anuais entre 25 °C e 29 °C. A precipitação média anual é de 2.500 mm, cerca de 25% a mais do que a média nacional, de 1.760 mm.

Qualidade da água

O rio Amazonas apresenta altas concentrações de matéria em suspensão transportada (aproximadamente 800 milhões de ton/ano), devido principalmente à erosão das margens e às oscilações hidrológicas sazonais. Os recursos hídricos da região vêm sofrendo grande pressão antrópica devido ao aumento do desmatamento, atividades de mineração, expansão de áreas destinadas à monocultura de grãos, ao precário saneamento urbano, aos conflitos em relação aos usos preponderantes da água (irrigação, consumo humano e outros) e ao uso indiscriminado da água subterrânea.

Demanda hídrica

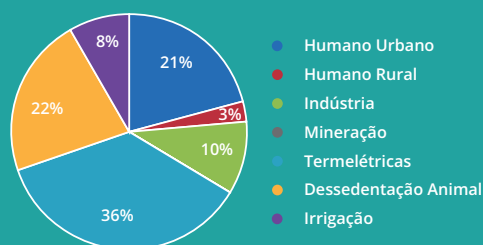
Demanda hídrica consuntiva:
119 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
73.700 m³/s, 81% da disponibilidade hídrica nacional.

Vazão média:
132.000 m³/s, 74% da vazão média nacional

Volume máximo de reservação per capita:
2.180 m³/hab.

Principais demandas hídricas:



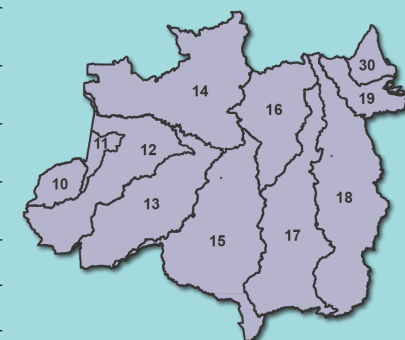
Demandas hídricas não consuntivas:

Com um potencial hidrelétrico nacional de 106 mil MW de potência, contando com apenas 23% inventariado. Destacam-se os aproveitamentos hidrelétricos da bacia dos rios Xingu e Madeira (contém seis das nove hidrelétricas da RH Amazônica), e das sub-

-bacias dos rios Tapajós e Negro. Os possíveis projetos e obras hidráulicas futuras enfatizam a sub-bacia do rio Tapajós. A RH Amazônica possui cerca de 25.000 km de trechos navegáveis, apresentando forte potencial para navegabilidade.

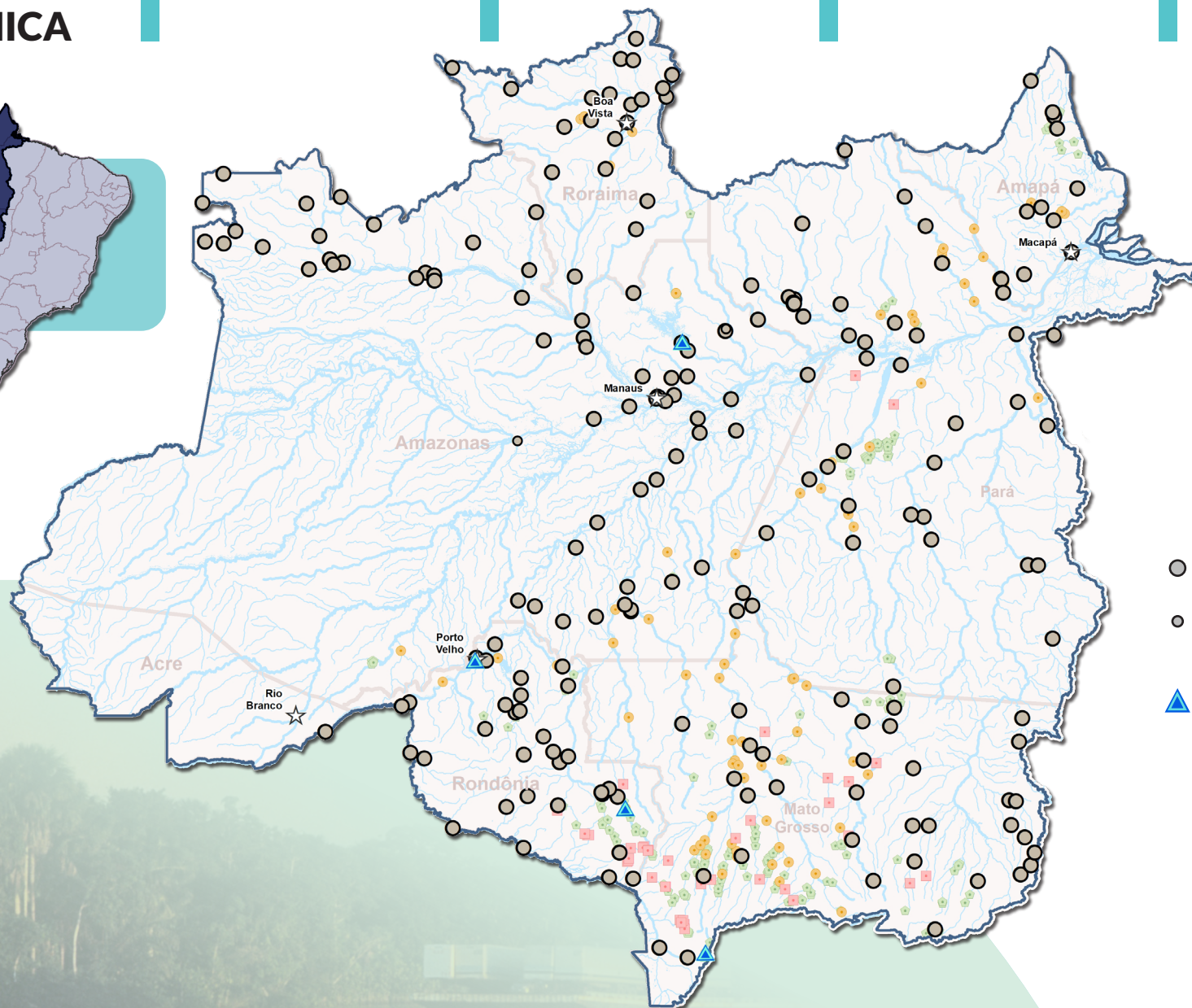
Sub-bacias

10	Amazonas, entre a nascente e o rio Javari
11	Amazonas, entre os rios Javari e Auati-Paraná
12	Amazonas, entre o rio Auati-Paraná e o lago Coari
13	Amazonas, entre o lago Coari e o rio Purus
14	Negro
15	Madeira
16	Amazonas, entre os rios Madeira e Trombetas
17	Tapajós
18	Xingu e Paru



19	Amazonas, entre o rio Xingu e a foz
30	Oiapoque e outros

REGIÃO HIDROGRÁFICA AMAZÔNICA



● Estações Fluviométricas

○ Estações Fluviométricas Auxiliares

▲ Reservatórios utilizados na consistência dos dados fluviométricos (ONS)

Obras Hidráulicas

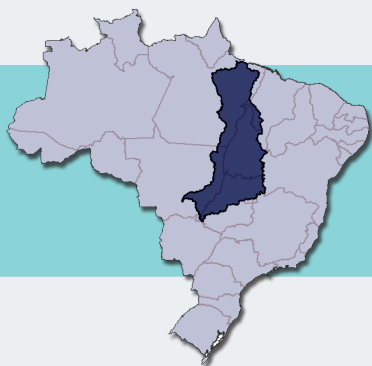
● Usinas Hidrelétricas - UHEs

● Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs

■ Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs

☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA TOCANTINS- ARAGUAIA



Área: 918.000 km².

Localização: Abrange os estados de Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e o Distrito Federal.

População: 8,6 milhões de habitantes, destes, 76% vivem na área urbana. A densidade demográfica é de 9,3 hab./km², aproximadamente, 2,5 vezes menor que a média brasileira.

Principais rios: Tocantins, Araguaia, Caiapó, Vermelho, Crixás-açú, das Mortes e das Garças.

Vegetação: São identificadas cinco regiões fitoecológicas brasileiras principais: a floresta ombrófila densa, a floresta ombrófila aberta, a floresta estacional decidual e semidecidual, e a savana.

Geologia: Ocupada predominantemente por sedimentos de diversas composições e idades geológicas (70% da RH), destacando-se as bacias sedimentares do Amazonas, Parnaíba, Paranã, Sanfranciscana e Parecis, em menor proporção, as unidades geológicas de granitos e rochas metamórficas.

Solos: Predominância de argissolos vermelho-amarelo, latossolos vermelho-amarelo, latossolo amarelo, neossolos e plintossolos.

Clima: Definida com o clima tropical. A temperatura média anual de 26 °C. A precipitação média anual é de 1.770 mm, valor próximo da média nacional, de 1.760 mm.

Qualidade da água

Os principais poluidores se referem, principalmente, à mineração, ao lançamento de esgotos domésticos e à contaminação por fontes difusas, como pecuária e agricultura. Todavia, de modo geral, estabelece-se que os rios da RH apresentam boa qualidade em função do grande volume de água para diluição das esparsas fontes poluidoras.

Demanda hídrica

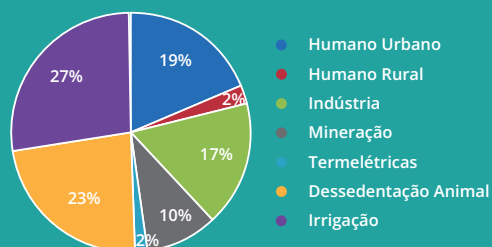
Demanda hídrica consuntiva:
105 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
5.450 m³/s, 6% da disponibilidade hídrica nacional.

Vazão média:
13.800 m³/s, 8% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
13.500 m³/hab., bem maior do que o valor da média brasileira de 3.600 m³/hab.

Principais demandas hídrica:



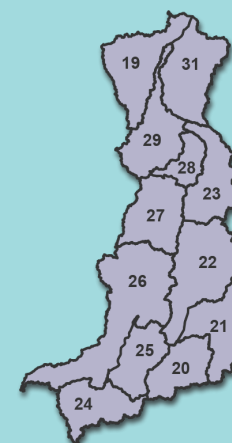
Demandas hídricas não consuntivas:

A capacidade de produção de energia elétrica da RH é a segunda maior do país em termos de potencial hidroenergético instalado com 11.600 MW (16% do país) e cinco usinas hidrelétricas de grande porte em operação, todas no Rio Tocantins.

A Hidrovia Tocantins-Araguaia é navegável em uma extensão total de 2.250 km e é favorecida pelas condições climáticas e de relevo.

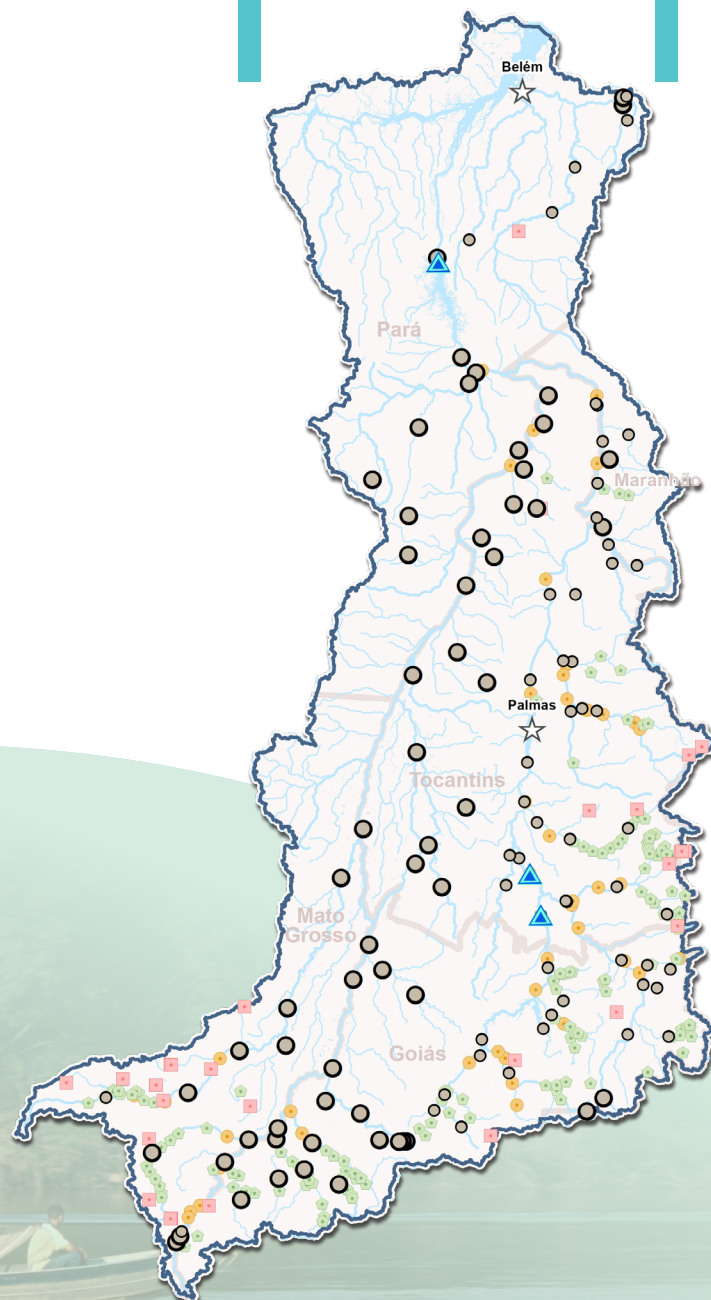
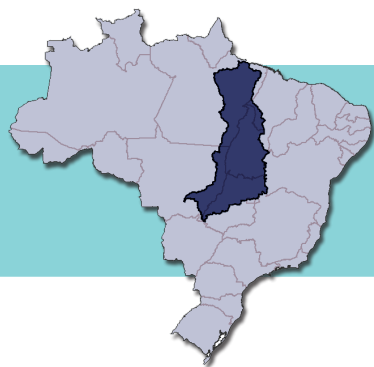
Sub-bacias

19	Anapu
20	Alto Tocantins e rio Preto
21	Tocantins, entre os rios Preto e Paranã
22	Tocantins, entre os rios Paranã e do Sono
23	Tocantins, entre os rios do Sono e Araguaia
24	Alto Araguaia e rio Claro
25	Araguaia, a montante da ilha do Bananal
26	Araguaia, a montante da ilha do Bananal
27	Araguaia, a jusante da ilha do Bananal
28	Baixo Araguaia



29	Tocantins, entre o rio Araguaia e a foz
31	Guamá e outros

REGIÃO HIDROGRÁFICA TOCANTINS- ARAGUAIA



- Estações Fluviométricas
- Estações Fluviométricas Auxiliares
- ▲ Reservatórios utilizados na consistência dos dados fluviométricos (ONS)
- Obras Hidráulicas
 - Usinas Hidrelétricas - UHEs
 - ★ Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs
 - Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs
- ☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO NE. OCIDENTAL



Área: 274.000 km².

Localização: Abrange o estado do Maranhão e pequena parcela do Pará.

População: 6,2 milhões de habitantes, com 61% dos seus habitantes vivendo em áreas urbanas.

Principais rios: Pericumã, Itinga, Gurupi, Turiaçu, Caxias, Maracumé, Piriá, Correntes, Flores, Grajaú, Itapicuru, Mearim, Munim, Pindaré.

Vegetação: A Região Hidrográfica Atlântico Nordeste contempla duas ecorregiões aquáticas: a Ecorregião do Gurupi e Costa Adjacente e a Ecorregião do Maranhão-Piauí. As principais formações vegetais que

dominam a região são: floresta ombrófila densa, cerrados, floresta de babaçu, formações com influência marinha e fluviomarinha, campos inundáveis, mangues, caatinga e campos pastejados.

Geologia: São identificadas as unidades chapadões, superfície maranhense e golfão maranhense. Os chapadões (chapadas "cuestas") ocupam quase toda a porção meridional. Na RH foram identificadas as chapadas do Alto Rio Itapecuru, que representam um relevo caracterizado por um conjunto de superfícies planálticas de extensos topos planos e não dissecados que se destacam, topograficamente, por meio de escarpas rochosas.

Solos: Nota-se a ocorrência predominante de solos de baixa fertilidade e profundos, solos pouco profundos com baixa fertilidade, solos de elevada fertilidade natural e solos pouco desenvolvidos. Há predominância dos tipos de solos: argissolos, gleissolos, latossolos, neossolos, nitossolo, planossolo, plintossolo, solos hidromórficos indiscriminados, solos indiscriminados de mangue e vertissolo.

Clima: Classificado como megatérmico chuvoso, quente e úmido, com pouca ou nenhuma restrição de umidade para a vegetação. A temperatura média anual é de 27 °C, com variações entre 22 °C e 32 °C, e baixa amplitude térmica anual, característica das regiões intertropicais. A precipitação média de aproximadamente 1.790 mm/ano.

Qualidade da água

Verifica-se que os problemas qualitativos estão localizados, principalmente, na Região Metropolitana de São Luís e em núcleos ribeirinhos, devido ao lançamento de esgotos domésticos e industriais, sem o devido tratamento. A qualidade da água na maioria dos trechos (84%) encontra-se em boas ou ótimas condições. O balanço quantitativo aponta para 36% da extensão dos rios em situação preocupante, crítica ou muito crítica, e os outros 64% de trechos de rios encontram-se em situação confortável ou excelente. Não se observam grandes problemas, no que se refere à qualidade das águas dos rios. Este fator deve-se ao pequeno e médio porte das localidades urbanas (à exceção da Região Metropolitana de São Luís) e da pouca expressividade do setor industrial, onde não se observaram grandes problemas, no que se refere à qualidade das águas dos rios analisados.

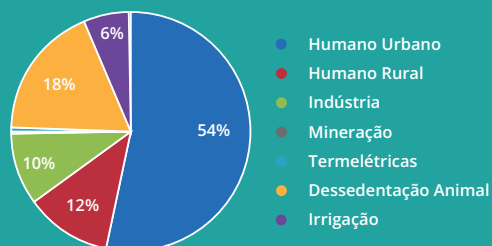
Demanda hídrica

Demanda hídrica consuntiva:
26 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
320 m³/s, equivalente a menos de 0,5% da disponibilidade hídrica nacional.

Vazão média: 2.610 m³/s, 1,5% da vazão média nacional.

Principais demandas hídrica:



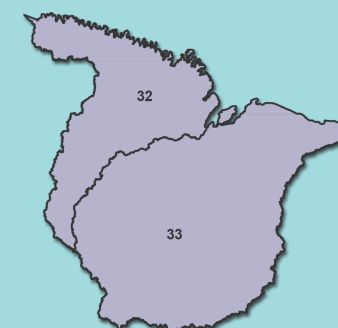
Demandas hídricas não consuntivas:

Quanto à produção de energia, a RH apresenta um potencial hidrelétrico de 3.200 MW, correspondente a 1,2 % do total, sendo que as sub-bacias dos rios Gurupi e Mearim, possuem um potencial hidrelétrico de 63 MW e 249 MW respectivamente.

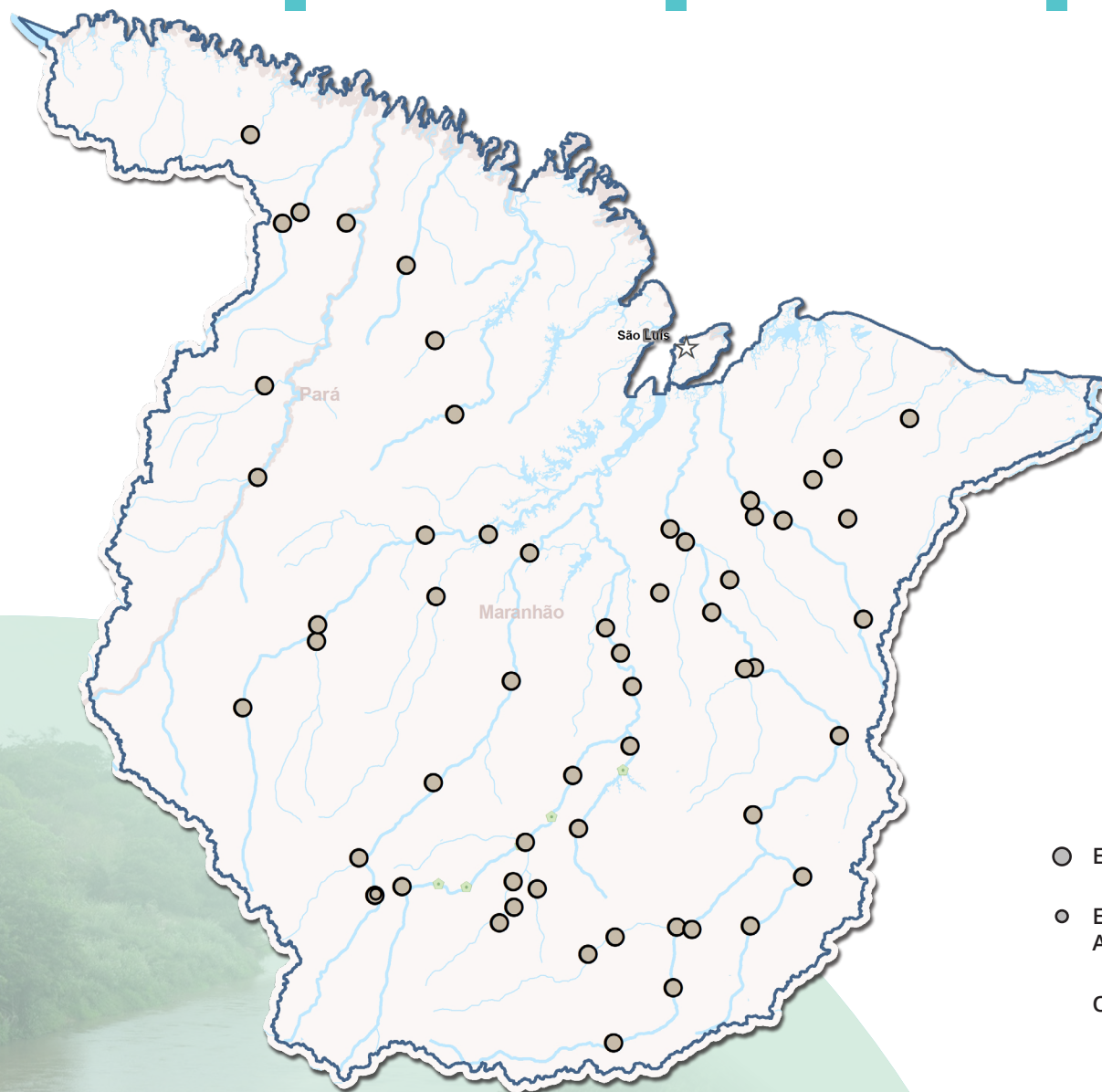
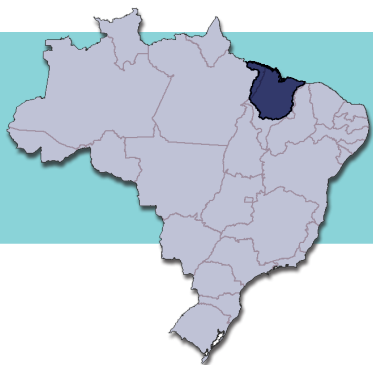
Quanto às atividades relacionadas à navegação, as hidrovias da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental podem ser assim resumidas em, rios Mearim, Pindaré e Grajaú.

Sub-bacias

32	Litorâneas do Pará e Maranhão
33	Pindaré, Itapecuru, Mearim e outros



REGIÃO HIDROGRÁFICA
**ATLÂNTICO NE.
OCIDENTAL**



● Estações Fluviométricas

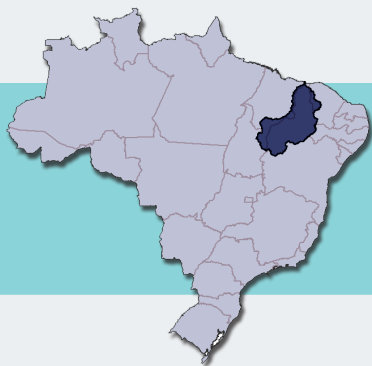
○ Estações Fluviométricas
Auxiliares

Obras Hidráulicas

◆ Pequenas Centrais
Hidrelétricas - PCHs

☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA PARNAÍBA



Área: 332.000 km².

Localização: Abrange os estados do Ceará, Piauí e Maranhão.

População: 4,1 milhões de habitantes, destes, 65% vivem na área urbana. A densidade demográfica da região é de 12,5 hab./km², menor do que a média brasileira que é de 22,4 hab./km².

Principais rios: Parnaíba, Canindé, das Balsas, Piauí, Poti, Longá, Itaueira e Uruçuí Preto.

Vegetação: Predominância do bioma Caatinga e apresenta trechos de Floresta Tropical e Vegetação Litorânea.

Geologia: Composta principalmente pelo escudo cristalino Atlântico (cerca de 15% da área) e pela Bacia Sedimentar do Parnaíba (85%).

Solos: Predominância de solos de baixa fertilidade e profundos, solos pouco profundos com baixa fertilidade, solos de elevada fertilidade natural e solos pouco desenvolvidos.

Clima: Clima semiárido (pluviometria inferior a 700 mm), clima semiárido a sub-úmido, clima sub-úmido a úmido e clima úmido. A temperatura média da região é de 27 °C. A precipitação média anual é de 1.060 mm, muito abaixo da média nacional de 1.760 mm.

Qualidade da água

A RH sofre pressões principalmente relacionadas ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento prévio nos cursos de água e à disposição final inadequada dos resíduos sólidos urbanos. Nas águas subterrâneas, um dos principais fatores de contaminação é o lançamento de lixo sem controle e fossas negras.

A RH está quase totalmente inserida na área delimitada como suscetível à desertificação.

Demanda hídrica

Demanda hídrica consuntiva:
33 m³/s.

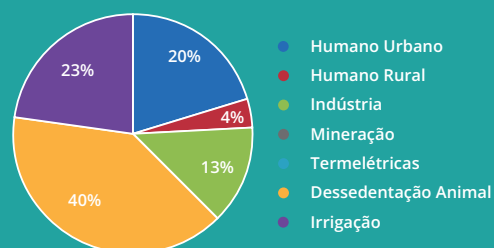
Disponibilidade hídrica superficial:
379 m³/s (considerando a vazão regularizada pelos reservatórios); equivale a menos de 0,5% da nacional.

Vazão média:
767 m³/s, 0,4% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
1.800 m³/hab., cerca de 50% do volume máximo de reservação per capita do país.

Demandas hídricas não consuntivas:
As principais hidroviáveis são os rios Parnaíba (1.600 km) e Balsas (225 km). A Hidrovia do Parnaíba é mais utilizada para o transporte de cargas, entretanto, ainda depende da implantação de sistema de sinalização e baliza-

Principais demandas hídricas:



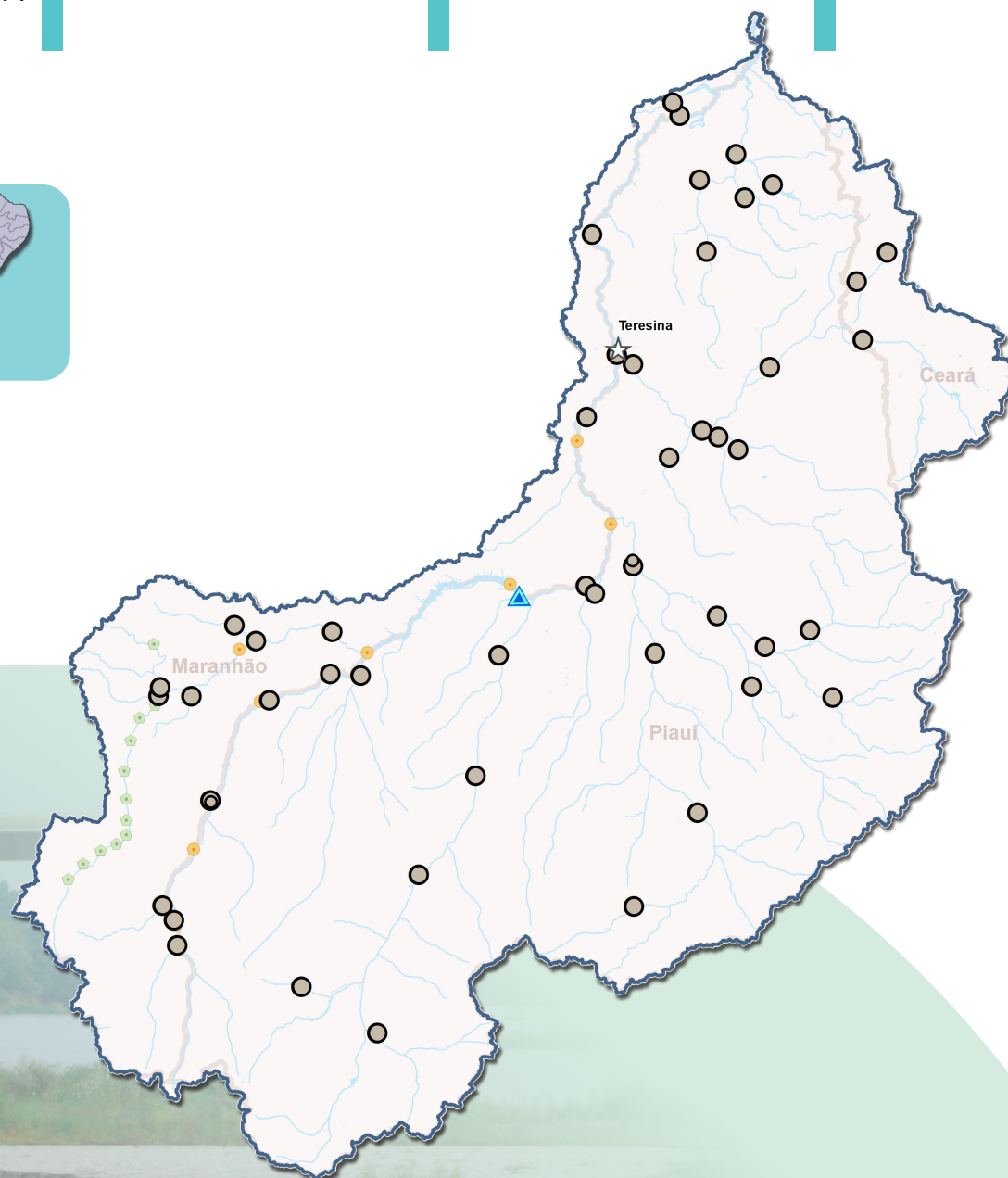
mento e da conclusão do sistema de transposição da barragem de Boa Esperança. O rio das Balsas é considerado navegável para embarcações de pequeno calado.

Sub-bacias

34 Parnaíba



REGIÃO HIDROGRÁFICA **PARNAÍBA**



- Estações Fluviométricas
- Estações Fluviométricas Auxiliares
- ▲ Reservatórios utilizados na consistência dos dados fluviométricos (ONS)
- Obras Hidráulicas
 - Usinas Hidrelétricas - UHEs
 - ★ Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs
- ☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO NE. ORIENTAL



Área: 285.000 km².

Localização: Abrange os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

População: 24,1 milhões de habitantes, predominantemente urbana (80% dos seus habitantes). A densidade demográfica da região é de 84 hab./km².

Principais rios: Gurupi, Meririm, Itapecuru e Munim

Vegetação: Biomas Cerrado, Caatinga, Floresta Atlântica e ecossistemas costeiros.

Geologia: Apresenta tanto a formação de embasamento cristalino como a formação sedimentar. Compartimentada pela Província Borborema e pela Província Costeira.

Solos: Predominância de neossolos, argissolos, luvissolos, planossolos e latossolos.

Clima: Tropical úmido próximo ao litoral que varia a semi-árido no sertão. Temperatura anual média é de 24,5 °C. A precipitação média anual é de 1.050 mm, abaixo da média nacional, de 1.760 mm.

Qualidade da água

A qualidade da água sofre influência do efeito de sazonalidade climática (alternância de uma estação chuvosa e um período de seca) dificultando a capacidade de autodepuração dos rios. A expansão das metrópoles na zona litorânea é um fator importante de degradação da qualidade das águas, na qual a poluição hídrica se dá, principalmente, pelo despejo de esgotos, aterros e retirada da vegetação em manguezais e pela deposição de resíduos sólidos em rios e mangues. Outra causa dessa degradação são os esgotos domésticos, os efluentes e rejeitos industriais e a poluição difusa decorrente do uso de agrotóxicos, adubos orgânicos e químicos.

Demanda hídrica

Demanda hídrica consuntiva:
167 m³/s.

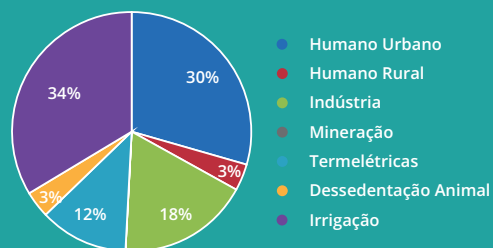
Disponibilidade hídrica superficial:
92 m³/s (considerando a vazão regularizada pelos reservatórios), 0,1% da disponibilidade superficial do país.

Vazão média: 774 m³/s, correspondendo a 0,4% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
1.080 m³/hab, cerca de três vezes menor do que o volume máximo de reservação per capita do país.

Demandas hídricas não consuntivas:
Grande quantidade de açudes e represas com volume potencial da ordem de 30 bilhões de m³ de água. O total de açudes públicos pertencentes à Região Hidrográfica são 212, perfazendo uma capacidade total superior a 20,2 bilhões de m³ de água. Pos-

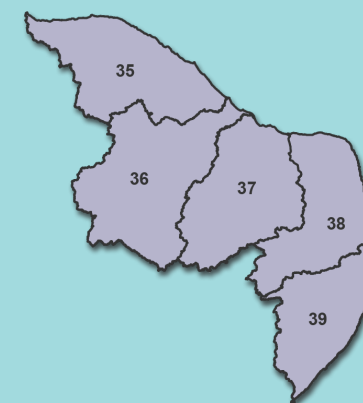
Principais demandas hídricas:



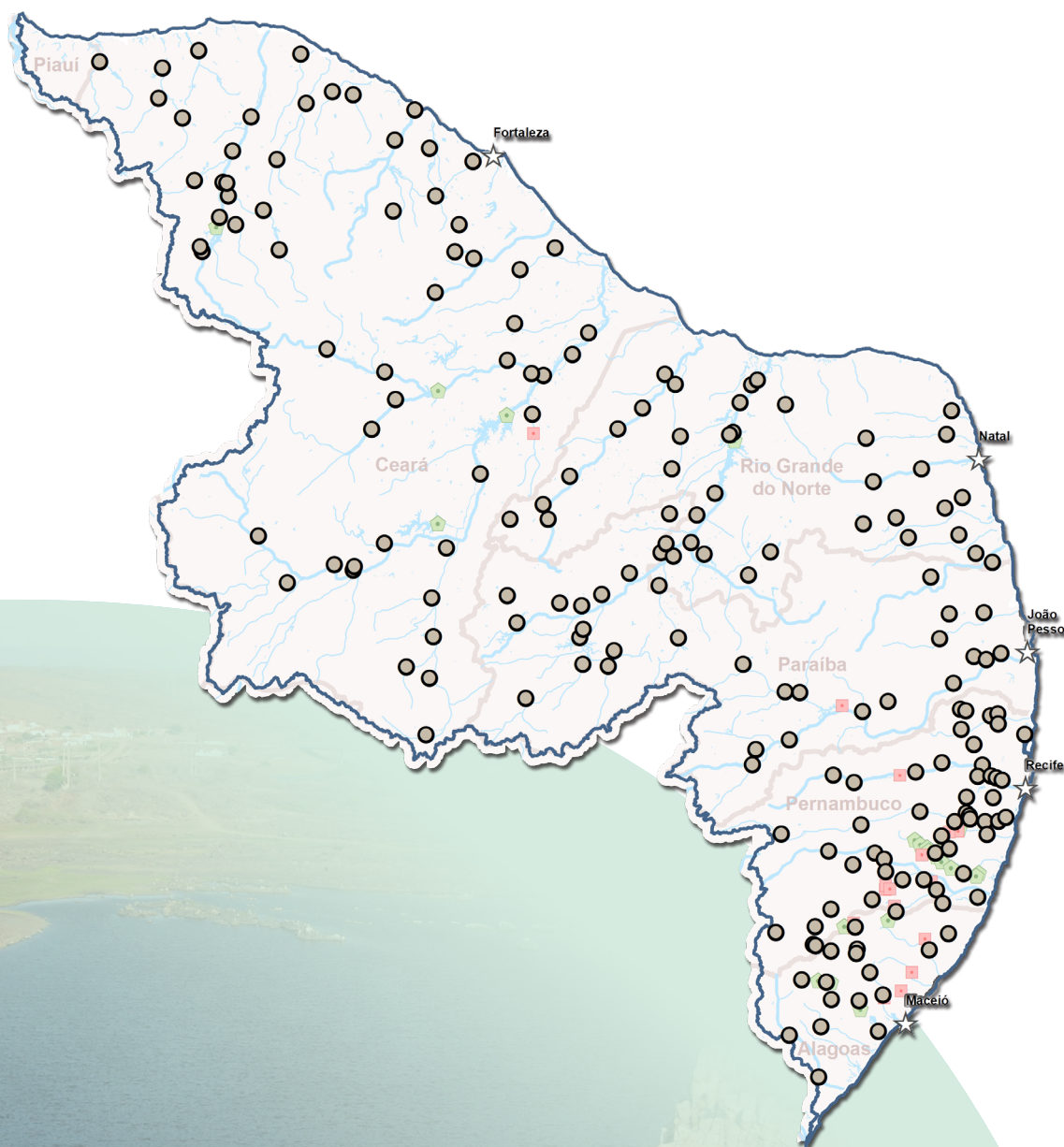
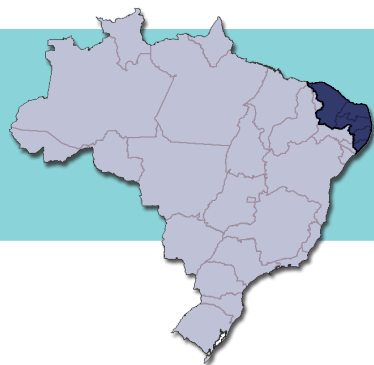
sui grande potencial hidráulico, no entanto apenas, aproximadamente, 8 MW é aproveitado e não tem previsão de instalação de usinas hidrelétricas significativas na Região Hidrográfica. Não existem hidrovias previstas ou em operação.

Sub-bacias

35	Litorâneas do Ceará
36	Jaguaribe
37	Piranhas, Açu e outros
38	Paraíba e outros
39	Litorâneas de Pernambuco e Alagoas



REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO NE. ORIENTAL



● Estações Fluviométricas

☆ Capitais

Obras Hidráulicas

◆ Pequenas Centrais
Hidrelétricas - PCHs

■ Centrais Geradoras
Hidrelétricas - CGHs

REGIÃO HIDROGRÁFICA SÃO FRANCISCO



Área: 636.000 km².

Localização: Abrange os estados da Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Goiás e o Distrito Federal.

População: 14,3 milhões de habitantes, predominantemente urbana, representada por 77% do total de seus habitantes. A densidade populacional média na RH São Francisco é de 22,4 hab./km², igual à média brasileira.

Principais rios: São Francisco, das Velhas, Grande, Verde Grande, Paracatu, Urucuia, Pajeú, Preto e Jacaré.

Vegetação: Contempla fragmentos de diversos biomas, destacando-se a Floresta Atlântica em suas cabeceiras, o Cerrado (Alto e Médio São Francisco) e a Caatinga (Médio e Submédio São Francisco).

Geologia: Constituída por várias unidades litoestratigráficas e estruturais, desde o Pré-Cambriano até os sedimentos e coberturas inconsolidadas do Quaternário. A bacia do rio São Francisco integra-se majoritariamente na Província Estrutural de São Francisco.

Solos: Predominância de latossolos e neossolos, e identificadas as classes pedológicas: cambissolos, gleissolos, planossolos, argissolos, solos aluviais indiscriminados e vertissolos.

Clima: Apresenta uma variabilidade associada à transição do úmido para o árido, com temperatura média anual variando de 18 °C a 27 °C, e ainda um baixo índice de nebulosidade e grande incidência de radiação solar. A precipitação apresenta média anual 1.003 mm, muito abaixo da média nacional, que é de 1.760 mm.

Qualidade da água

Entre as principais pressões exercidas sobre a qualidade da água na RH, destacam-se os lançamentos de esgoto doméstico, a poluição industrial e as atividades de mineração. As maiores concentrações de carga orgânica encontram-se na região do Alto São Francisco, particularmente na Região Metropolitana de Belo Horizonte (bacias do rio das Velhas e rio Paraopeba), que inclui as cidades de Belo Horizonte, Betim, Contagem, Ribeirão das Neves, Santa Luiza e Sete Lagoas. Juntamente com os efluentes de esgotos urbanos, os efluentes industriais estão entre os principais fatores que causam pressão sobre a qualidade das águas na RH, principalmente os originários de indústrias alimentícias, matadouros e curtumes.

Demanda hídrica

Demanda hídrica consuntiva:
181 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
1.890 m³/s, 2% da disponibilidade superficial do país.

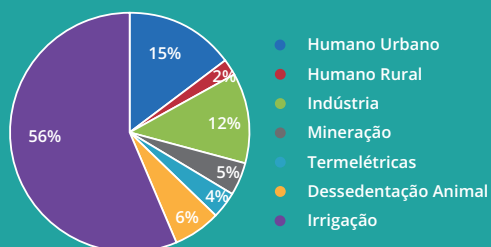
Vazão média:
2.850 m³/s, 1,6% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
5.180 m³/hab, maior do que o volume máximo de reservação per capita para o país.

Demandas hídricas não consuntivas:

A RH São Francisco tem potencial hidrelétrico instalado de 10.700 MW (12% do total instalado no país). A Região possui 40 aproveitamentos hidrelétricos em operação: 28 PCHs, que contribuem com 140 MW e 12 UHEs, responsáveis pela geração de 10.600 MW.

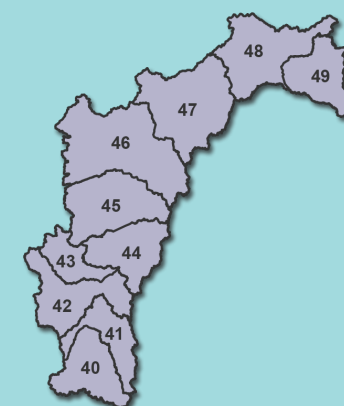
Principais demandas hídrica:



Quanto à navegação, destaca-se a Hidrovia do São Francisco, que permite navegabilidade durante todo o ano, embora com profundidade variável, em virtude do regime de chuvas.

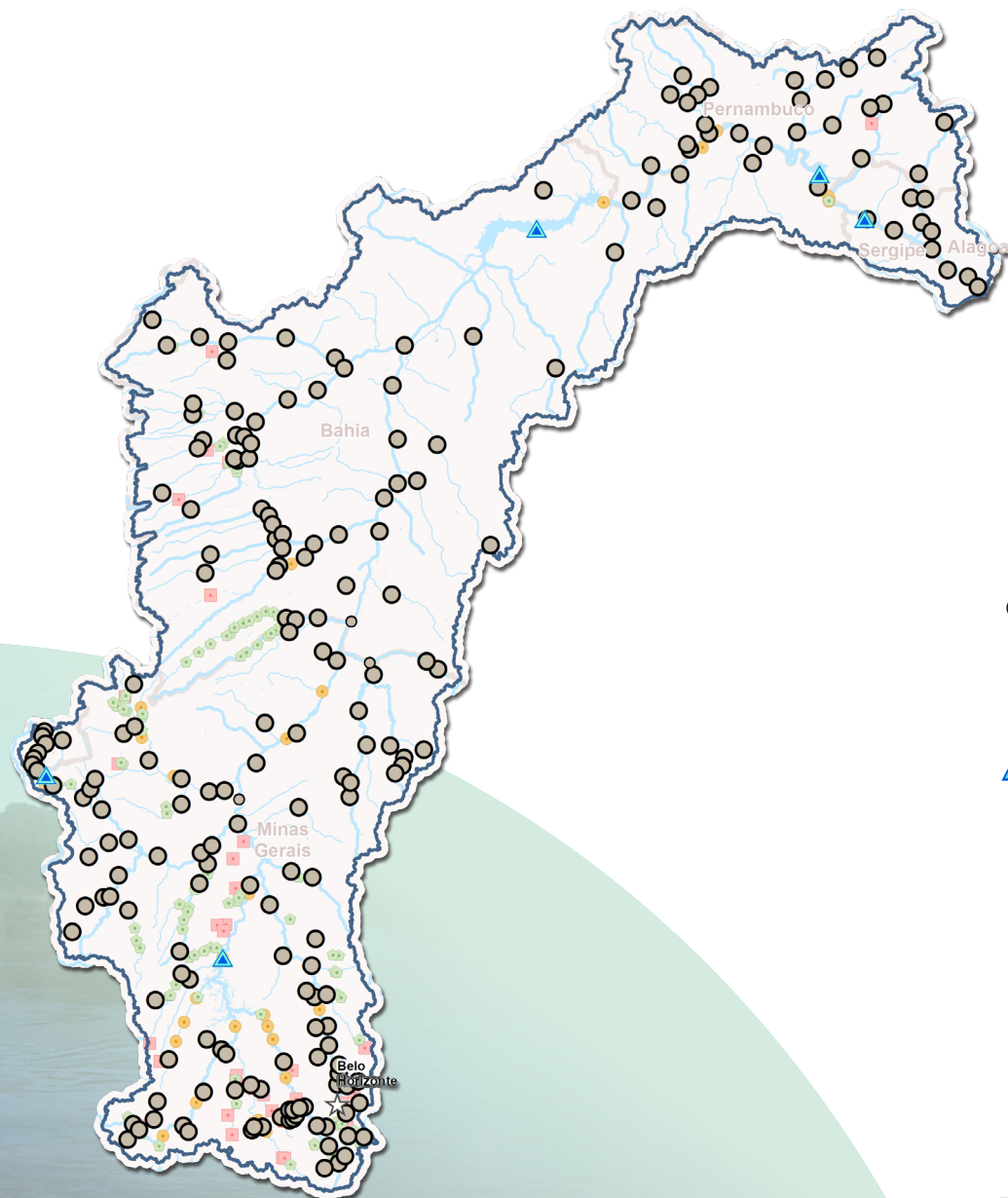
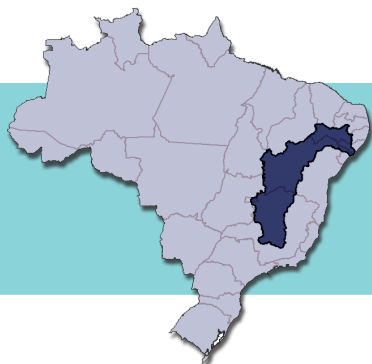
Sub-bacias

40	Alto São Francisco, até Três Marias
41	Das Velhas - São Francisco
42	Paracatu e outros - São Francisco
43	Urucuia - São Francisco
44	Verde Grande - São Francisco
45	Corrente e outros - São Francisco
46	Grande e outros - São Francisco
47	Salitre e outros - São Francisco
48	Pajeú e outros - São Francisco



49 São Francisco, a jusante do Pajeú

REGIÃO HIDROGRÁFICA SÃO FRANCISCO



- Estações Fluviométricas
- Estações Fluviométricas Auxiliares
- ▲ Reservatórios utilizados na consistência dos dados fluviométricos (ONS)
- Obras Hidráulicas
 - Usinas Hidrelétricas - UHEs
 - ◆ Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs
 - Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs
- ☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO LESTE



Área: 386.000 km².

Localização: Abrange os estados da Bahia, Minas Gerais, Sergipe e Espírito Santo.

População: 15,1 milhões de habitantes, destes, 75% vivem na área urbana. A densidade demográfica é de 38,8 hab./km².

Principais rios: Vaza-Barris, Barba do Tubarão, Real, Itapicuru-açu, Itapicuru, Inhambupe, Jacuípe, Salgado, Pojuca, Capivari, Paraguaçu, São João, Salto, Gavião, Congui, Contas, Pardo, Itacambiruçu, Araçaí, Jequitinhonha, Prado ou Jucuruçu, Alcobaça ou Itanhaém, Mucuri, Cibrão, e São Mateus.

Vegetação: Predominantemente ocupada pelo tipo vegetacional característico de Floresta Atlântica, apresentando também fragmentos de Caatinga, Cerrados, Coteiros e Insulares.

Geologia: Maior extensão ocupada por substrato cristalino, denominada Escudo Atlântico, de composição pré-cambriana. Possui ao norte uma cobertura sedimentar fanerozoica.

Solos: Ocorrência predominante de latossolos e argissolos.

Clima: Apresenta predominantemente clima tropical, caracterizado por uma condição quente e úmida. Possui temperaturas médias anuais em torno de 24,5°C. A precipitação apresenta média anual de 1.020 mm, bem menor do que o valor da média nacional, de 1.760 mm.

Qualidade da água

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) em 2010, observado nos 217 pontos de monitoramento, foi considerado "bom" em cerca de 80% dos pontos e "regular" em 10% do total de pontos e encontram-se principalmente em rios no estado da Bahia, notadamente na bacia do Recôncavo Norte. IQA na classe "ruim" foram identificados nos corpos de água do estado da Bahia, num total de 15 pontos.

Demanda hídrica

Demanda hídrica consuntiva:
113 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
305 m³/s, ou seja, 0,3% do país (considerando a vazão regularizada pelos reservatórios da região).

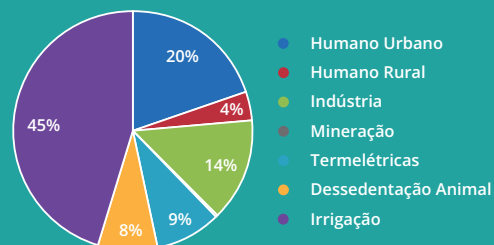
Vazão média:
1.480 m³/s, 0,8% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
945 m³/hab, menor do que o valor da média brasileira.

Demandas hídricas não consuntivas:

A RH tem um potencial total de 3.840 MW. Atualmente com a entrada em operação de novas usinas, estão sendo utilizados 1.200 MW. As principais usinas são a Itapebi e Irapé,

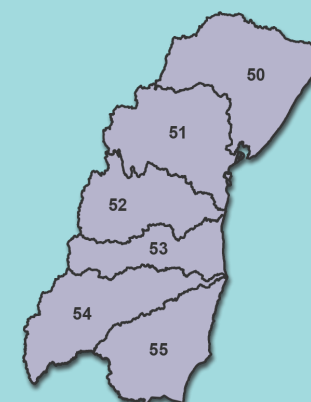
Principais demandas hídrica:



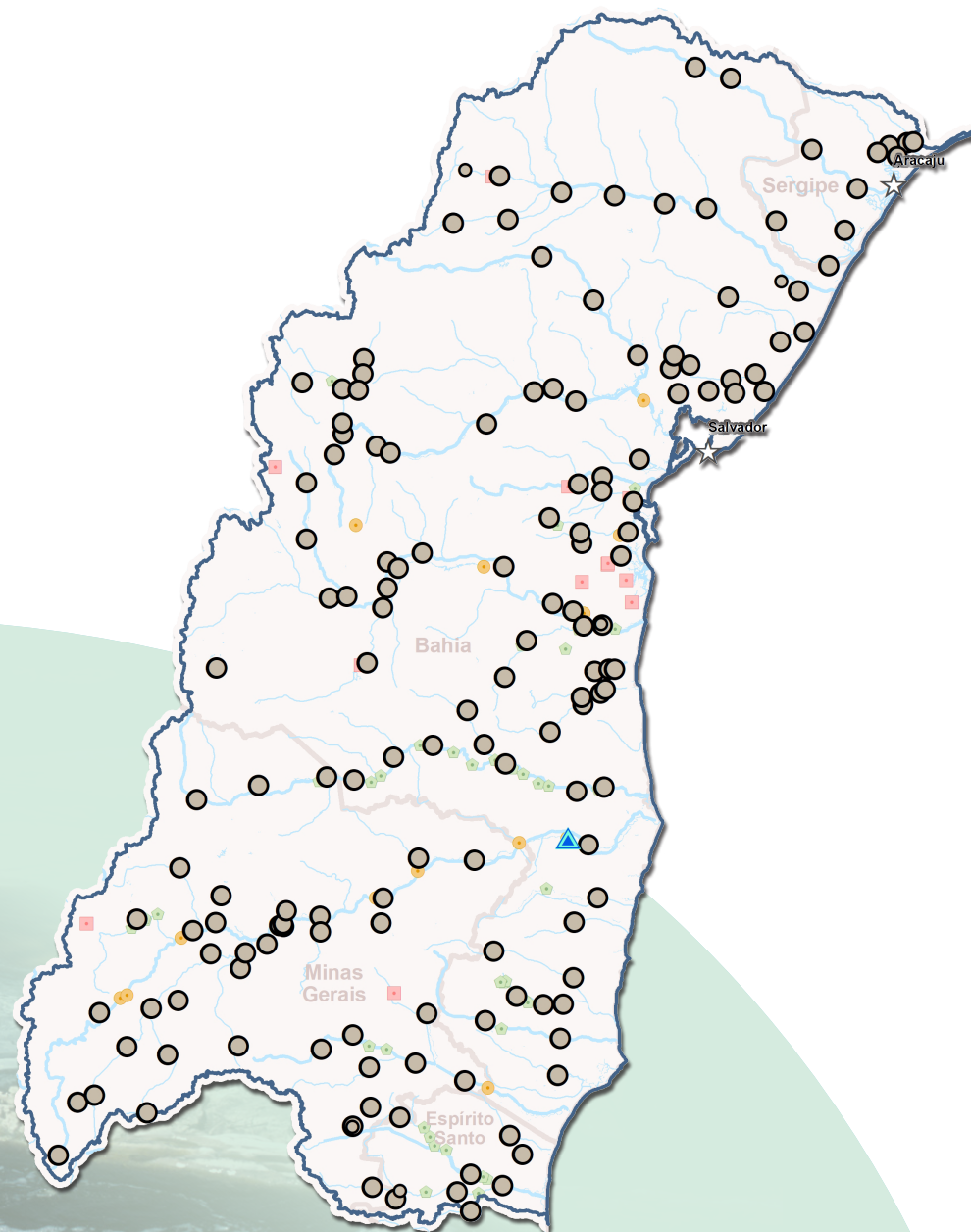
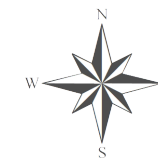
ambas no Rio Jequitinhonha. Não existem hidrovias em funcionamento ou previstas para a Região Hidrográfica do Atlântico Leste.

Sub-bacias

50	Itapicuru, Vaza Barris e outros
51	Jequiriçá, Paraguaçu e outros
52	Contas
53	Pardo, Cachoeira e outros
54	Jequitinhonha
55	São Mateus, Itanhém e outros



REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO LESTE



- Estações Fluviométricas
- Estações Fluviométricas Auxiliares
- ▲ Reservatórios utilizados na consistência dos dados fluviométricos (ONS)
- Obras Hidráulicas
 - Usinas Hidrelétricas - UHEs
 - Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs
 - Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs
- ☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUDESTE



Área: 213.000 km².

Localização: Abrange os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná.

População: 28,2 milhões habitantes, predominantemente urbana (92% de seus habitantes). A densidade demográfica é alta, chegando a 131,6 hab./km², seis vezes maior que a média brasileira.

Principais rios: Paraíba do Sul, Doce, Ribeira do Iguape, Manhuaçu, Piranga, Pomba, Muriaé, Suaçuí Grande, Santo Antônio, Paraitinga e Peixe.

Vegetação: Bioma Mata Atlântica, possuindo variações e transições nos ecossistemas costeiros e Cerrado.

Geologia: Composta principalmente pelo embasamento pré-cambriano, mais precisamente o Escudo Atlântico.

Solos: Predominância de latossolos vermelho-amarelos, cambissolos háplicos, argissolos vermelhos, argissolos vermelho-amarelos.

Clima: Classificado como tropical Brasil central. Temperaturas médias entre 18 °C e 24 °C. A precipitação apresenta média anual de 1.400 mm, abaixo da média nacional, de 1.760 mm.

Qualidade da água

Há uma significativa carga de esgotos domésticos, resíduos sólidos e poluição difusa, gerados nos maiores centros urbanos. Na área rural, intenso desmatamento, manejo inadequado do solo, poluição difusa por insumos agrícolas. A extração de areia na calha e nas margens dos rios tem ocasionado degradação da qualidade da água. Além disso, despejo de resíduos industriais e acidentes relacionados ao transporte de cargas perigosas, em virtude do alto grau de industrialização e a presença de portos importantes.

Demanda hídrica

Demanda hídrica consuntiva:
235 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
1.150 m³/s, 1,2% da disponibilidade hídrica nacional.

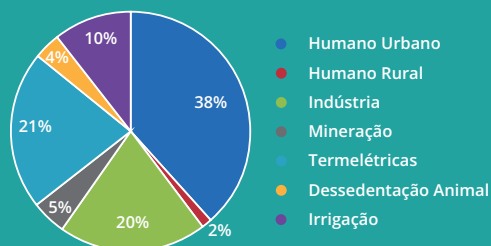
Vazão média:
3.170 m³/s, 1,8% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
372 m³/hab., 10 vezes menor do que o valor da média brasileira.

Demandas hídricas não consuntivas:

O potencial hidrelétrico estimado é de 14.500 MW, sendo instalados 3.400 MW. A sub-bacia do Rio Doce é a que apresenta maior potencial total, cerca de 4.696 MW, porém a sub-bacia dos rios Itapanhaú, Itanhaém e outros, é de maior potencial energético em operação, aproximadamente

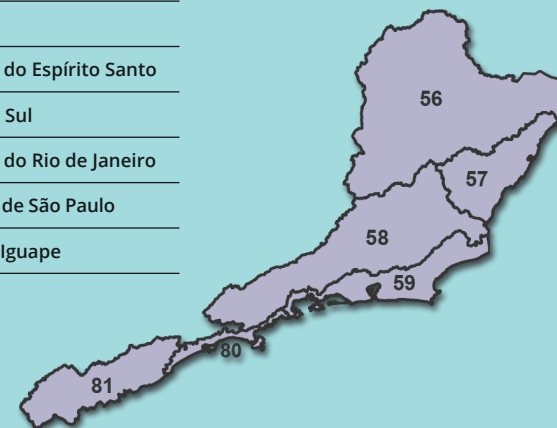
Principais demandas hídricas:



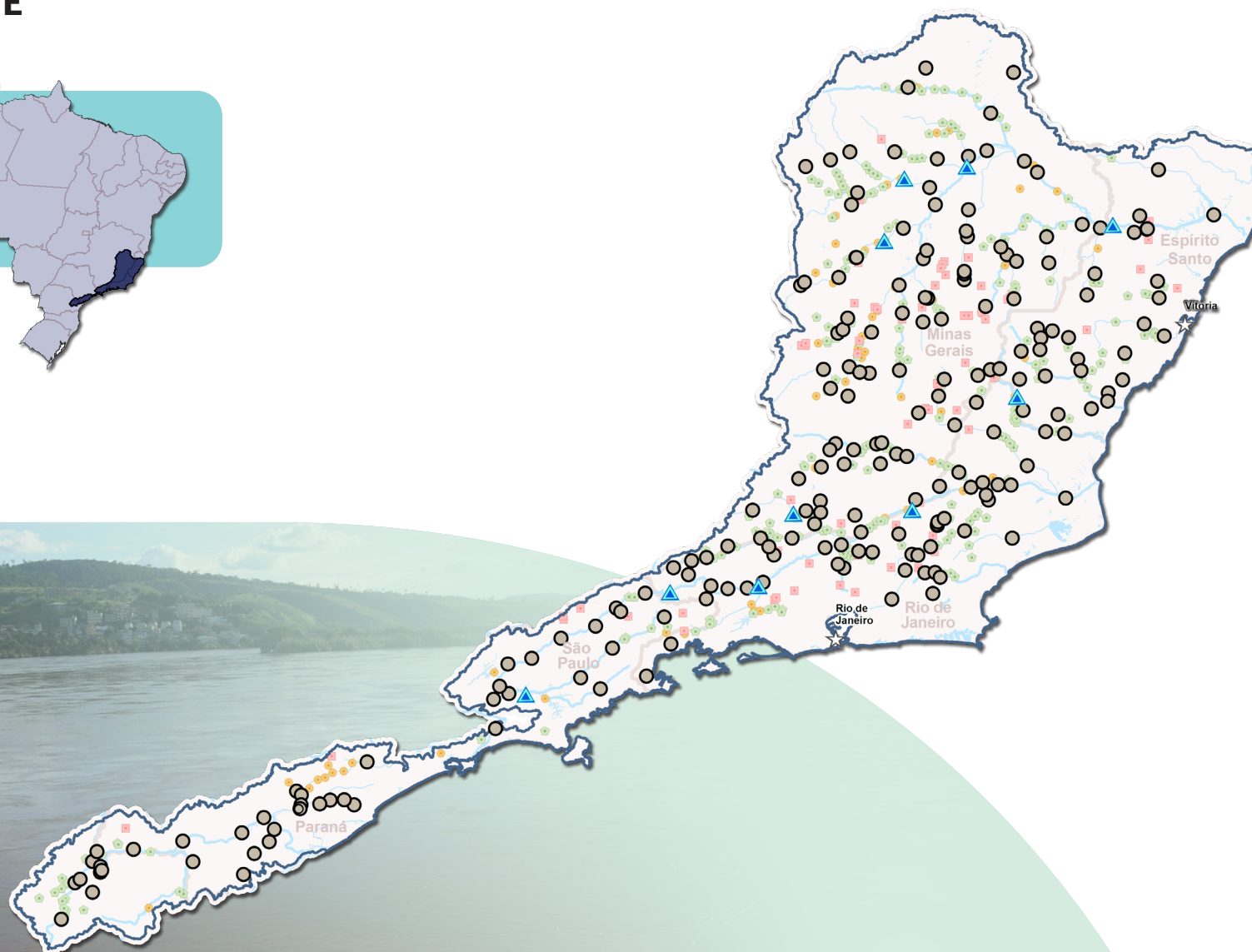
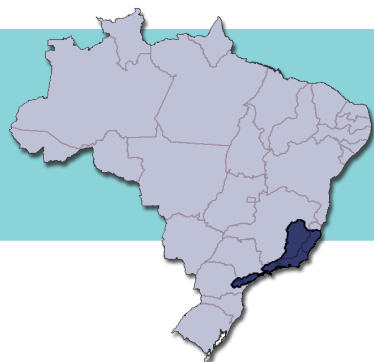
te 903 MW. A usina hidrelétrica com maior potência (888 MW) em operação é a Henry Borden, em Cubatão. A apresenta 18 usinas hidrelétricas em operação, cinco em fase de implantação e cinco previstas. A navegação não é viável em escala comercial.

Sub-bacias

56	Doce
57	Litorâneas do Espírito Santo
58	Paraíba do Sul
59	Litorâneas do Rio de Janeiro
80	Litorâneas de São Paulo
81	Ribeira do Iguape



REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUDESTE



● Estações Fluviométricas

○ Estações Fluviométricas Auxiliares

▲ Reservatórios utilizados na consistência dos dados fluviométricos (ONS)

Obras Hidráulicas

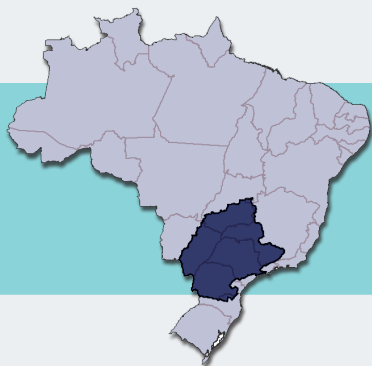
● Usinas Hidrelétricas - UHEs

● Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs

■ Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs

☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA PARANÁ



Área: 877.000 km².

Localização: São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal.

População: 61,3 milhões de habitantes, predominantemente urbana, 93% do total de seus habitantes. A densidade populacional bastante alta, chegando a 69,7 hab./km², pouco mais do que três vezes maior que a média nacional.

Principais rios: Paraná, Grande, Iguaçu, Paranaíba, Tietê, Paranapanema.

Vegetação: Engloba os biomas Mata Atlântica e Cerrado, com cinco tipos de cobertura vegetal: Cerrado, Mata Atlântica, Floresta com Araucária, Floresta Estacional Decídua e Floresta Estacional Semidecidual.

Geologia: Apresenta maior extensão ocupada pela Bacia Sedimentar do Paraná, mas também apresenta rochas cristalinas do embasamento Pré-Cambriano e coberturas sedimentares Cenozoicas.

Solos: Predominância de latossolos e cambissolos.

Clima: Classificado como tropical, com pequenos trechos ao sul com clima subtropical temperado. A temperatura média varia entre 16 °C e 28 °C. A precipitação apresenta média anual de 1.540 mm, 87% da média nacional, de 1.760 mm.

Qualidade da água

A RH apresenta 36% da extensão dos rios em situação “preocupante”, “crítica” ou “muito crítica”, principalmente nos rios Meia Ponte, Sapucaí, Turvo, Pardo e Mogi-Guaçu, Piracicaba e Tietê. Apenas 20% da extensão dos rios apresenta qualidade “razoável”, “ruim” ou “péssima”.

Demanda hídrica

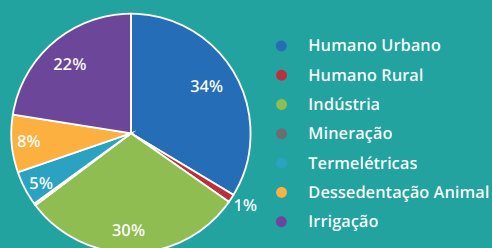
Demanda hídrica consuntiva:
504 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
5.960 m³/s, correspondente a 6,5% da disponibilidade superficial do país.

Vazão média:
11.800 m³/s, 6,6% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
4.040 m³/hab.

Principais demandas hídrica:



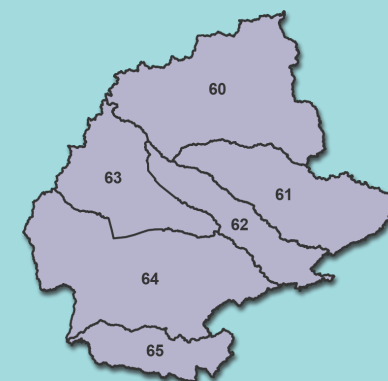
Demandas hídricas não consuntivas:

Aproveitamento de 68% do potencial hidrelétrico disponível, gerando 41.500 MW com destaque para a usina hidrelétrica de Itaipu. A principal hidrovia é a

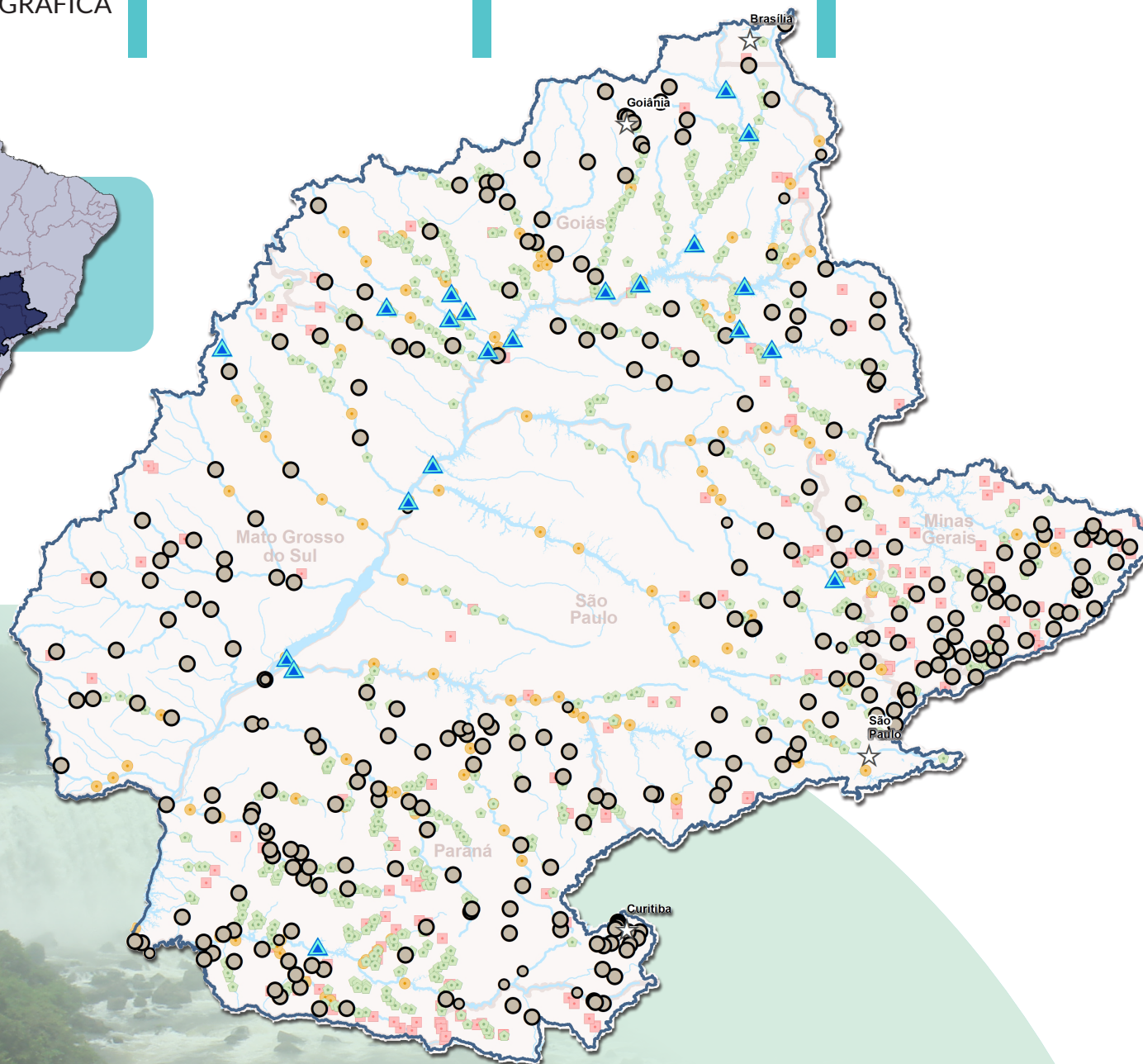
do Paraná, que compreende desde os seus rios formadores (Grande e Paranaíba) até o rio Paraná, com 1.800 km de extensão.

Sub-bacias

60	Paranaíba
61	Grande
62	Paraná, Tietê e outros
63	Paraná, Verde, Peixe e outros
64	Paraná, Paranapanema, Amambai e outros
65	Paraná, Iguaçu



REGIÃO HIDROGRÁFICA PARANÁ



- Estações Fluviométricas
- Estações Fluviométricas Auxiliares
- ▲ Reservatórios utilizados na consistência dos dados fluviométricos (ONS)
- Obras Hidráulicas
- Usinas Hidrelétricas - UHEs
- ◆ Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs
- Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs
- ☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA PARAGUAI



Área: 362.000 km².

Localização: Abrange os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

População: 2,4 milhões de habitantes, destes, 86% vivem na área urbana. A densidade demográfica é de 6,10 hab./km², a segunda menor concentração do país.

Principais rios: Paraguai, Miranda, Negro, São Lourenço, Cuiabá, Bento Gomes, Jauru e Sepotuba.

Vegetação: Predomínio dos biomas Cerrado e Pantanal, com ao menos quatro tipos de cobertura florestal: Cerrado, Cerradão, Cerrado Aberto/Campos Inundáveis (Pantanal) e Floresta Estacional Semidecidual.

Geologia: Maior extensão ocupada pelas Províncias da Bacia Sedimentar do Paraná e Quaternárias (Formação Pantanal).

Solos: Predomínio de Latossolos, Argissolos, Planossolos e Plintossolos. Esses dois últimos, junto a zonas de Espodossolos e Gleissolos, configuram as áreas inundáveis (solos hidromórficos).

Clima: Classificado como savânico, onde as temperaturas médias variam de 22,5 °C a 26,5 °C e o inverno é extremamente seco. A precipitação média é de 1.400 mm/ano, com variação entre 800 e 1.200 a 1.600 mm. O período mais chuvoso ocorre nos meses de outubro a março/abril, quando geralmente desenvolve-se o regime de inundações das planícies pantaneiras.

Qualidade da água

A qualidade da água apresenta problemas associados a sistemas de saneamento básico deficitários e manejo inadequado de produtos agropecuários, minerários e industriais. Pelas características no terreno, pontua-se que as ocupações humanas mais significativas, incluindo estabelecimentos agroindustriais (abatedouros e sucroalcooleiras) e áreas agrícolas, situam-se nas zonas a montante da bacia, correspondente as municipalidades com baixos índices de tratamento do esgoto e má disposição dos resíduos sólidos.

Demanda hídrica

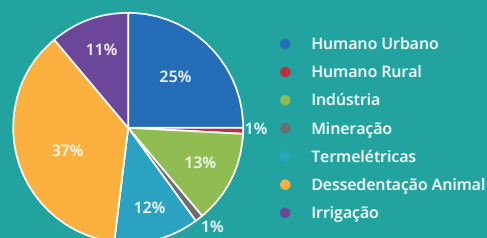
Demanda hídrica consuntiva:
29 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
1.023 m³/s, 1% da disponibilidade hídrica nacional.

Vazão média:
2.840 m³/s, 1% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
7.900 m³/hab., bem acima do valor da média brasileira.

Principais demandas hídrica:



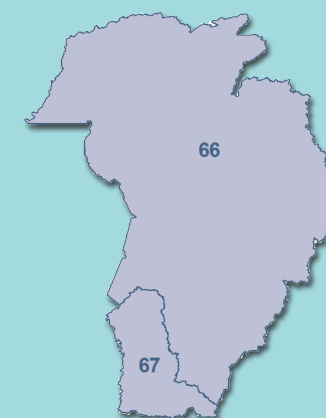
Demandas hídricas não consuntivas:

O potencial hidrelétrico é considerado baixo em comparação com outras regiões, estimado em 2.000 MW. O maior potencial hidrelétrico encontra-se na sub-bacia do Alto Rio Cuiabá, destacando-se a UHE Manso com 210 MW instalados.

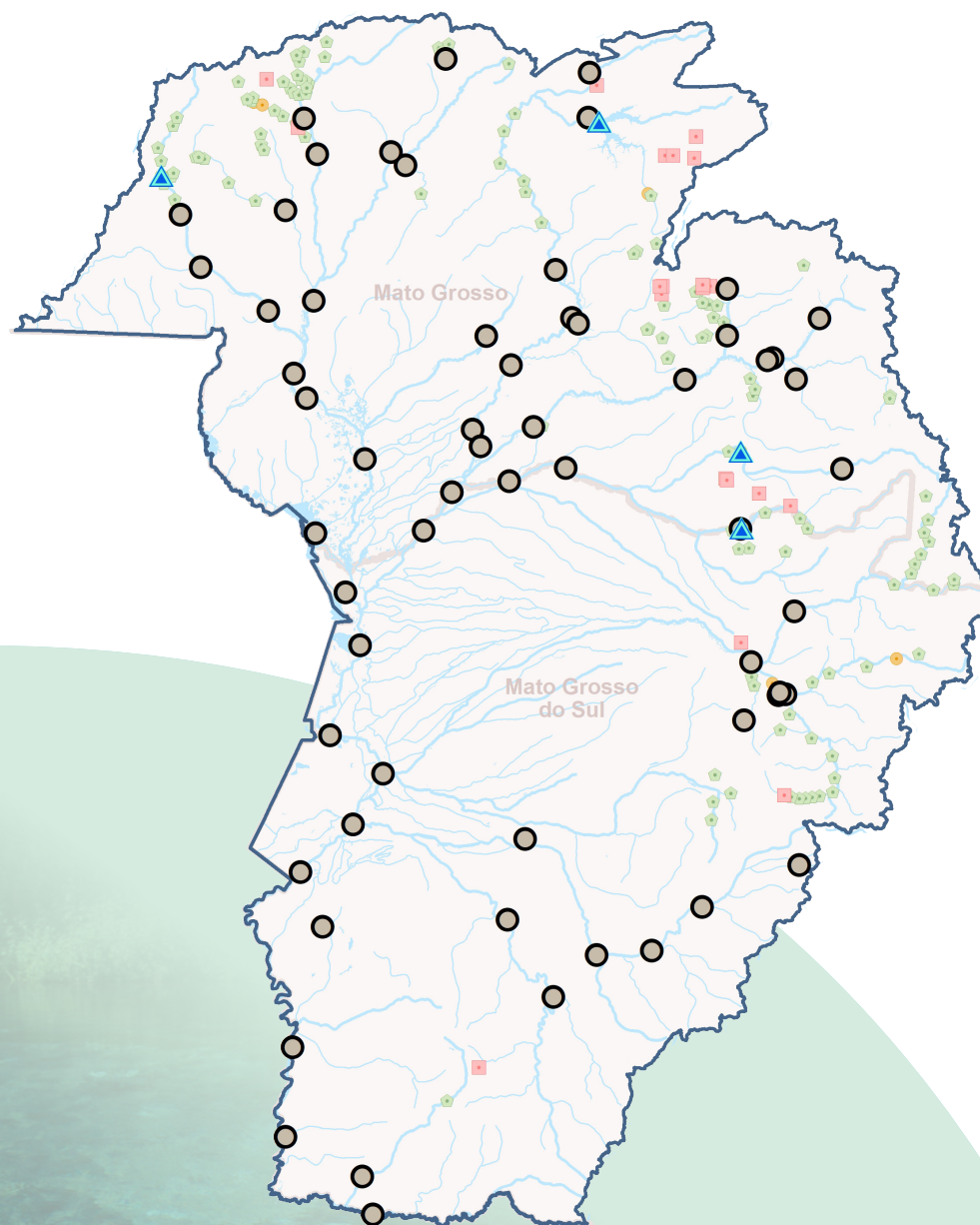
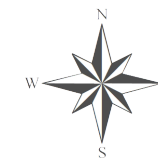
Os principais trechos navegáveis constituem-se a hidrovia do Paraguai, com 1.270 km desde Cáceres até a foz do rio Apa, compondo a hidrovia Paraguai-Paraná, e também o rio Cuiabá desde seu afluente rio São Lourenço.

Sub-bacias

66	Alto Paraguai
67	Paraguai, Nabileque e outros



REGIÃO HIDROGRÁFICA PARAGUAI



● Estações Fluviométricas

▲ Reservatórios utilizados
na consistência dos dados
fluviométricos (ONS)

Obras Hidráulicas

● Usinas Hidrelétricas - UHEs

★ Pequenas Centrais
Hidrelétricas - PCHs

■ Centrais Geradoras
Hidrelétricas - CGHs

☆ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA URUGUAI



Área: 174.000 km².

Localização: Abrange os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

População: 6,2 milhões de habitantes, destes, 61% se concentram nos centros urbanos. A densidade demográfica da região é de 22,8 hab./km², similar à média brasileira.

Principais rios: Uruguai, Várzea, Turvo, Chapecó, Passo Fundo, Inhanduva, Peixe, Canoas, Pelotas, Ijuí, Piratinim, Ibicuí, Quaraí e Negro.

Vegetação: Característica dos biomas Mata Atlântica e Pampa, entretanto a vegetação original é restrita a áreas de conservação, devido ao desmatamento.

Geologia: Maior parte localizada na região sedimentar da Bacia do Paraná e a região sul/sudeste, localiza-se no Escudo-Rio-Grandense.

Solos: Predominância de chernossolos (solos brunizém avermelhados) e os neossolos (solos litólicos).

Clima: Classificado como temperado, tendo por característica uma distribuição regular interanual de chuvas. A temperatura média anual varia entre 16 °C e 20 °C e evapo-

transpiração média é de 1.040 mm/ano. A precipitação média anual de 1.600 mm, pouco abaixo da média nacional, de 1.760 mm.

Qualidade da água

A região apresenta baixo nível de tratamento de esgotos, especialmente o trecho alto do rio Uruguai, onde concentram as maiores cidades. Nas áreas próximas aos rios Peperi-Guaçu, das Antas, Chapecó, Irani, Jacutinga, do Peixe e Canoas, o transporte, a diluição e a assimilação dos efluentes urbanos, rurais (suíno e avicultura intensivos) e industriais (produção de

celulose) causam degradação da qualidade das águas, impactando o abastecimento das populações e outros aspectos sanitários. Na RH Uruguai, o índice de atendimento urbano de água é de 97%, acima da média brasileira, que é de 93%, contudo o índice de coleta de esgoto é baixo (28%). Se for considerado o volume total de esgoto gerado na RH, o percentual de tratamento cai para 24%.

Demanda hídrica

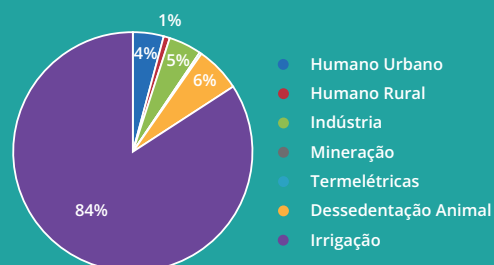
Demanda hídrica consuntiva:
171 m³/s.

Disponibilidade hídrica superficial:
565 m³/s, 0,6% da disponibilidade hídrica nacional.

Vazão média:
4.100 m³/s, 2,3% da vazão média nacional.

Volume máximo de reservação per capita:
3.390 m³/hab., pouco abaixo do valor da média brasileira.

Principais demandas hídrica:



Demandas hídricas não consuntivas:

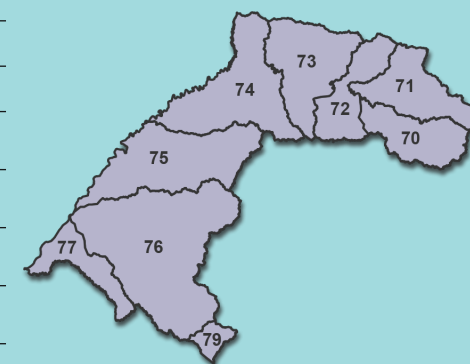
A RH apresenta um grande potencial hidrelétrico, com uma capacidade total, considerando os lados brasileiro e uruguaio, uma de produção de 40,5 KW/km², uma das maiores relações energia/km² do mundo. Estão instalados na RH, ao longo

do Rio Uruguai e seus afluentes, aproximadamente, 6.000 MW.

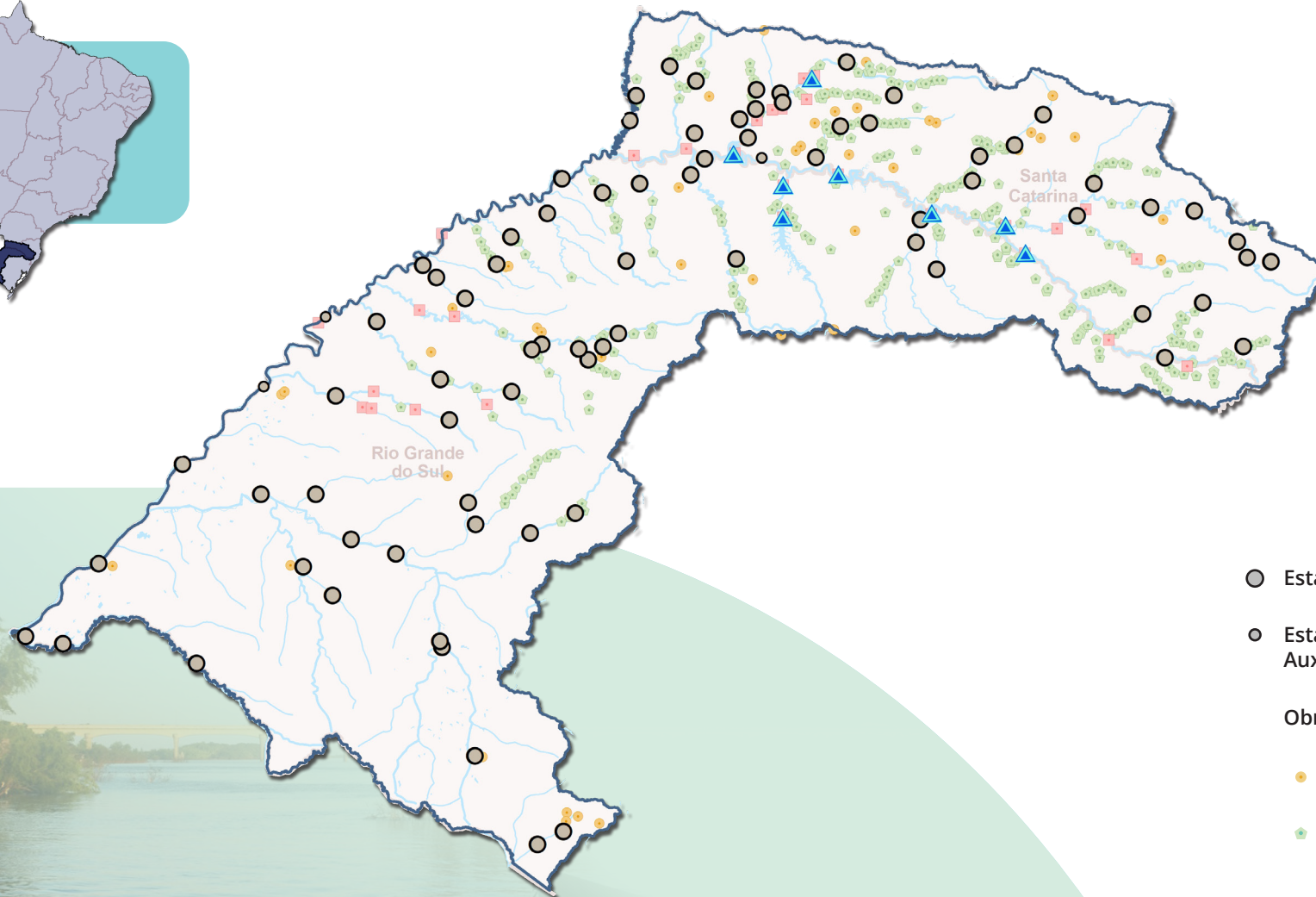
O único trecho da RH que tem expressão econômica, no que se refere à navegação, é o trecho inferior do rio Uruguai, na divisa do Brasil com a Argentina.

Sub-bacias

70	Pelotas
71	Canoas
72	Uruguai, Inhanduva, Peixe e outros
73	Uruguai, Chapecó, Passo Fundo e outros
74	Uruguai, Várzea, Turvo e outros
75	Uruguai, Ijuí, Piratinim e outros
76	Ibicuí
77	Uruguai, Quaraí (M. D.) e outros



79 Uruguai e Negro



- Estações Fluviométricas
 - Estações Fluviométricas Auxiliares
- Obras Hidráulicas
- Usinas Hidrelétricas - UHEs
 - Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs
 - Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs
- ★ Capitais

REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUL



Área: 186.000 km².

Localização: Abrange os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

População: 13 milhões de habitantes, predominantemente urbana (88%), com densidade demográfica de 70 hab./km², cerca de três vezes maior que a média brasileira.

Principais rios: Itajaí, Capivari, Taquari-Antas, Jacuí, Vacacaí e Camaquã.

Vegetação: Mata Atlântica e Campos Sulinos.

Geologia: Apresenta maior extensão ocupada pela Província Cristalina Mantiqueira e também pela Província Sedimentar da Bacia do Paraná e Província Sedimentar Recente.

Solos: Predominância de cambissolos, argissolos e neossolos.

Clima: Clima subtropical, com trechos ao norte de clima tropical. A temperatura média varia entre 14,6 °C e

20,3 °C. A precipitação média anual 1.640 mm muito próxima da média nacional, de 1.760 mm.

Qualidade da água

Maior parte da RH tem qualidade boa. Os pontos mais críticos localizam-se nas regiões de grande urbanização e industrialização, ressaltando a Região Metropolitana de Porto Alegre e de Florianópolis e os municípios de Blumenau e Joinville.

Demanda hídrica

Demanda hídrica consuntiva:
333 m³/s.

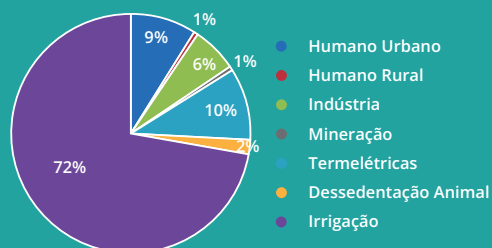
Disponibilidade hídrica superficial:
647 m³/s, equivalente a 0,7% da disponibilidade hídrica nacional.

Vazão média:
4.060 m³/s, correspondendo a 3% da vazão média no país.

Volume máximo de reservação per capita:
11.300 m³/hab., mais do que três vezes o valor da média brasileira.

Demandas hídricas não consuntivas:
Quanto à produção de energia, a RH Atlântico Sul tem potencial considerado baixo, cerca de 2% (5.400 MW) do potencial hidrelétrico total estimado para o Brasil. Deste valor, 28% são explorados, 10% outorgados e 5% em construção e cerca de 57% do potencial

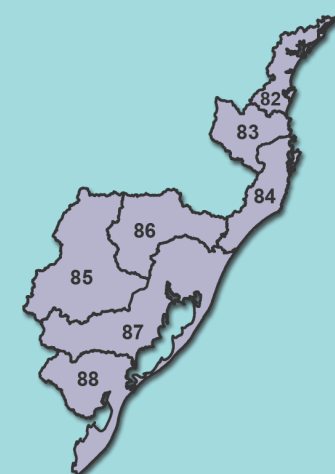
Principais demandas hídricas:



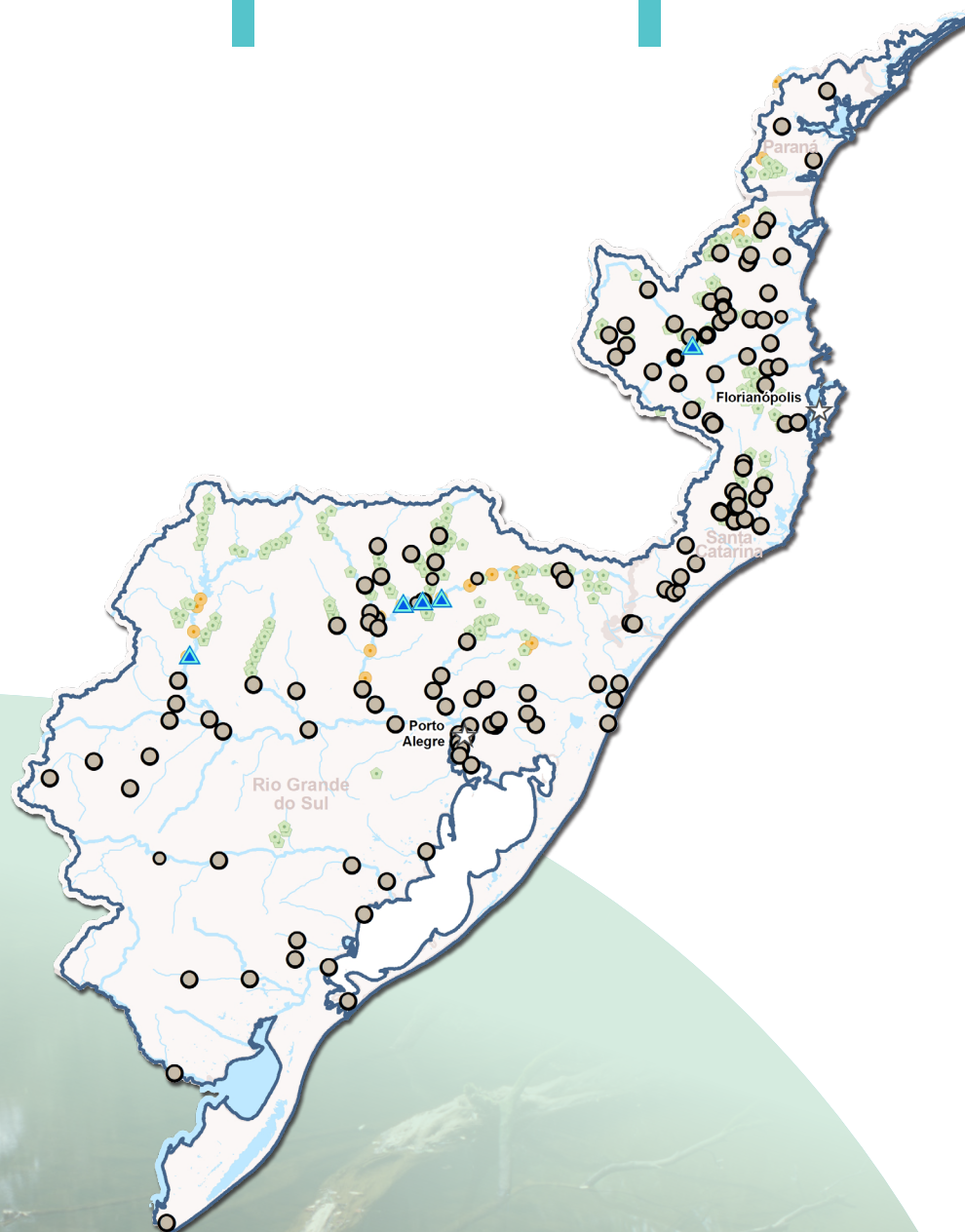
hidrelétrico regional ainda não foram estudados. Destacam-se as hidrovias: da Jacuí-Taquari (considerada uma das hidrovias mais eficientes do Brasil), da Lagoa Mirim e canal de São Gonçalo.

Sub-bacias

82	Cachoeira, São João e outros
83	Itajaí
84	Tubarão, Capivari e outros
85	Alto Jacuí
86	Taquari
87	Jaguarão e lagoa Mirim no Brasil e outros
88	Jaguarão e lagoa Mirim no Brasil e outros



REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUL



- Estações Fluviométricas
- Estações Fluviométricas Auxiliares
- ▲ Reservatórios utilizados na consistência dos dados fluviométricos (ONS)
- Obras Hidráulicas
 - Usinas Hidrelétricas - UHEs
 - ★ Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs
- ☆ Capitais

3 MÉTODOS

A análise de consistência de séries fluviométricas necessita de profissionais com conhecimento técnico em Hidrologia e Hidráulica, além de muita concentração e bom senso. As variáveis hidrométricas, tais como leituras de régua e medições de vazão, estão intrínsecas ao processo de obtenção dessas informações. A oscilação do nível de água (NA), a localização do posto de observação, o correto nivelamento das réguas, a hora efetiva da leitura, as dificuldades do próprio observador, seja na observação do NA, seja na transcrição do dado na caderneta apropriada, entre outros aspectos, são responsáveis pelas incertezas dessa medida.

Quanto às medições de vazão, no método tradicional são utilizados molinetes, que permitem a estimativa da velocidade pontual, na vertical onde está posicionado, através de uma equação cuja variável independente é o número de rotações da hélice, em um tempo pré-determinado (geralmente um minuto). As incertezas podem estar associadas à calibração do molinete, à equipe de hidrometristas, ao tempo necessário para a medição, ao nú-

mero de verticais definidas para a representação da seção transversal, à própria forma da seção de medição, nem sempre constante, e outras situações típicas de um trabalho de campo. O uso de métodos acústicos, tipo ADCP, utilizado mais frequentemente nos últimos anos, melhora significativamente a precisão das medições, mas mesmo assim ainda persiste certa variabilidade. Admite-se que a maior variabilidade dessas medidas está associada às baixas vazões, situação em que, na medição tradicional, a velocidade angular da hélice do molinete sendo pequena dificulta a estimativa da velocidade do fluxo. Além dos métodos afetos à consistência propriamente dita, apresenta-se adicionalmente os métodos utilizados para o preenchimento de falhas na escala diária e mensal e o método formulado para a Qualificação das Séries Fluviométricas, consideradas neste estudo, cujo resultado pode servir para avaliação individual dos técnicos e profissionais, potenciais usuários da referida informação.

Considerando os aspectos citados, os métodos para a consistência de séries hidrológicas

aplicam técnicas tradicionais em Hidrologia e devem atender ao Princípio da Parcimônia, onde, na dúvida sobre um dado disponível, deve prevalecer a informação observada em detrimento a uma possível alteração que possa mascarar o fenômeno natural.

Na sequência, apresenta-se os métodos utilizados no processo de consistência, em suas diversas etapas, chamando a atenção para a automação de procedimentos, tendo em vista a grande massa de dados trabalhadas ao longo do projeto.

3.1 Método de consistência de dados fluviométricos

A análise de consistência de dados fluviométricos foi realizada na escala diária, com consequente reflexo nas séries mensais, anuais e históricas de cada estação. Sendo assim, os dados com frequência superior à diária, ou seja, dados horários, a cada 15 minutos ou em qualquer outro intervalo de tempo, quando disponíveis, foram convertidos para a escala diária.



Ilha Mexiana (PA)
Rui Faquini / Banco
de Imagens ANA

A análise de consistência realizada no âmbito deste projeto considerou estudos anteriores similares, conforme mencionado anteriormente. Para tanto, tais dados, consolidados em outros estudos e incorporados no banco de dados HIDRO da ANA, foram avaliados quanto à necessidade de alterações, com o apoio das análises produzidas pela geração de gráficos do Sistema para Análise de Dados Hidrológicos – SiADH 2.0, desenvolvido pela ANA, e por planilhas de análise desenvolvidas pela empresa RHA.

As séries finais e demais informações de cada estação foram apresentadas no formato do Sistema para Gerenciamento de Dados Hidrológicos – Hidro 1.2. Aos dados consolidados, resultantes da execução do projeto (cotas, resumo de descarga líquida, curvas de descarga e perfis transversais), foi atribuído o status de consistido. Embora as vazões sejam um produto gerado a partir dos dados básicos consistidos, para as estações do tipo FD, as séries de vazões consistidas constam no banco de dados.

Sempre que necessário, as fichas de campo das estações, disponibilizadas pela ANA, foram consultadas para auxílio ao processo de consistência. Também os dados operativos de reservatórios próximos às estações selecionadas no processo de consistência, quando disponíveis, foram utilizados para a análise regional das vazões nas respectivas sub-bacias.

Ao longo dos trabalhos, na elaboração dos relatórios parciais afetos a cada Região Hidrográfica, são apresentadas observações ou comentários sobre as análises realizadas para cada uma das estações cujos dados foram consistidos, formando uma espécie de *dossiê* da estação.

Fazem parte do escopo metodológico do presente projeto as seguintes etapas, as quais são apresentadas na sequência:

- I. Coleta e organização de dados e informações;
- II. Avaliação da bacia hidrográfica;
- III. Análise de cotas;
- IV. Análise das seções transversais;
- V. Análise de medições de descarga líquida;
- VI. Análise, traçado, extrapolação e validação de curvas de descarga;
- VII. Análise regional de vazões;
- VIII. Preenchimento de falhas e
- IX. Qualificação das séries fluviométricas.

3.1.1 Coleta e organização de dados e informações

Inicialmente foi realizado o diagnóstico dos dados recebidos, notadamente das séries de dados observados (cotas, resumos de descarga e perfis transversais), das curvas de descarga e histórico das estações, além de dados cadastrais como localização e área de drenagem. Os dados faltantes relativos às estações principais foram solicitados e diversos encaminhamentos, recebidos ao longo do desenvolvimento do estudo, acabaram sendo incorporados na base de dados do projeto.

Adicionalmente foram recebidos dados operativos de vários reservatórios pertencentes ao Sistema Interligado Nacional (SIN), notadamente séries de vazões afluentes e defluentes para apoio ao processo de consistência das séries fluviométricas.

3.1.2 Informações da bacia hidrográfica

A caracterização das bacias hidrográficas foi apresentada anteriormente, em item específico desta publicação. Além da caracterização

mais detalhada, destacam-se as seguintes etapas desenvolvidas: i) definição da base cartográfica de trabalho; ii) locação das estações e consolidação das coordenadas; iii) identificação e locação de reservatórios significativos; iv) determinação do comprimento dos segmentos de drenagem entre as estações e/ou reservatórios; v) definição de grupos de estações/reservatórios para análise regional de cotas e vazões; vi) elaboração de mapas temáticos; e vii) elaboração de diagramas em topologia de rede.

3.1.3 Método para análise de cotas

A análise das cotas usualmente é efetuada através da representação gráfica e análise comparativa entre os cotagramas das estações consideradas. Ferramentas gráficas do SiADH, disponibilizado pela ANA, e recursos do Excel® auxiliaram e facilitaram esse tipo de análise.

As séries de cotas foram avaliadas pela forma dos cotagramas, baseando-se na evolução conjunta dos mesmos, em termos de ascensão e decaimento das cotas e na correspondente defasagem temporal entre os registros singulares das estações, conforme apresentado por Lemos et al. (2013). Preferencialmente, foram comparadas estações localizadas no mesmo curso de água.

Potencialmente as seguintes falhas podem ser identificadas na análise dos cotagramas: i) erros de cópia; ii) falsas leituras do observador; erro de metro; iii) erro de complemento; e iv) leitura errônea de cotas negativas.

A análise dos cotagramas simultâneos permite a identificação de anomalias que podem ser provenientes de erro ou falhas no

registro de cotas, em função da existência de obras hidráulicas e remansos causados por estruturas civis nas proximidades da estação ou por represamento das águas nas proximidades da confluência entre rios ou ainda, por efeito de maré.

Portanto, a avaliação dos cotagramas é acompanhada da análise dos respectivos boletins, que podem indicar leituras ilegíveis, mudança de caligrafia ou do próprio observador, preenchimento incorreto das leituras de acordo com os dias do mês, preenchimento incorreto do cabeçalho (código, nome, mês e ano), além das próprias anotações do observador (desnívelamento de régua, atos de vandalismo, reinstalação feita pelo próprio observador, régua coberta, caída, “seca”, etc.).

O remanso por influência da maré é constatado quando são observadas oscilações cíclicas dos níveis de água, com períodos de cerca de 14 dias, principalmente em época de estiagem. Esses efeitos, no caso de um rio de maior porte, são observados em épocas de cheia, quando o nível de suas águas dificulta o escoamento do tributário, ou

mesmo quando o rio principal recebe um afluente de maior porte.

Essa etapa resulta em uma série de cotas inicialmente revisadas, em função da correção de erros grosseiros e da adoção de consistência realizada anteriormente. Destaca-se que todas as alterações realizadas foram registradas com um código de consistência correspondente.

3.1.4 Método para análise de perfis transversais

As séries de levantamentos topobatimétricos das seções transversais são fundamentais para avaliação do comportamento das estações fluviométricas ao longo do tempo, podendo ser identificadas condições de instabilidade e alterações provocadas por erosão ou deposição de material no canal, ou mesmo mudanças importantes de alteração de local da estação, eventualmente, não registradas no histórico.

A deformação do leito e a mobilidade das margens laterais podem desempenhar uma

função importante na instabilidade cronológica da relação cota-vazão (Jacon e Cudo, 1989). Portanto, eventuais alterações na geometria da seção afetam diretamente a relação cota vazão, gerando imprecisão nas séries de vazões decorrentes de incertezas nas curvas de descarga. Assim, a avaliação criteriosa das séries de levantamentos de seções transversais torna-se fundamental em um processo de consistência de dados fluviométricos.

Devido à natureza dos levantamentos de campo realizados pelos hidrometristas, a comparação de seções transversais apresenta algumas dificuldades. A principal está relacionada ao método de levantamento em campo, cuja batimetria do leito e topografia das margens são realizadas tendo como referências horizontais (medição de distâncias) as margens do rio definidas pelo nível da água (NA), no momento da medição. Assim, cada levantamento apresenta uma referência horizontal (início) diversa, salvo nos casos em que o ponto inicial (PI) ou o ponto final (PF) da seção de medição são incluídos pelos hidrometristas no levantamento, o que infelizmente é



muito raro acontecer. O segundo problema está relacionado à falta ou erro na indicação da margem do rio (esquerda ou direita) em que foi iniciado o levantamento, originando perfis transversais eventualmente “espelhados” no banco de dados.

Uma análise de consistência criteriosa pode corrigir com segurança o problema dos perfis espelhados, invertendo o início da seção. No entanto, o problema do referencial horizontal para “amarrar” o início de todos os levantamentos não pode ser cabalmente resolvido, a menos como mencionado, para os levantamentos com indicação de PI ou PF.

Uma comparação mais efetiva do comportamento das seções transversais ao longo do tempo foi realizada a partir da determinação, para cada levantamento, das características geométricas relacionadas com a cota (cota x área, cota x largura, cota x profundidade média, cota x raio hidráulico). Gráficos comparativos dessas grandezas ao longo do tempo são mais eficientes e foram utilizados para avaliar a qualidade dos dados e o comportamento das seções transversais.

Com os dados consistentes dos perfis transversais e, eventualmente, agrupados por seção de medição ou períodos de tempo sem alterações significativas da morfologia do canal, foram definidas seções transversais representativas (seções tipo) para utilização na análise e ajuste das curvas de descarga. Admitiu-se mais de uma seção típica por estação, dependendo do número de seções de medição e da variação das mesmas ao longo do tempo.

As características geométricas das seções foram também utilizadas para análise de consistência das medições de vazão, avaliando-se compara-

tivamente com as características geométricas constantes do resumo de medições de vazão.

3.1.5 Método para análise de medições de descarga

As medições de vazão foram avaliadas com base no “resumo de medições de vazões”, exportado do banco HIDRO para planilhas de análise específica, e, quando necessário, com consulta às fichas de campo.

Na avaliação dos resumos de medições de vazão, por estação, foram aplicadas análises gráficas e diversas verificações e comparações visando identificar erros nos dados disponibilizados. Como primeira verificação destaca-se a prevalência da relação entre o valor da vazão, da área molhada e da velocidade média. A área e a velocidade devem ser crescentes com o aumento da cota, admitindo-se alguma dispersão dos pontos devido à precisão do método de medição de vazão.

Para avaliação das cotas das medições, as mesmas foram comparadas com a correspondente cota observada na estação e, em casos de extrapolação de critérios pré-definidos, as diferenças significativas foram consideradas *outliers*. Como as cotas observadas na data da medição e as cotas registradas durante o processo de medição correspondem a horários distintos, muitas diferenças podem ser explicadas pela variação do hidrograma/cotograma e, nesses casos, as cotas das medições, após análise criteriosa, são validadas.

A área molhada e demais grandezas geométricas do resumo das medições foram comparadas com as grandezas geométricas das seções. Quando conveniente, os dados das seções transversais substituem os dados

geométricos, na consistência das medições de vazão. A análise da relação entre área molhada, largura da seção na superfície livre e profundidade do escoamento foi realizada sobre o gráfico representativo da razão entre área molhada e largura *versus* a profundidade média da seção. A relação obtida nessa representação gráfica, no caso de consistência das informações, tende a uma reta inclinada a 45°. Incoerências entre os valores observados tornam necessária a análise da ficha de campo do evento de medição de descarga líquida correspondente.

Os parâmetros geométricos das medições foram comparados graficamente com os obtidos dos perfis transversais da estação. Essas representações gráficas auxiliam na identificação de erros nas medições (que poderão ser confirmados pela análise das fichas de campo) ou mudança na seção transversal. Registre-se ainda que os resultados também foram confrontados com os de perfil batimétrico.

Os desvios na relação cota *versus* área, para alguma medição específica, foram corrigidos através da análise da seção transversal. Além disso, a partir das cotas e horários iniciais e finais das medições verificou-se a variação no gradiente hidráulico. Os gráficos cota *versus* velocidade e cota *versus* descarga medida permitem analisar o tipo de relação entre estas variáveis, constituindo-se em um importante critério para a determinação do traçado e avaliação da curva-chave.

Ainda com relação à dispersão dos pontos de medição de vazão, a mesma pode estar relacionada com o caráter não-unívoco da calibragem devido a instabilidades geométricas ou hidráulicas. Assim, os pontos anormais foram examinados atentamente, uma

vez que podem ser a única testemunha de uma tendência periódica, mantendo-se os que não puderam ser eliminados por argumentos conhecidos.

A análise da distribuição dos pontos formados pelos pares cota *versus* vazão permite identificar, preliminarmente, o tipo de curva-chave a ser determinado. Como exemplo, a Figura 3 mostra diferentes tipos de curvas-chave, apresentados por Jacon e Cudo (1989).

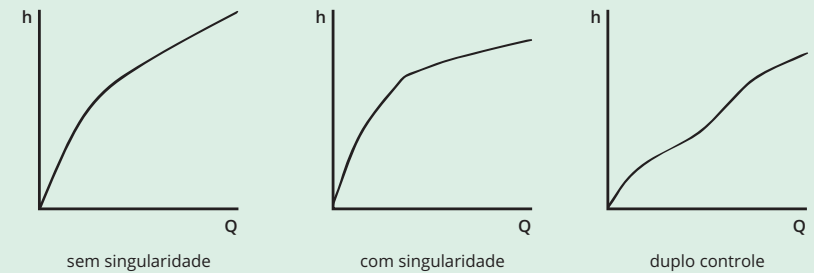
Para as medições que apresentaram inconsistência, por algum dos critérios de análise, os dados do resumo foram consultados nas fichas de campo, visando à correção ou recuperação do registro. Destaca-se a adoção do critério da parcimônia no que tange ao descarte de medições, uma vez que as mesmas são realizadas com deslocamento de equipe especializada, gerando informação altamente qualificada e de elevado custo de aquisição.

Uma abordagem específica foi adotada para análise de consistência das medições realizadas com ADCP (método acústico), pois embora os resultados tendam a ser mais robustos com ausência de erros grosseiros devido ao processamento automático dos dados, os resumos dessas medições geralmente apresentam apenas valores de cotas e vazão, dificultando a análise e detecção de eventuais erros.

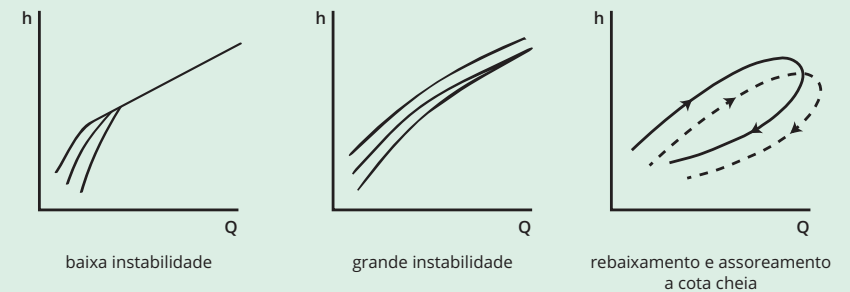
Com relação à cronologia das medições, a plotagem dessas sobre o correspondente cotagrama contribui na avaliação das diferenças de cotas, eventualmente existente, e na avaliação da homogeneidade cronológica das medições, representada por uma distribuição regular das mesmas em cotas baixas, médias e altas e ausência de longos períodos sem nenhuma medição.

Sempre que as análises aplicadas aos resumos de medições de vazão indicaram alguma inconsistência, foram consultadas as fichas de campo, visando corrigir os problemas e qualificar os dados e eventuais correções foram devidamente registradas e incorporadas aos dados consistidos. As fichas de campo quando recolhidas passam por uma digitalização manual nos respectivos escritórios das empresas operadoras do sistema de monitoramento, e por essa razão, comumente são imputados erros de interpretação de quem as manuseiam. Ocorrem situações em que os registros da

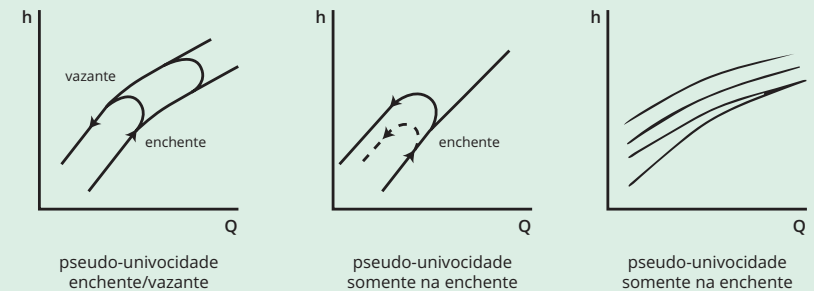
A - Relação bi-unívoca



B - Relação não-unívoca em rio instável

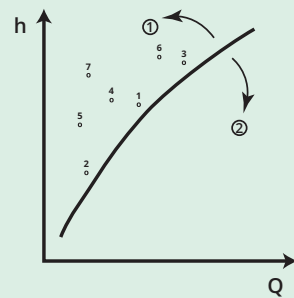


C - Relação não-unívoca em regime não-permanente

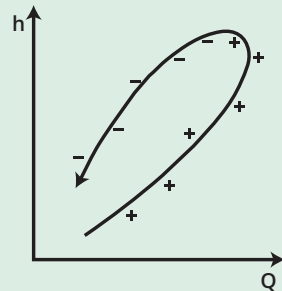


Fonte: Jacon e Cudo (1989).

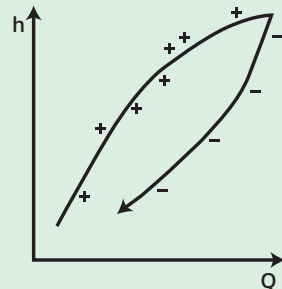
FIGURA 3 – TIPOS DE CURVA DE CALIBRAGEM



Evolução progressiva
da seção molhada



+ cheia
- depleção



Organizações cíclicas

Fonte: Jaccon e Cudo (1989).

FIGURA 4 – ILUSTRAÇÃO DA INSTABILIDADE GEOMÉTRICA E CÍCLICA

base de dados não conferem com as fichas de campo originais. Eventualmente, são trocados algarismos que compõem datas, cotas, códigos de estação, entre outros itens, alterando significativamente o conteúdo do registro.

Todos os dados analisados e eventualmente corrigidos compõem a base de dados consistentes, os quais foram utilizados na análise e ajuste das curvas de descarga.

3.1.6 Método para análise de curvas de descarga

As principais dificuldades encontradas para o adequado estabelecimento da curva de descarga (curva-chave) foram as poucas medições de descargas disponíveis de modo geral, principalmente em níveis de água muito baixos ou muito altos. Também dificulta esse processo a seção de medição com controle variável e influência da declividade da linha de água que se altera, para a mesma cota, nos períodos de ascensão e recessão da cheia ou pelo de remanso observado nas confluências dos rios ou causado por efeito dos reservatórios ou de maré.

A não-univocidade da calibragem pode ter diferentes origens que correspondem a dois tipos de instabilidade (Jaccon e Cudo, 1989):

Instabilidade geométrica: afeta a seção da régua e/ou a seção de controle. A uma instabilidade geométrica é associada uma organização cronológica. A instabilidade geométrica é percebida de forma mais acentuada para níveis de água baixos ou no caso de desmoronamento de margens.

Instabilidade hidráulica: traduz-se pela existência de uma declividade superficial variável para uma mesma cota de escoamento. A uma instabilidade hidráulica está associada uma organização cíclica das descargas de cheia e de depleção.

As curvas de descarga foram grafadas frente às medições, comparadas entre si e analisadas com relação ao histórico das estações. Com base nesses dados, tomou-se a decisão de adotar algumas das curvas existentes ou definir novas curvas. Após a definição das curvas de descarga com base em dados locais, as séries de vazões foram analisadas frente aos dados regionais, o que permite detectar e corrigir inconsistências nas curvas de descarga, principalmente nas datas de mudança das validades e nas extrapolações dos tramos inferior e superior das mesmas. Para todas as curvas de descarga foi realizada a verificação dos períodos iniciais e finais de validade, os quais foram determinados levando-se em consideração a maior diferença diária de cota observada entre as datas da última medição de descarga, pertencente ao período da última tendência, e a primeira medição de descarga da tendência posterior, excetuando-se casos devidamente justificados, como re-instalações de seções de réguas, levantados junto às fichas de inspeção.

Admitiu-se que as curvas-chaves definidas seguem preferencialmente a relação do tipo potencial, uma vez que tal forma apresenta significado físico (Rantz et al., 1982). Ademais, equações desse tipo são uma das formas mais utilizadas para representar a relação cota *versus* descarga, segundo Jaccon e Cudo

(1989). Logo, para um canal longo e reto onde atua o controle da rugosidade do canal, na maioria das vezes, a relação cota-vazão pode ser representada por uma equação do tipo (Mosley e McKerchar, 1993):

$$Q = a(h - h_0)^n \quad (1)$$

onde: Q é a descarga em m^3/s ; h é a cota relacionada à vazão em metros; a e n são parâmetros próprios da estação e h_0 é a cota que representa a vazão nula.

Os valores de n são usualmente relacionados à geometria da seção (India, 1999; Mosley e McKerchar, 1993). Exemplificando, o valor do coeficiente n , para os vários tipos de seção, é apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 – VALORES APROXIMADOS DO PARÂMETRO n NA EQUAÇÃO POTENCIAL DA CURVA-CHAVE

Tipo de seção	Valor aproximado de n
Comporta com extravasamento	>5
Irregular	1,6 a 1,9
Parabólica	2,0
Retangular	1,6
Triangular	2,5

As incertezas nas vazões máximas anuais obtidas pelo uso da curva-chave não são pequenas, e são maiores ainda quando é considerada a incerteza na estimativa do parâmetro h_0 (Brusa e Clarke, 1999). Para os segmentos mais altos da curva-chave, o coeficiente h_0 possui um valor nominal, não sendo possível determiná-lo fisicamente (India, 1999). Para a estimativa do valor inicial do coeficiente h_0 pode ser utilizado o Método de Johnson, conforme descrito em Rantz et al. (1982) e India (1999).

Na prática, os coeficientes a e n são usualmente calculados mediante a regressão linear entre $\ln(Q)$ e $\ln(h + h_0)$, e o coeficiente h_0 é aquele que fornece a regressão linear associada ao mais alto valor do coeficiente de determinação, através da anamorfose logarítmica da equação para uma reta:

$$\ln Q = \ln(a) + n \cdot (h - h_0) \quad (2)$$

É importante verificar se os parâmetros obtidos estão próximos daqueles compatíveis com os significados físicos esperados, comparativamente às características locais, isto é:

se $h = h_0$, então $Q = 0$;

se $h - h_0 = 1$, então $Q = a$.

Caso isso não ocorra, deve ser tentado um novo ajuste.

Em todos os casos, foi avaliada e apresentada a alternativa de uma única curva para representação da relação cota-descarga, para todo o período de observação e para toda a amplitude de cotas. Conforme apresentado por Brusa e Clarke (1999), nos casos em que a representação gráfica indique a necessidade de mais de uma curva para definir corretamente a relação cota-vazão, para as diferentes faixas de cotas, a adaptação do método considera que a cota onde ocorre a interseção das curvas representa o ponto de mudança de controle. Atenção especial deve ser dada ao encontro das curvas. É necessário evitar descontinuidades no ajuste e, principalmente, garantir que a relação permaneça monotonicamente crescente. O cruzamento entre curvas só é admitido nos casos em que ocorram interferências que geram alteração do controle hidráulico da seção, tais como desbarrancamento da seção, implantação de obras hidráulicas, etc. Conforme utilizado por Silva et al. (2013), os três critérios a seguir foram utilizados para avaliar a acurácia do ajuste da curva-chave às medições:

- Distribuição uniforme dos desvios nos gráficos de desvio *versus* cota, o que indicaria igual distribuição de pontos nos dois lados da curva;
- Distribuição uniforme dos desvios nos gráficos de desvio *versus* tempo; e
- Valor do desvio médio das medições em relação à curva-chave traçada.

Neste estudo, as extrapolações de todas as curvas de descarga adotadas ou definidas foram avaliadas por pelo menos três dos seguintes métodos: Logarítmico, Área \times Velocidade, Stevens (Chézy), Stevens (Manning), Declividade-Conveyance. O método selecionado foi o que melhor ajustou às vazões extremas, atendendo as limitações de cada método. Os parâmetros geométricos da seção necessários para definição da curva-chave foram estimados a partir dos perfis transversais.

Importante ressaltar ainda que os ajustes e extrapolações definidos para as curvas-chave passaram por nova verificação através da aná-

lise regional, notadamente no comportamento dos fluviogramas simultâneos, das curvas de permanência de vazões e na verificação das vazões incrementais. Havendo necessidade, retornou-se a etapas anteriores para novo ajuste nas curvas de descarga.

Outro ponto a ser destacado é que estações fluviométricas localizadas em regiões muito planas e próximas à confluência com outros rios, eventualmente apresentam mudança de declividade da linha da água em alguns períodos, por influência do nível de jusante. Este tipo situação foi identificado notadamente em algumas estações da Região Hidrográfica Amazônica.

Para estas estações com influência de remanso foi avaliada a possibilidade de utilizar as séries de cotas das estações próximas, como auxiliar na definição da curva de descarga, considerando-se assim os efeitos da mudança de declividade da linha de água.

Para definição das curvas de descarga das estações com remanso, quando for o caso, foi realizada uma modificação do método do desnível normal (Jacon e Cudo, 1989). Assim, as curvas de descarga das estações consideradas foram inicialmente definidas pelas equações:

$$Q = a(h - h_0)^n (1 + mh + jh_A)^{1/2}, \text{ para } -1 \leq mh + jh_A \leq 0, \quad (3)$$

$$Q = a(h - h_0)^n, \text{ para } mh + jh_A \geq 0, \quad (4)$$

onde: h é a cota na própria estação; h_A é a cota na estação de apoio; a , h_0 e n são parâmetros do ajuste da curva potencial (situação sem efeito de remanso); e m e j são parâmetros do ajuste da superfície (situação com efeito de remanso).

A simples observação das equações permite concluir que os parâmetros m e j são nulos para as situações de ocorrência de relação biunívoca entre cota e vazão em determinada estação. Ocorrendo efeito de remanso, situação em que para uma mesma cota na estação de montante podem estar associadas vazões distintas dependentes da condição de jusante, adapta-se o método do desnível normal, através do ajuste de uma superfície pelo critério de minimização dos desvios relativos às medições disponíveis.

Com base nas medições, o modelo pode ajustar simultaneamente os cinco parâmetros. Em função da análise regional dos dados na bacia em es-

tudo, pode ser necessário definir primeiramente os parâmetros da curva potencial e, em seguida, fixados estes parâmetros solicitar ao modelo o ajuste dos demais parâmetros, associados ao termo de correção (m e j).

3.1.7 Método para análise regional de cotas e vazões

Para a análise regional das séries de cotas e vazões, as estações foram divididas em grupos considerando-se a topologia e a proximidade das mesmas, os períodos em comum e a eventual influência de usinas de montante. Sempre que necessário, foram consideradas na análise regional as séries de vazões afluentes e/ou defluentes dos reservatórios, fornecidas pela ANA.

As séries de vazões foram analisadas por meio de curvas de permanências, curvas duplo-acumulativas e de fluviogramas simultâneos, com estimativa de vazões incrementais mensais. As curvas de permanência possibilitaram verificar a coerência das vazões ao longo da bacia e, principalmente, verificar as extrapolações dos tramos inferior e superior das curvas de descarga. As curvas duplo-acumulativas permitiram verificar principalmente a adequação das validades das curvas de descarga e também a qualidade das mesmas. A verificação de incrementais negativos pode indicar problema no ajuste e no período de validade das curvas de descarga. Registre-

Ilha Mexiana (PA)
Rui Faquini / Banco
de Imagens ANA



-se que foram adotadas as recomendações do Termo de Referência da contratação, com aplicação de todas as análises disponíveis no programa SiADH.

A análise das estações em grupos, ou análise regional, foi implantada de forma a permitir gerar grupos de análise de três tipos distintos, conforme ilustrado na Tabela 4. Além do arquivo com a montagem dos grupos a partir do código das estações, o arquivo de definição dos grupos possui planilhas com área de drenagem das estações em questão e tempo de propagação entre estações do mesmo grupo. Para grupos do tipo 3 (bacias diferentes) não cabe propagação, assim, utiliza-se valor 0 para efeito de uniformização da planilha. A comparação de estações localizadas em bacias diferentes foi evitada, sendo aceita somente na avaliação de estações realmente isoladas.

TABELA 4 – EXEMPLO DE AGRUPAMENTO DAS ESTAÇÕES PARA ANÁLISE REGIONAL.

N.	Tipo*	Nº estações	Período	Códigos (3 para tipo 2 e máximo 5 para tipos 1 e 3)				
1	2	3	1980 a 2007	32540000	32550000	32620000		
2	2	3	1971 a 2007	33050000	33170000	33190000		
3	1	4	1971 a 2007	33250000	33260000	33281000	33290000	
4	1	2	1970 a 2003	33320000	33380000			
5	2	3	1978 a 2007	33321000	33330000	33380000		
6	1	4	1971 a 2007	33550000	33590000	33630000	33680000	
7	2	3	1971 a 2007	33730000	33760000	33780000		
8	3	5	1971 a 2007	33190000	33290000	33380000	33680000	33780000

* 1 - estações no mesmo rio / 2 - estações com confluência / 3 - estações em bacias diferentes

A análise regional foi gerada com base nos arquivos de definição dos grupos e no arquivo de vazões.

Das análises complementares descritas a seguir, destaca-se principalmente a aplicação do método simplificado de propagação de vazões, o que permitiu uma estimativa mais realista das vazões incrementais e também a implantação de um modelo simplificado de transferência (previsão) de vazões entre estações próximas. Esses resultados de

vazões transferidas também foram utilizados no preenchimento de falhas diárias quando o resultado foi considerado adequado.

O tempo de propagação das vazões nos trechos entre as estações fluviométricas foi estimado considerando-se o comprimento do trecho de rio, medido diretamente na base cartográfica, e a média das velocidades de propagação, calculadas para as duas estações envolvidas e localizadas nas extremidades do trecho considerado. No modelo da onda cinemática, utilizado no presente trabalho a exemplo de estudos anteriores, a velocidade de propagação foi calculada a partir de dados de medição de vazão nas estações fluviométricas. Com os valores medidos de vazão e área da seção transversal foi possível ajustar uma reta do tipo $Q = Q_o + c \cdot A$, onde a inclinação desta reta ($c = dQ/dA$), define o valor da velocidade de propagação da onda cinemática na seção em estudo. Considerando estimados os tempos de propagação das vazões médias diárias, para os trechos considerados, têm-se duas situações distintas de aplicação: a) propagação de vazão de montante para jusante; e b) propagação de vazão de jusante para montante ("retro-propagação"). A aplicação do método da onda cinemática, neste contexto, cria um deslocamento temporal das vazões com pequeno abatimento de pico, no caso de propagação para jusante, e manutenção do tempo do escoamento superficial para os hidrogramas de cheia.

Destacam-se as limitações do método, devido às simplificações adotadas, tais como considerar que as características hidráulicas das seções de medições são representativas dos trechos de rios entre as mesmas e que a velocidade de propagação não varia com a vazão. No entanto, em face da escassez de informações para adoção de um método mais sofisticado, o método fornece uma boa aproximação e tem se mostrado de grande utilidade nos processos de análise de consistência de dados fluviométricos.

Com relação às vazões incrementais, as mesmas foram avaliadas na escala mensal e entre estações nos grupos do tipo 1 e 2, sendo estações no mesmo rio e estações em confluência, respectivamente, sujeitas às mesmas influências de montante. Para obtenção das incrementais, as vazões médias mensais das estações de montante foram calculadas a partir das vazões diárias propagadas até a estação de jusante. Inicialmente, os casos com incrementais negativas foram avaliados por inspeção visual nos hidrogramas propagados frente ao hidrograma de jusante, verificando-se a validade dos tempos de

propagação calculados. Quando pertinente, os tempos de propagação foram alterados por tentativa, no sentido de sincronizar os hidrogramas propagados e locais. Esse procedimento justifica-se, pois, a velocidade de propagação é, inicialmente, obtida com base na seção de medição das estações localizadas no início e final do trecho considerado. Como as estações estão localizadas em locais escolhidos, visando atender determinadas recomendações, o trecho entre as mesmas pode apresentar características distintas.

Os casos de incrementais negativos remanescentes, após ajuste dos tempos de propagação, foram eliminados, sempre que possível, via modificação dos tramos extrapolados das curvas de descarga ou via alteração na série de cotas. As modificações nas curvas de descarga foram realizadas somente quando pertinente e sem descaracterizar as mesmas frente às medições. As alterações nas cotas foram realizadas somente nos casos em que os eventuais erros de leitura eram justificados na comparação dos cotogramas e fluviogramas simultâneos. Para as estações

muito próximas entre si, onde a diferença de áreas de drenagem é inferior à precisão das séries fluviométricas, foi utilizado um critério para tolerância de incrementais negativos, baseado nos desvios médios das medições. Entendeu-se ser este um critério objetivo de avaliação da precisão dos dados medidos na estação. Assim, como critério objetivo de tolerância de incrementais negativos, adotou-se a soma dos desvios médios das medições das estações envolvidas.

No entanto, como os dados são afetados por outras fontes de erro de difícil determinação, enquadram-se na situação de avaliação da tolerância de incrementais negativos, as estações em que a diferença percentual das áreas de drenagem é inferior ao dobro da soma dos respectivos desvios médios das medições de vazão, em relação às curvas de descarga das estações envolvidas. Assim, para os grupos do chamado tipo 1, cada estação foi avaliada com a estação vizinha mais próxima, e para os grupos do tipo 2, as estações foram avaliadas considerando-se as estações em confluência. Nos dois casos, para efeito de

enquadramento, a área incremental entre as estações envolvidas é, em relação à área de drenagem da estação de jusante, percentualmente inferior ao dobro da soma dos desvios médios das medições, em relação à curva de descarga, das estações envolvidas.

Resumindo, admitiu-se vazões incrementais negativas nos casos em que este critério de enquadramento de tolerância foi satisfeito. As incrementais negativas com magnitude superior a esses limites foram eliminadas, via correção dos dados.

Para os casos de ocorrência de incrementais negativos não eliminados após a aplicação das correções mencionadas acima, foi apresentada uma análise detalhada por estação fluviométrica em item específico do correspondente relatório.

3.2 Método para o preenchimento de falhas

Considerando as séries fluviométricas diárias consistentes, após submetidas e ava-



liadas pelo processo de consistência de dados, partiu-se para a etapa referente ao preenchimento de falhas. Como meta estabelecida, procurou-se eliminar ao máximo as falhas observadas ao longo do período histórico. Para tanto, dois procedimentos distintos foram utilizados, sendo um para preenchimento na escala diária e outro na escala mensal. Como a homogeneidade hidrológica entre as séries de dados ocorre no âmbito das vazões, estas são utilizadas nos modelos de preenchimento, para posterior associação às respectivas cotas fornecidas pela curva de descarga, válida no período considerado.

3.2.1 Escala diária

O procedimento para o preenchimento de vazões na escala diária foi realizado com base na transferência de vazões entre estações próximas, do mesmo grupo homogêneo. A transferência de vazões entre estações consecutivas foi realizada considerando-se o tempo de propagação estimado no respectivo trecho. A correção das vazões propagadas para a estação de destino foi realizada por dois métodos, fA – por relação entre áreas de drenagem e fQm – por relação entre vazões médias. Foi observado o coeficiente de determinação R^2 entre as vazões observadas em determinada estação e as calculadas pelo método de propagação (modelo de propagação + correção de área/vazão), a partir de uma estação vizinha, de modo a validar o procedimento proposto. Complementarmente, após aplicar esse método a um período real de falhas na série de vazões da estação de destino, previu-se um ajuste fino, pontual das vazões, adotan-

do-se o coeficiente corretivo, aplicado sobre o resultado dos métodos de transferência propostos. Essa correção ajusta o volume escoado, da série observada com a série estimada por propagação, em períodos contíguos às falhas de observação.

A formação de grupos homogêneos de séries de estações fluviométricas, bem como o método de propagação de vazões e o ajuste para a correção do volume escoado estão detalhados no item relativo à “Análise regional”, apresentado anteriormente.

O desempenho desses modelos simplificados foi avaliado para cada caso específico e, quando pertinente, as vazões transferidas foram adotadas para o preenchimento de falhas diárias na série de cotas. As vazões diárias transferidas foram convertidas em valores de cotas por meio da curva de descarga da estação.

3.2.2 Escala mensal

Quando as vazões diárias transferidas não apresentaram boa aderência aos dados observados locais ou nos casos em que os períodos de falhas eram muito extensos, as vazões foram preenchidas somente na escala mensal. O preenchimento mensal é realizado considerando a correlação entre as séries de vazões médias mensais de estações próximas. Tendo por base as séries de vazões médias mensais, entre estações correlacionadas, são definidos modelos de ajuste linear, onde a variável dependente corresponde à vazão da série que apresenta falha no respectivo dado. Assim, são definidas, para cada conjunto de estações, 12

equações lineares, referentes a cada mês do ano, associada cada uma delas a um coeficiente de determinação (R^2). A série estimada para preenchimentos é então composta pela combinação das estimativas individuais, por mês e estação, utilizando como critério a qualidade do ajuste (coeficiente de determinação R^2) e a disponibilidade de vazão da estação considerada independente.

3.3 Método para a qualificação das séries fluviométricas

Os estudos hidrológicos, não importa a sua natureza, têm como insumo básico os dados obtidos das redes hidrometeorológicas de monitoramento instaladas no país. As séries fluviométricas, obtidas a partir das séries de leituras do nível da água nas estações e da relação cota-vazão fornecida pela respectiva curva de descarga, são essenciais na avaliação da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas, na avaliação das vazões associadas a eventos extremos, sejam enchentes ou estiagens, na geração de estatísticas para o projeto de obras hidráulicas e, de modo geral, para subsidiar a gestão dos recursos hídricos no território nacional.

Os avanços tecnológicos relacionados aos equipamentos de aquisição e transmissão de dados hidrométricos, bem como os avanços da informática, com reflexos na capacidade de armazenamento e na velocidade de processamento de *softwares* e aplicativos, motivam as pesquisas e o desenvolvimento de modelos que buscam melhor representatividade do ciclo hidrológico. Entretanto, ao não se dispor de dados e séries hidrológicas de qualidade, esses avanços

tecnológicos não se traduzem na qualidade dos resultados obtidos. Sob esta ótica é importante ter-se previamente ciência da qualidade dos dados disponíveis para análise, de modo a que se possa, tanto quanto possível, no desenvolvimento de um projeto, selecionar uma rede de informações confiável que possibilite a geração de resultados mais próximos à realidade física dos processos considerados.

Sabe-se que diversos fatores podem contribuir para a obtenção de séries hidrológicas de qualidade. Dentre estes fatores pode-se salientar a escolha do local para a instalação das estações, o tipo de instalação existente, a precisão dos instrumentos de aquisição de dados, a formação e responsabilidade dos observadores, a rotina de operação e a periodicidade de visita das equipes de manutenção e o ajuste de curvas de descarga, no caso de estações fluviométricas. Entretanto, os dados observados, quando submetidos a uma análise de consistência local e/ou regional, retratam de alguma forma a qualidade da série e um diagnóstico, relativo à qualidade dos mesmos, pode ser definido através de índices previamente selecionados e com base na subjetividade da equipe de analistas envolvidos no processo de consistência.

Tendo por base o estudo de consistência desenvolvido, podem-se criar índices que permitam qualificar, por conceito ou nota, as séries hidrológicas analisadas. De maneira geral, o tamanho da série original, o número ou percentual de dados consistidos, preenchidos e estendidos, bem como as características da curva de descarga cons-

tituem-se em elementos a serem considerados quando da definição do método de qualificação das séries.

Dentro do âmbito do projeto, após a análise de consistência das séries fluviométricas de 1779 estações em operação, sob a responsabilidade da ANA, apresenta-se na sequência a atribuição de um conceito de qualidade a cada série estudada, tendo por base a comparação conjunta de todas as estações.

3.3.1 Critério e definição do conceito de qualidade

Para atribuir conceitos de qualificação às séries fluviométricas foram considerados 16 critérios de avaliação, divididos em duas categorias, sendo que a primeira contempla os critérios relacionados à série histórica de cotas e a segunda relacionada às medições de vazão e ao ajuste de curvas de descarga. O procedimento de qualificação acontece apenas para as estações do tipo FD — que são aquelas que possuem série histórica de cotas, medições de vazão e ajuste de curva de descarga — e para estações do tipo F — que são as que possuem apenas a série histórica de cotas. Na Tabela 5 é apresentada a quantidade de estações em cada categoria. Dessa forma, foram avaliadas 1763 estações das 1779 estações que estão no âmbito do projeto.

A nota final da estação, que representa o “Índice de Qualidade”, é obtida pela média ponderada das notas parciais, sendo que os valores de ponderação, ou seja, os pesos, variando de um a três, foram definidos de forma conjunta, entre profissionais do Con-

sórcio e profissionais da ANA. Além disso, deve-se destacar que os limites adotados estão diretamente relacionados às curvas de permanência obtidas para os valores levantados em cada critério, considerando todas as estações analisadas.

Para a qualificação das estações fluviométricas, 16 critérios de avaliação, relativos a determinadas características das séries, foram considerados e seus atributos foram associados a cinco conceitos: “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, que estão relacionados às notas parciais: “5”, “4”, “3”, “2” e “1”, respectivamente. A definição dos limites de cada conceito foi baseada no levantamento dos atributos de todas as séries e na definição da curva de permanência correspondente, considerando os valores extremos e os valores correspondentes às permanências de 20%, 40%, 60% e 80%.

Na Tabela 6 são apresentados os critérios de avaliação, os valores limites considerados na atribuição das notas parciais e os respectivos pesos adotados.

TABELA 5 – QUANTIDADE DE ESTAÇÕES EM CADA CATEGORIA DE TIPO

Tipo de estação	Descrição	Nº de estações
FD	Estações que possuem série histórica de cotas, medições de vazão e ajuste de curva de descarga	1651
F	Estações que possuem apenas a série histórica de cotas	112
Total:		1763

TABELA 6 – CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO E VALORES LIMITES CONSIDERADOS NA QUALIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Cate- goria	N	Critérios	Peso	Conceitos				
				A	B	C	D	E
Série Histórica de Cotas	1	Período de operação da estação (anos)	3	[65,4; 104]	[44,5; 65,4]	[35,7; 44,5]	[15,2; 35,7]	[0,2; 15,2]
	2	Falhas diárias brutas (%)	3	[0; 1,2]	(1,2; 2,9]	(2,9; 5,6]	(5,6; 12,5]	(12,5; 91,2]
	3	Cotas diárias preenchidas (%)	3	[100]	[80,2; 100)	[28,1; 80,2)	[6,1; 28,1)	[0; 6,1)
	4	Tamanho da série sem falhas após a consistência (anos)	1	[62,1; 94,2]	[41,4; 62,1)	[31,5; 41,4)	[14,6; 31,5)	[0,2; 14,6)
	5	Cotas diárias alteradas (%)	1	[0; 0,8]	(0,8; 1,9]	(1,9; 3,3]	(3,3; 6,8]	(6,8; 71,6]
Medições de Vazão e Curva de Descarga	6	Período médio de validade das curvas de descarga (anos)	2	[17,9; 80]	[11,7; 17,9)	[8,2; 11,7)	[5,3; 8,2)	[0,9; 5,3)
	7	Sensibilidade da curva de descarga no tramo superior (%)	2	[0,1; 0,4]	(0,4; 0,7]	(0,7; 1,1]	(1,1; 1,8]	(1,8; 17,1]
	8	Sensibilidade da curva de descarga no tramo inferior (%)	2	[0,4; 1,6]	(1,6; 2,6]	(2,6; 4,9]	(4,9; 11,4]	(11,4; 108,3]
	9	Número médio de medições de descarga por ano	3	[4,7; 38]	[3,8; 4,7)	[3,1; 3,8)	[2,5; 3,1)	[0,1; 2,5)
	10	Desvio absoluto médio da curva de descarga em relação às medições (%)	3	[0; 4,7]	(4,7; 6,2]	(6,2; 8,5]	(8,5; 12,5]	(12,5; 104,9]
	11	Entropia informacional relativa das vazões observadas	1	[0,7; 1]	[0,6; 0,7)	[0,5; 0,6)	[0,3; 0,5)	[0; 0,3)
	12	Entropia informacional relativa das vazões medidas	3	[0,7; 0,9]	[0,6; 0,7)	[0,5; 0,6)	[0,3; 0,5)	[0; 0,3)
	13	Frequência de extrapolação inferior da curva de descarga (%)	2	[0; 1,8]	(1,8; 3,6]	(3,6; 5,9]	(5,9; 12,4]	(12,4; 92,8]
	14	Frequência de extrapolação superior da curva de descarga (%)	2	[0; 2,4]	(2,4; 4,6]	(4,6; 7,1]	(7,1; 11,6]	(11,6; 80,6]
	15	Relação entre a vazão máxima calculada e a vazão máxima medida	1	[0,5; 1,4]	(1,4; 2,1]	(2,1; 3]	(3; 5,4]	(5,4; 1877,2]
	16	Relação entre a vazão mínima calculada e a vazão mínima medida	1	[0,9; 10,6]	(0,6; 0,9]	(0,4; 0,6]	(0,0; 0,4]	[0,0]

Dado o exposto, um “Índice de Qualidade”, representado pela média ponderada das notas parciais de todos os critérios de avaliação, enquadra as estações analisadas em cinco classes, sendo:

Salienta-se que esta análise sobre as séries fluviométricas tem cunho apenas orientativo, refletindo a visão dos técnicos envolvidos no presente estudo, não eliminando, entretanto, a análise posterior individual de outros profissionais, quando da utilização desses dados em seus estudos e projetos.

	Ótimo	$4,2 < NP \leq 5$
	Bom	$3,4 < NP \leq 4,2$
	Razoável	$2,6 < NP \leq 3,4$
	Ruim	$1,8 < NP \leq 2,6$
	Péssimo	$1 \leq NP \leq 1,8$

4 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

O volume de dados e informações trabalhadas em um estudo de abrangência nacional, constando de análise de consistência de séries fluviométricas de estações distribuídas pelas 12 Regiões Hidrográficas brasileiras, contemplando todos os procedimentos descritos nesta publicação, exige a automação de ferramentas de análise, para que em um prazo relativamente curto, conclua-se o trabalho. Nesse sentido, vários *softwares* e aplicativos foram utilizados, alguns disponibilizados pela ANA, outros desenvolvidos ao longo do estudo, os quais alguns são descritos sucintamente a seguir.

4.1 Sistema para gerenciamento de dados hidrológicos – Hidro

O Hidro é uma aplicação de banco de dados do tipo cliente/servidor projetada especificamente para o ambiente gráfico Windows 32 bits (95/98/Me/NT4/2000). Seus principais objetivos são: i) permitir o gerenciamento de uma base de dados hidrometeorológica, armazenada centralizadamente em um banco de dados relacional; ii) permitir a entrada de dados por parte das entidades que operam uma rede hidrometeorológica; iii) cálculo de funções hidrometeorológicas básicas; e iv) visualização de dados (gráficos, imagens, etc.).

4.2 Sistema para análise de dados hidrológicos – SiADH

O Sistema de Análise de Dados Hidrológicos (SiADH 2.0), sistema computacional desenvolvido pela ANA em 2011, foi utilizado com o objetivo de facilitar, sistematizar e padronizar as análises de consistências de dados fluviométricos.

De maneira geral, o SiADH possibilita a representação gráfica e tabular dos dados numéricos de cotas, curvas de descarga e vazões referentes às séries de dados fluviométricos inseridos no banco de dados formato Hidro. Dessa maneira, permite ao usuário identificar inconsistências e possíveis incoerências nos dados hidrológicos armazenados.

A Tabela 7 apresenta a lista das análises oriundas do SiADH utilizadas no processo de análise de consistência de dados fluviométricos. Destaca-se que, com exceção das análises nº 106 e 107 e as respectivas análises de curva-chave, as demais análises foram realizadas regionalmente.

TABELA 7 – LISTA DE VISUALIZAÇÕES GERADA PELO SIADH E UTILIZADAS NO PROCESSO DE CONSISTÊNCIA DE DADOS

Nº	Descrição da análise
Análises individuais por estação	
106	Diagrama de Dados Disponíveis de Cotas.
107	Perfis Transversais.
Cotagramas	
101	Cotas Médias Diárias Consolidadas Versus Tempo.
102	Cotas Médias Diárias Brutas Versus Tempo.
103	Cotas Médias Diárias Consolidadas-Brutas Versus Tempo.
112	Cotas Medidas versus Cotas Observadas.
Hidrogramas	
401	Vazões Médias Diárias Versus Tempo.
402	Vazões Médias Mensais Versus Tempo.
403	Vazões Máximas Mensais Versus Tempo.
404	Vazões Mínimas Mensais Versus Tempo.
405	Vazões Médias Anuais Versus Tempo.
406	Vazões Máximas Anuais Versus Tempo.
407	Vazões Mínimas Anuais Versus Tempo.
408	Vazões Específicas Médias Diárias Versus Tempo.
409	Vazões Específicas Médias Mensais Versus Tempo.
410	Vazões Específicas Máximas Mensais Versus Tempo.
411	Vazões Específicas Mínimas Mensais Versus Tempo.
412	Vazões Específicas Médias Anuais Versus Tempo.
413	Vazões Específicas Máximas Anuais Versus Tempo.
414	Vazões Específicas Mínimas Anuais Versus Tempo.
415	Vazões Específicas Médias Anuais Versus Área de Drenagem.
416	Vazões Específicas Diárias para Diversas Permanências Versus Área de Drenagem.
417	Vazões Específicas Mensais para Diversas Permanências Versus Área de Drenagem.
418	Vazões Médias Mensais (Incremental Negativo – Incrementais Mensais).
419	Teste de Continuidade de Vazões Médias Mensais.
420	Curvas de Permanência de Vazões Médias Diárias.
420	Diagrama de Dados Disponíveis de Vazões.
Curvas-chave	
108 109	Frequência de Cotas Acima da Máxima e Abaixo da Mínima Cota Medida por Ano.
110 111	Frequência de Cotas Acima da Máxima e Abaixo da Mínima Cota Medida por Período de Validade de Curva-chave.
421	Curvas de Permanência de Vazões Médias Mensais.
422	Curvas de Permanência de Vazões Específicas Médias Diárias.
423	Curvas de Permanência de Vazões Específicas Médias Mensais.
450	Curvas-chave.
452	Pares cotas médias diárias, vazões médias diárias e curvas-chave relacionadas.

4.3 Sistema para visualização de fichas de campo

Esse sistema disponibiliza os documentos usados nas atividades de coleta de dados no campo, tais como: fichas, boletins, relatórios, laudos, entre outros. Destina-se ao público em geral, mas neste projeto foi utilizado para consulta, tirando dúvidas quanto a eventuais possíveis inconsistências detectadas nas diversas análises efetuadas.

4.4 Ferramentas para automatização de procedimentos

Outras ferramentas para automatização de procedimentos foram desenvolvidas, em planilha Excel®, para auxiliar na análise de consistência das series fluviométricas. A forma de utilização desses aplicativos está descrita na apresentação do método correspondente. Assim, foram utilizadas planilhas automatizadas para as análises de perfis transversais, medições de descarga, cotas, curvas de descarga, análise regional e preenchimento de falhas.



Pantanal (MS)
Ricardo Zig Koch /
Banco de Imagens ANA

5 RESULTADOS DA QUALIFICAÇÃO

Região Hidrográfica



Como parte integrante dos produtos, os resultados deste projeto constam do banco de dados, formato HIDRO, onde podem ser acessados os valores consistidos correspondentes às séries de cotas linimétricas, às medições de vazão, aos perfis transversais, às curvas de descarga, às séries de vazões médias diárias e vazões médias mensais, incluindo valores decorrentes do preenchimento.

Neste trabalho, para a qualificação das estações fluviométricas foi definido um Índice de Qualidade, obtido a partir de 16 critérios de avaliação de determinadas características dos dados observados, conforme apresentado no Capítulo 3. Considerando as notas parciais atribuídas a cada critério, estas foram distribuídas em cinco classes, cujos limites decorreram dos correspondentes valores extremos e permanências de 20%, 40%, 60% e 80%.

Fazendo-se uma avaliação dos índices médios de qualificação, apresentados na Figura 5, observa-se que a RH Atlântico Nordeste Oriental (RH05) apresentou os menores índices de qualificação, sendo classificada com índice "RUIM". Já as demais regiões tiveram desempenho semelhante, cujo índice é "RAZOÁVEL", com destaque para a RH Tocantins-Araguaia (RH02), que apresentou índice "BOM".

Índice de qualificação

Ótimo	Bom	Razoável	Ruim	Péssimo
-------	-----	----------	------	---------

FIGURA 5 - ÍNDICES MÉDIOS DE QUALIFICAÇÃO POR REGIÃO HIDROGRÁFICA

Na Figura 6 é possível avaliar a distribuição dos índices em termos percentuais, considerando os cinco índices de qualificação, para cada Região Hidrográfica. Devido ao processo de ponderação, a maior parte das estações ficaram concentradas nos índices intermediários e apenas 1% das estações receberam índice "ÓTIMO" e 3% receberam índice "PÉSSIMO". A Região Hidrográfica com os piores resultados é a Atlântico Nordeste Oriental (RH05), a qual, não apresentou nenhuma estação com índice "ÓTIMO" e 79% das estações foram classificadas como "PÉSSIMO" ou "RUIM". Os melhores desempenhos podem ser atribuídos às Regiões Hidrográficas Amazônica (RH01), Tocantins-Araguaia (RH02), Atlântico Nordeste Ocidental (RH03) e Paraná (RH09), que apresentaram conceitos "BOM" e "ÓTIMO" para a maioria das estações.

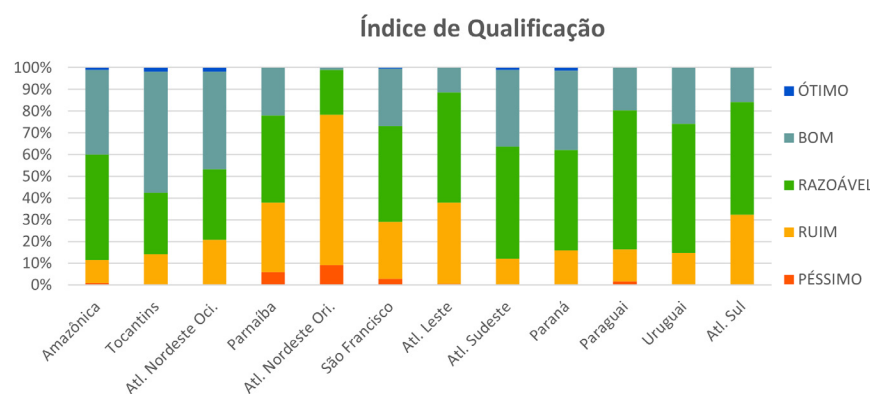


FIGURA 6 - DISTRIBUIÇÃO DOS ÍNDICES DE QUALIFICAÇÃO POR REGIÃO HIDROGRÁFICA

Os Índices de Qualificação foram representados em uma mapa (Figura 7), onde é possível verificar a distribuição espacial das estações analisadas quanto à sua qualificação. Chama a atenção a região Nordeste pela grande concentração de estações com conceitos "RUIM" e "RAZOÁVEL", o que pode ser um reflexo de suas

características hidrológicas, como por exemplo, a presença de rios intermitentes que dificultam a interpretação dos registros hidrométricos. Os melhores índices aparecem com maior frequência em sub-bacias do estado do Rio de Janeiro e na região do sul de Minas Gerais.

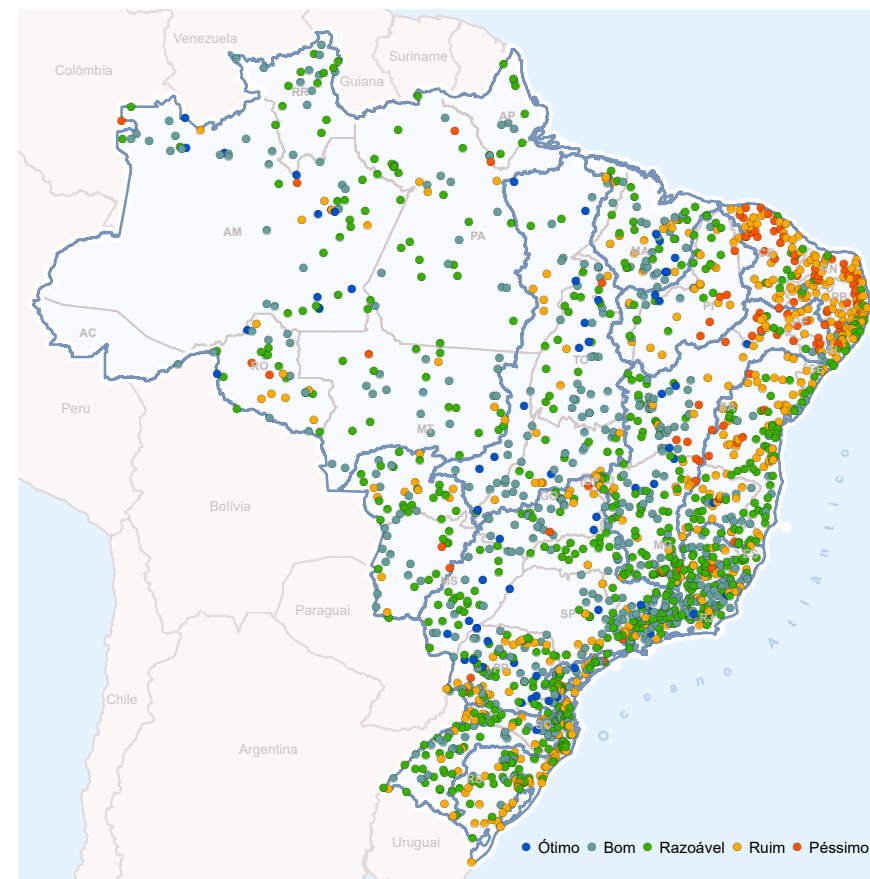


FIGURA 7 - ESPACIALIZAÇÃO DOS ÍNDICES DE QUALIFICAÇÃO DA REDE DE ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DA ANA

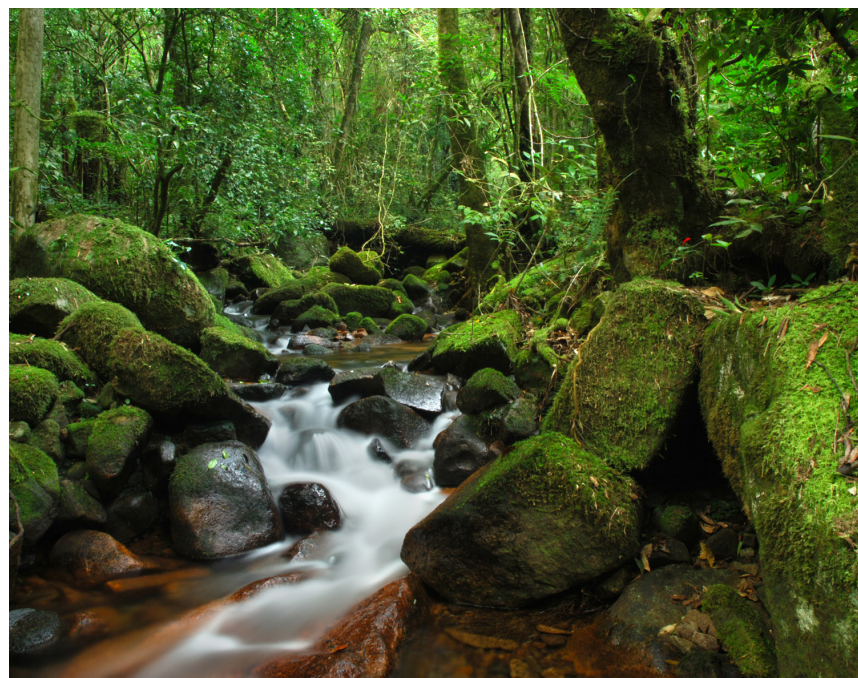
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade de informação e de dados trabalhados no processo de consistência fluviométrica, em âmbito nacional, é de grande magnitude e grande variabilidade. As incertezas intrínsecas aos dados observados, fruto dos equipamentos utilizados, dos métodos de coleta e da própria ação humana no registro e transcrição do dado, podem gerar situações de inconsistência de difícil entendimento e solução. Essa característica obriga a definição de certos critérios que, apesar da aparente incoerência técnica, permite o avanço do processo de consistência em conformidade com os conceitos básicos da Hidrologia e da Hidráulica. Como forma de expor o compromisso técnico com os resultados obtidos, apresentam-se algumas considerações sobre o trabalho desenvolvido.

- O trabalho foi desenvolvido sob fiscalização da ANA, em todas as etapas do estudo, dando origem a procedimentos que retratam, em maior parte, a visão da Contratante sobre métodos e critérios adotados;
- Como regra geral, todas as falhas diárias de observação de cotas foram preenchidas, a menos de situações onde as justificativas apresentadas foram acatadas pela ANA. Para o preenchimento das vazões na escala mensal esta orientação foi ainda mais forte, restringindo as situações de manutenção de falhas somente em casos de grandes períodos sem dados;
- Os perfis transversais disponíveis no banco de dados foram consistidos em sua geometria e transladados a uma referência horizontal arbitrária, de modo a proporcionar uma visualização gráfica mais confortável;
- As curvas de descarga foram representadas através de equações potenciais, utilizando um limite de até quatro tramos para representar a relação cota-descarga, de acordo com as características dos respectivos controles hidráulicos existentes, facilitando a sua inserção no banco de dados;

- Admitiram-se singularidades entre os pontos de intersecção dos tramos de uma mesma curva de descarga, que, por consequência, não apresentam concordância matemática (pontos angulosos) e apresentam saltos, que devem ser inferiores a um centímetro entre tramos consecutivos;
- Privilegiou-se as medições de vazão no traçado da curva de descarga, apesar da ciência da grande variabilidade das mesmas, principalmente em situações de baixas vazões;
- Privilegiou-se a redução dos desvios das medições em relação à curva de descarga, seja ao longo do tempo ou na amplitude das cotas medidas, admitindo-se multiplicidade de validades de curva de descarga para uma mesma estação fluviométrica.

As considerações finais para cada Região Hidrográfica são apresentadas a seguir, de maneira sintetizada.



Manoel Viana (RS)
Ricardo Zig Koch /
Banco de Imagens ANA

REGIÃO HIDROGRÁFICA AMAZÔNICA



Apesar da hidrologia caracterizada por comportamento sazonalmente bem definido, o efeito de remanso em algumas estações dificultou o processo de consistência dos dados. Os remansos são característicos em locais de confluências de afluentes menores nos rios principais – Amazonas, Negro, Solimões e Madeira – os quais possuem grande abundância de água. Além disso, há também remansos artificiais ocasionados por obras hidráulicas.

Essa Região Hidrográfica apresenta pequeno número de incrementais negativos, poucas inconsistências de cotas e a análise regional não é complexa. Diferentemente de outras regiões, foi possível elaborar curvas de descarga com validades únicas, devido à característica mais uniforme das medições, e, no caso dos rios principais, devido à pequena variação diária entre cotas, impossibilitando a divisão em períodos de validades sem ocasionar incrementos irreais no fluviograma.

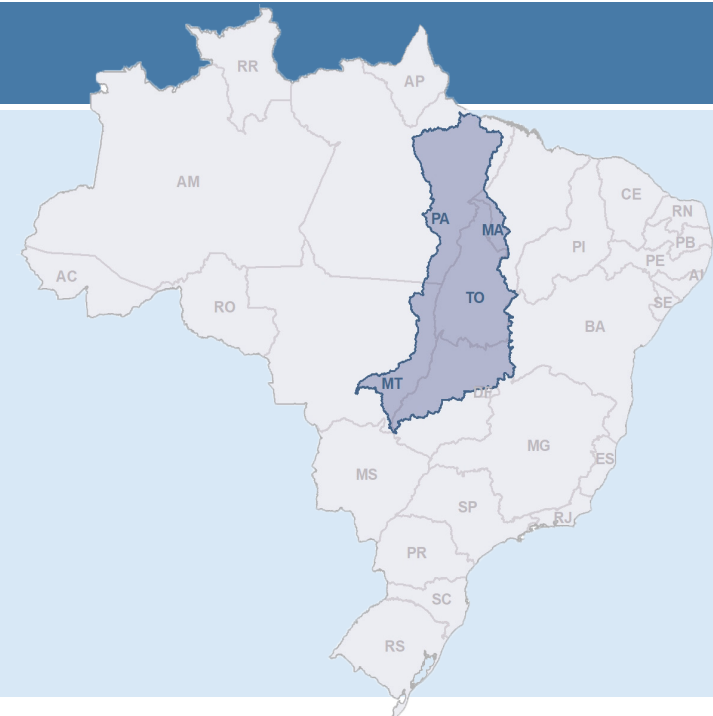
Observou-se certa dificuldade no preenchimento das falhas das séries, justificado pela existência de períodos de falhas muito longos ou períodos em que não eram realizadas medições ou pela ausência de modelos compatíveis.

Devido à magnitude dos rios monitorados, a variação de 1 cm de cota resulta em pequena variação de vazão em termos relativos, indicando que as estações monitoram rios de grande área de drenagem e baixas declividades.

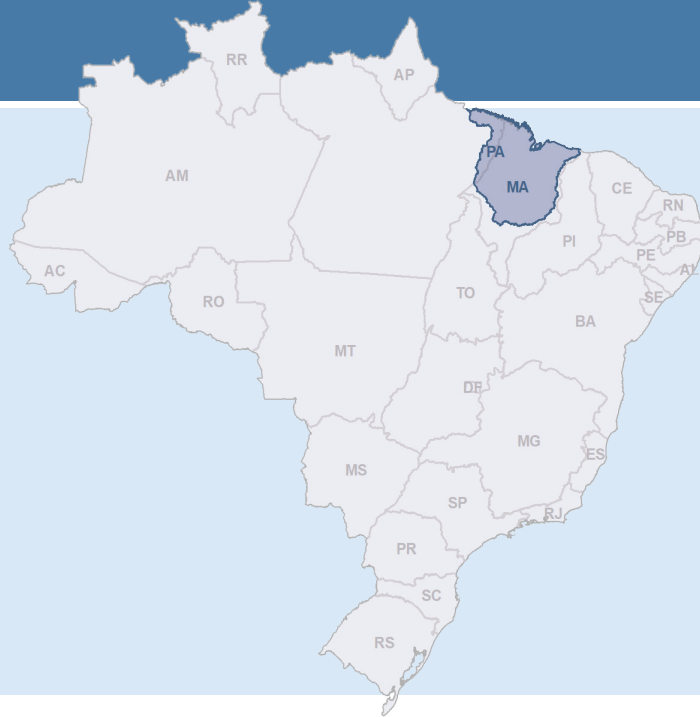
REGIÃO HIDROGRÁFICA TOCANTINS-ARAGUAIA

Essa Região Hidrográfica apresenta estações com características bastante distintas, devido à sua área estar sob influência de dois tipos climáticos dominantes: o equatorial, nas porções ao norte, e o tropical, nas porções ao sul.

As estações que estão sob influência do tipo climático equatorial tendem a possuir uma série de vazões com características semelhantes às das estações da Região Hidrográfica Amazônica. Já as estações que estão localizadas na porção sul, com predominância climática tropical, apresentam vazões extremamente baixas, inclusive apresentando falhas no cotograma devido aos períodos de seca, principalmente nas estações com área de drenagem pequena. Complementarmente, ressalta-se também que essa região é característica de rios meandantes.



REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO NE. OCIDENTAL



De modo geral, essa Região Hidrográfica possui estações com início de operação recente comparadas às demais regiões. De acordo com os resultados da qualificação, possui o menor número de alterações, podendo ser um indicativo da ausência de modelos confiáveis para preenchimento e ocorrência de régua seca.

Ainda, vale mencionar que a região possui alguns rios intermitentes, principalmente no curso médio do rio Itapecuru, persistindo por longos períodos com vazões nulas. Além disso, há áreas sujeitas à desertificação, principalmente na porção leste, em áreas dos biomas Cerrado e Caatinga.

Adicionalmente, foi observado, em imagens de satélites, a presença extensa de açudes, meandros e planícies alagáveis, o que pode justificar parte das incrementais negativas nessa região.

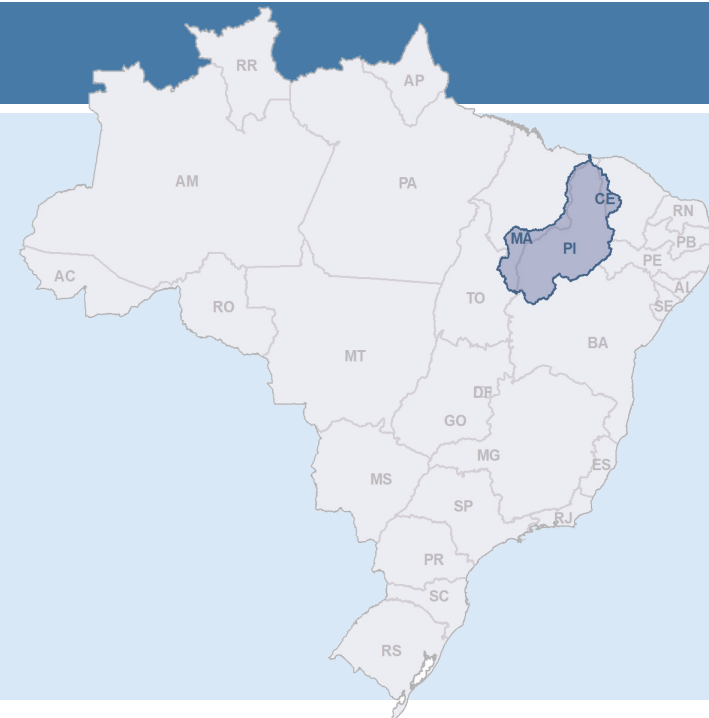
REGIÃO HIDROGRÁFICA PARNAÍBA

Essa Região Hidrográfica tem como característica climática o litoral úmido, em toda a faixa litorânea norte; na área norte da bacia possui clima subtropical úmido.

No geral, ao leste do rio Parnaíba, grande parte das contribuições vem de rios com comportamento intermitente, e a oeste, de rios perenes. Em casos de rios com intermitência, há incerteza no uso dos modelos para preenchimento de falhas e correção de inconsistências, devido à desconexão dos trechos entre estações. Nesses casos, a avaliação de fichas de inspeção e boletins tem contribuição substancial ao processo de consistência.

Há casos de estações mal localizadas, que sofrem influência de lagoas e vegetação aquática nos afluentes Gurguéia e Canindé. O efeito de intermitência é recorrente e causa incrementais negativas em qualquer ordem de vazão. Nesses casos, os dados possuem qualidade precária.

Foi observada elevada dispersão de medições em vazões baixas no rio das Balsas e na porção de montante do rio Parnaíba, as quais possuem grande incerteza. Também foram observadas estações isoladas em afluentes do rio Parnaíba sem medições suficientes em vazões altas para a determinação da extrapolação superior da curva de descarga com acurácia.



REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO NE. ORIENTAL



A Região Hidrográfica tem quase a totalidade de sua área inserida no clima semiárido, com a ocorrência de diversos rios intermitentes e é marcada pela presença de centenas de reservatórios. Nesse cenário, na análise regional foram observadas muitas incrementais negativas remanescentes, devido justamente ao grande número de reservatórios na região.

A exemplo da Região Hidrográfica do Parnaíba, também ocorre incerteza significativa no ajuste de curvas de descarga para vazões extremamente baixas. Além disso, a frequência de medições de descarga está abaixo das demais regiões hidrográficas. Dentre as estações avaliadas, inúmeras apresentaram períodos de rio seco/cortado, dificultando a análise regional. O preenchimento de falhas também foi comprometido, devido à incerteza do comportamento de estações próximas, o que prejudica a adoção de modelos de propagação de vazões.

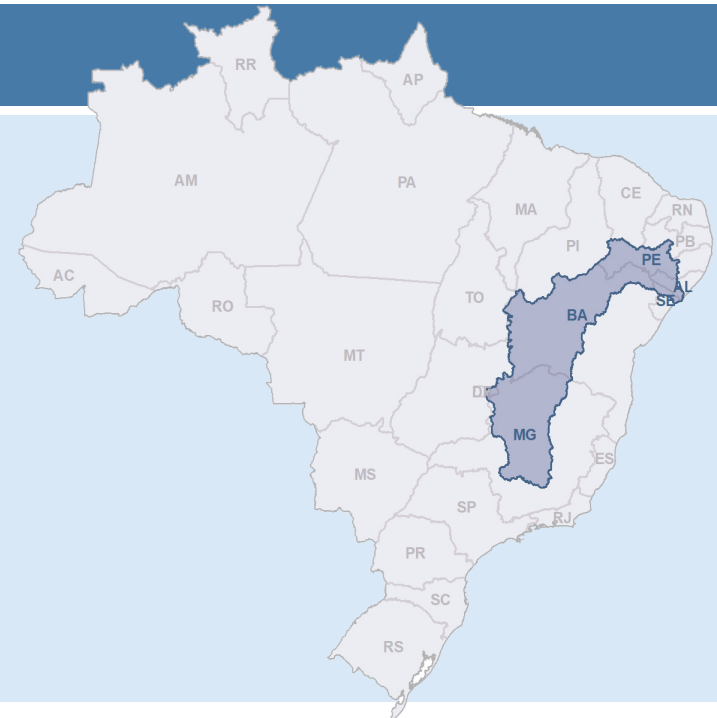
Nessa região, a variação de 1 cm de cota resulta em grande variação de vazão em termos relativos, indicando rios de menor área de drenagem e de grande declividade.

REGIÃO HIDROGRÁFICA SÃO FRANCISCO

A Região Hidrográfica apresenta amplitude considerável entre as vazões baixas e altas, sendo esse um reflexo das regiões climáticas em que está inserida: tropical quente, com chuvas no verão, e semiárido, com curta estação chuvosa no outono/inverno. A região das sub-bacias 40 e 41 tem uma predominância mais forte e influente do clima tropical. Na região fisiográfica do submédio da bacia do São Francisco é possível identificar que a influência do clima semiárido começa a ter reflexos gradativos, principalmente na formação das incrementais negativas, como na sub-bacia 46. Outro fator que mostra a influência do clima semiárido são as diversas falhas nos cotogramas nas estações que estão localizadas nos afluentes do rio São Francisco devido aos períodos de seca, tanto na sub-bacia 47 quanto na 48 e na 49.

No geral, essa região apresenta um comportamento no cotograma bem demarcado. Assim, as inconsistências puderam ser identificadas de maneira rápida e, na maioria das vezes, corrigidas. Não foram encontradas grandes dificuldades para o traçado das curvas de descarga, pois as medições de descarga possuíam bom comportamento, com exceção das cotas baixas nas sub-bacias com predominância do leito do rio arenoso, como da 46 em diante.

É importante ressaltar que na calha do rio São Francisco existem diversas usinas hidrelétricas de grande porte, dentre elas a UHE de Três Marias, Sobradinho, Luiz Gonzaga, Moxotó, Paulo Afonso e Xingó.



REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO LESTE



Parte dessa Região Hidrográfica está localizada em ambiente de clima semiárido, o que ocasiona rios intermitentes. Foi identificada dispersão significativa nas medições. Na análise regional, foram observadas várias falhas que não puderam ser preenchidas, devido aos rios serem intermitentes. Observou-se a ocorrência de diversas incrementais negativas remanescentes devido à essa característica.

A região possui rios em transições de biomas, como a Caatinga e Mata Atlântica, além de apresentar diversos reservatórios nos trechos entre as estações, ocasionando incrementais devido à descontinuidade das vazões provocada pelos reservatórios, que comprometem a análise regional, e pela transição de biomas, que gera diferentes respostas hidrológicas.

Semelhante à Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, a variação de 1 cm de cota resulta em grande variação de vazão em termos relativos, indicando rios de menor área de drenagem e de grande declividade.

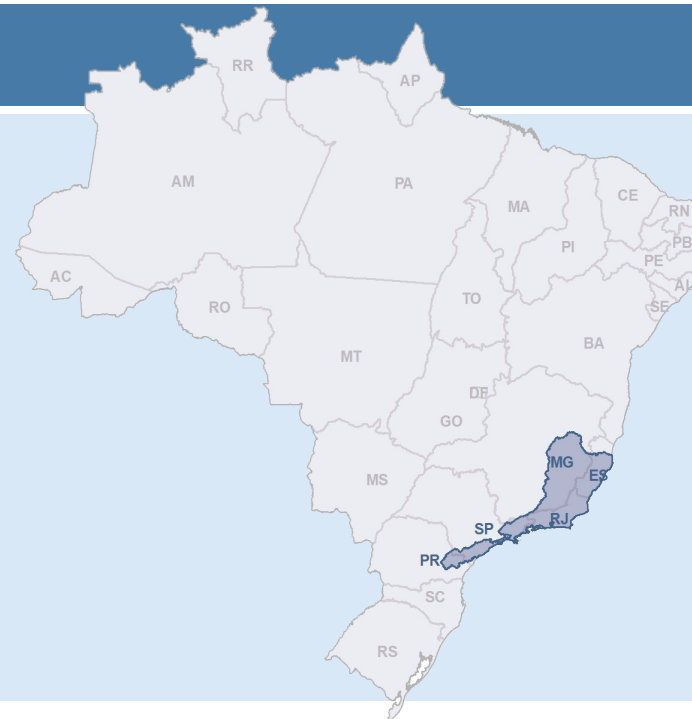
REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUDESTE

Essa Região Hidrográfica é parcialmente influenciada pelo clima semiárido, ocasionando rios intermitentes e vazões baixas, dificultando o processo de consistência.

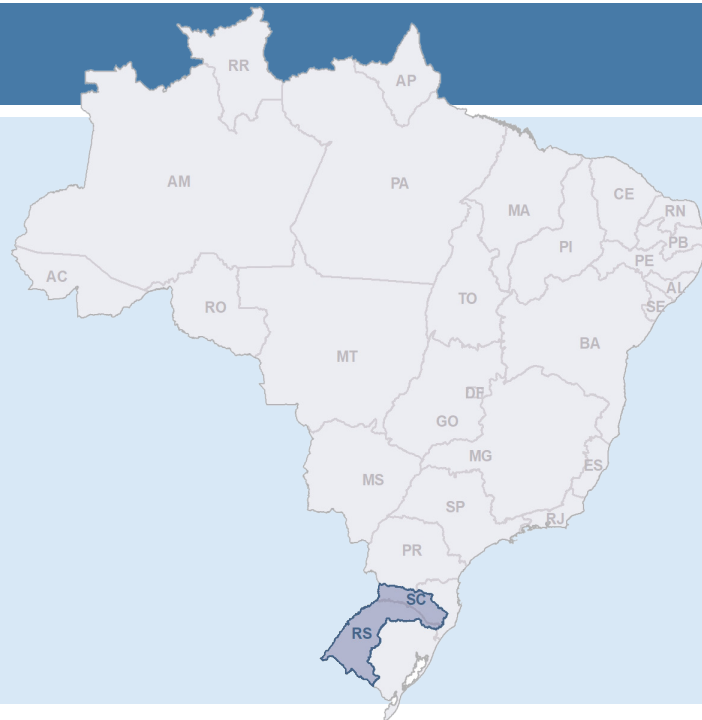
Na etapa de análise regional, foram realizados vários preenchimentos e consistências nas séries de dados das estações. Entretanto, foram verificados poucos erros grosseiros em cotas e vazões.

Foram utilizados dados operativos de 10 reservatório para auxiliar no processo de consistência de cotas e vazões de estações localizadas a jusante dos barramentos.

É a região que apresenta as séries mais antigas. Entretanto, devido à grande variabilidade dos regimes hidrológicos, nem sempre as séries são representativas.



REGIÃO HIDROGRÁFICA URUGUAI



De maneira geral, a Região Hidrográfica conta com uma rede de monitoramento fluviométrico de cobertura bastante satisfatória, sobretudo na porção mais alta da bacia (sub-bacias 70 a 73). A fisiografia dessas sub-bacias se caracteriza por vales encaixados, cursos de água sinuosos e com alta declividade, o que contribui para o extenso aproveitamento hidrelétrico observado na região. A proximidade das estações situadas em um mesmo curso facilitou a análise de fluviogramas simultâneos, possibilitando a detecção de inconsistências e sua posterior correção.

Já as demais sub-bacias contam com um monitoramento fluviométrico que compreende o trecho incremental da margem esquerda da bacia do rio Uruguai, assim como a calha principal. Nesse trecho, observa-se uma menor declividade da bacia como um todo, sobretudo no próprio rio Uruguai. Na divisa entre Brasil e Argentina, o rio Uruguai possui extensas planícies de inundação e muitos bancos de areia, que atuam no abatimento dos picos de vazão. Essa característica contribui para o aparecimento de meses com incrementais negativos.

De modo geral, as séries de dados são extensas, possuindo diversas estações com registros de cota desde os anos 40. No entanto, algumas estações contavam com uma quantidade limitada de medições de descarga líquida, o que dificultou o estabelecimento da relação cota-vazão para alguns períodos das séries históricas. Logo, evitou-se estimativas de vazões nesses períodos.

REGIÃO HIDROGRÁFICA ATLÂNTICO SUL

Essa Região Hidrográfica apresentou grande número de pequenas falhas e grandes períodos inconsistentes, bem como erros grosseiros de cotas, além de diversas mudanças de zero da régua e patamar. Assim, na análise regional foram realizados muitos preenchimentos de falhas e muitas mudanças nas curvas em relação a extremos máximos e mínimos.

Algumas estações possuíam poucas medições de descarga, causando incerteza na estimativa de vazões para períodos sem medições, optando-se por não traçar curva-chave para esses períodos.

A proximidade de estações e a regularização das vazões costumam causar incrementais negativos que não são possíveis de corrigir, com maior destaque para estações localizadas próximas à foz dos rios Itajaí-Cal e Tubarão. Entretanto, as incrementais não se destacaram como maior problema, mas sim a ocorrência de um número considerável de estações que são únicas no rio, comprometendo a adoção de dados regionalizados. Ainda, notou-se a existência de diversos canais que nascem na face oceânica da Serra do Mar, com apenas uma estação no trecho e que percorrem um curto trajeto até baías ou o mar.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Evolução da rede hidrometeorológica na Região Hidrográfica do Parnaíba**. Brasília, 2007.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos dos Afluentes da Margem Direita do Rio Amazonas**. Brasília, 2012. 146 p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: Regiões Hidrográficas Brasileiras. Edição Especial. Brasília, 2015 163 p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Usos Consuntivos da água no Brasil**. Brasília, 2017. 163 p.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Mapas das Bacias Hidrográficas DNAEE (2016)**. Disponível em < <https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=440&currTab=simple> > Acesso em: 03 dez. 2020
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2003.
- BRUSA, L. C.; CLARKE, R. T. **Erros envolvidos na estimativa da vazão máxima utilizando curva-chave. Case de estudo: Bacia do rio Ibicuí, RS**. Revista Brasileira de recursos Hídricos. v. 4, n. 3, Jul/Set 1999, 91-95.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Comunicado Técnico 173. Qualidade da Água do Rio Poty Para Irrigação em Teresina, PI**, 2005.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, 306p.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Solos indiscriminados de Mangues**, 2011. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7j02wx7ha087apz2c3xd0do.html> Acesso em: 03 dez. 2020.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2009). **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009, 175 p.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012, 271 p. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14340-asi-novo-manual-da-vegetacao-brasileira-informacoes-essenciais-para-estudo-e-protecao-da-biodiversidade> >. Acesso em: 03 dez. 2020.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2015, 425 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv95017.pdf> >. Acesso em: 03 dez. 2020.

INDIA. **How to establish stage discharge rating curve**. Training module # SWDP – 29. New Delhi: Hydrology Project, 1999. Disponível em: <<http://www.mahahp.gov.in/pdfFiles/resource/modules/29HOWTOESTABLISHSTAGEDISCHARGERATINGCURVE.pdf>> Acesso em: 03 dez. 2020.

JACON, G.; CUDO, K. **Curva Chave: Análise E Traçado**. Brasília, DNAAE, 1989.

LEMOS et al. **Análise de consistência de dados fluviométricos de estações localizadas na sub-bacia 12 (rios Solimões, Juruá e Jupurá)**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves. 2013.

MOSLEY P.M., AND A.I. MCKERCHAR- Streamflow. In **D.R. Maidment, Handbook of Hydrology** . McGraw-Hill Inc., 1993.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Documento Base de Referência – Plano Nacional de Recursos Hídricos**. 2006. 383p.

RANTZ, S.E. **Measurement and computation of streamflow**, volume 2, computation of discharge. [S.l.]: U.S. Government Printing Office, 1982. (Water supply paper series, 2175). Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2175/>>. Acesso em: 03 dez. 2020.

SILVA, J. F. R.; FARIAS, J. A. M.; COELHO, L. S.; MELO, C. R. **Revisão histórica das curvas-chave da sub-bacia 36 – estudo de caso da estação Jaguaribe (36320000)**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves. 2013.

Tipografias utilizadas:
Open Sans (corpo de texto e subtítulos)
Saira Condensed (títulos)

Impresso em Curitiba

2020



MINISTÉRIO DO
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

