



ESTADO DO MARANHÃO

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO MARANHÃO

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO MARANHÃO RELATÓRIO SÍNTESE

DEZEMBRO DE 2020

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO MARANHÃO

RELATÓRIO SÍNTESE

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO

Flávio Dino de Castro e Costa

Governador

**SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS –
SEMA**

Diego Fernando Mendes Rolim

Secretário de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais

Presidente do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH

Rafael Ferreira Maciel

Secretário Adjunto de Licenciamento - SAL/SEMA

Vice Presidente CONERH

Ana Cristina Cardoso dos Santos Fontoura

Secretária Executiva do CONSEMA/CONERH/CONGEFEMA

Victor Lamarão de França

Superintendente de Recursos Hídricos - SPR.RH/SAL/SEMA

Hugo Fernando Silva e Silva

Supervisor de Gestão e Planejamento - SPR.RH/SAL/SEMA

Helen Roberta Silva

Supervisora de Outorga, Cobrança e Fiscalização - SPR.RH/SAL/SEMA

Gabriel Silva dos Santos

Supervisora de Gestão Participativa - SPR.RH/SAL/SEMA

© 2020 Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução de dados e de informações contidas
nesta publicação, desde que citada a fonte.

EQUIPE TÉCNICA DA IBI ENGENHARIA CONSULTIVA S/S

Coordenação Técnica

Hypérides Pereira de Macedo
Maria Vilalba Alves de Macedo
Iuri José Alves de Macedo

Equipe Técnica

Ticiane Marinho de Carvalho Studart
Dorian Ponte Lima
Laurence José Alves de Macedo
Nadja Girlane Pinto Peixoto
Antônio Hiran Alves de Macedo
Francisco Ananias de Paula Coelho
Lara Bastos Pereira
José Ivo Gonçalves Sousa

Luís Evangelista Ramos Neto
Itabaraci Nazareno Cavalcante
Melina Maria Alves de Macedo
Anny Karolyny Oliveira Portela
Francisco Osny Enéas da Silva
Raimundo Eduardo Silveira Fontenele
Brenda Kelly Sousa Nascimento

EQUIPE TÉCNICA DA SEMA

Diego Fernando Mendes Rolim
Rafael Ferreira Maciel
Victor Lamarão de França
Hugo Fernando Silva e Silva
Gabriel Silva Dos Santos
Helen Roberta Silva Ferreira
Breno Ruiz De Lima Verde Da Silva
Daiane Volff Ferreira
Daniel De Lima Nascimento Sírío
Danilo Torquato De Andrade
Jessica Mayara Silveira De Jesus
Jose Jânio de Castro Lima
Kiara Mesquita de Azevedo Sírío
Larissa Coelho Bonesi

Luciara Ibiá Dos Santos Machado
Luiz Alexandre Brenha Raposo
Nathan Abner Diniz Ramires
Paula Suellen Ferreira Dos Anjos
Rebeca Cristina Nascimento Matos
Steffanny Marques Coqueiro Monteiro
Aurizângela Amaral Silva
Emily Nicolly Santos Aguiar
Pedro Eduardo Marques Machado
Roberta Neves Alcântara
Samyra Yanka Almeida Pinheiro
Joanice Rocha Reis
Vinicius Lima Noletto
Letícia Leite Rolim

EQUIPE DE PESQUISADORES SEMA

Audivan Ribeiro Garcês Júnior
Felipe Freitas Costa
Gisselly Poliana Santos Muniz
Itapotiará Vilas Boas
Jacenilde Cristina Braga Soareas

Joelson Caco Pereira da Graça
Karina Coqueiro Mendes
Larissa Rodrigues Marques
Luciana da Silva Bastos
Maria Luiza Torres Pires

PARCEIROS INSTITUCIONAIS

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS

SECRETARIA EXECUTIVA

Ana Cristina Cardoso dos Santos Fontoura
Lennise Maria Passos Portela
Vaniérika Cazé Silva de Andrade
Antônia da Silva e Silva

Hadina Bianca Cutrim Silva
Luisa Helena Waquim Moreira
Sabrina De Sousa Matos

REPRESENTANTES DO PODER PÚBLICO

Diego Fernando Mendes Rolim
Rafael Ferreira Maciel
José de Ribamar Rodrigues Pereira
José Sérgio Delmiro Vale
Afonso Henrique de Jesus Lopes
Wendell dos Santos Monteiro
Norberto Melo Brandão
Jorge Luiz Barbosa Carvalho
Marco Aurélio de Sousa Martins
Cristiane Assunção Martins de Oliveira
Edilson Fernandes Carvalho Branco
Sobrinho
Ozenildo José Pereira Correia

Rita de Cássia Neiva Cunha
Marília Franco de Andrade
Claudia Francisca Santos de Sá Brandão
Tainan de Lima Lopes
Adriana Lustosa da Costa
Daniel Martinelli Duarte
Luciano Santos Pinheiro
Ana Rosa Marques
Claudio Rêbello Correa de Alencar
Luís Fernando Cabral Barreto Junior
Luzenice Macedo Martins
Paulo Ryldon Claudino de Oliveira Costa

SOCIEDADE CIVIL ORGANIZADA

Airton Antelmo de Sousa
Isabella Monteiro Pearce
Antônio Francisco Alves Coelho
Francisco Pereira da Silva
Marcelino Silva Farias Filho
Irene Aguiar Santos

Francisco das Chagas Sousa
Josuel Silvestre Silva
Maria Aparecida de Jesus Medeiros
Arlete Alves de Sousa
Ronald Henrique Gomes Chaves

USUÁRIOS DE ÁGUA

Luís Eduardo Rodrigues Reis
Rogério Albino de Sousa
Milton Santos Campelo da Silva
Francisco Magalhães da Rocha
José Carlos Oliveira de Paula

Juliana Arouche Costa
César Rodrigues Viana
Marcelo José Bueno
Ericka Rocha da Cunha
Ricardo Pereira Alves Mamede

CIP - Catalogação na Publicação

S446p Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA

Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão: Relatório Síntese/ Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA – São Luís: SEMA, 2020.

286 p.: il.

ISBN 978-65-994287-7-7

1. Recursos Hídricos - Plano. 2. Bases Metodológicas para a Elaboração. Bacia I. Título.

CDU 556:353(812.1)

CDD 551.49812.1

Elaborada por Odivania Sousa Diniz - Bibliotecária - CRB-13/832.

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais - SEMA
Av. dos Holandeses, nº 04, Quadra 06, Edifício Manhattan, Calhau, São Luís
Maranhão - CEP: 65071-380
<https://www.sema.ma.gov.br>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização do Estado do Maranhão	26
Figura 1.2 - Mapa das Mesorregiões Geográficas do Maranhão.....	28
Figura 1.3 - Mapa das Microrregiões Geográficas do Maranhão.....	29
Figura 1.4 - Regiões de Planejamento do Estado	30
Figura 1.5 - Mapa da Divisão Territorial do Maranhão segundo as Bacias Hidrográficas	31
Figura 3.1 - Mapa Geológico do Maranhão de acordo com a CPRM-2013.....	41
Figura 3.2 - Aspectos Geomorfológicos.....	42
Figura 3.3 - Mapa de Localização das Estações Meteorológicas de interesse para o Estado do Maranhão.	44
Figura 3.4 - Principais Sistemas Meteorológicos no Nordeste Brasileiro.....	46
Figura 3.5 - Isoietas Médias Anuais do Estado do Maranhão.....	47
Figura 3.6 – Área de Influência de cada Estação Meteorológica.....	48
Figura 3.7 – Climogramas do Estado do Maranhão.....	49
Figura 3.8 – Mapa de Solos.....	51
Figura 3.9 – Biomas no Estado do Maranhão	53
Figura 3.10 – Cobertura Vegetal e Uso Atual da Terra do Estado do Maranhão no Ano de 2010	54
Figura 3.11 - Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão.....	57
Figura 3.12 – Carta de Vulnerabilidade para o Tema Geologia.....	58
Figura 3.13 - Mapa de Padrões de Relevô.....	60
Figura 3.14 – Carta de Vulnerabilidade para o Tema Geomorfologia	61
Figura 3.15 - Carta de Vulnerabilidade para o tema solo.....	62
Figura 3.16 - Mapa de vulnerabilidade para o tema vegetação.....	63
Figura 3.17 – Mapa de vulnerabilidade para o tema clima	64
Figura 3.18 – Mapa Hidrográfico do Estado do Maranhão.....	66
Figura 3.19 - Qualidade de água.....	69
Figura 3.20 - Barragens cadastradas do Estado do Maranhão.....	71
Figura 3.21 - Municípios avaliados e a situação dos sistemas de abastecimento atuais e planejados para 2025 de acordo com a ANA.....	72
Figura 4.1 - Distribuição da População Total pelas Bacias Hidrográficas - 2010.....	78
Figura 4.2 - Evolução das Taxas de Urbanização	78
Figura 4.3 - Pirâmides Etárias do Estado do Maranhão	80
Figura 4.4 - Participação na Formação do PIB - 2015	83
Figura 4.5 - Empresas do Setor Comercial por Bacia Hidrográfica.....	86
Figura 4.6 - Empresas do Setor de Serviços por Bacia Hidrográfica.....	87
Figura 4.7 - Região de Influência e Conexões Externas de São Luís.....	89
Figura 4.8 – Matriz e Funcionamento do SINGREH	93
Figura 5.1 - Divisão Hidrográfica do Estado do Maranhão	98
Figura 5.2 - Localização dos Postos Fluviométricos Selecionados do Estado do Maranhão.....	101

Figura 5.3 - Vazão Específica nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão.....	102
Figura 5.4 - Coeficiente de Variação das Vazões nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão	103
Figura 5.5 - Coeficiente de Escoamento nos Postos Fluviométricos do Estado do Maranhão	104
Figura 5.6 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Gurupi	105
Figura 5.7 - Diagrama Unifilar do Sistema Maracaçumé	105
Figura 5.8 - Diagrama Unifilar da Bacia do rio Turiaçu.....	106
Figura 5.9 - Diagrama Unifilar da Bacia do rio Mearim	106
Figura 5.10 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Itapecuru.....	107
Figura 5.11 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Munim	107
Figura 5.12 - Diagrama Unifilar da Bacia do Parnaíba.....	108
Figura 5.13 - Mapa da Localização das Estações Climatológicas do Estado do Maranhão ..	110
Figura 5.14 - Mapa de precipitação do Estado do Maranhão	112
Figura 5.15 - Localização das Barragens do Estado do Maranhão	113
Figura 5.16 - Delimitação da Bacia Hidrográfica da Barragem Flores	114
Figura 5.17 – Delimitação da Bacia Hidrográfica da Barragem João Santos.....	116
Figura 5.18 - Localização dos Sistemas Adutores Existentes no Estado do Maranhão.....	118
Figura 6.1 - Rede de Monitoramento de Qualidade de Água Superficial no Maranhão.....	121
Figura 6.2 - Classificação da Qualidade da Água nas 378 Amostras	128
Figura 7.1 - Mapa do nível estático (m) das águas subterrâneas	133
Figura 7.2 - Mapa da profundidade (m) dos poços do Estado do Maranhão	134
Figura 7.3 - Mapa da vazão (m ³ /h) das águas subterrâneas do Estado do Maranhão	136
Figura 7.4 - Período de instalação dos poços tubulares no Estado do Maranhão	137
Figura 7.5 - Classificação da produtividade aquífera no Estado do Maranhão	140
Figura 8.1 – Mapa de Concentração de pH nas Águas Subterrâneas	147
Figura 8.2 – Mapa de Concentração de CE nas Águas Subterrâneas	148
Figura 9.1 - Características dos Sistemas de Abastecimento dos Municípios.....	155
Figura 9.2 - Demanda Hídrica Urbana e Rural para Abastecimento por Bacia Hidrográfica	157
Figura 9.3 - Distribuição dos Rebanhos na Bacia	159
Figura 9.4 - Demanda Hídrica para a Pecuária por Bacia Hidrográfica	160
Figura 9.5 - Distribuição Percentual das Demandas de Irrigação por Bacia	163
Figura 9.6 - Demanda Hídrica de Irrigação por Bacia	164
Figura 9.7 - Demanda Hídrica Industrial por Município	166
Figura 9.8 – Demanda Hídrica para Aquicultura.....	168
Figura 10.1 - Distribuição da Demanda Hídrica Estimada por Uso	175
Figura 10.2 - Demanda Hídrica Total	176
Figura 10.3 – Distribuição das Demandas Hídricas (l/s) por UHP	176
Figura 10.4 - Demanda Hídrica Total por Bacia Hidrográfica	177
Figura 11.1 – Barragens e manchas irrigáveis	184
Figura 11.2 – Mapa de solos	185
Figura 11.3 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Tendencial (l/s).....	190

Figura 11.4 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Otimista Moderado (l/s).....	191
Figura 11.5 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Otimista Desejado (m³/s)	192
Figura 12.1 - Balanço Hídrico para o Cenário Tendencial.....	197
Figura 12.2 - Balanço Hídrico para o Cenário Otimista Moderado	198
Figura 12.3 - Balanço Hídrico para o Cenário Otimista Desejado.....	198
Figura 14.1 – Representação da Articulação das Folhas na escala de 1: 250.000 do Estado do Maranhão	212
Figura 16.1 - Eixo de Integração Boa Esperança/Balseiro.....	233
Figura 16.2 – Integração da foz do Rio Mearim com a foz do Rio Itapecuru.....	234
Figura 16.3 – Equipamento Turbina e Bomba (turbo/bomba) Orós/Feiticeiro	235
Figura 16.4 - Barragens Estratégicas Propostas	236
Figura 16.5 - Áreas Estratégicas de Irrigação.....	240
Figura 18.1 - Integração dos instrumentos de gestão de recursos hídricos	255
Figura 18.2 - Classificação dos valores da estimativa de capacidade de assimilação das cargas de esgotos.	257
Figura 18.3 - Tipos de usos da água	257
Figura 19.1 - Arranjo Institucional dos organismos públicos de apoio ao PERH/MA.	261
Figura 19.2 - Arranjo Institucional do Sistema de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas	263
Figura 19.3 - Passos funcionais das ações executivas do PERH/MA	263
Figura 19.4 - Distribuição Territorial dos Empreendimentos.....	266
Figura 19.5 - Cronograma de Atividades para Implementação do Plano.....	267
Figura 19.6 - Grupo Gestor do PERH/MA – G3.....	268
Figura 20.1 – Cronograma das Audiências Públicas.....	271
Figura 20.2 – Audiência em Pinheiro.....	272
Figura 20.3 – Audiência em Santa Helena	272
Figura 20.4 – Audiência em Maracaçumé.....	272
Figura 20.5 – Audiência em Chapadinha	272
Figura 20.6 – Audiência em Barreirinhas.....	272
Figura 20.7 – Audiência em Humberto de Campos	272
Figura 20.8 – Audiência em Balsas	273
Figura 20.9 – Audiência em Imperatriz.....	273
Figura 20.10 – Audiência em Itinga	273
Figura 20.11 – Audiência em Colinas	273
Figura 20.12 – Audiência em Pedreiras	273
Figura 20.13 – Audiência em São Luiz	273

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Declividade e amplitude topográfica das formas de relevo identificadas no Estado do Maranhão	40
Tabela 3.2 - Domínios geomorfológicos do Maranhão e padrões de relevo.....	40
Tabela 3.3 - Estações Meteorológicas com Normais Climatológicas Presentes na Região do Estado do Maranhão.....	43
Tabela 3.4 - Código da legenda e área das unidades da cobertura vegetal.....	55
Tabela 3.5 - Descrição das Zonas Ecológico-Econômicas do Estado do Maranhão.....	56
Tabela 3.6 – Regiões Hidrográficas e Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão.....	67
Tabela 4.1 - Síntese da Distribuição Espacial dos Municípios nas Bacias Hidrográficas.....	77
Tabela 4.2 - Distribuição dos Municípios Segundo a Taxa de Analfabetismo da População Adulta - 2010	79
Tabela 4.3 - Participação das Atividades Econômicas na Formação do PIB Estadual (2010/2015)	83
Tabela 4.4 – Projetos Públicos de Irrigação Existentes e Projetados	84
Tabela 4.5 – Efetivo da Pecuária - 2015.....	85
Tabela 4.6 - Produção Pesqueira do Estado do Maranhão por Modalidade.....	85
Tabela 4.7 - Níveis de Unidades Territoriais segundo a Gestão	88
Tabela 4.8 - informações sobre Comitês	94
Tabela 5.1 - Regiões Hidrográficas do Estado do Maranhão	99
Tabela 5.2 - Relação das estações climatológicas existentes no Estado do Maranhão	109
Tabela 5.3 - Relação das Estações Climatológicas.....	109
Tabela 5.4 - Características dos reservatórios simulados	115
Tabela 5.5 - Vazões regularizadas, evaporadas e sangradas dos reservatórios simulados para Garantia anual de 90%.....	115
Tabela 5.6 - Disponibilidades Hídricas Totais por Bacia Hidrográfica no Estado do Maranhão.....	117
Tabela 6.1 - Classificação Adotada para o IQA nos Estados	122
Tabela 6.2 - Classificação do IAP	123
Tabela 6.3 - Classe de estado trófico e suas características principais.....	123
Tabela 6.4 - Classificação do Índice de Contaminação por Tóxicos.....	124
Tabela 6.5 - Classificação do Índice de Balneabilidade.....	124
Tabela 6.6 - Classificação do IVA.....	124
Tabela 6.7 - Classificação do IQAR.....	125
Tabela 6.8 - Pontos com Qualidade de Água Classificada como Ruim em Pelo Menos 1 Amostragem	127
Tabela 7.1 - Poços tubulares do Estado do Maranhão cadastrados no SIAGAS (01/10/2018).	131
Tabela 7.2 - Valores anômalos de nível estático no Estado do Maranhão	132
Tabela 7.3 - Profundidades de poços tubulares consideradas anômalas no Maranhão	132
Tabela 7.4 - Natureza dos pontos d'água por bacia hidrográfica no Estado do Maranhão	135
Tabela 7.5 - Período de instalação dos poços tubulares no Estado do Maranhão	137
Tabela 7.6 - Situação dos poços por bacia hidrográfica no Estado do Maranhão	137

Tabela 7.7 - Reservas e recursos hídricos subterrâneos explotáveis por bacia hidrográfica no Maranhão.....	141
Tabela 7.8 – Resumo de Reservas e Potencialidade Hídricas do Aquífero do Maranhão.....	141
Tabela 8.1 - Dados de pH e condutividade elétrica para as bacias hidrográficas do Estado do Maranhão.....	149
Tabela 8.2 - Dados de pH e condutividade elétrica por sistema aquífero do Estado do Maranhão.....	149
Tabela 9.1 - Valores <i>Per Capita</i> para Abastecimento Humano Urbano.....	154
Tabela 9.2 - Demanda Hídrica para Abastecimento Humano Urbano e Rural por Bacia Hidrográfica.....	154
Tabela 9.3 - Características dos Sistemas de Abastecimento de Água das Sedes Municipais.....	156
Tabela 9.4 – Sistemas Integrados de Abastecimento de Água.....	156
Tabela 9.5 - Valores BEDA por Tipo de Rebanho.....	158
Tabela 9.6 - Quantitativo de Animais por Porte e Espécie na Bacia.....	158
Tabela 9.7 - Demanda Hídrica para Dessedentação Animal por Bacia Hidrográfica.....	159
Tabela 9.8 - Projetos Públicos de Irrigação Existentes e Projetados.....	161
Tabela 9.9 - Áreas Irrigadas Outorgadas no Estado do Maranhão.....	162
Tabela 9.10 - Demanda Hídrica de Irrigação por Bacia.....	163
Tabela 9.11 - Demanda Hídrica Industrial por Bacias Hidrográficas.....	165
Tabela 9.12 - Demanda Hídrica da Pesca e Aquicultura no Estado do Maranhão (m ³ /ano).....	167
Tabela 9.13 - Usinas Hidrelétricas autorizadas / outorgadas pela ANEEL.....	170
Tabela 10.1 - Demandas Hídricas Totais Estimadas por Bacia Hidrográfica.....	175
Tabela 11.1 - Demanda Animal (BEDA) Agregados por Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão - Cenário Otimista Moderado.....	183
Tabela 11.2- Demanda Animal (BEDA) Agregados por Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão - Cenário Otimista Desejado.....	186
Tabela 11.3 - Demandas Hídricas Totais para as Bacias Hidrográficas – Cenário Tendencial (l/s).....	187
Tabela 11.4 - Demandas Hídricas Totais para as Bacias Hidrográficas – Cenário Otimista Moderado (l/s).....	188
Tabela 11.5 - Demandas Hídricas Totais para as Bacias Hidrográficas – Cenário Otimista Desejado (l/s).....	189
Tabela 11.6 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Tendencial (l/s).....	190
Tabela 11.7 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Otimista Moderado (l/s).....	191
Tabela 11.8 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Otimista Desejado (l/s).....	192
Tabela 12.1 – Potencialidades Hídricas Subterrâneas e Disponibilidades Superficiais do Estado do Maranhão.....	195
Tabela 12.2 - Balanço Hídrico para o Cenário Tendencial – Estado do Maranhão.....	196
Tabela 12.3 - Balanço Hídrico para o Cenário Otimista Moderado – Estado do Maranhão.....	196
Tabela 12.4 - Balanço Hídrico para o Cenário Otimista Desejado– Estado do Maranhão....	197

Tabela 17.1 - Síntese dos Investimentos, por natureza da ação	245
Tabela 17.2 - Matriz das Ações Programadas, Por Prioridade.....	248
Tabela 17.3 - Matriz do Plano de Investimentos do PERH/MA, segundo Cenários.....	249

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	21
1. BASE TERRITORIAL E ADMINISTRATIVA DO ESTADO	25
1.1. Caracterização Geral da Base Territorial	25
1.2. Divisões Territoriais	25
1.2.1. Municípios	25
1.2.1.1. Regiões Hidrográficas	27
2. PROCESSO HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO	35
3. ASPECTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS	39
3.1. Aspectos Geológicos	39
3.2. Aspectos Geomorfológicos	39
3.2.1.1. Domínios Geomorfológicos	39
3.3. Aspectos Climatológicos	43
3.3.1. Circulação Atmosférica	45
3.3.2. Caracterização do Clima	45
3.3.3. Distribuição Anual da Precipitação	45
3.3.4. Climogramas	45
3.3.5. Balanço Hidroclimatológico	50
3.3.6. Classificação Climática	50
3.4. Solos	50
3.5. Cobertura Vegetal	52
3.6. Situação dos Recursos Naturais	56
3.6.1. Geomorfologia	59
3.6.2. Vegetação e Uso das Terra	59
3.6.3. Clima	59
3.7. Infraestrutura Hídrica	65
3.7.1. Recursos Hídricos Superficiais	65
3.8. Saneamento Ambiental	73
3.8.1. Abastecimento de Água	73
3.8.2. Esgotamento Sanitário	73
3.8.3. Resíduos Sólidos	73
4. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E CULTURAIS	77
4.1. Aspectos Popacionais e Demográficos do Estado Distribuição dos Municípios por Bacias Hidrográficas	77
4.2. Evolução dos Aspectos Demográficos	77
4.2.1. Análise da Estrutura da População	79
4.2.2. Qualidade de Vida da População	79
4.2.2.1. Indicadores de Renda	81
4.2.2.2. Indicadores Médico-Sanitários	81

4.2.3. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M)	81
4.3. Grupos Sociais e Econômicos Organizados	82
4.4. Caracterização das Atividades Econômicas	82
4.4.1. Atividades Agropecuárias	82
4.4.1.1. Exploração Pecuária	84
4.4.1.2. Pesca Extrativa e Aquicultura	84
4.4.2. Atividades Industriais	86
4.4.3. Atividades comerciais e de serviços	86
4.5. Polarização Regional	87
4.6. Caracterização dos Padrões Culturais dos Povos e Comunidades Tradicionais	88
4.6.1. Pescadores	88
4.7. Caracterização dos Sistemas de Educação e Comunicação	90
4.7.1. Sistema Educacional	90
4.7.2. Sistema de Comunicação	90
4.8. Avaliação dos Aspectos Legais e Institucionais	91
4.8.1. Arcabouço Federal	91
4.8.1.1. Arcabouço Estadual	91
5. DIAGNÓSTICO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS	97
5.1. O Regime Fluvial das Bacias do Estado do Maranhão	100
5.1.1. Dados Fluviométricos Disponíveis	100
5.1.2. Análise das Vazões	100
5.2. Caracterização do Regime de Evaporação e de Precipitação nas Bacias do Estado do Maranhão	108
5.2.1. Evaporação	108
5.2.2. Precipitação	111
5.3. Caracterização Morfométrica da Infraestrutura Hidráulica da Bacias do Estado do Maranhão	111
5.3.1. As Vazões Regularizadas pelos Reservatórios	115
5.4. Determinação das Curvas de Permanência das Bacias do Estado do Maranhão	115
5.5. Determinação das Vazões Transferidas por Adutoras entre as Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão	117
5.6. Disponibilidades Hídricas Totais nas Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão	117
6. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	121
6.1. A REMQAS no Estado do Maranhão	121
6.1.1. Indicadores de Qualidade de Água	122
6.1.1.1. Índice de Qualidade da Água – IQA	122
6.1.1.2. Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público -IAP	123
6.1.1.3. Índice do Estado Trófico - IET	123
6.1.1.4. Índice de Contaminação por Tóxicos	124
6.1.1.5. Índice de Balneabilidade – IB	124
6.1.1.6. Índice de Proteção da Vida Aquática – IVA	124
6.1.1.7. Índice de Qualidade de Água em Reservatórios – IQAR	125
6.1.2. Seleção de Indicador de Qualidade da Água para o Diagnóstico do PERH-MA	125

6.1.3. Análise dos Pontos com Qualidade de Água Péssima ou Ruim	126
6.2. Conclusão sobre o Diagnóstico da Qualidade da Água dos Rios no Maranhão	128
7. DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	131
7.1. Hidrogeologia	131
7.1.1. Produtividade dos Sistemas Hidrogeológicos	138
7.2. Reservas, Recursos e Disponibilidades das Águas Subterrâneas	139
7.2.1. Reservas Renováveis (Rr)	139
7.2.2. Reservas Permanentes (Rp)	139
7.2.3. Recursos exploráveis (Re) ou Potencialidade aquífera (P)	139
8. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MARANHÃO	145
8.1. Qualidade das águas subterrâneas nas bacias hidrográficas	146
9. DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DAS DEMANDAS E VARIABILIDADES HÍDRICAS	153
9.1. Demanda Hídrica para Abastecimento Humano	154
9.1.1. Sistema de Abastecimento das Sedes Urbanas	155
9.2. Demanda Hídrica para Dessedentação Animal	158
9.3. Demanda Hídrica para Irrigação	161
9.3.1. Irrigação Privada Outorgada	161
9.3.2. Irrigação Segundo os Dados do IBGE	162
9.4. Demanda Hídrica Industrial	165
9.5. Pesca e Aquicultura	167
9.6. Outros Usos da Água	169
9.6.1. Geração de energia hidrelétrica	169
9.6.2. Mineração	170
9.6.3. Turismo e Lazer	170
10. SÍNTESE DAS DEMANDAS HÍDRICAS	175
11. ESTUDO DAS DEMANDAS HÍDRICAS / CENÁRIOS	181
11.1.1. Condicionantes da Base Metodológica	181
11.1.2. Cenários Futuros da Agropecuária do Maranhão	182
11.1.3. Cenários Otimistas Moderado e Desejado	183
11.2. Demandas Hídricas Totais	186
12. CONFRONTO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS HÍDRICAS E IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA	195
12.1. Balanço Hídrico	195
12.2. Análise dos Resultados do Balanço Hídrico	196
13. MOBILIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE NO PLANO	201
13.1. Introdução das Oficinas de Trabalho	201
13.2. Levantamento, Articulação e Dinâmica Social dos Atores Envolvidos	201
13.2.1. Generalidades	201
13.2.2. Atores Sociais Identificados	202
13.2.3. Processo de Mobilização Social Sobre as Proposições de Ações do Plano	203
13.3. Didática das Oficinas	203
13.3.1. Generalidades	203
13.3.2. Metodologia de Trabalho Adotada	204

13.4. O Evento das Oficinas	204
13.4.1. Distribuição das Oficinas	204
13.4.2. Consolidação das Dimensões Analisadas	205
14. MAPAS TEMÁTICOS	211
14.1. Mapas Temáticos	211
14.2. Articulação Sistemática das Folhas Cartográficas	211
14.3. Carta Temática de Cobertura Vegetal	211
14.4. Carta Temática de Uso e Ocupação do Solo	211
14.5. Carta Temática de Geologia do Maranhão	213
14.6. Carta Temática de Hidrogeologia do Maranhão	213
14.7. Carta Temática de Bacias Hidrográficas do Maranhão	213
14.8. Carta Temática de Demanda Hídrica	213
14.9. Carta Temática de Disponibilidade Hídrica Superficial	214
14.10. Carta Temática de Potencialidade Hídrica Subterrânea	214
14.11. Carta Temática de População do Estado do Maranhão para os Anos de 2018, 2023, 2028 e 2038 Considerando o Cenário Tendencial de Crescimento	214
14.12. Observações Importantes	214
15. DEFINIÇÃO DE METAS GLOBAIS	219
16. PROPOSIÇÕES DE AÇÕES E INTERVENÇÕES ORGANIZADAS	223
16.1. Ações Institucionais	223
16.1.1. Programa 01: Articulação Institucional do Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGERH	223
16.1.2. Programa 02: Apoio à Criação e Funcionamento de Comitês de Bacias e Associações de Usuários de Água	223
16.1.3. Programa 03: Elaboração de Planos Diretores de Bacias Hidrográficas	223
16.1.4. Programa 04: Sistema Informatizado de Gestão de Outorga	224
16.1.5. Programa 05: Política de Cobrança pelo Uso de Água Bruta	224
16.1.6. Programa 06: Sistema de Fiscalização do Uso de Água	225
16.2. Ações de Monitoramento	225
16.2.1. Programa 07: Monitoramento Hidrometeorológico	225
16.2.2. Programa 08: Monitoramento da Qualidade da Água Superficial	225
16.2.3. Programa 09: Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea	226
16.2.4. Programa 10: Controle e Monitoramento do Uso de Agrotóxicos	226
16.2.5. Programa 11: Monitoramento da Qualidade dos Solos nas Áreas de Agricultura Intensiva	227
16.2.6. Programa 12: Monitoramento das Ações do Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos (PEGRS-MA)	227
16.2.7. Programa 13: Controle e Monitoramento da Atividade Piscícola	228
16.2.8. Programa 14: Monitoramento das Atividades de Exploração dos Manguezais e Áreas com Carcinicultura	228
16.2.9. Programa 15: Sistema de Alerta contra Enchentes	229
16.3. Ações Ambientais	229
16.3.1. Programa 16: Educação Ambiental e Comunicação Social	229
16.3.2. Programa 17: Avaliação da Situação Atual das Unidades de Conservação e Criação de Novas Unidades de Conservação	230

16.3.3. Programa 18: Restauração Ambiental de Nascentes e Matas Ciliares	230
16.3.3.1. Subprograma 18.1: Implantação de Viveiros Municipais para Produção de Mudas	230
16.3.3.2. Subprograma 18.2: Proteção e/ou Restauração de Nascentes	231
16.3.3.3. Subprograma 18.3: Restauração Florestal das Matas Ciliares das APP dos Reservatórios	231
16.3.4. Programa 19: Acompanhamento do Bioma Amazônia	232
16.4. Ações de Infraestrutura	232
16.4.1. Programa 20: Integração de Bacias	232
16.4.2. Programa 21: Implantação de Barragens Estratégicas	235
16.4.3. Programa 22: Implantação de Pequenos Barramentos de Apoio à Agropecuária	237
16.4.4. Programa 23: Saneamento Básico	237
16.4.4.1. Subprograma 23.1: Abastecimento de Água	237
16.4.4.2. Subprograma 23.2: Esgotamento Sanitário	238
16.4.5. Programa 24: Projeto Hidroagrícola	238
16.4.6. Programa 25: Segurança de Barragens	239
16.4.7. Programa 26: Projetos Especiais	239
16.4.7.1. Projeto de Desenvolvimento Hidroagrícola da Baixada Maranhense com Base na Regularização e Manejo da Água na Zona de Produção	239
16.4.7.2. Proposta de Estudo para criação de Unidades de Conservação	241
16.4.7.3. Estudo de Integração do Turismo, Pesca e Recreação nas Bacias dos Rios Preguiças e Balsas	241
16.4.7.4. Proposta para o Projeto de Integração de Comunidades Rurais Especiais nos Programas de Restauração de Nascentes Utilizando a Metodologia do PSA	241
17. MONTAGEM DO PROGRAMA DE INVESTIMENTOS	245
17.1. Síntese dos Custos dos Programas	245
17.2. Cenários e Prioridades do PERH/MA	248
18. DIRETRIZES PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO NO PERH/MA	253
18.1. Plano de Enquadramento dos Corpos d'água em Classes de Usos Preponderantes	253
18.2. Programa para Implementação do Enquadramento dos Corpos de Água em Classes de Usos Preponderantes	254
18.2.1. Referências para Elaboração do Enquadramento de Corpos de Água	254
18.3. Proposta de Critérios de Outorgas dos Direitos de Uso de Recursos Hídricos	254
18.3.1. Integração com outros instrumentos	254
18.3.2. Volume outorgado como coeficiente de cobrança pelo uso das águas	255
18.3.3. Propostas e práticas de uso de coeficientes na cobrança	255
18.3.4. Condições e Critérios Gerais de Outorga	256
18.3.5. Análise da Capacidade de Assimilação de Efluentes	256
18.3.6. Cobrança pelo Direito de Uso	257
18.3.7. Sistema de Informação	257

19. PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DAS AÇÕES DO PLANO NO ÂMBITO DO SISTEMA ESTADUAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS	261
19.1. Proposta de Arranjo Institucional	261
19.2. Roteiro e Estratégia para Implementação do PERH/MA	263
19.2.1. A Estratégia do Plano	264
19.2.2. Cronograma de Atividades para Acompanhamento do Plano.	265
20. AUDIÊNCIAS PÚBLICAS	271
20.1. Introdução	271
20.2. Metodologia e Modelo da Audiência	271
20.3. Registro Fotográfico das Audiências	272
20.4. Sumário das Audiências	273
21. BIBLIOGRAFIA	277

APRESENTAÇÃO

O Governo do Estado do Maranhão assumiu o compromisso com a implementação de um programa integral dos recursos hídricos disponíveis nas bacias hidrográficas do território maranhense. Apesar da oferta d'água atender potencialmente as demandas do Estado, a realidade hídrica do espaço territorial maranhense apresenta um quadro pouco aprofundado nos níveis de planejamento técnico, organização jurídico-institucional e, principalmente de gestão.

O Relatório Síntese que aqui apresentamos, constitui um sumário objetivo dos principais tópicos do Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Maranhão, envolvendo as etapas do diagnóstico, cenários, metas, programas e arranjo institucional, visando principalmente o saneamento com foco no abastecimento de água e esgotamento sanitário da população, o que permite avançar e melhorar os índices de saúde preventivos das pessoas que vivem no Maranhão.

Ocorre ao mesmo tempo importantes centros urbanos carecendo de infraestruturas básicas e, outras regiões do Estado com indicadores abaixo dos níveis aceitáveis de desenvolvimento humano.

Para promover uma mudança nesse cenário foram propostos um elenco de programas e projetos nos segmentos institucionais, infraestrutura, monitoramento e meio ambiente, ações estas fundamentais na sustentabilidade dos empreendimentos do Estado.

O documento revela de forma compacta um recorte do território maranhense no plano físico/ambiental, no contexto da dinâmica social e econômica das disponibilidades hídrica superficial e subterrânea das demandas urbanas e dos setores produtivos, o balanço da oferta e do uso da água e os investimentos nos horizontes de curto, médio e longo prazos.

O plano contempla, também, o desenho de um modelo de governança para implementação dos programas e projetos, compartilhado entre agentes públicos e atores sociais, consagrando o processo participativo e democrático da questão da água, no âmbito da legislação dos recursos hídricos.

1.

***BASE TERRITORIAL E
ADMINISTRATIVA DO ESTADO***

1. BASE TERRITORIAL E ADMINISTRATIVA DO ESTADO

1.1. Caracterização Geral da Base Territorial

O Estado do Maranhão encontra-se posicionado na Região Nordeste do Brasil, com seu território abrangendo uma área de 331.936,95 km² (Resolução IBGE N° 02, de 29 de junho de 2017, publicada no DOU N° 124, de 30/06/2017), sendo o segundo maior estado da Região Nordeste do Brasil e o oitavo mais extenso do Brasil. Situa-se entre os paralelos 01°02'38'' e 10°15'42'' de latitude sul e entre os meridianos 41°47'45'' e 48°45'19'' de longitude oeste. Seus limites territoriais estendem-se por 3.862,5 km, distribuídos em confrontações com o Oceano Atlântico (639,5 km) ao norte, e com os Estados do Tocantins (1.060 km) ao sul e sudoeste, Pará (798 km) a oeste e Piauí (1.365 km) a leste (**Figura 1.1**).

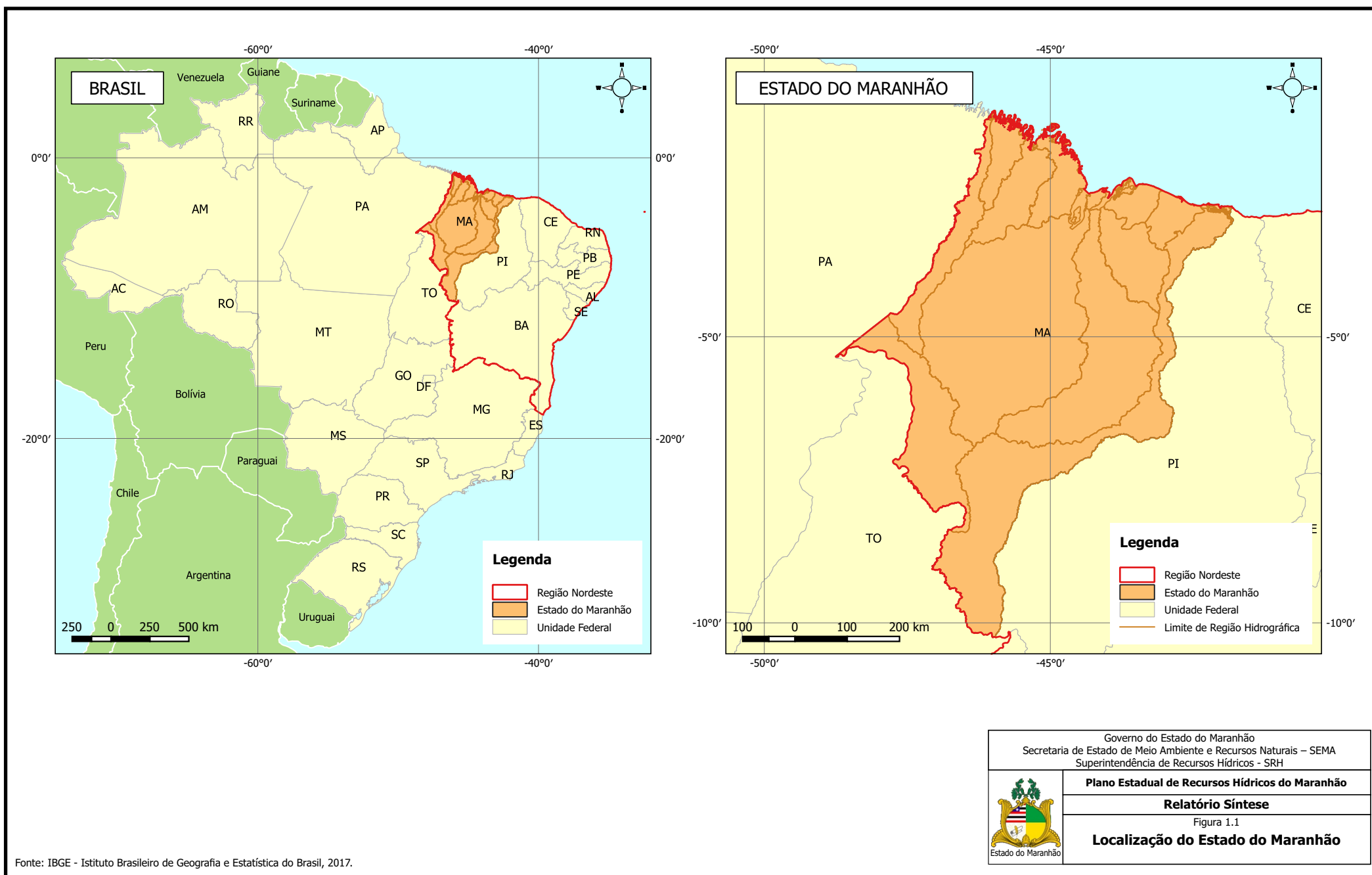
O censo demográfico de 2010 constatou uma população de 6.574.789 habitantes para o Estado do Maranhão, sendo que 4.149.093 habitantes (63,11%) residiam na área urbana e 2.425.696 habitantes (36,89%) na área rural, composta por 3.261.514 homens (49,60%) e 3.313.274 mulheres (50,40%). A população do estado tem perfil jovem: 51,32% da população tem até 25 anos de idade e 74,12% tem até 40 anos. A população projetada pelo IBGE para 02/05/2018 era de 7.034.576 habitantes. A taxa de crescimento estimada em 2018 pelo IBGE foi de 0,62% ao ano e deverá cair para 0,22 % em 2030, taxas inferiores às projetadas para o Brasil, que são de 0,73 % em 2018, reduzindo para 0,38 % em 2030.

A capital e cidade mais populosa do Maranhão é São Luís, na ilha de Upaon-Açu, com 1.091.868 pessoas em 2018 (estimativa do IBGE). Outros municípios com população superior a 100 (cem) mil habitantes são Imperatriz, São José de Ribamar, Timon, Caxias, Codó, Paço do Lumiar, Açailândia e Bacabal.

1.2. Divisões Territoriais

1.2.1. Municípios

Em termos de municípios, a divisão política do estado registrava 136 municípios até 1988, muito dos quais, de acordo com o IBGE, já não contavam com as mínimas condições de gerenciamento e administração territorial. Após a promulgação da constituição do estado, baseada na Constituição do Brasil de 1988 pela assembleia estadual constituinte do Maranhão no dia 5 de outubro de 1989, foram criados e emancipados mais 81 municípios.



Em 2007, o Governo do Estado apresentou um novo ordenamento territorial composto por 32 Regiões de Planejamento (Lei Complementar Nº 108, 21/11/2007), tendo por fim uma implementação mais efetiva das políticas públicas (SEPLAN, 2008). A alteração territorial do Estado baseou-se na aprovação da população diretamente interessada através de plebiscito e em lei complementar federal. Atualmente o estado é subdividido em 217 municípios que compõem 5 mesorregiões geográficas.

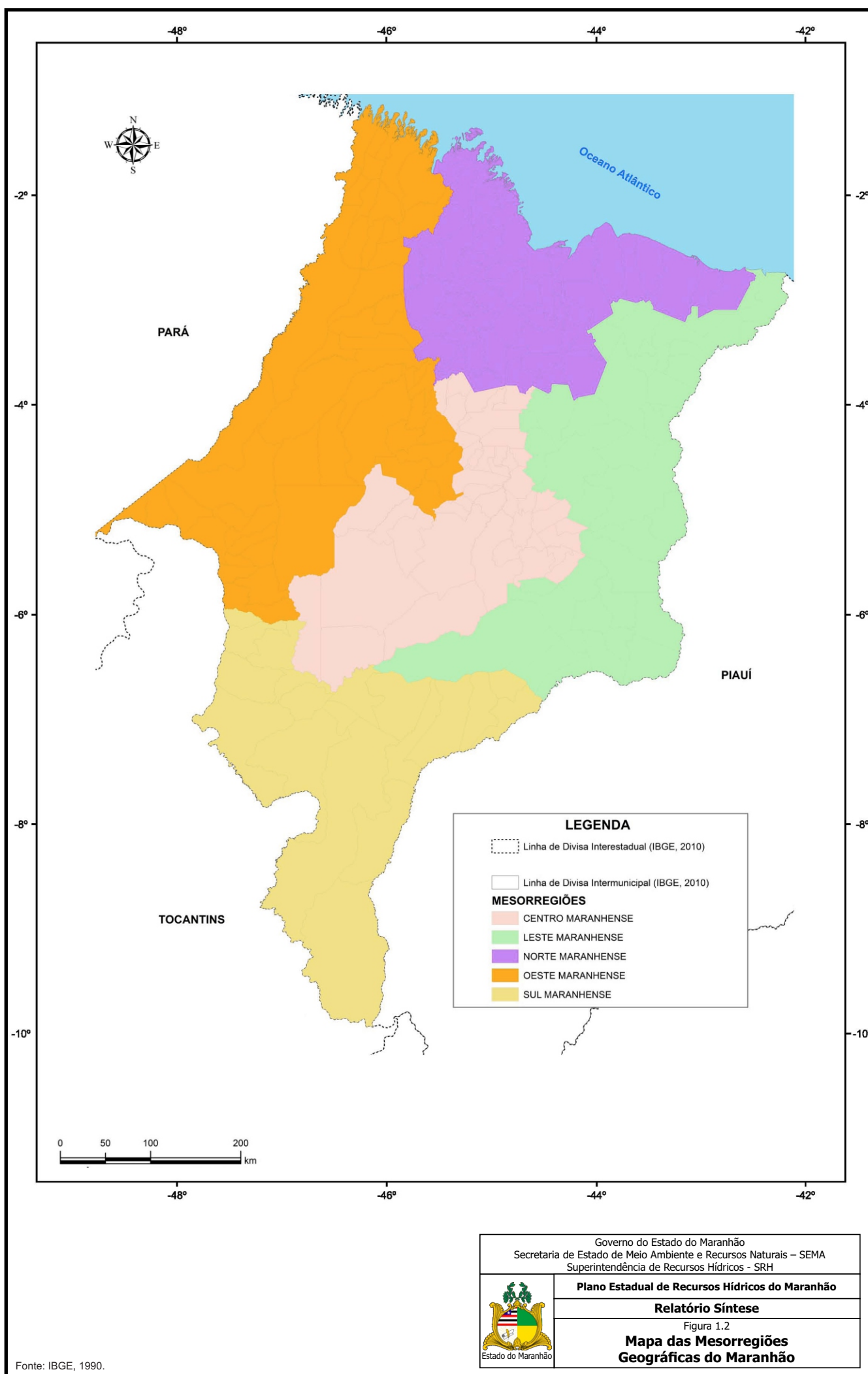
As **Figuras 1.2 e 1.3** apresentam os mapas da divisão político-administrativa do Estado do Maranhão considerando as Mesorregiões e Microrregiões Geográficas e a **Figura 1.4** o mapa das Regiões de Planejamento do Estado.

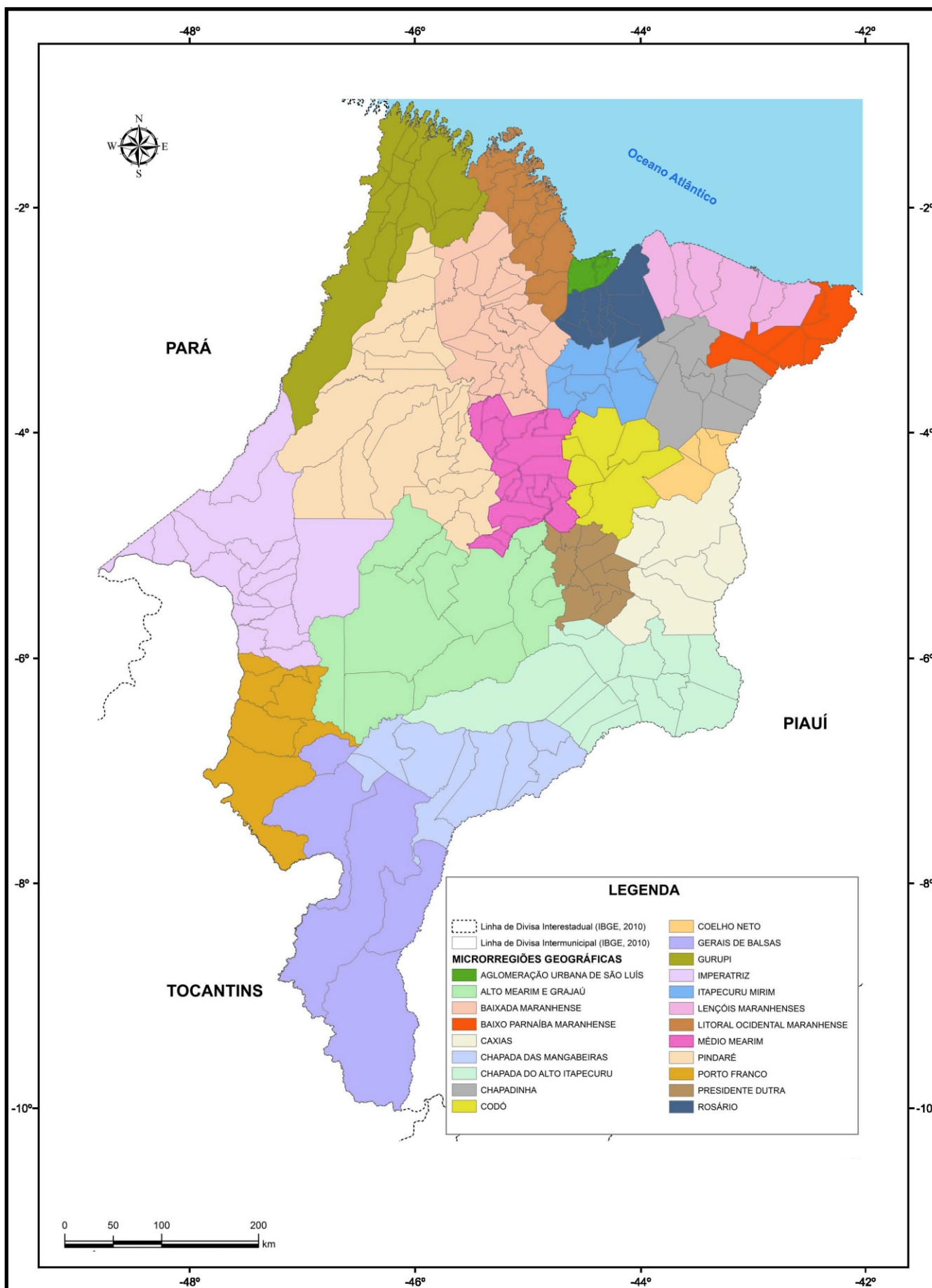
1.2.1.1. Regiões Hidrográficas

Como tratamos do Plano Estadual de Recursos Hídricos, fechamos o relato sobre as divisões territoriais e administrativas com a mais importante das divisões a serem consideradas na elaboração do Plano, a regionalização hidrográfica. Lembramos que a bacia hidrográfica é a base física de planejamento e gestão dos recursos hídricos, seguindo determinação da Lei 9433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal que trata dos Recursos Hídricos.

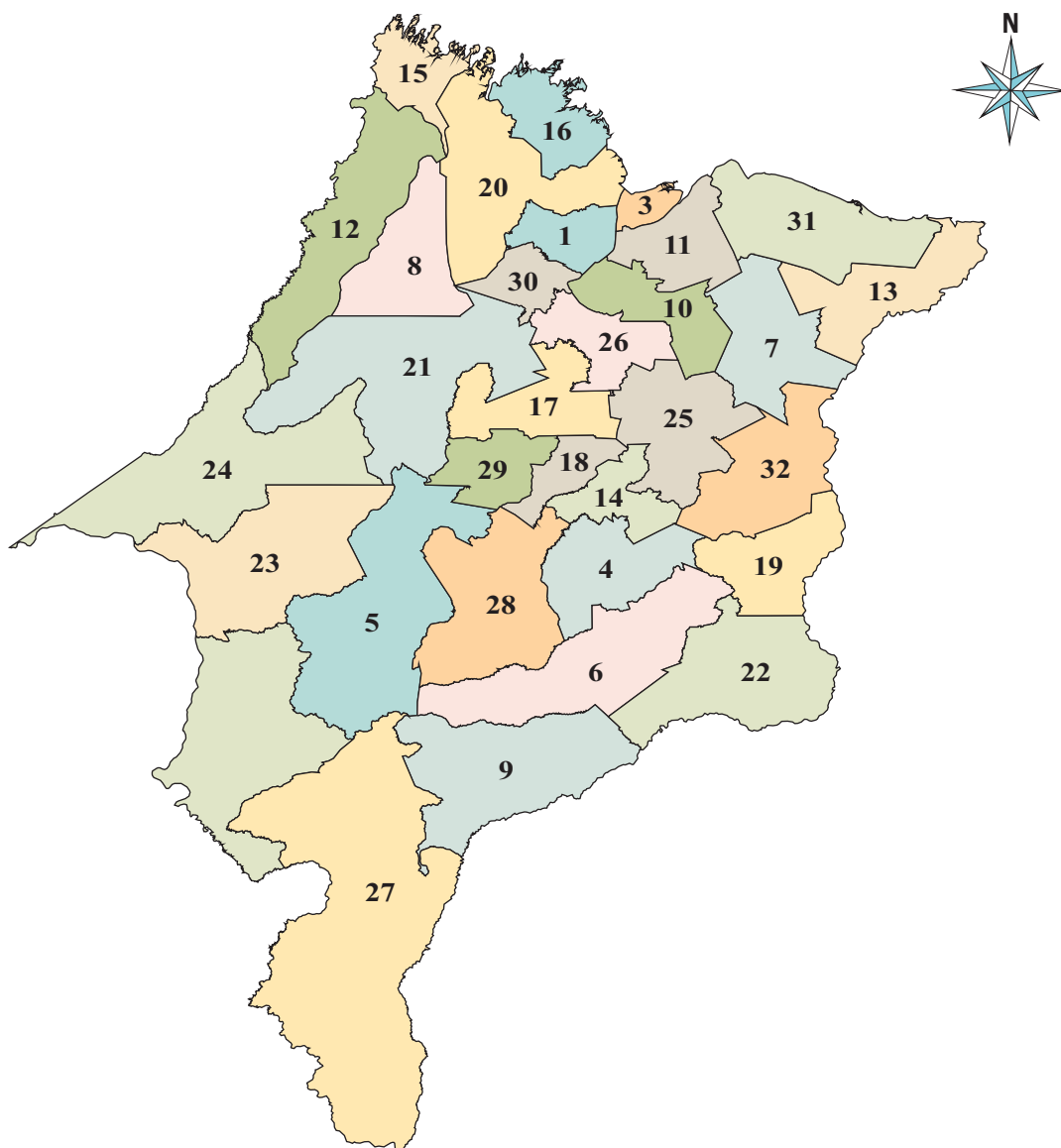
O Estado do Maranhão é dividido em 12 bacias hidrográficas. Esta divisão foi formalizada por meio do Decreto Estadual 27.845 de 18 de novembro de 2011, a partir de um estudo realizado pela Universidade Estadual do Maranhão – UEMA.

As bacias do Parnaíba, a Leste; do Tocantins, a Sudoeste; Gurupi, a Noroeste, correspondem às bacias hidrográficas de *domínio federal*, já as bacias de *domínio estadual* estão representadas pelos Sistemas Hidrográficos Estaduais das Ilhas Maranhenses e do Litoral Ocidental, bem como as bacias hidrográficas Mearim, Itapecuru, Munin, Turiaçu, Maracaçumé, Preguiças e Periaá. A **Figura 1.5** mostra a disposição das bacias no estado do Maranhão.



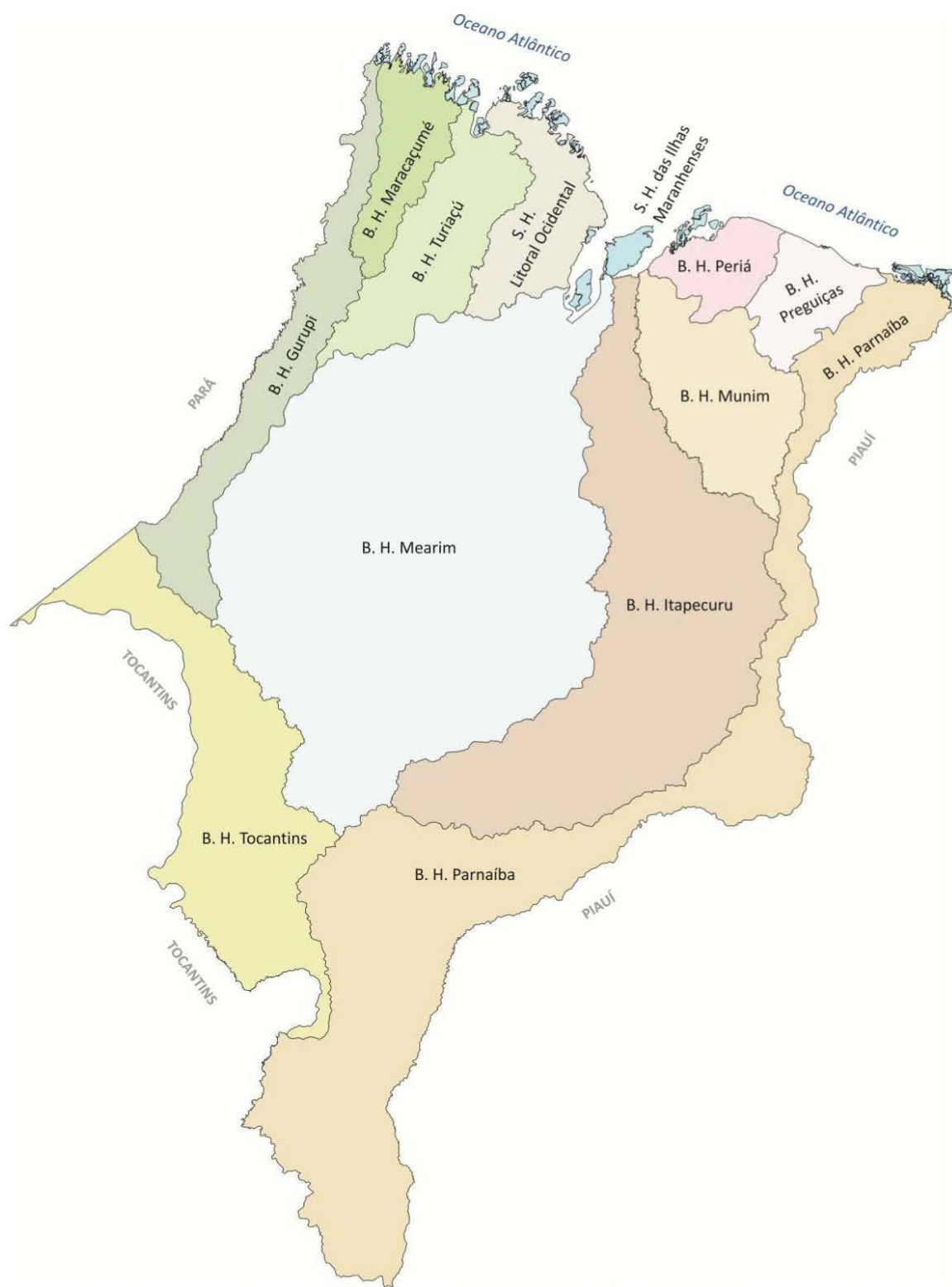


Fonte: IBGE, 1990.



REGIÕES DE PLANEJAMENTO

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 01 - Região da Baixada Maranhense | 17 - Região do Mearim |
| 02 - Região da Chapada das Mesas | 18 - Região do Médio Mearim |
| 03 - Região da Ilha do Maranhão | 19 - Região do Médio Parnaíba |
| 04 - Região da Pré-Amazônia | 20 - Região do Pericumã |
| 05 - Região das Serras | 21 - Região do Pindaré |
| 06 - Região do Alpercatas | 22 - Região do Sertão Maranhense |
| 07 - Região do Alto Munim | 23 - Região do Tocantins |
| 08 - Região do Alto Turi | 24 - Região dos Carajás |
| 09 - Região do Baixo Balsas | 25 - Região dos Cocais |
| 10 - Região do Baixo Itapecuru | 26 - Região dos Eixos Rodoferrviários |
| 11 - Região do Baixo Munim | 27 - Região dos Gerais de Balsas |
| 12 - Região do Baixo Turi | 28 - Região dos Guajaras |
| 13 - Região do Delta do Parnaíba | 29 - Região dos Imigrantes |
| 14 - Região do Flores | 30 - Região dos Lagos |
| 15 - Região do Gurupi | 31 - Região dos Lençóis Maranhenses |
| 16 - Região do Litoral Ocidental | 32 - Região dos Timbiras |



Fonte: Bacias e Sistemas Hidrográficos Maranhenses. NuGeo Ambiental - Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, 2015.

Governo do Estado do Maranhão Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA Superintendência de Recursos Hídricos - SRH	
Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão	
Relatório Síntese	
Figura 1.5 Divisão Territorial do Maranhão Segundo as Bacias Hidrográficas	



2.

PROCESSO HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO

2. PROCESSO HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO TERRITÓRIO

O território maranhense abriga em sua história, narrativa de ocupação iniciada por navegantes espanhóis que visitaram o litoral em busca de passagem para o Peru. No século XVI, uma tentativa fracassada de ocupação foi realizada por donatários portugueses através de uma armada, composta por 10 navios e 900 homens que acabou naufragando (TROVÃO, 2008). Uma segunda tentativa de ocupação foi iniciada pelos franceses que faziam incursões no litoral maranhense desde 1524, mas que se estabeleceram apenas em 1612, quando fundaram a França Equinocial. Até 1615, diversas lutas travadas entre portugueses e franceses, resultaram na vitória dos primeiros que se estabeleceram definitivamente na colônia.

Em 1621, foi instituído o estado do Maranhão e Grão-Pará. No ano de 1641, foi a vez dos holandeses invadirem a região ocupando a ilha de São Luís, porém, depois de três anos, foram expulsos pelos portugueses.

Em 1772, foi criado o Estado do Maranhão e Piauí, separado do Grão-Pará. Em 1811, a Capitania do Piauí foi separada do Maranhão. Após 1889, com a República, o Maranhão tornou-se um estado do Brasil.

Quanto à conformação territorial, o Maranhão passou por oito divisões político-administrativas, desde a primeira, em 1534, até a última, em 1920. A partir da década de 1920, as políticas territoriais se basearam em criar alternativas de vias de transporte fluvial, ferroviária e terrestre para melhorar o escoamento da produção e a integração do território. Ainda no contexto das políticas territoriais, tendo em vista a colonização dos denominados vazios demográficos do Estado e a articulação entre os mesmos através das vias de transporte, foram implementados diversos programas como a Colônia Agrícola Nacional de Barra do Corda e Projeto Integrado de Colonização, em 1942; o Projeto de Povoamento do Maranhão, em 1962; o Projeto de Colonização do Alto Turi, em 1972; o Projeto Pioneiro de Colonização em 1973; os Projetos de Ordenação Territorial, entre 1972 e 1995, estando incluído o Programa de Desenvolvimento Integrado da Amazônia Oriental (Projeto Ferro Carajás e Consórcio Alumínio do Maranhão) em 1980 (FERREIRA, 2008).

3.

ASPECTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS

3. ASPECTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS

3.1. Aspectos Geológicos

A geologia é responsável pela base física decorrente dos processos geoambientais e onde encontram-se os recursos hídricos.

No estado do Maranhão ocorrem basicamente duas estruturas geológicas de idades diferenciadas:

- **Bacias Sedimentares:** formadas por conjuntos rochosos denominados de fanerozóicos, ou seja, com idades inferiores a 600 M.A., e são compostas de rochas sedimentares as mais diversas, como arenitos, siltitos, argilitos, conglomerados e calcários, além de grande diversidade de fósseis animais e vegetais de 380 M.A. ao Pleistoceno terminal (últimos 10.000 anos);
- **Embasamento Cristalino:** composto de rochas de diferentes idades, as quais são superiores a 600 milhões de anos (M.A.). Esse conjunto estrutural é formado petrograficamente por rochas magmáticas intrusivas ou plutônicas (como os granitos, o granodiorito e o gabro) e por rochas metamórficas (como os quartzitos, os migmatitos e os gnaiss).

Os terrenos de natureza sedimentar abrangem um conjunto de bacias que recobrem aproximadamente 90% do território do Maranhão, as quais são de idade e origem diferenciada.

O Embasamento Cristalino representa um percentual aproximado de 10% do Estado.

A **Figura 3.1** apresenta o mapa geológico do Maranhão de acordo com a CPRM-2013.

3.2. Aspectos Geomorfológicos

Em um plano de Recursos Hídricos, o conhecimento do relevo é determinante por estabelecer as intensidades, direções e sentidos dos escoamentos das águas, bem como por propiciar a definição da delimitação das bacias hidrográficas. Como sabemos, a bacia hidrográfica se constitui como unidade de planejamento a ser considerada em qualquer estudo de recursos hídricos.

3.2.1.1. Domínios Geomorfológicos

De acordo com a descrição dos aspectos geomorfológicos constantes do Macrozoneamento Econômico-ecológico do Estado do Maranhão (2013), o estado foi dividido em 19 domínios

geomorfológicos, segundo os seguintes padrões de declividade e amplitude topográfica (Tabelas 3.1 e 3.2 e Figura 3.2).

Tabela 3.1 - Declividade e amplitude topográfica das formas de relevo identificadas no Estado do Maranhão

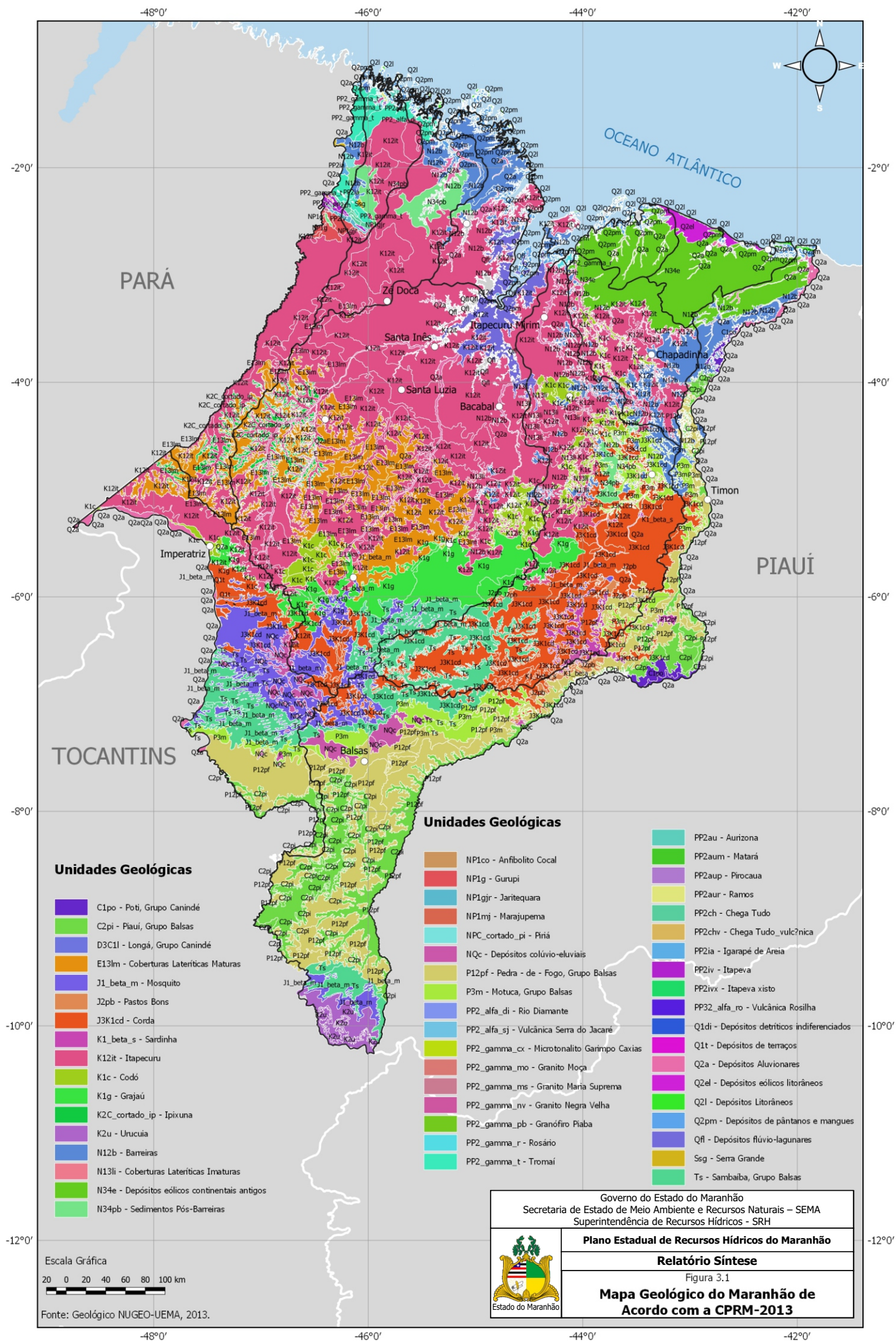
Padrões de relevo	Declividade (graus)	Amplitude topográfica (m)
Planícies fluviais ou fluviolacustres (R1a)	0 a 3	0
Planícies fluviomarinhas (R1d)	0	0
Planícies costeiras (R1e)	0 a 5	2 a 20
Campos de dunas (R1f)	3 a 30	5 a 40
Tabuleiros (R2a1)	0 a 3	20 a 50
Tabuleiros dissecados (R2a2)	2 a 5	0 a 20
Baixos platôs (R2b1)	0 a 5	20 a 50
Baixos platôs dissecados (R2b2)	0 a 5	20 a 50
Planaltos (R2b3)	0 a 5	20 a 50
Chapadas e platôs (R2c)	0 a 5	0 a 20
Superfícies aplainadas conservadas (R3a1)	0 a 5	0 a 10
Superfícies aplainadas degradadas (R3a2)	0 a 5	10 a 30
Inselbergs (R3b)	25 a 60	50 a 500
Colinas amplas e suaves (R4a1)	3 a 10	20 a 50
Colinas dissecadas e morros baixos (R4a2)	5 a 20	30 a 80
Morros e serras baixas (R4b)	15 a 35	80 a 200
Escarpas serranas (R4d)	25 a 60	300 a 2.000
Degraus estruturais e rebordos erosivos (R4e)	10 a 45	50 a 200
Vales encaixados (R4f)	10 a 45	100 a 300

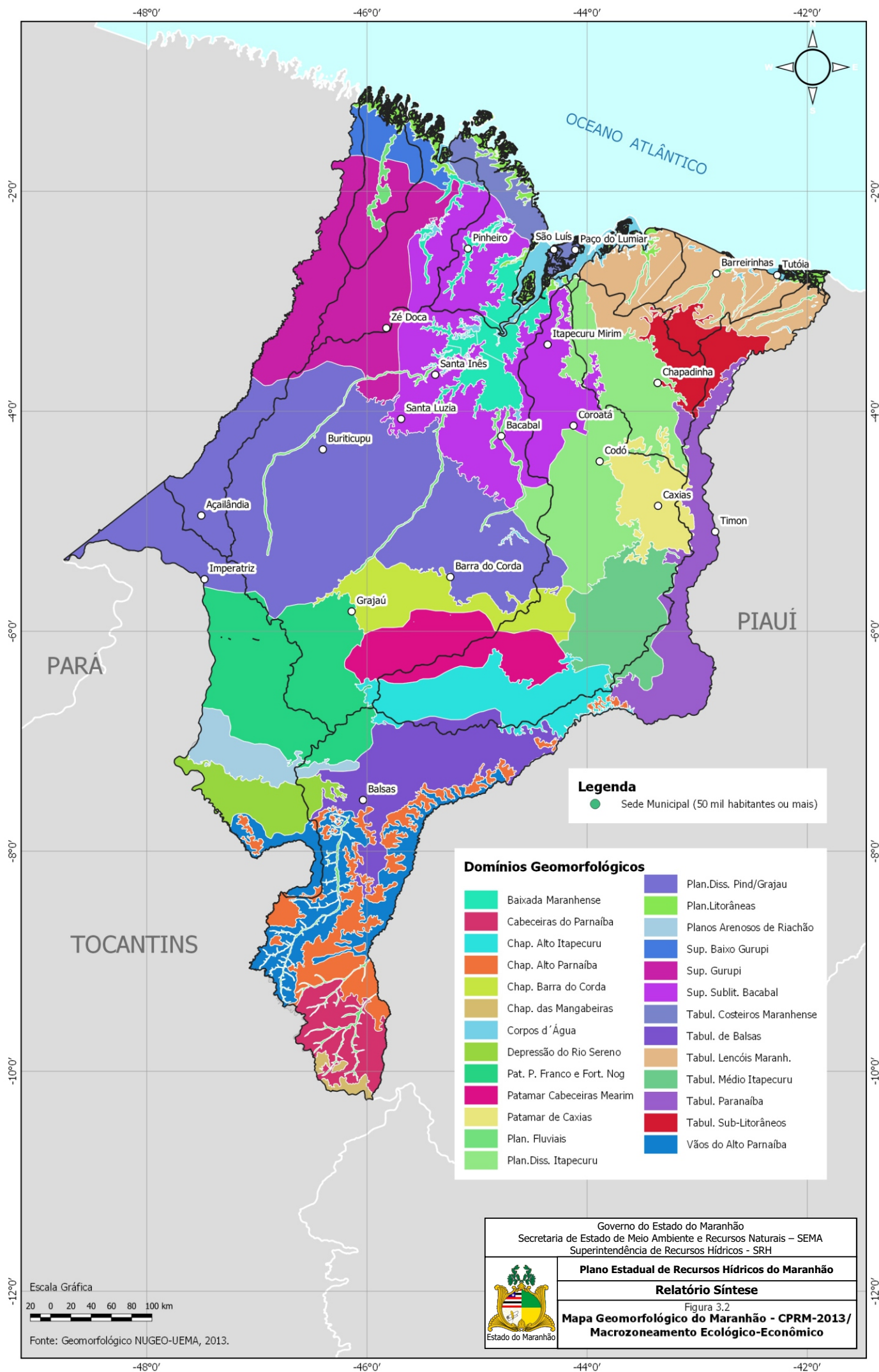
Fonte: CPRM (2013).

Tabela 3.2 - Domínios geomorfológicos do Maranhão e padrões de relevo.

Domínios Geomorfológicos				Padrões de Relevô			
Baixos Platôs de Barra do Corda			(R2b1)		(R2b2)		
Chapada das Mangabeiras		(R2c)		(R4d)		(R4e)	
Chapadas do Alto Rio Itapecuru		(R2b1)	(R2b3)	(R3a2)	(R4a2)	(R4e)	
Chapadas do Alto Rio Parnaíba		(R2b1)	(R2b3)	(R3a2)	(R4a2)	(R4e)	(R4f)
Chapadas e Mesetas de Estreito-Carolina			(R2b3)		(R3a2)		
Delta do Parnaíba		(R1a)	(R1d)		(R1e)	(R1f)	
Depressão Interplanáltica de Balsas			(R2b1)		(R2b2)		(R3a2)
Depressão do Médio Vale do Rio Tocantins		(R1a)	(R2b1)	(R3a2)	(R4a1)	(R4a2)	(R4b)
Golfão e Baixada Maranhense			(R1d)		(R1e)		
Lençóis Maranhenses				(R1f)			
Litoral das Reentrâncias Maranhenses		(R1a)	(R1d)	(R1e)	(R2a1)	(R2a2)	(R3a2)
Planalto Dissecado Gurupi-Grajaú		(R2b1)	(R2b2)	(R2b3)	(R4a2)	(R4b)	(R4f)
Sup. Tab. das Bacias dos Rios Itapecuru e Munim		(R2b1)	(R2b2)		(R3a2)	(R4a2)	
Superfície Sublitorânea Bacabal			(R3a2)		(R4a1)		
Superfícies Aplainadas da Bacia do Parnaíba		(R1a)		(R3a2)		(R4e)	
Superfícies Aplainadas do Noroeste do Maranhão		(R1a)	(R2b2)		(R3a2)	(R4a1)	(R4a2)
Superfícies Tabulares da Bacia do Rio Parnaíba		(R2b1)		(R2b2)		(R2b3)	(R4e)
Tabuleiros de Chapadinha			(R2b1)		(R2b2)		
Tabuleiros de São Luís de Alcântara-Guimarães		(R1d)	(R2a1)	(R2a2)	(R4a1)	(R4a2)	

Fonte: ZEE (2013).





3.3. Aspectos Climatológicos

O clima do Estado do Maranhão foi caracterizado com base nas Normais Climatológicas 1981-2010 publicadas pelo INMET no ano de 2018, tendo em vista a necessidade das características estocásticas dos fenômenos naturais serem de um longo período de observação para que a análise estatística e os resultados obtidos serem mais confiáveis.

A **Tabela 3.3** apresenta as características das doze estações meteorológicas presentes no Estado do Maranhão.

Tabela 3.3 - Estações Meteorológicas com Normais Climatológicas Presentes na Região do Estado do Maranhão

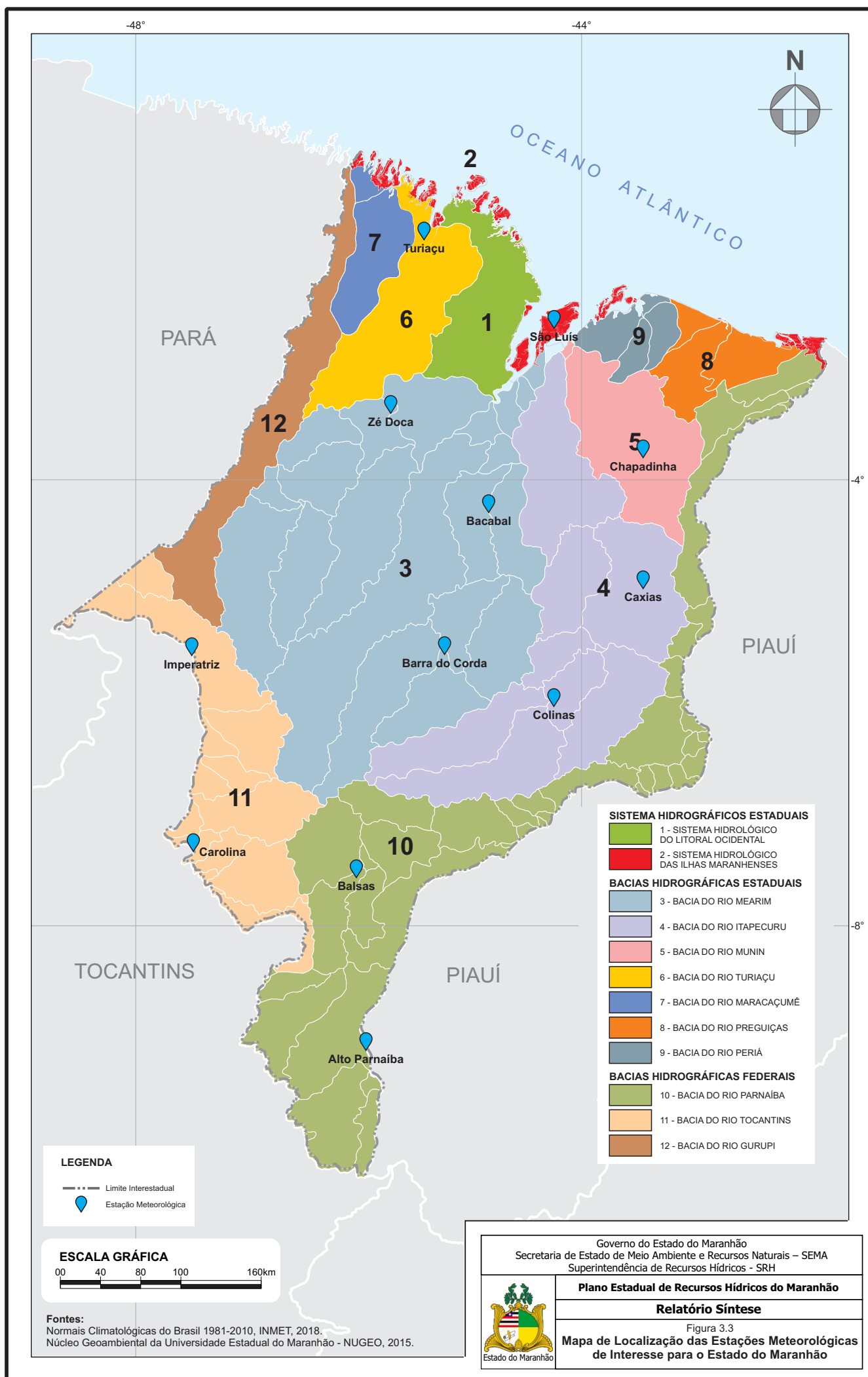
Bacia	Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início de Operação
Parnaíba	Alto Parnaíba	82970	-9,10	-45,93	285,05	21/08/1976
Mearim	Bacabal	82460	-4,22	-44,77	25,07	15/08/1976
Parnaíba	Balsas	82768	-7,53	-46,03	259,38	14/08/1976
Mearim	Barra do Corda	82571	-5,50	-45,23	153,00	14/01/1912
Tocantins	Carolina	82765	-7,34	-47,46	192,83	01/01/1913
Itapecuru	Caxias	82476	-4,87	-43,35	103,56	15/03/1976
Munim	Chapadinha	82382	-3,75	-43,35	103,50	28/08/1976
Itapecuru	Colinas	82676	-6,03	-44,25	179,75	19/05/1976
Tocantins	Imperatriz	82564	-5,53	-47,48	123,30	01/01/1913
Ilhas Maranhenses	São Luís	82280	-2,53	-44,22	50,86	18/11/1924
Turiação	Turiação	82198	-1,67	-45,37	44,06	29/07/1976
Mearim	Zé Doca	82376	-3,27	-45,65	45,28	25/08/1970

Fonte: INMET (2018)

A **Figura 3.3** apresenta o mapa de localização das estações meteorológicas.

Os dados fornecidos e analisados das Estações Meteorológicas para todas as bacias hidrográficas e Maranhão são:

- T. máxima (°C)
- T. mínima (°C)
- T. média (°C)
- Umidade Relativa (%)
- Evaporação (mm)
- Precipitação (mm)
- Insolação (horas)
- Vento (m/s)
- Evapotranspiração Potencial (mm)



3.3.1. Circulação Atmosférica

A região Nordeste do Brasil é conhecida como uma região complexa do ponto de vista climatológico, apresentando grande variabilidade de climas desde as áreas litorâneas até as regiões localizadas a oeste; Na região os principais sistemas meteorológicos que atuam são (**Figura 3.4**):

A área do Estado do Maranhão localiza-se entre as coordenadas 41°48' e 48°50'W e 1°01' e 10°21'S, portanto, sob influência da associação entre a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e da Zona de Transição.

3.3.2. Caracterização do Clima

3.3.3. Distribuição Anual da Precipitação

O mapa das isoietas da precipitação pluviométrica do Estado do Maranhão é apresentado na **Figura 3.5**.

A **Figura 3.6** mostra a representação da área de influência de cada uma das doze estações meteorológicas utilizadas no estudo, possibilitando a identificação das estações que influenciam cada bacia hidrográfica do Estado do Maranhão.

3.3.4. Climogramas

Os Climogramas são ideais para obter uma definição mais clara do clima característico de determinada região, identificando seus meses secos e úmidos e a ocorrência de estações bem definidas ou não.

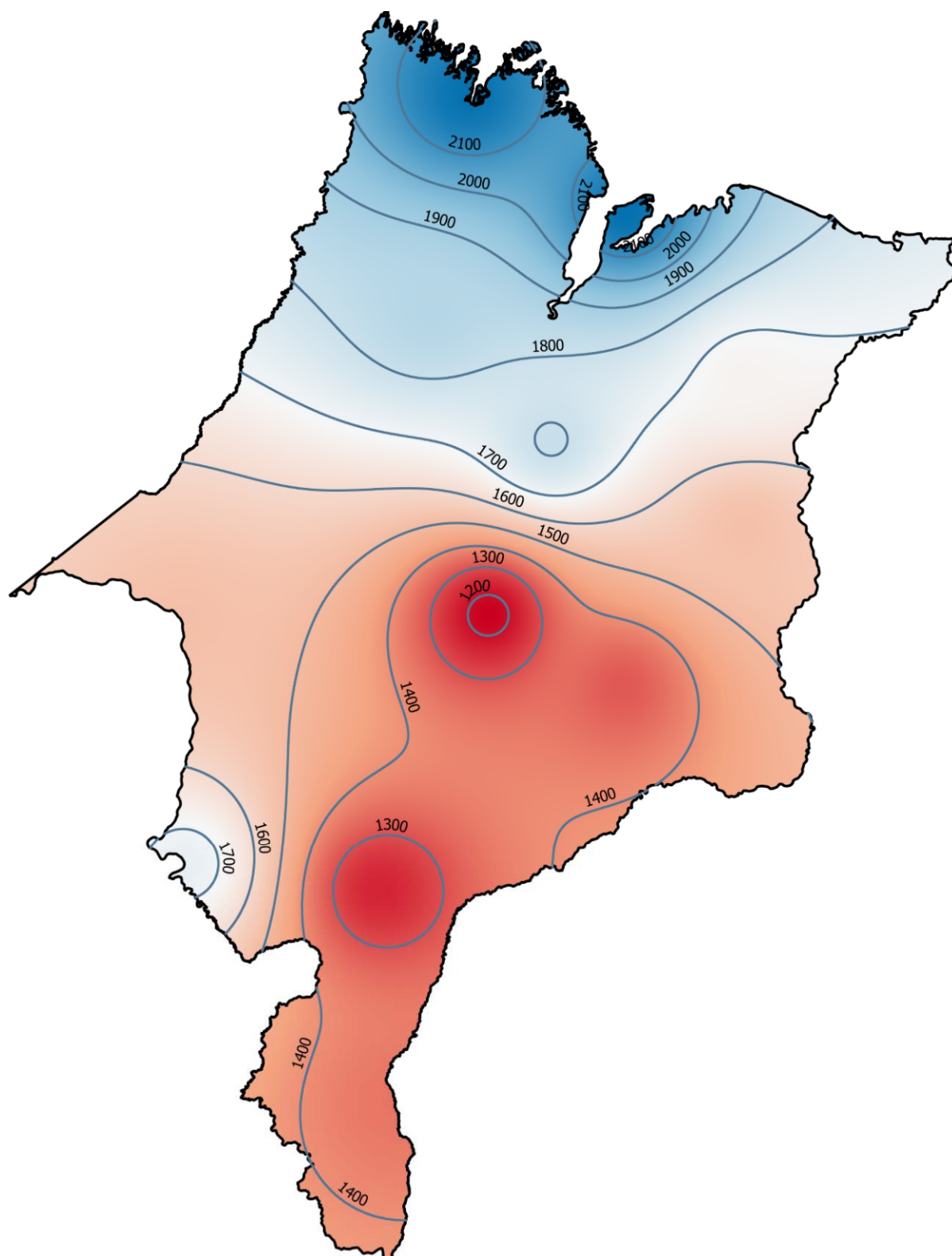
A respeito da análise da precipitação mensal, considera-se o postulado de Gaussen, que afirma que um mês pode ser considerado seco quando a precipitação (mm) é menor ou igual ao dobro da temperatura (°C). A partir da quantidade de meses secos é possível classificar a região de interesse em úmida, semiúmida, e semiárida. Logo, a partir dos Climogramas, para as bacias hidrográficas do Estado do Maranhão, pode-se inferir que esta região se localiza em sua totalidade em uma área semiúmida, visto que suas bacias hidrográficas variam entre 4 a 5 meses secos. Já de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, as bacias hidrográficas do Estado do Maranhão podem ser classificadas como pertencentes ao clima tropical, variando entre Aw (Savana, chuva de verão) e Am (Monções).

A **Figura 3.7** apresenta os Climogramas das bacias e sistemas hidrográficos do Estado do Maranhão.



- ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL (ZCIT)
- ZONA DE CONVERGÊNCIA DE UMIDADE
- DISTÚRBIO ONDULATÓRIO DE LESTE (DOL)
- ASSOCIAÇÃO DE DOL E ZONA DE CONVERGÊNCIA DE UMIDADE
- ASSOCIAÇÃO DE ZCIT E ZONA DE CONVERGÊNCIA DE UMIDADE
- ZONA DE TRANSIÇÃO

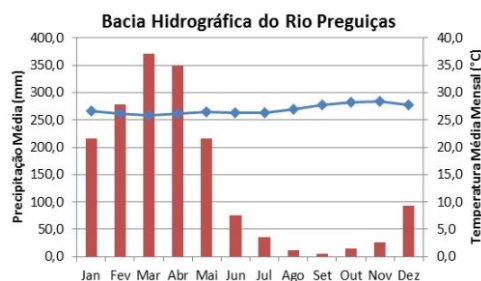
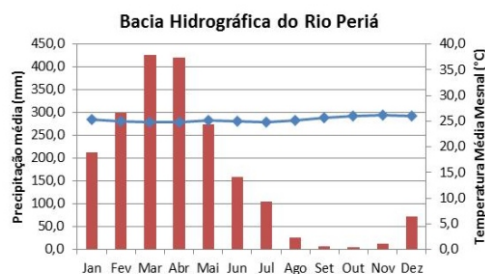
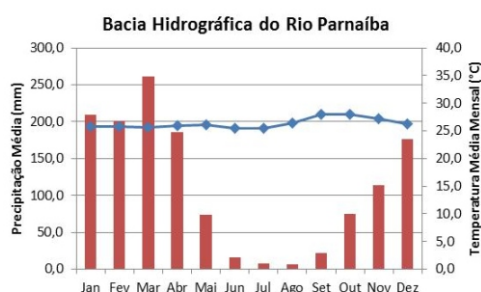
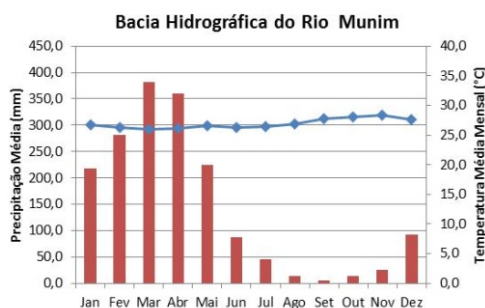
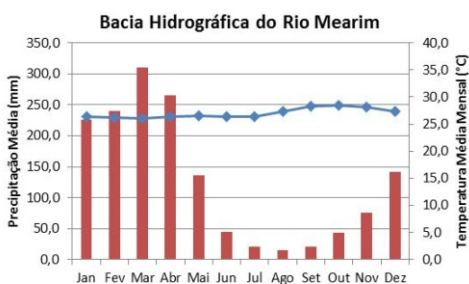
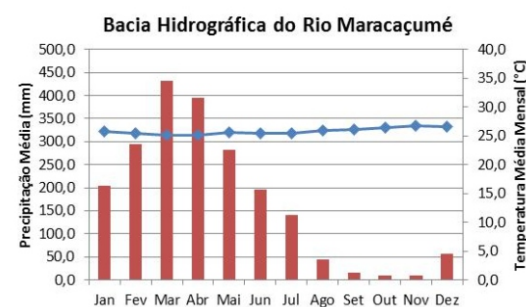
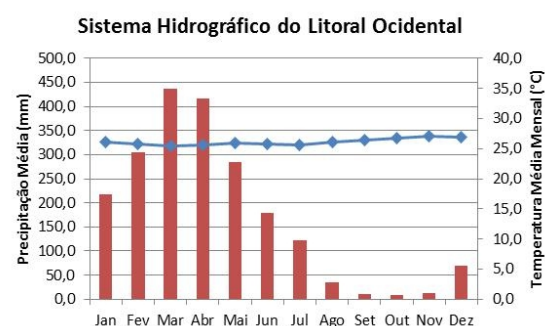
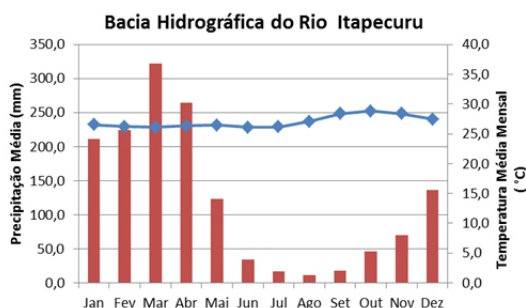
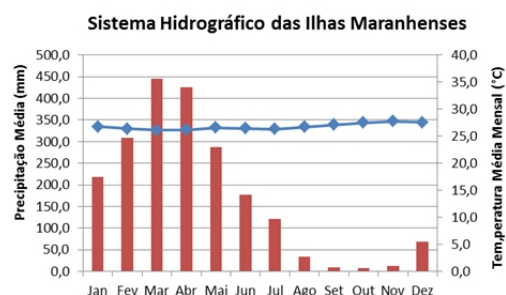
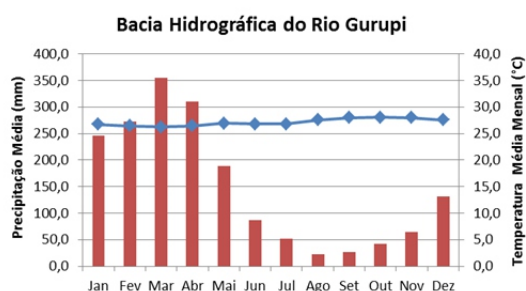
Fonte: INMET, 2018.



Fonte: INMET, 2018.

Governo do Estado do Maranhão Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA Superintendência de Recursos Hídricos - SRH	
 Estado do Maranhão	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão
	Relatório Síntese
	Figura 3.5 Isoietas Médias Anuais do Estado do Maranhão





3.3.5. Balanço Hidroclimatológico

No cálculo do Balanço Hídrico das estações meteorológicas foi utilizado o método de Thornthwaite e Mather (1955). Para realização do balanço hídrico do solo faz-se necessária a determinação da evapotranspiração real. A evapotranspiração real representa o total de perda de água observada por efeito da evaporação e/ou transpiração de uma superfície vegetada, nas condições reinantes (atmosféricas e de umidade do solo). Foi considerada nesse estudo uma capacidade de armazenamento de água pelo solo de 100 mm.

3.3.6. Classificação Climática

Os valores climáticos de temperatura e precipitação, tal como os índices gerados pelo balanço hídrico, permitem caracterizar o clima da área das bacias. Nesse estudo foram usados dois métodos: Classificação Segundo Wilhelm Köppen e Classificação Segundo Thornthwaite.

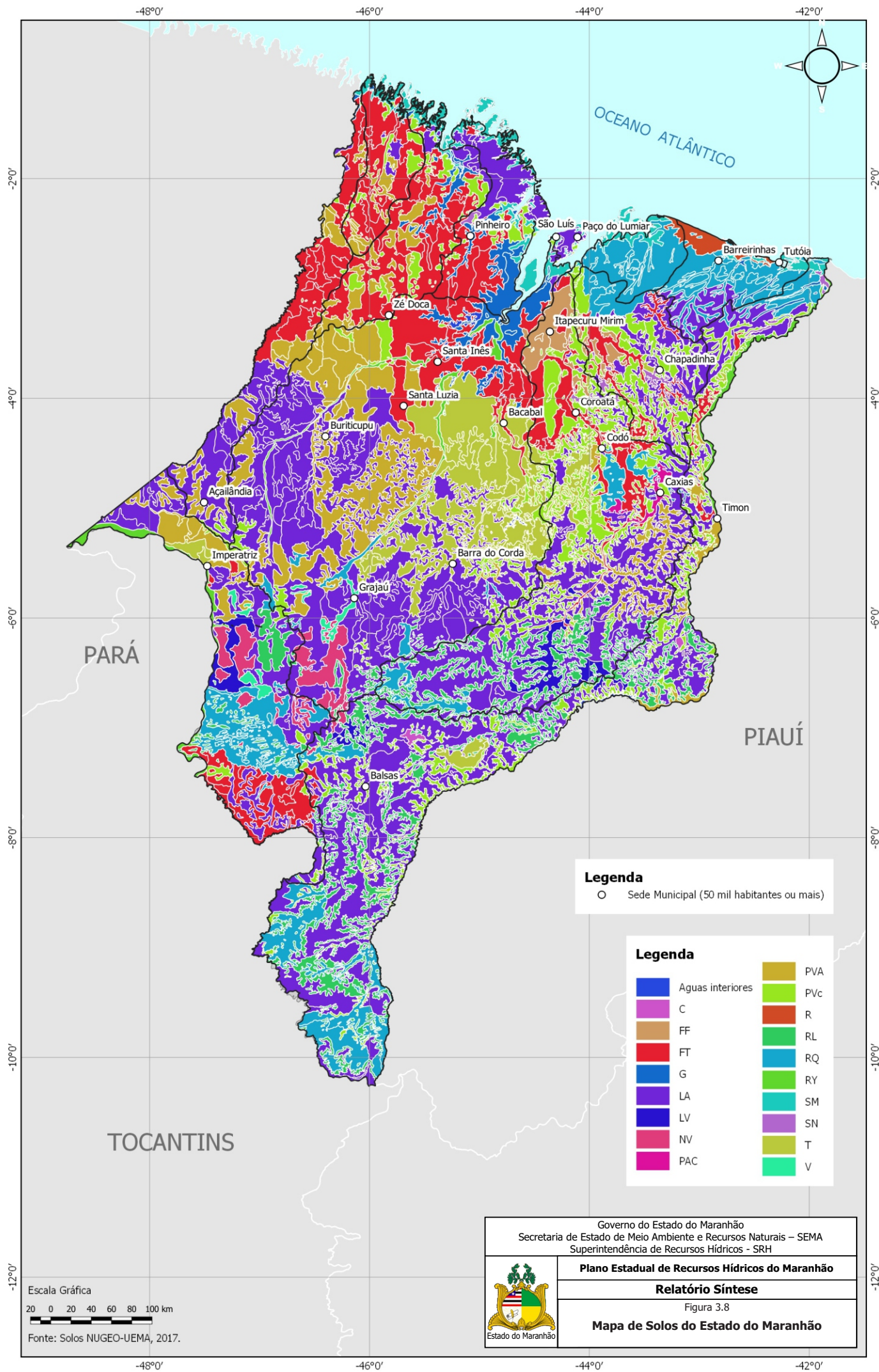
Dessa forma, é possível observar que, em todas as bacias hidrográficas, há predominância do Clima Seco, com ocorrências de Clima Semiárido, nos meses de março e abril, nos Sistemas Hidrográficos das Ilhas Maranhenses e do Litoral Ocidental e nas Bacias Hidrográficas de Maracaçumé, Peria e Turiaçu.

3.4. Solos

A tipologia, uso e a ocupação dos solos exercem influência marcante no escoamento superficial e aporte de sedimentos no leito dos mananciais, podendo alterar a qualidade e a disponibilidade da água.

As principais classes de solos encontradas no Estado do Maranhão são de Latossolo Amarelo (33,87%), Plintossolo Argilúvico (13,67%), Argissolo Vermelho-Amarelo (9,54%), Argissolo Vermelho-Amarelo petroplíntico (9,22%), Neossolos Quartzarênicos (8,84%), Neossolos Litólicos (6,98%), e Luvissolo Crômico (6,70%); estas correspondem a 88,82% do Estado. Os Latossolos Amarelos é a classe mais comum de solo, ocupando cerca de 112.404,5 km² de extensão. A ocorrência deste se dá principalmente na região centro-sul do estado, onde há um constante avanço da monocultura da soja, além do cultivo de milho, feijão, mandioca e pastagem plantada.

A **Figura 3.8** mostra de forma simplificada a disposição dos solos no Estado do Maranhão.



3.5. Cobertura Vegetal

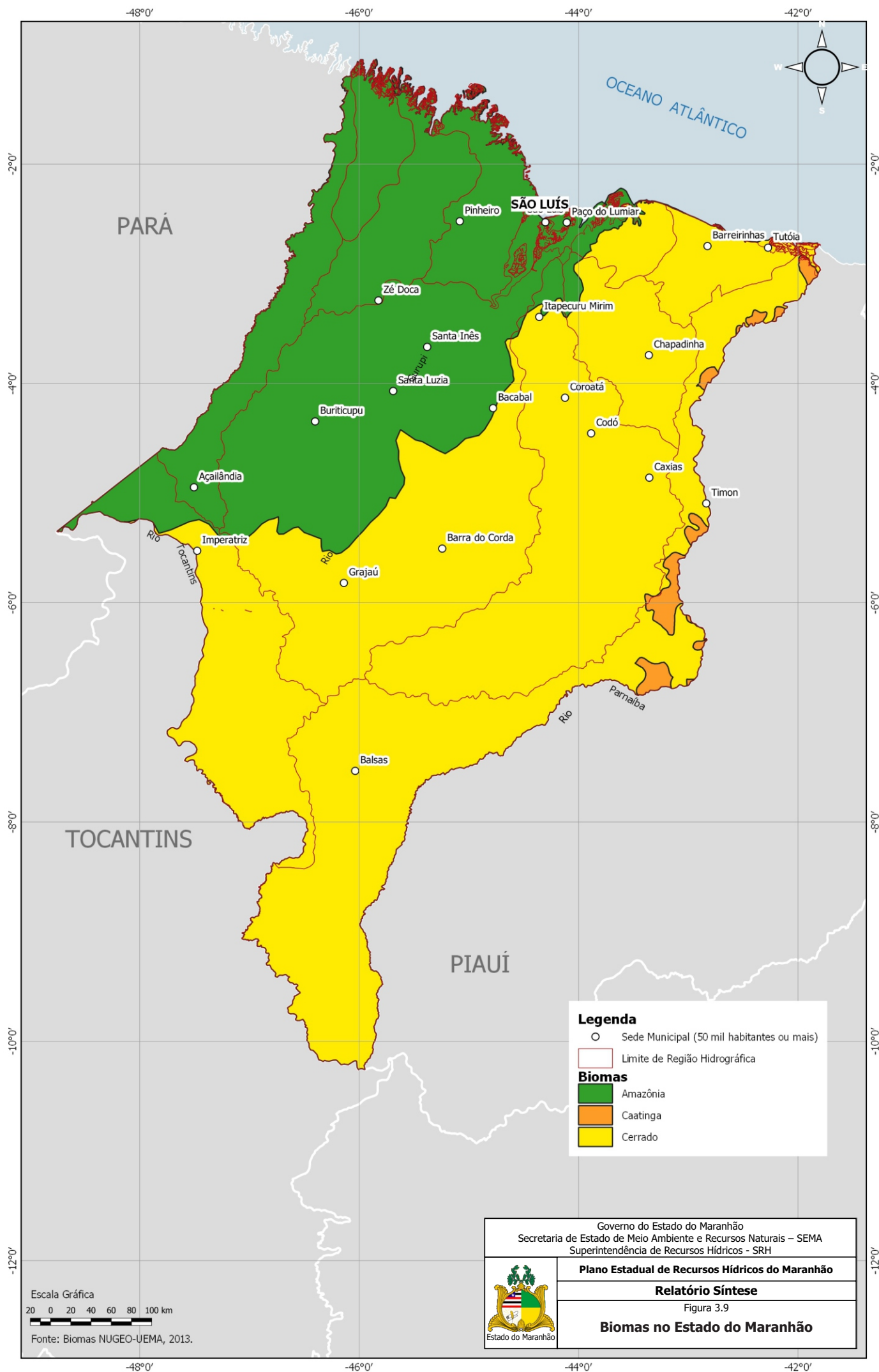
A vegetação em um Plano Estadual de Recursos Hídricos é um dos fatores determinantes na estimativa dos escoamentos das águas precipitadas no espaço físico.

A vegetação que recobre as bacias hidrográficas interfere diretamente no ciclo de chuvas e influi na recarga de aquíferos subterrâneos. O desmatamento reduz os recursos hídricos disponíveis para o abastecimento humano e tem forte impacto sobre a qualidade da água, encarecendo o tratamento necessário para torná-la potável.

De acordo com a documentação do Macrozoneamento Econômico-ambiental do Estado do Maranhão, utilizada como fonte de informações para o presente diagnóstico do Plano Estadual de Recursos Hídricos, a análise da vegetação considera sua diversidade de ambientes, em três diferentes biomas: Amazônia (34,8%), Caatinga (1,1%) e Cerrado (64,1%) (**Ver Figura 3.9**).

No presente Diagnóstico para o Plano Estadual de Recursos Hídricos, adotou-se o MacroZEE do Maranhão como base. Nele, a vegetação foi mapeada de acordo com o projeto Probio (PROBIO, 2007), que embasa o monitoramento nos biomas Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (IBAMA, 2013).

O mapa resultante de uso e cobertura da terra do Maranhão, com destaque das áreas de vegetação, possibilitou a identificação das fisionomias vegetais e regiões fitoecológicas (**Figura 3.10 e Tabela 3.4**) e respectivas descrições a seguir, de acordo com IBGE (2012).



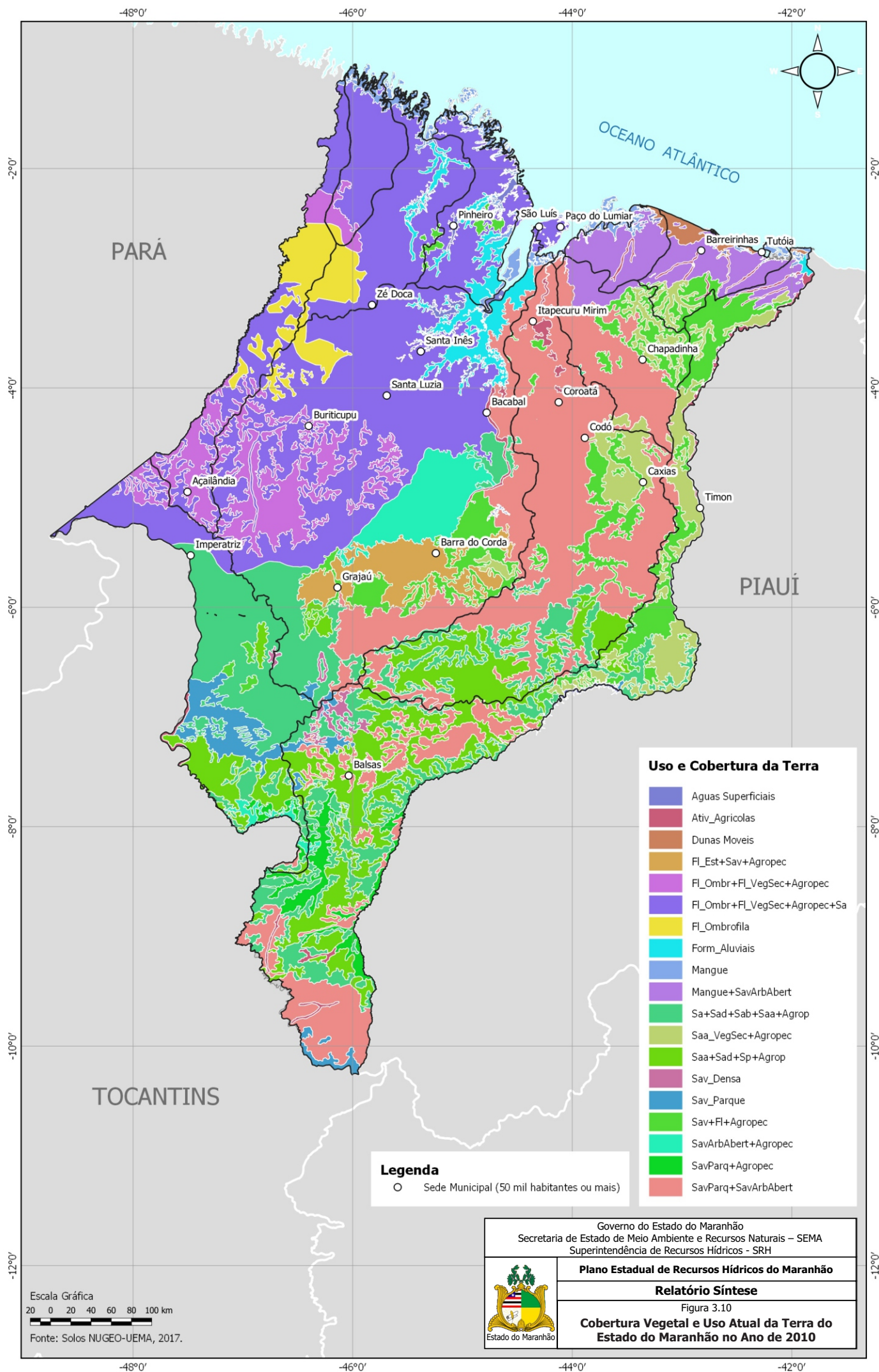


Tabela 3.4 - Código da legenda e área das unidades da cobertura vegetal.

Legenda	Fisionomia	Região fitoecológica	Área (km²)	Área (% do Maranhão)
Da	Floresta ombrófila densa aluvial	Floresta Ombrófila Densa	21.425,79	6,45
Db		Floresta ombrófila densa terras baixas		
Ds		Floresta ombrófila densa submontana		
Ab	Floresta ombrófila aberta de terras baixas	Floresta Ombrófila Aberta	605,73	0,18
As		Floresta ombrófila aberta submontana		
Fa	Floresta estacional semidecidual aluvial	Floresta Estacional Semidecidual	40.824,22	12,30
Fb		Floresta estacional semidecidual terras baixas		
Fs		Floresta estacional semidecidual submontana		
Sd	Savana florestada	Savana / Cerrado	76.341,54	23,00
Sa		Savana arborizada		
Sp		Savana parque		
Sg		Savana gramíneo-lenhosa		
Ta		Savana estépica arborizada		
SN	Contato savana / floresta estacional	Sistema de Transição ou Tensão Ecológica	1.759,19	0,53
SO		Contato savana / floresta ombrófila		
ST		Contato savana / savana estépica		
STN		Contato savana / savana estépica / floresta estacional		
r	Refúgios vegetacionais	715,67	0,22	
Pm	Vegetação com influência marinha (Restinga)	Formações Pioneiras	19.516,72	5,88
Pf		Vegetação com influência fluviomarinha		
Pa		Vegetação com influência fluvial e/ou lacustre		
Vs	Vegetação secundária	87.278,61	26,29	

Fonte: NUGEO/SEMA, 2018.

3.6. Situação dos Recursos Naturais

Já nos referimos, ao longo deste Diagnóstico, que o Estado do Maranhão conta com um Macrozoneamento Ecológico-Econômico (Macro-ZEE), coordenado pela Embrapa e publicado em 2014. Este conjunto de documentos, por definição, consiste em um instrumento para planejar e ordenar o território, harmonizando as relações econômicas, sociais e ambientais; portanto, contém subsídios que podem nortear e serão incorporados ao Diagnóstico do PERH-MA.

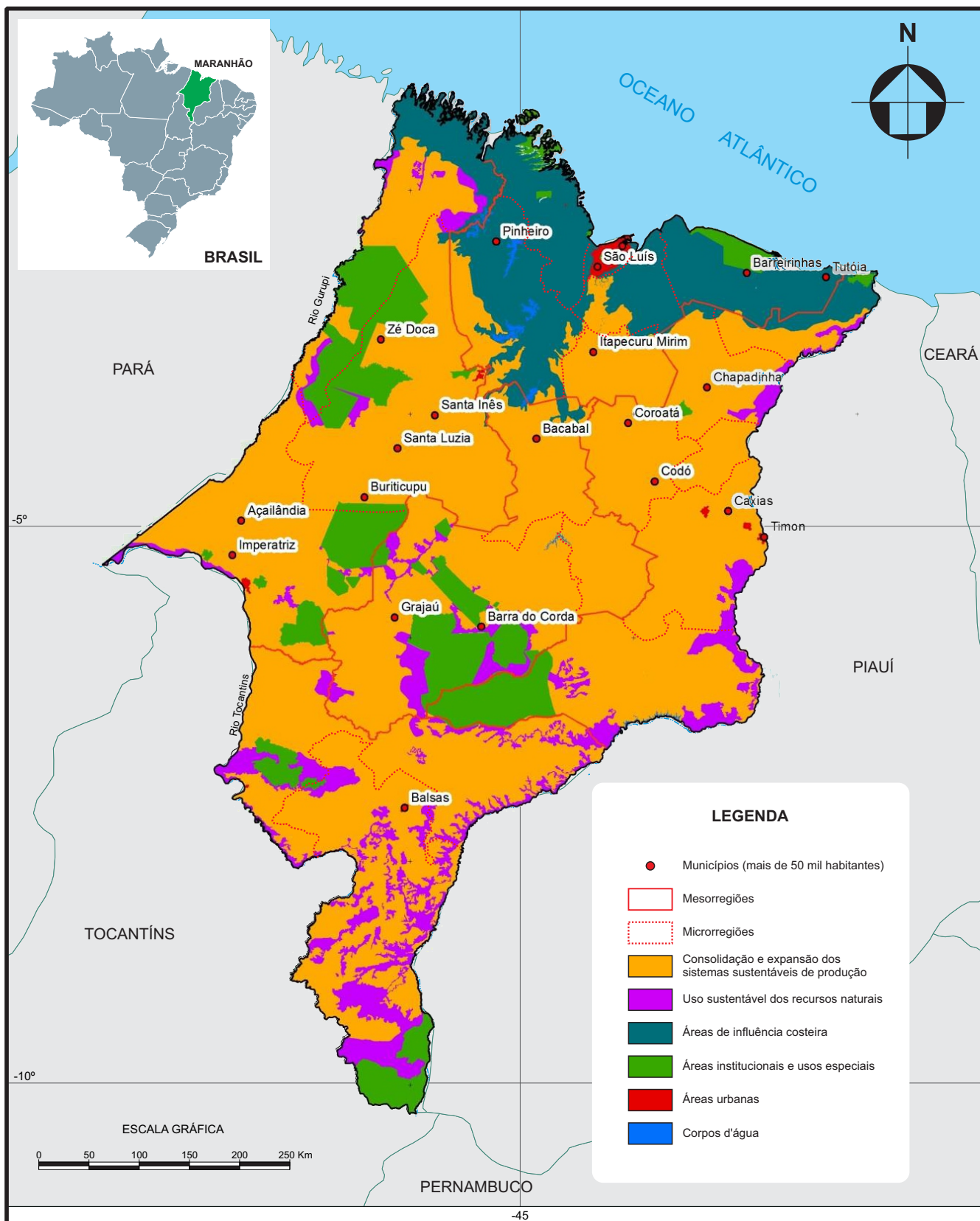
O Macro-ZEE dividiu o estado em quatro zonas, além das regiões de “Áreas Urbanas” e “Corpos d’Água”. As zonas têm suas características descritas na **Tabela 3.5** e sua distribuição espacial na **Figura 3.11**.

Tabela 3.5 - Descrição das Zonas Ecológico-Econômicas do Estado do Maranhão

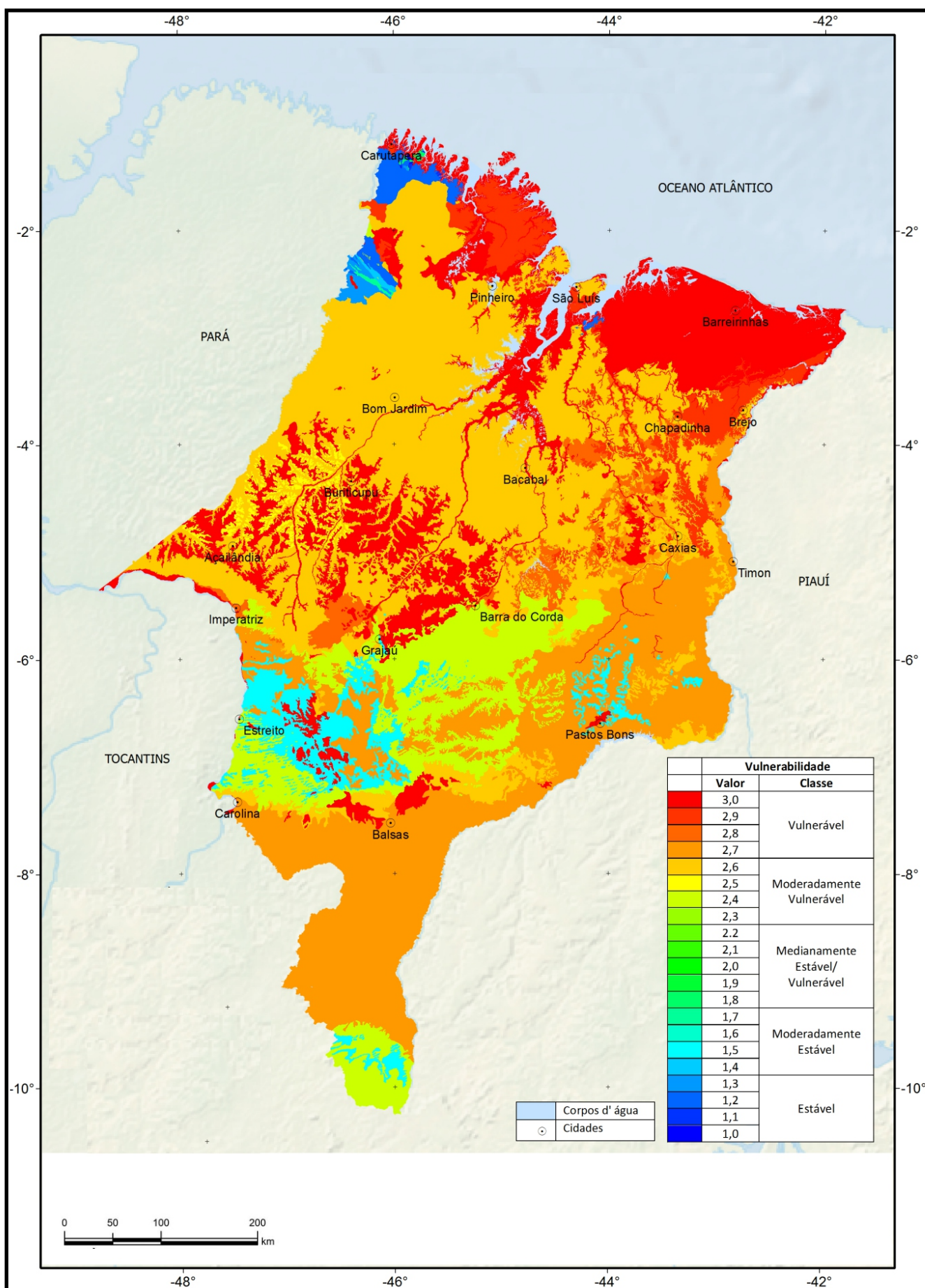
ZONA	DESCRIÇÃO
Zona 1 Consolidação e expansão dos sistemas sustentáveis de produção	Maior potencialidade social e menor vulnerabilidade ambiental. Áreas de uso agropecuário, industrial, mineração, agroflorestal e florestal, com graus variáveis de ocupação e potencialidade social e de vulnerabilidade ambiental que caracterizam suas subzonas. Em geral, são áreas associadas, em diferentes níveis, às frentes de consolidação/expansão e conversão das áreas naturais para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, industriais, florestais e minerárias.
Zona 2 Uso sustentável dos recursos naturais	Menor potencialidade social e maior vulnerabilidade ambiental. Áreas com alto potencial dos recursos naturais, em muitos casos consideradas relevantes na conservação e preservação ambiental dada a sua vulnerabilidade natural, beleza cênica ou localização.
Zona 3 Áreas de influência costeira	Áreas caracterizadas por baixada litorânea, planície de deflação, áreas de dunas e áreas tabulares costeiras do Estado do Maranhão, complexos estuarinos, restingas, manguezais, praias, baías, ilhas, enseadas, dunas fixas e móveis, sistemas deltaicos, estuarinos e bacias lacustres. São áreas com potencial social predominantemente baixo, caracterizadas por processos centenários de ocupação e uso por populações tradicionais (pescadores artesanais, quilombolas e comunidades indígenas). Várias dessas áreas são objeto de projetos e planos de desenvolvimento em andamento para o aproveitamento dos recursos naturais.
Zona 4 Áreas institucionais e usos especiais	Áreas institucionais, constituídas pelas áreas protegidas de uso restrito e controlado, previstas em lei e instituídas pela União, pelo estado ou municípios. Uso e restrições definidos por legislação específica

Fonte: Embrapa (2014)

A carta de vulnerabilidade associada ao tema Geologia obtida é apresentada na **Figura 3.12**.



Fonte: Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão - EMBRAPA, 2014.



Fonte: Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão - EMBRAPA, 2014.

3.6.1. Geomorfologia

A avaliação da vulnerabilidade relacionada ao tema Geomorfologia consistiu na atribuição relativa e empírica de valores de 1,0 a 3,0 aos padrões de relevo (**Figura 3.13**) que constam do Mapa de Geodiversidade do Estado do Maranhão (CPRM, 2013).

A carta de vulnerabilidade obtida para o tema Geomorfologia é apresentada na **Figura 3.14**.

Pela metodologia proposta por Crepani et al. (2001), a principal característica considerada para estabelecer as 21 classes de vulnerabilidade do tema “Solos” é o grau de maturidade do solo. Os solos são considerados produtos diretos do balanço entre a morfogênese e a pedogênese.

Em associações com três e quatro tipos de solos, foram considerados os pesos de 60%, 30%, 10% e 60%, 20%, 10%, 10%, respectivamente. A carta de vulnerabilidade para o tema solo é apresentada na **Figura 3.15**.

3.6.2. Vegetação e Uso das Terra

A densidade de cobertura vegetal é um fator de proteção do terreno contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão e, portanto, é o parâmetro a ser considerado na determinação das 21 classes de vulnerabilidade para o tema Vegetação (CREPANI et al., 2001).

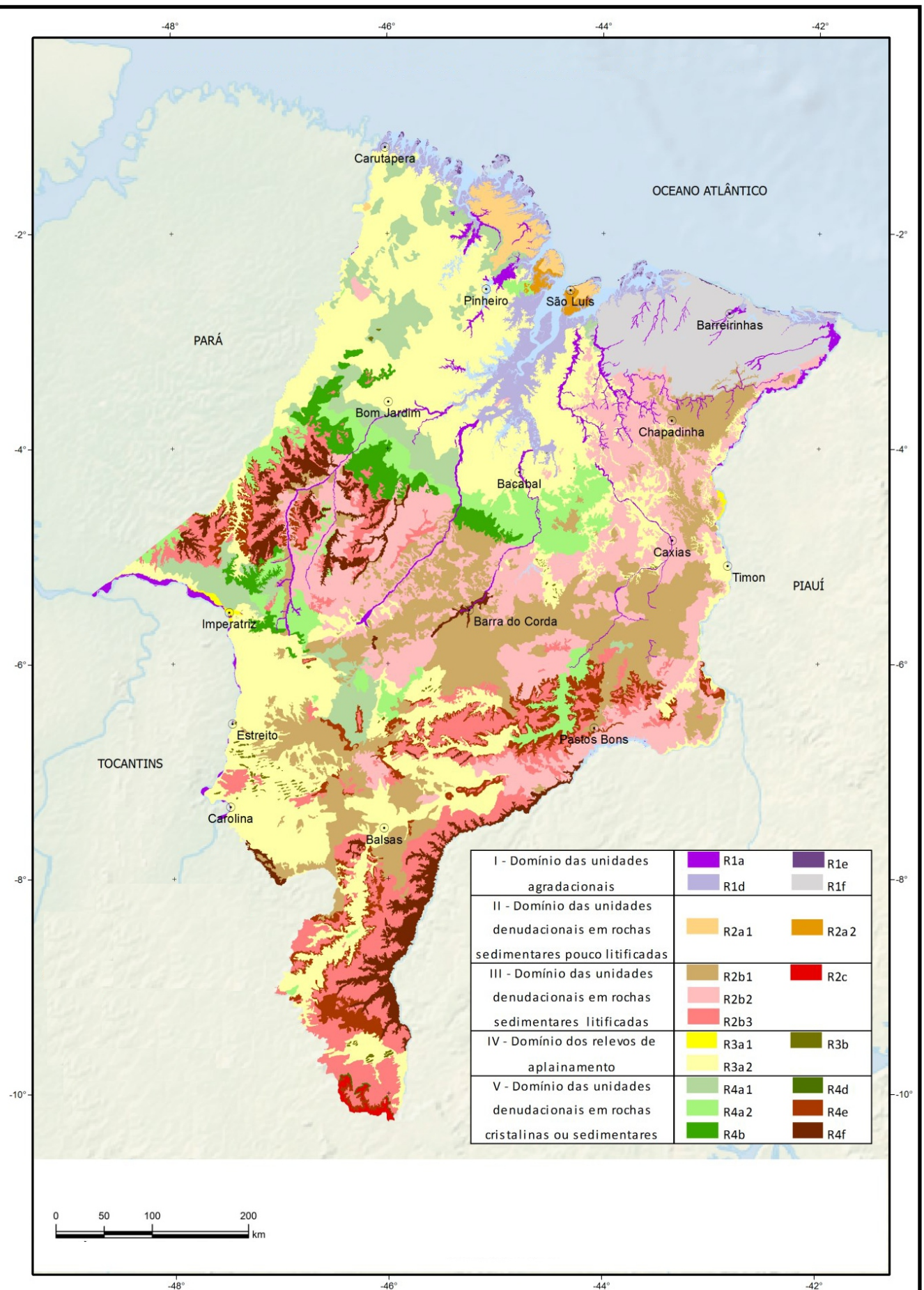
Os valores de vulnerabilidade atribuídos para cada classe de formação vegetal ou uso antrópico que geraram a carta de vulnerabilidade para o tema Vegetação (**Figura 3.16**).

3.6.3. Clima

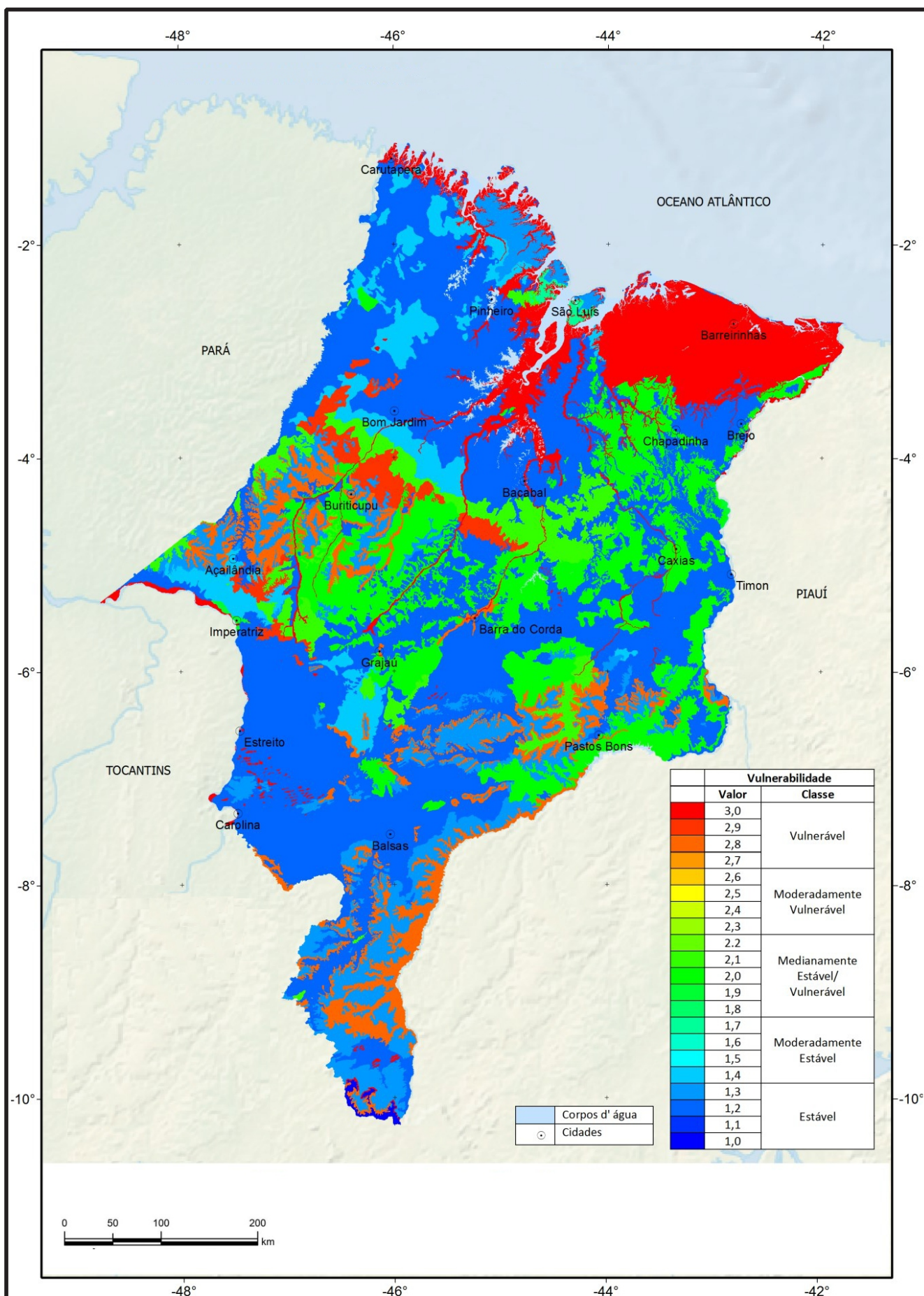
O clima controla o intemperismo diretamente, pela precipitação pluviométrica e temperatura de uma região, e também, indiretamente, pelos tipos de vegetação que poderão cobrir a paisagem (CREPANI et al., 2001).

A chuva é o principal agente do processo de denudação. Atua inicialmente sobre as rochas, provocando o intemperismo; e sobre o solo, removendo-o pela erosão hídrica.

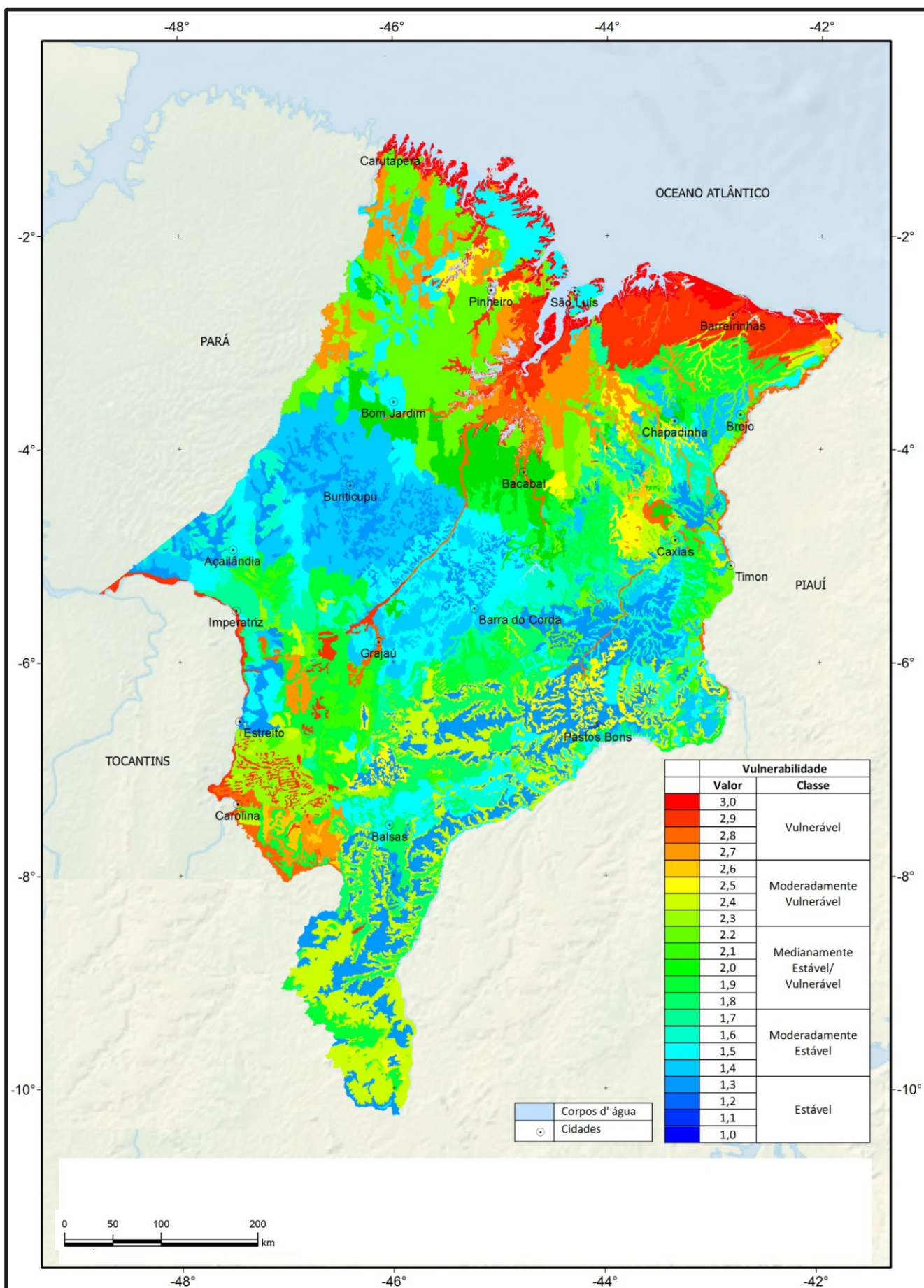
A cada classe atribui-se o valor correspondente de vulnerabilidade, gerando o mapa de vulnerabilidade para o tema Clima da **Figura 3.17**.



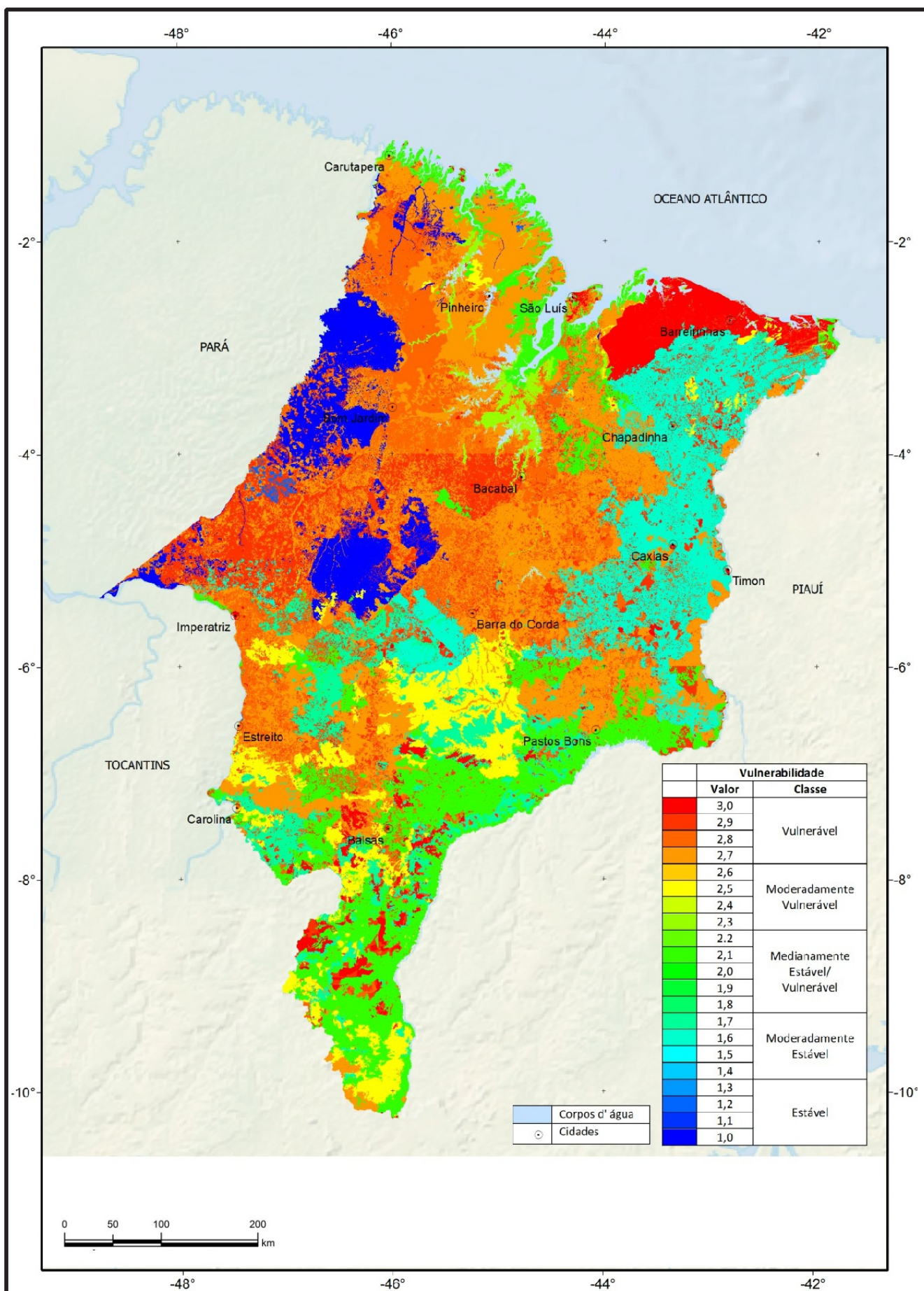
Fonte: CPRM, 2013.



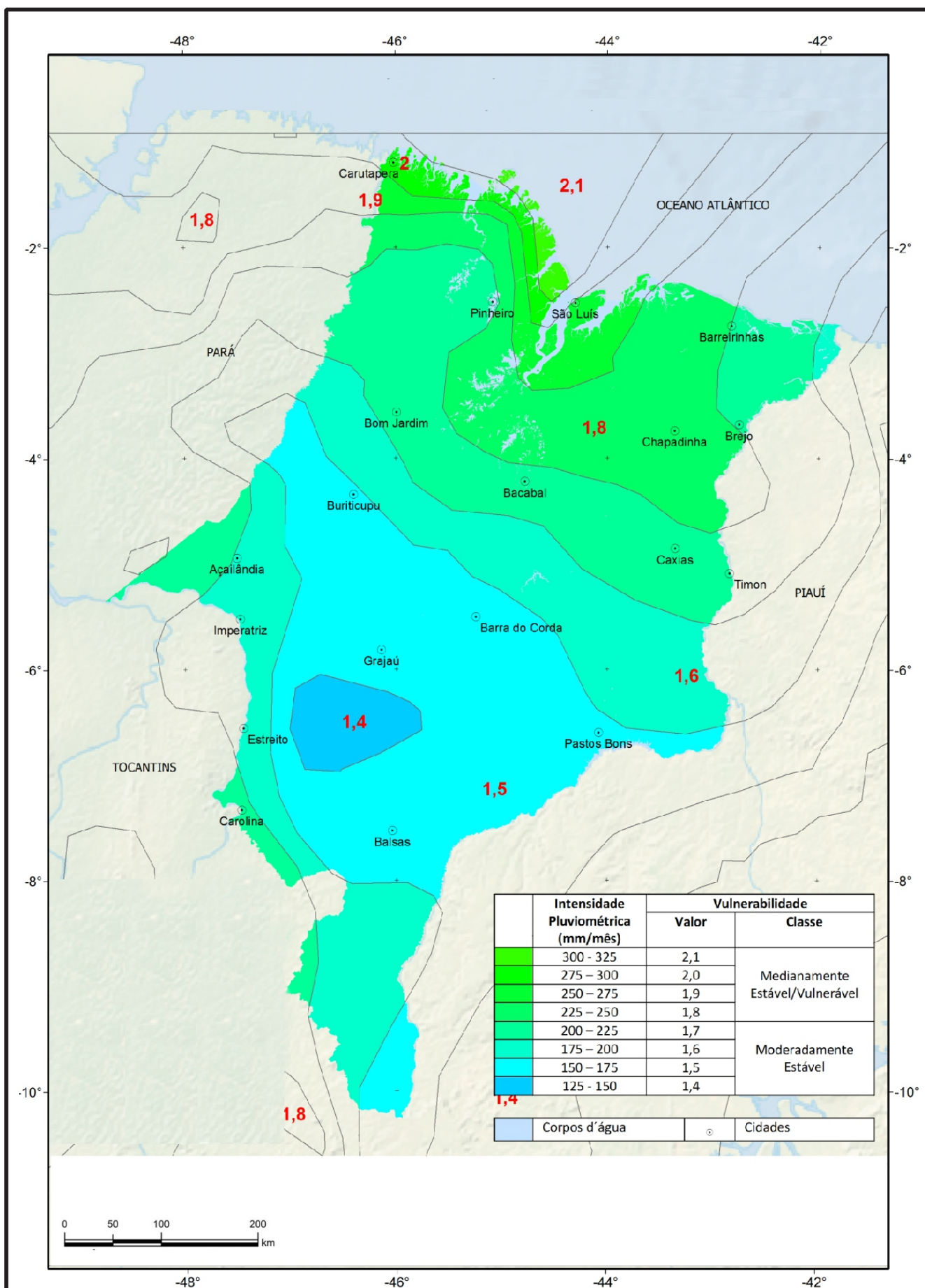
Fonte: Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão - EMBRAPA, 2014.



Fonte: Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão - EMBRAPA, 2014.



Fonte: Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão - EMBRAPA, 2014.



Fonte: Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão - EMBRAPA, 2014.

3.7. Infraestrutura Hídrica

Em virtude de suas condições geográficas naturais, o estado do Maranhão conta com recursos hídricos abundantes, tanto superficiais como subterrâneos.

Segundo a ANA (2010), 74% das sedes municipais são abastecidas exclusivamente por mananciais subterrâneos (poços), 21% são atendidas por águas superficiais e os 5% restantes são abastecidos tanto por mananciais superficiais como subterrâneos.

3.7.1. Recursos Hídricos Superficiais

O Maranhão possui rios limítrofes e genuínos. Os limítrofes são: Tocantins, Gurupi, Manuel Alves Grande e Parnaíba. Os principais rios genuinamente maranhenses são: Munim, Itapecuru, Mearim e Pindaré (Golfão Maranhense). De uma maneira geral, os rios maranhenses correm no sentido Sul-Norte.

Dentre as 12 Regiões Hidrográficas que constituem o Brasil, o Estado do Maranhão está presentes em três Regiões Hidrográficas: Região Hidrográfica do Parnaíba, Região Hidrográfica do Tocantins/Araguaia e Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, como pode ser visto na **Tabela 3.6**.

A **Figura 3.18** mostra a hidrografia do Estado do Maranhão.

– Qualidade das águas superficiais

A Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Dentre as cinco classes de águas doces estabelecidas pela resolução, salientamos a Classe 2 que abrange as águas que podem ser destinadas ao consumo humano após tratamento convencional. Essa referida Classe 2 deverá ser obtida e/ou mantida nos cursos de água do Estado do Maranhão.

De acordo com as condições exigidas pela Classe, o pH da água deve estar entre 6 e 9, o oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 5 mg/L O₂ e a turbidez deve apresentar até 40 UNT.



Tabela 3.6 – Regiões Hidrográficas e Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão.

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Área (km²)	% Sobre a Área do Estado	População Total	Total de Municípios	Municípios mais Populosos
DOMÍNIO FEDERAL						
Parnaíba	Bacia hidrográfica do Parnaíba	66.449,09	20,02	717.723	39	Balsas, Brejo, Coelho, Neto, Pastos Bons, Timon, Tutóia
Araguaia-Tocantins	Bacia hidrográfica do Tocantins	30.665,15	9,24	498.105	23	Imperatriz, Carolina, Estreito, João, Lisboa, Porto, Franco
Atlântico Nordeste Ocidental	Bacia hidrográfica do Gurupi	15.953,91	4,81	178.302	13	Açailândia, Carutapera, Itinga do Maranhão
DOMÍNIO ESTADUAL						
Atlântico Nordeste Ocidental	Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	10.226,22	3,08	343.130	23	Cururupu, Pinheiro, São Bento
	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09	1.349.541	22	São Luís
	Bacia Hidrográfica do Mearim	99.058,68	29,84	1.681.307	83	Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana, Zé Doca
	Bacia Hidrográfica do Itapecuru	53.216,84	16,03	1.019.398	57	Caxias, Codó, Colinas, Coroatá, Dom, Pedro, Itapecuru-Mirim, Timbiras
	Bacia Hidrográfica do Munim	15.918,04	4,79	320.001	27	Chapadinha, Mata Roma, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Vargem Grande
	Bacia Hidrográfica do Turiaçu	14.149,87	4,26	179.212	16	Nova Olinda do Maranhão, Santa Helena, Santa Luzia do parauá, Turiaçu, Turilândia
	Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	7.756,79	2,34	122.535	16	Cândido Mendes, Godofredo Viana, Governador Nunes Freire, Maracaçumé, Maranhãozinho
	Bacia Hidrográfica do Preguiças	6.707,91	2,02	96.379	10	Barreirinhas, Paulino Neves
	Bacia Hidrográfica do Periaá	5.395,37	1,62	64.049	6	Humberto de Campos, Primeira Cruz, Santo Amaro

Fonte: ANA (2006), PNRH (2006), IBGE (2010) e NUGEO/UEMA (2009)

O pH (potencial de hidrogênio iônico) é um parâmetro que mostra a acidez, a neutralidade e a alcalinidade. Os valores médios dos rios monitorados pela ANA-CPRM são próximos de 6,9, tornando-os rios de águas neutras.

Oxigênio dissolvido é a quantidade de oxigênio presente na água e serve para avaliar a capacidade de um corpo hídrico de suportar atividade biológica de organismos aquáticos. Entre as 48 estações de monitoramento da ANA/CPRM no Maranhão, 34 apresentam demanda bioquímica de oxigênio (DBO) insuficiente (de 2,57 mg/L a 4,95 mg/L) para atender à Classe 2 (CPRM, 2013).

Turbidez é a presença de matéria em suspensão na água. Os rios monitorados apresentam, em média, turbidez inferior a 40 UNT, havendo registros de turbidez superior em apenas sete estações (CPRM, 2013).

Os rios podem ser incluídos na Classe 2, ou seja, um simples tratamento permitirá a distribuição para consumo humano e outros tipos de uso, sem grandes restrições (**Figura 3.19**).

– Recursos Hídricos Subterrâneos

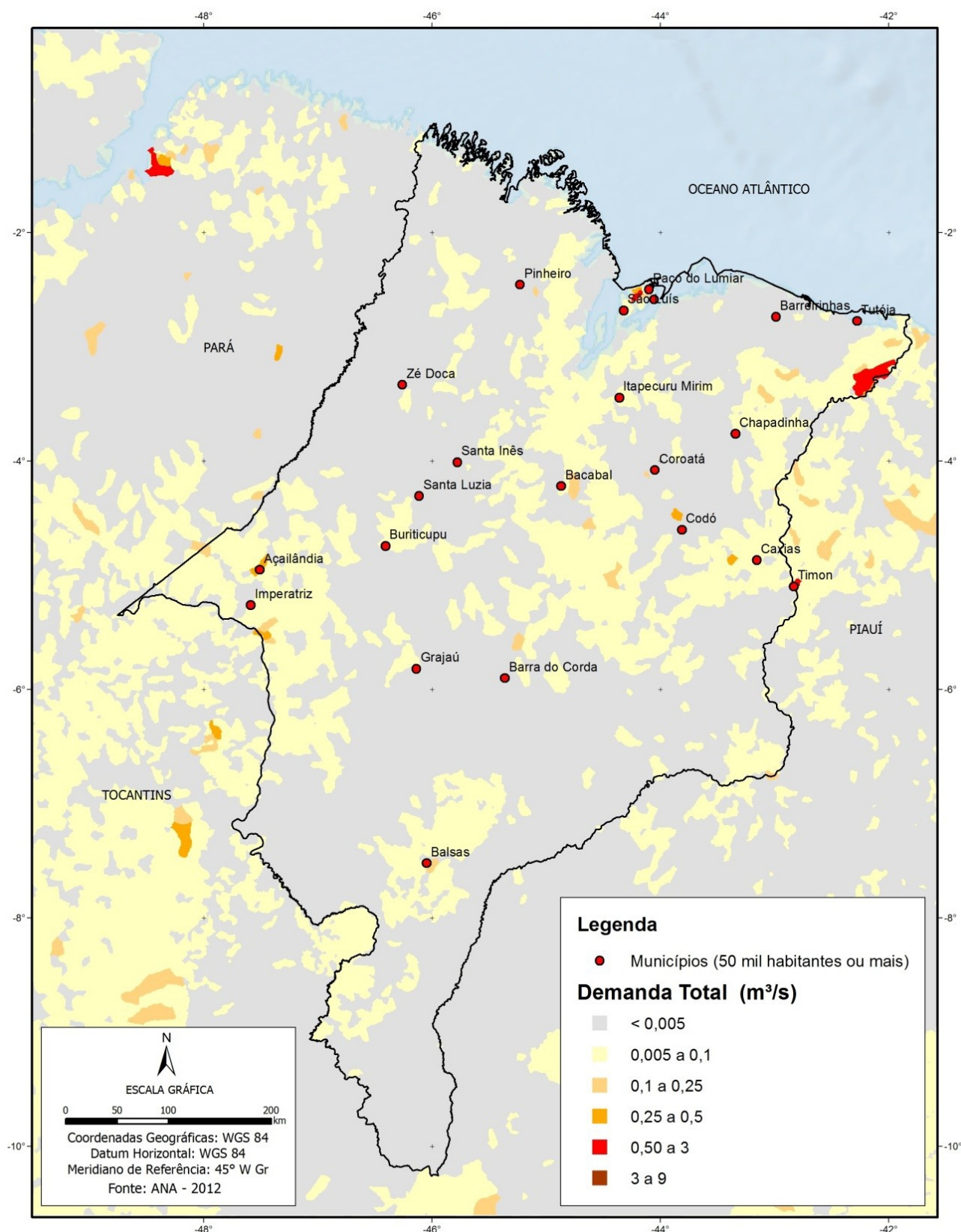
As águas subterrâneas são responsáveis por 76,6% do abastecimento das cidades do Maranhão. O volume de abastecimento registrado por fontes subterrâneas é de 85.106 m³/ano (COSTA, 2000).

– Condicionante da Infraestrutura Hídrica do Maranhão

A disponibilidade hídrica dos aquíferos se reflete nos mananciais utilizados no Estado, onde 74% das sedes municipais são abastecidas exclusivamente por águas subterrâneas (poços). Já as águas superficiais abastecem 21% dos municípios, restando 5% que são abastecidos tanto por mananciais superficiais como por subterrâneos.

– Barragens

Não são muitas as grandes e médias barragens existentes ou planejadas no Maranhão. Pode-se destacar as duas grandes barragens construídas pelo DNOCS (Pericumã/Justina e Flores), e a barragem da hidroelétrica de Estreito, no rio Tocantins na fronteira com o estado do Piauí.



Fonte: Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão - EMBRAPA, 2014.

Uma outra barragem importante para o estado do Maranhão é a do Batatã. Este reservatório ainda hoje faz parte do sistema de abastecimento de água da Ilha de São Luís (ITALUIS).

Quanto à entidade fiscalizadora dos reservatórios, pode-se constatar que o estado do Maranhão é responsável pela maioria deles (64), a ANA por 4 reservatórios enquanto que a ANEEL fiscaliza a UHE de Estreito.

A **Figura 3.20** mostra as barragens cadastradas do estado do Maranhão.

– Sistemas de Abastecimento de Água

Os sistemas de abastecimento de água do estado do Maranhão foram avaliados neste diagnóstico a partir dos estudos realizados pela Agência Nacional de Águas em seu Atlas Brasil de Abastecimento Urbano, elaborado em 2010.

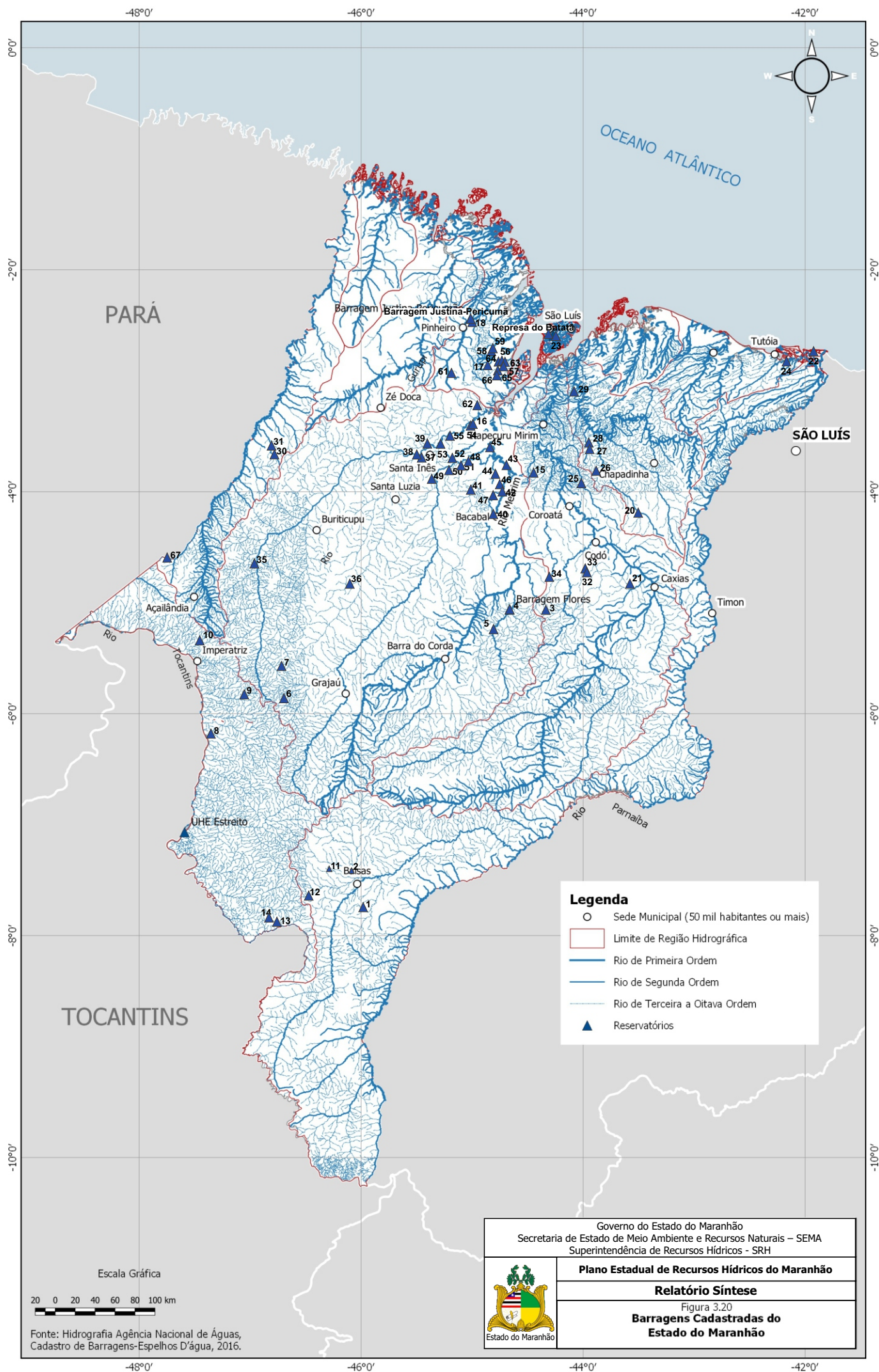
Na **Figura 3.21** são mostrados os municípios avaliados e a situação dos sistemas de abastecimento atuais e planejados para 2025 de acordo com a ANA.

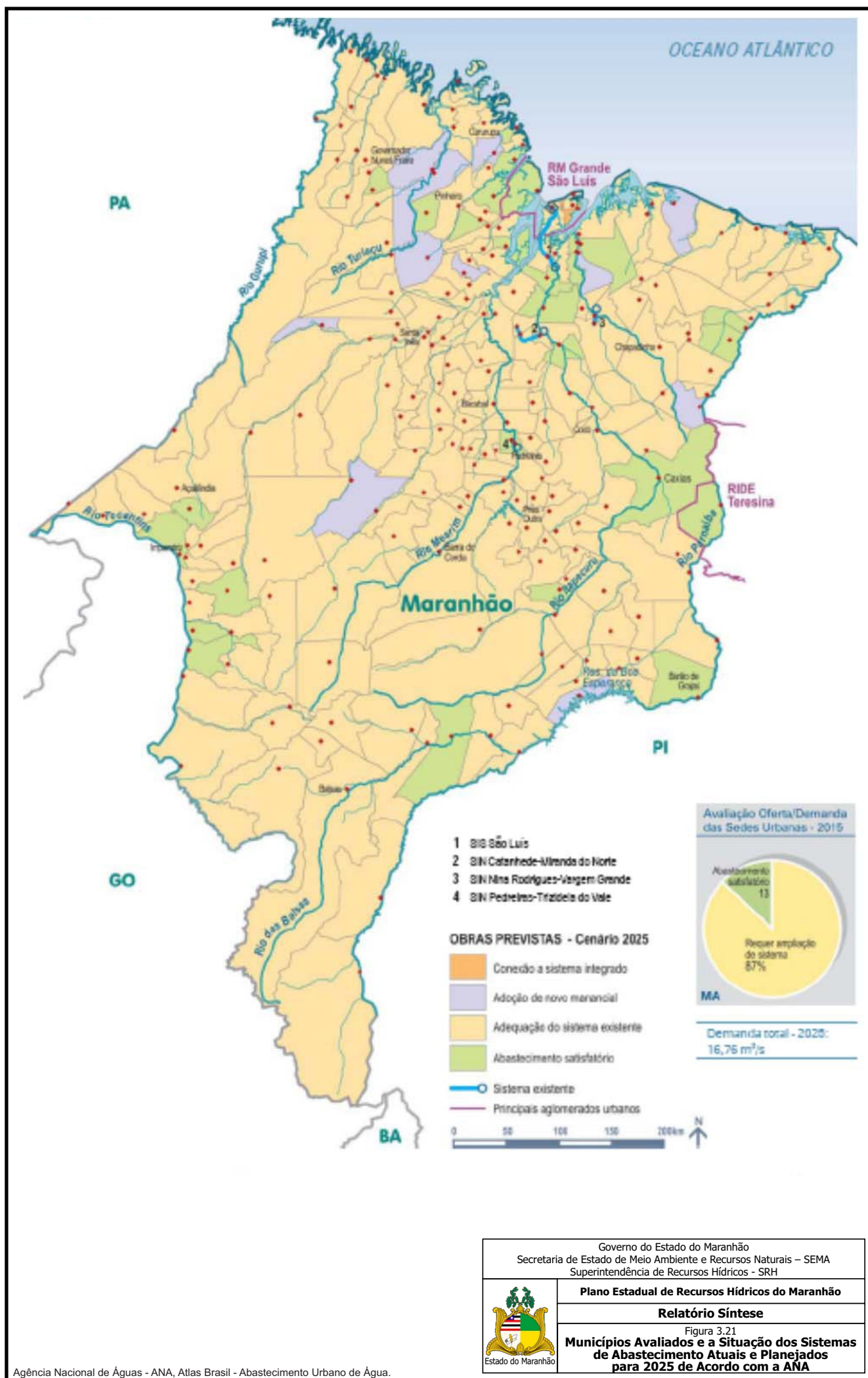
A concessionária de água do estado é a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão - CAEMA responsável pelo abastecimento de 64% dos municípios do Estado. Os outros órgãos administrativos dos demais municípios estão sob a responsabilidade das prefeituras Maranhenses (PM-Maranhão) e do Serviço Autônomo de Água e Esgoto do Maranhão (SAAE-Maranhão), que abastecem 18,4% e 15,2% das sedes, respectivamente. Existem ainda 2,4% das municipalidades que não apresentaram nenhum dado relacionado a abastecimento de água no Atlas Brasil de Abastecimento Urbano, esses são: Arame, Cachoeira Grande, Pedro do Rosário, Santo Amaro do Maranhão e Turilândia.

Quanto aos tipos de sistemas de abastecimento existentes, 203 sedes urbanas (93,5%) são beneficiadas por sistemas isolados, condição que resulta da boa disponibilidade hídrica das águas subterrâneas. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE de 2010, tais sistemas respondem pelo abastecimento de água de 80,1% da população urbana. Existem 9 sedes atendidas por sistemas integrados que abastecem cerca de 18,4% da população do Estado. As 5 prefeituras restantes não contam com dados sobre os sistemas de abastecimento locais.

– Projetos de Irrigação

De acordo com o Censo Agropecuário do IBGE, foi informada a existência de 5.728 estabelecimentos irrigados.





A irrigação sem técnica específica através de molhação prepondera no estado, ocorrendo em 4.212 áreas irrigadas ou estabelecimentos agropecuários. Seguem, em termos de quantidade de estabelecimentos, a irrigação por aspersão convencional (587 estabelecimentos), irrigação por inundação (391), por gotejamento (303), por sulcos (313) e por pivot central em 22 estabelecimentos agrícolas.

3.8. Saneamento Ambiental

Saneamento ambiental é definido como o conjunto de investimentos públicos em políticas de controle ambiental que busquem resolver os problemas decorrentes da infraestrutura deficiente das cidades, contribuindo para uma melhor qualidade de vida da população.

3.8.1. Abastecimento de Água

No estado do Maranhão a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão - CAEMA é a empresa responsável pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário. Atende com abastecimento de água a 136 dos 217 municípios maranhenses, sendo que apenas dois com esgoto tratado: São Luís e Imperatriz. Apesar de oferecer serviços d'água tratada à 88,02% dos habitantes, 47,9% da população tem acesso à coleta de esgoto e somente 4,03% do esgoto produzido é tratado.

3.8.2. Esgotamento Sanitário

O esgotamento sanitário no estado do Maranhão ainda é incipiente, ocorrendo em pequena escala.

Pela observação da tabela apresentada, dos 217 municípios do estado apenas 14 (6,5%) contavam, em 2008, com algum tipo de rede de coleta de esgotos, sendo que em 12 cidades do tipo separadora convencional.

Na maioria dos municípios do Maranhão, a drenagem urbana se realiza apenas pela superfície através das sarjetas e pavimentação das ruas. Apenas 59 (27,19% do total dos municípios) contam com drenagem subterrânea.

3.8.3. Resíduos Sólidos

A denominação “resíduo sólido” é usada para nominar o “lixo” sólido e semissólido, proveniente das residências, das indústrias, dos hospitais, do comércio, de serviços de limpeza urbana ou da agricultura.

4.

ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS

4. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E CULTURAIS

4.1. Aspectos Populacionais e Demográficos do Estado Distribuição dos Municípios por Bacias Hidrográficas

A **Tabela 4.1** constitui a síntese da tabela anterior e apresenta as áreas das bacias hidrográficas e o número de municípios inseridos total ou parcialmente em cada bacia, bem como o número de sedes municipais inseridas nas bacias.

Tabela 4.1 - Síntese da Distribuição Espacial dos Municípios nas Bacias Hidrográficas

Bacias Hidrográficas	Área das Bacias (km ²)	Número de Municípios com Áreas Inseridas nas Bacias	Número de Municípios com Áreas Totalmente Inseridas nas Bacias	Número de Sedes Municipais Inseridas nas Bacias
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	67.125,74	39	11	32
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	30.403,44	23	13	18
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	15.731,33	13	2	8
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	11.199,67	23	6	17
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	5.564,46	22	4	4
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	97.868,22	83	50	65
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	54.074,25	57	20	37
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	16.533,64	27	7	15
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	12.846,57	16	2	8
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	8.040,42	16	-	8
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	6.751,76	10	1	2
XII – Bacia Hidrográfica do Periaí	5.797,43	6	-	3
Área do Estado do Maranhão (km²)⁽¹⁾	331.936,95	-	116	217

Fonte: IBGE, 2017; UEMA, 2015; Cálculos IBI Engenharia Consultiva S/S.

(1) Área territorial oficial constante na Resolução IBGE Nº 02, de 29 de junho de 2017, publicada no DOU Nº 124, de 30/06/2017.

4.2. Evolução dos Aspectos Demográficos

De acordo com o IBGE, em 2010, o Estado do Maranhão contava com uma população total de 6.574.789 habitantes, o correspondente a 3,45% da população brasileira. Desse total, 4.772.749 habitantes, ou seja, 72,59% da população do Estado encontra-se concentrada nos territórios de quatro bacias hidrográficas (Mearim, SH Ilhas Maranhenses, Itapecuru e Parnaíba). As demais bacias abrigavam contingentes populacionais menos expressivos, cuja representatividade em relação à população total do Estado oscilava entre 0,97% na Bacia Hidrográfica do Periaí (64.086 habitantes) e 7,58% na Bacia Hidrográfica do Tocantins (498.284 habitantes) (**Figura 4.1**).

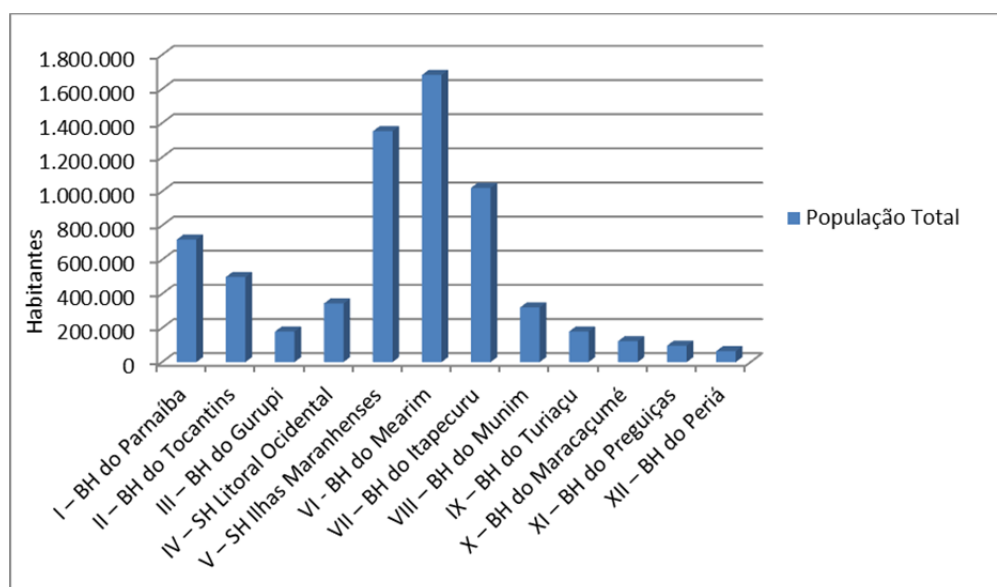


Figura 4.1 - Distribuição da População Total pelas Bacias Hidrográficas - 2010

A análise do processo de urbanização no estado do Maranhão ao longo do período 1970/2010, revela que a taxa de urbanização apresenta um comportamento sempre crescente elevando-se de 25,18%, em 1970, para 63,08%, em 2010, conforme pode ser visualizado na **Figura 4.2**.

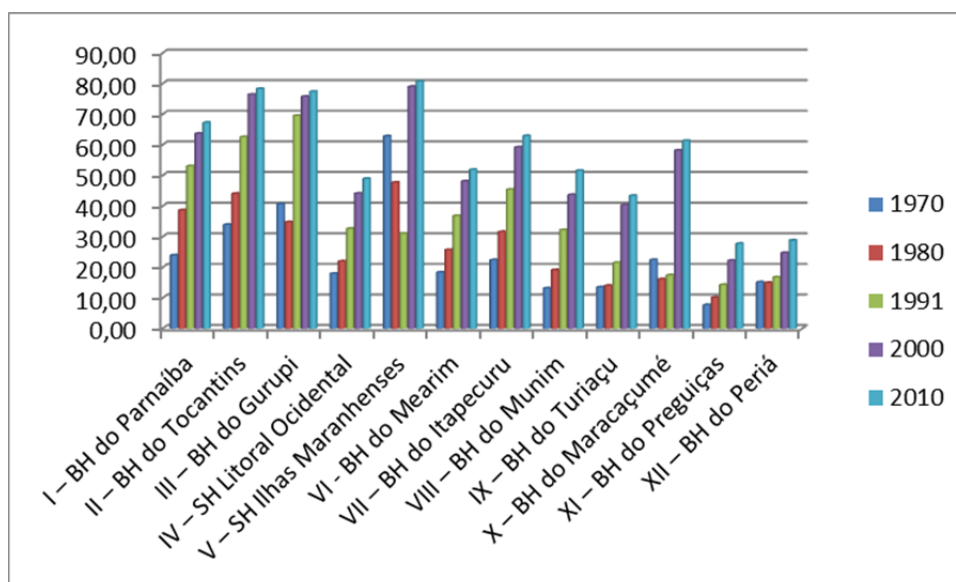


Figura 4.2 - Evolução das Taxas de Urbanização

Em relação ao crescimento urbano, o Estado atingiu uma taxa média anual de 2,11% ao ano.

4.2.1. Análise da Estrutura da População

O estado do Maranhão apresentou, em 2010, um contingente populacional de 6.574.789 habitantes, dos quais 30,94% são compostos por jovens, 6,03% por idosos e 63,03% pela população adulta. A razão de sexo de 98,44% da população revela um ligeiro predomínio da população feminina (50,39% da população total) contra 49,61% devidos à população masculina (PNUD, 2013) (**Tabela 4.2**).

O processo de transição demográfica pelo qual passa a população maranhense, o qual vem remodelando o padrão demográfico do Estado é evidenciado no formato apresentado na sequência de pirâmides etárias constantes na **Figura 4.3**, que tendem cada vez mais a distanciar-se do formato piramidal tradicional dos anos 70 e 80.

4.2.2. Qualidade de Vida da População

Objetivando aferir o nível de qualidade de vida da população residente foram analisados os indicadores de educação, renda e condições médico-sanitárias, além do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M).

Analisando as taxas de analfabetismo segundo as bacias hidrográficas, constata-se que dos 153 municípios que apresentaram taxas de analfabetismo entre 30,0 e 50,0%, cerca de 32,03%, estão concentrados no território da Bacia Hidrográfica do Mearim. Os municípios com taxas de analfabetismo superiores a 50,0%, por sua vez, apresentam-se concentrados nas Bacias Hidrográficas do Mearim, do Itapecuru e do Munim (**Tabela 4.2**).

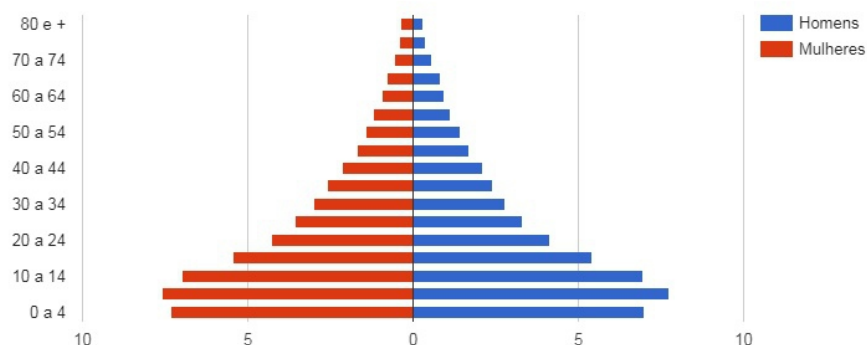
Tabela 4.2 - Distribuição dos Municípios Segundo a Taxa de Analfabetismo da População Adulta - 2010

Bacias Hidrográficas	Taxas de Analfabetismo da População Adulta						Total
	< 10%	10-20%	20-30%	30-40%	40-50%	> 50%	
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	-	1	8	12	11	-	32
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	-	3	10	5	-	-	18
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	-	-	2	6	-	-	8
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	-	-	10	7	-	-	17
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	3	-	1	-	-	-	4
VI – Bacia Hidrográfica do Mearim	-	-	15	20	29	1	65
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	-	-	3	15	18	1	37
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	-	-	1	6	7	1	15
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	-	-	1	5	2	-	8
X – Bacia Hidrográfica do Maracáçumé	-	-	3	4	1	-	8
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	-	-	-	1	1	-	2
XII – Bacia Hidrográfica do Periaá	-	-	-	3	-	-	3
Estado do Maranhão	3	4	54	84	69	3	217

Fonte: PNUD/Fundação João Pinheiro/IPEA, Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013.

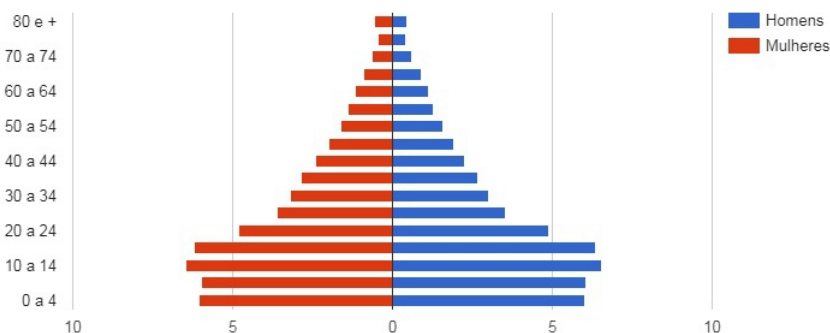
1991 Pirâmide etária - Maranhão

Distribuição por Sexo, segundo os grupos de idade



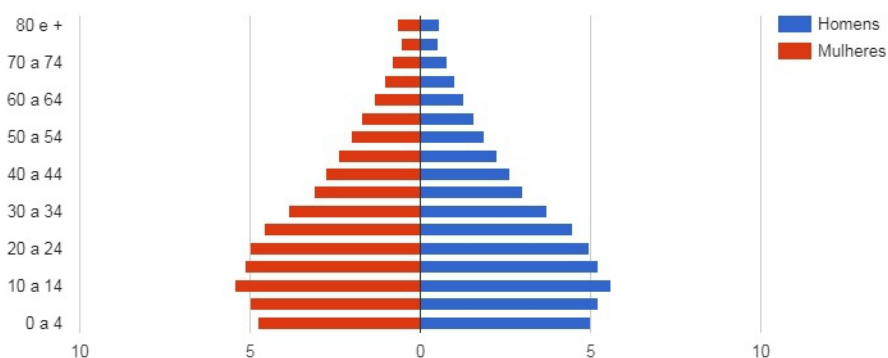
2000 Pirâmide etária - Maranhão

Distribuição por Sexo, segundo os grupos de idade



2010 Pirâmide etária - Maranhão

Distribuição por Sexo, segundo os grupos de idade



4.2.2.1. Indicadores de Renda

No tocante à distribuição da renda, os dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE, para o estado do Maranhão, confirmam que 47,62% dos domicílios existentes contavam com uma renda mensal inferior a dois salários mínimos, o que comprova o baixo padrão de vida da população residente no seu território.

Analisando o valor da renda *per capita* média segundo os municípios, observa-se que houve incremento destes valores no decorrer do período 2000/2010 em 98,62% dos municípios do Estado. Os menores níveis de renda por habitante no Estado do Maranhão foram constatados em 40,55% dos municípios, os quais atingiram valores oscilando entre R\$ 96,25 e R\$ 199,47.

A pobreza extrema, medida pela proporção de pessoas com renda *per capita* mensal inferior a R\$ 71,75 ou R\$ 2,36/dia, apresentou redução em praticamente todos os municípios maranhenses no período 2000/2010. Com efeito, em 2000 a proporção de pobres nos municípios estudados oscilava entre 12,01 e 69,16%, caindo estes valores para 3,51 a 60,72%, em 2010.

4.2.2.2. Indicadores Médico-Sanitários

As condições médico-sanitárias da população foram analisadas com base nos valores da taxa de mortalidade infantil e das relações leitos hospitalares/habitantes e médicos/habitantes.

As taxas de mortalidade infantil são elevadas, oscilando entre 27,44 e 70,56 por mil nascidos vivos, no ano 2000, embora tenham apresentado melhoras substanciais na última década recenseada. Para o Estado como um todo, a taxa de mortalidade infantil atingiu, em 2000/2010, 46,53‰ e 28,03‰ respectivamente.

4.2.3. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M)

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) se constitui num dos mais importantes parâmetros para análise da qualidade de vida de uma determinada população, uma vez que considera no seu cálculo além do PIB per capita, variáveis como expectativa de vida/longevidade e nível educacional.

Observou-se ao longo do período 1991/2000 um crescimento desse índice em todos os municípios, inclusive para o estado do Maranhão, que passou de um índice de 0,476, em 2000, para 0,639 em 2010.

4.3. Grupos Sociais e Econômicos Organizados

A identificação dos grupos sociais e econômicos organizados com atuação nas Bacias Hidrográficas, bem como suas formas de organização e de atuação facilita a abertura de um canal de comunicação e do estabelecimento de parcerias.

4.4. Caracterização das Atividades Econômicas

O Produto Interno Bruto do estado do Maranhão alcançou, em 2015, a cifra de 78,475 bilhões de reais, o equivalente a 9,25% do PIB da Região Nordeste e a 1,31% do PIB brasileiro, alcançando a 17ª colocação no ranking nacional, conforme pode ser visualizado na **Figura 4.4**.

O setor terciário é o mais expressivo no estado do Maranhão, sendo no período 2010/2015 o setor que mais contribuiu para a formação do Produto Interno Bruto estadual, apesar de ter apresentado queda no período, passando de 72,22% para 70,00%. Ressalta-se, todavia, que a economia estadual é muito dependente da Administração Pública, com esta atividade participando, em 2015, com 26,18% do PIB do estado. A agropecuária teve queda de participação no período analisado, passando de 11,04%, em 2010, para 10,37%, em 2015. Já a indústria teve incremento de participação de aproximadamente 3 pontos percentuais no período considerado, estando esta performance associada principalmente ao bom desempenho da indústria da Construção (**Tabela 4.3**).

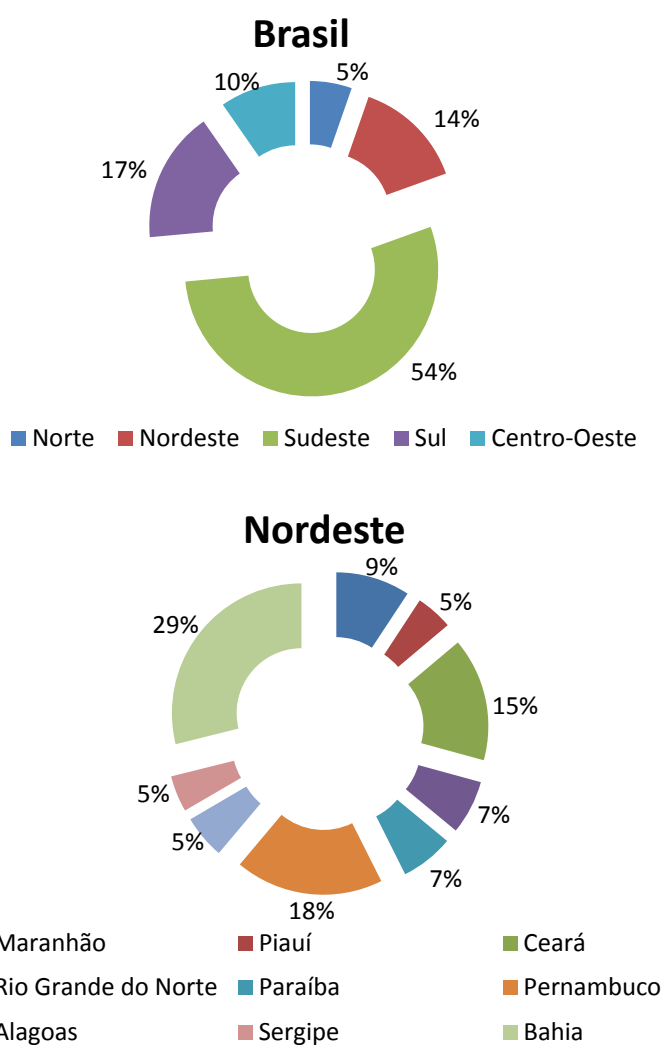
4.4.1. Atividades Agropecuárias

Conforme dados do IBGE, em 2015, no setor agrícola do estado do Maranhão, as lavouras temporárias apresentavam-se predominantes, respondendo por 98,63% da área total cultivada contra 1,37% associados às lavouras perenes.

A soja, terceiro produto da pauta de exportações do estado do Maranhão (IMESC, 2015).

A representatividade da cultura do milho, em termos de área cultivada, atinge 25,34% da área cultivada no estado.

O Maranhão é o quinto estado de maior produtividade de arroz do país e o primeiro do Nordeste.



Fonte: IBGE, Departamento de Contas Nacionais, 2015.

Figura 4.4 - Participação na Formação do PIB - 2015

Tabela 4.3 - Participação das Atividades Econômicas na Formação do PIB Estadual (2010/2015)

Anos	Participação das Atividades Econômicas no Produto Interno Bruto (%)		
	Setor Primário	Setor Secundário	Setor Terciário
2010	11,04	16,74	72,22
2011	11,21	18,10	70,70
2012	10,26	19,67	70,06
2013	11,39	18,95	69,66
2014	10,77	17,92	71,31
2015	10,37	19,63	70,00

Fonte: IBGE, Departamento de Contas Nacionais, 2015.

A irrigação pública encontra-se representada por três perímetros públicos gerenciados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e por outros dois gerenciados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), perfazendo aproximadamente 21.514 ha irrigados, distribuídos pelos territórios das bacias do Parnaíba, do Mearim, do Itapecuru e SH Litoral Ocidental (**Tabela 4.4**).

Tabela 4.4 – Projetos Públicos de Irrigação Existentes e Projetados

Bacias Hidrográficas/ Municípios	Perímetro de Irrigação	Fonte Hídrica	Órgão Responsável	Situação Atual	Área (ha)	Área (ha)	
						Irrigada	Irrigável
Bacia Hidrográfica do Parnaíba							
Araíóses e Magalhães de Almeida	Tabuleiros de São Bernardo	Rio Parnaíba	DNOCS	Operação	6.140	542	5.598
Bacia Hidrográfica do Mearim							
São Mateus do Maranhão	Salangô	Rio Mearim	CODEVASF	Operação	3.654	-	-
Joselândia e São Francisco dos Lopes	Várzea do Flores	Rio Flores	DNOCS	Operação	1.720	500	1.220
Bacia Hidrográfica do Itapecuru							
-	Boa Esperança/Rio Balseiro	-	DNOCS	Estudo	5.000	-	-
Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental							
Pinheiro e Palmeirândia	Baixada Maranhense	-	CODEVASF	Estudo	5.000	-	-
Estado do Maranhão					21.514		

Fonte: SAGRIMA, 2018 e CODEVASF, 2018.

4.4.1.1. Exploração Pecuária

A atividade pecuária encontra-se disseminada em todo o território estadual, estando representada principalmente pelo plantel bovino, voltado para corte e leite, que totaliza 7.643.128 cabeças, o correspondente a 3,55% do efetivo desse segmento da pecuária no Brasil, no ano de 2015, e segundo maior rebanho do Nordeste atrás apenas da Bahia (**Tabela 4.5**).

4.4.1.2. Pesca Extrativa e Aquicultura

A produção de pescado do estado do Maranhão atingiu, em 2011, 102.868,20 toneladas, estando 68,38% deste total vinculado à pesca extrativa e os outros 31,62% à aquicultura, conforme pode ser visualizado na **Tabela 4.6**.

Tabela 4.5 – Efetivo da Pecuária - 2015

Bacias Hidrográficas	Efetivos (cabeças)						
	Bovino	Bubalino	Equino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceos
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	549.919	993	16.678	187.316	99.631	50.753	1.173.653
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	1.277.767	955	31.627	53.707	6.969	37.255	1.653.990
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	488.772	1.360	8.224	15.357	2.463	7.973	129.564
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	123.705	18.985	8.233	150.341	16.372	7.386	474.595
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	30.900	2.549	2.530	38.306	7.754	8.178	141.584
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	3.697.776	51.835	75.225	309.222	66.850	73.927	2.916.814
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	916.362	6.804	20.456	215.189	69.987	32.323	1.878.850
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	91.340	294	4.536	112.845	53.579	9.011	360.698
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	271.324	2.264	9.137	42.702	9.029	7.222	240.745
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	153.086	1.238	4.476	8.382	4.165	3.484	108.585
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	28.567	207	2.885	71.626	19.881	14.396	207.021
XII – Bacia Hidrográfica do Periaá	13.611	413	1.714	26.831	9.293	3.154	71.118
Estado do Maranhão	7.643.128	87.896	185.722	1.231.823	365.973	255.062	9.357.217

Fonte: IBGE, Pesquisa Pecuária Municipal, 2015.

Tabela 4.6 - Produção Pesqueira do Estado do Maranhão por Modalidade

Discriminação	Produção (t)	
	2010	2011
Pesca Extrativa	69.724,50	70.342,50
Marinha	43.780,10	44.599,00
Continental	25.944,50	25.743,50
Aquicultura	1.923,20	32.525,70
Marinha	302,50	287,60
Continental	1.620,80	32.238,00
Maranhão	71.647,80	102.868,20

Fonte: MPA, Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura, 2011.

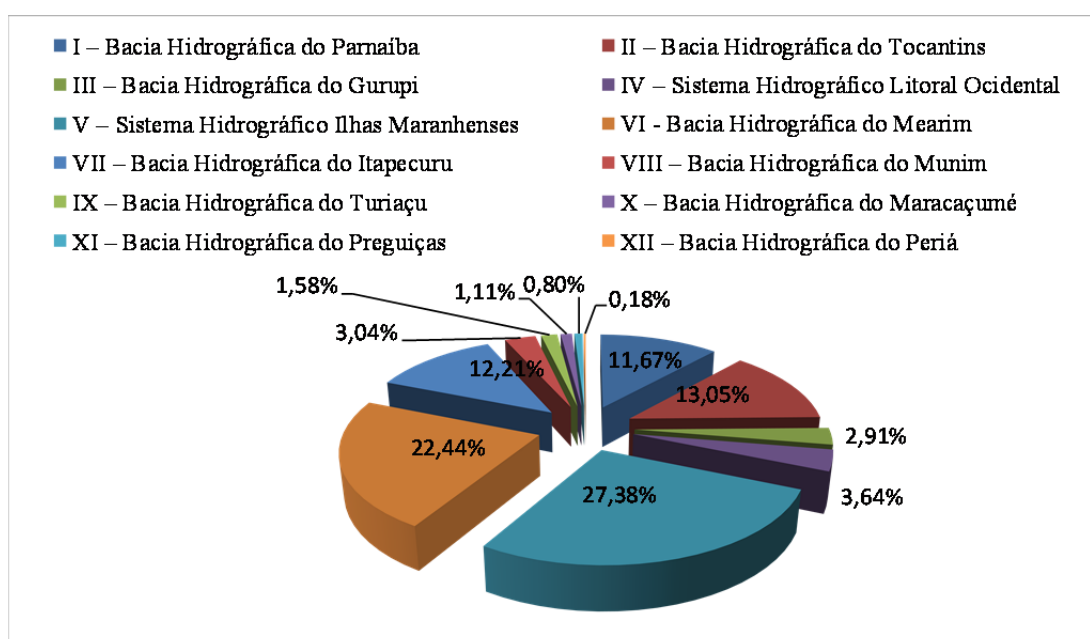
4.4.2. Atividades Industriais

De acordo com os dados fornecidos pelo IBGE no Cadastro Central de Empresas - 2015, o setor industrial maranhense era composto por 6.038 estabelecimentos industriais, estando 49,93% destes vinculados à Indústria de Transformação com 3.015 empresas. Em segundo lugar aparece o ramo da Construção Civil, que responde por 2.735 estabelecimentos, o correspondente a 45,30% do total. As demais indústrias encontram-se vinculadas aos ramos da Produção e Distribuição de Eletricidade, Gás e Água (3,25%) e da Indústria Extrativa Mineral, com 1,52% do total.

4.4.3. Atividades comerciais e de serviços

Segundo dados do IBGE, em 2015, o Setor Comercial do estado do Maranhão era composto por 34.441 empresas formais, a quase totalidade destas vinculadas ao ramo varejista.

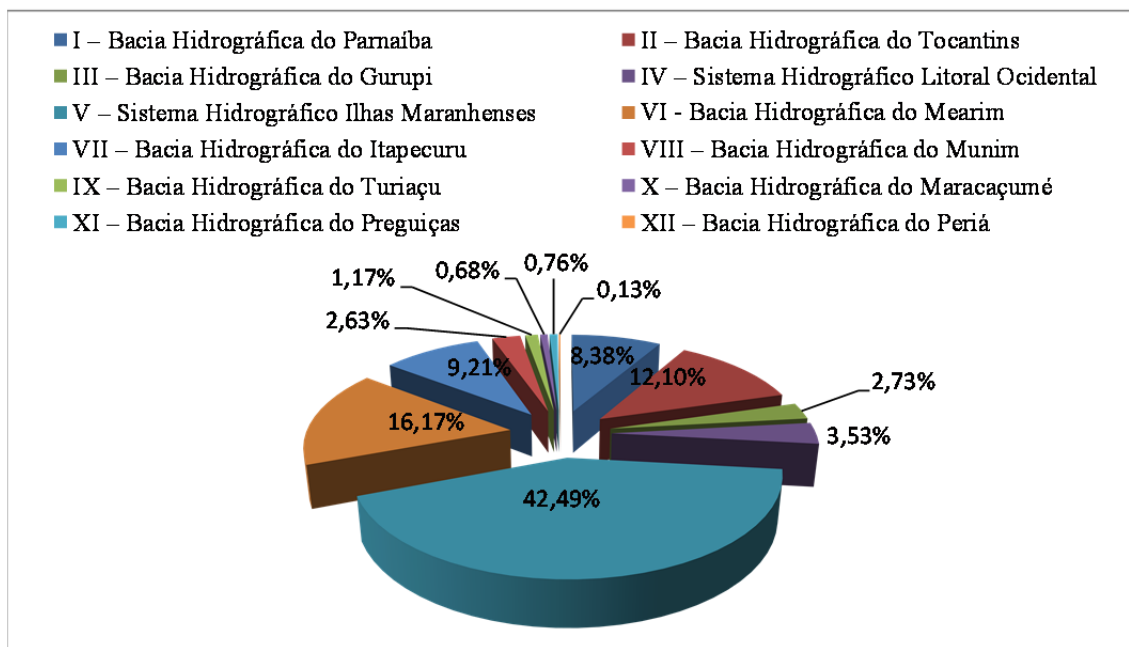
Analisando a distribuição dos estabelecimentos comerciais por Bacias Hidrográficas, constata-se que a região do SH das Ilhas Maranhenses abrigava 27,38% dos estabelecimentos comerciais do estado do Maranhão, ou seja, 9.431 empresas comerciais, o que se deve a presença da capital São Luís no seu território. Constata-se, também, uma grande concentração de estabelecimentos comerciais no território da BH do Mearim, que responde por 22,44% do total (**Figura 4.5**).



Fonte: IBI Engenharia Consultiva S/S, 2018.

Figura 4.5 - Empresas do Setor Comercial por Bacia Hidrográfica

O Setor Serviços, menos expressivo do ponto de vista quantitativo que o Setor Comércio contava em 2015, com um total de 20.433 estabelecimentos registrados, estando 42,49% destes concentrados na região do SH das Ilhas Maranhenses (**Figura 4.6**), que contava com 8.683 empresas formais.



Fonte: IBI Engenharia Consultiva S/S, 2018.

Figura 4.6 - Empresas do Setor de Serviços por Bacia Hidrográfica

4.5. Polarização Regional

O estudo da rede urbana do estado do Maranhão teve como base o estudo publicado pelo IBGE, em meados de 2008, denominado “Regiões de Influência das Cidades 2007

Os centros de gestão assim definidos foram então classificados segundo sua posição no âmbito das gestões federal e empresarial, sendo agrupados em seis níveis, conforme pode ser visualizado na **Tabela 4.8**. O estado do Maranhão faz parte da rede da Metrópole Fortaleza que abrange os estados do Ceará, Piauí e Maranhão e parte do Rio Grande do Norte.

Tabela 4.7 - Níveis de Unidades Territoriais segundo a Gestão

Nível	Número de Centros de Gestão		Centros de Gestão do Território Estado do Maranhão
	Brasil	Maranhão	
1	3	-	-
2	7	-	-
3	44	1	São Luís
4	101	1	Imperatriz
5	215	4	Bacabal, Caxias, Pinheiro e Santa Inês
6	341	4	Balsas, Chapadinha, Pedreiras e Presidente Dutra
Total	711	10	

Fonte: IBGE, Regiões de Influência das Cidades 2007. Rio de Janeiro, IBGE, 2008. 201p.

A **Figura 4.7** mostra o mapa da região de influência de São Luís, além do mapa com a rede de suas conexões externas.

4.6. Caracterização dos Padrões Culturais dos Povos e Comunidades Tradicionais

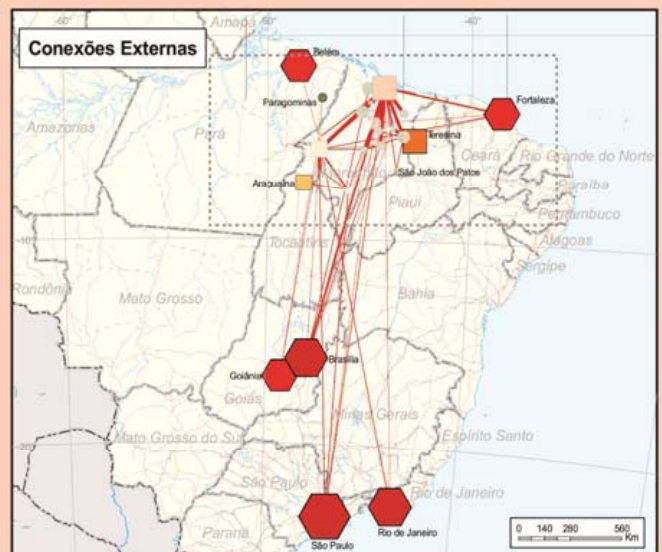
No último levantamento censitário realizado em 2010, pelo IBGE, foi registrado no Estado do Maranhão, um contingente de 38.831 pessoas que declararam ser remanescentes de populações indígenas.

4.6.1. Pescadores

O litoral do Estado do Maranhão possui uma plataforma continental vasta e rasa, com alta produtividade primária, decorrente da imensa carga de nutrientes lançada pelos rios que compõem as doze bacias hidrográficas do estado, bem como pela larga e extensa área de mangues ali existente. Com uma extensão de 640 km, é considerado o segundo maior litoral do país, além de possuir a maior área de mangues contíguos do planeta. Ao longo da linha da costa estão distribuídos vinte e seis municípios e, aproximadamente, 278 comunidades tradicionalmente pesqueiras (IBAMA, 2008).

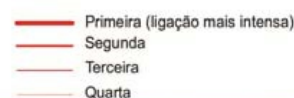
Além da extensa rede hidrográfica, o Maranhão possui uma importante unidade de paisagem, conhecida por campos inundáveis, basicamente representada pelos campos da Baixada Maranhense que ocupam um total de 243.753 ha. A pesca é praticada em todos esses ambientes por um contingente de cerca de 200.000 pescadores, sendo 80.000 associados nas colônias e 12.529 pescadores artesanais cadastrados oficialmente no Registro de Atividade Pesqueira/MAPA (IICA, 2003).

São Luís (MA) - Capital regional A (2A)



Fonte: IBGE, Contagem da População 2007, Área territorial oficial. Rio de Janeiro: IBGE, [2007]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm>. Acesso em: mar. 2008; PIB dos municípios. Rio de Janeiro: IBGE, [2007]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_est/diretorios.php?caminho=/pub/PIB_Municipios>. Acesso em mar. 2008

Ligações dos centros da rede



4.7. Caracterização dos Sistemas de Educação e Comunicação

4.7.1. Sistema Educacional

O setor educacional básico do Estado do Maranhão dispõe de três níveis regulares de ensino: pré-escolar (educação infantil), fundamental e médio. Segundo dados de 2015 do IBGE, 8.686 estabelecimentos ministravam o ensino pré-escolar a um total de 234.531 alunos.

O ensino fundamental era responsável pelos maiores quantitativos do setor educacional estadual, contando com 10.625 estabelecimentos ministrando o ensino do 1º ao 9º ano a crianças e adolescentes da faixa etária de 7 a 14 anos de idade. No período letivo de 2015 foram matriculados 1.247.073 alunos em todo o Estado, perfazendo uma média de 117,4 alunos por escola.

Em termos de ensino médio, o Estado do Maranhão, no ano de 2015, registrou um número de 1.030 estabelecimentos de ensino, geralmente vinculados à dependência administrativa da rede estadual de ensino (75,63% do total), estando o restante vinculado às redes privada, municipal e federal.

A educação profissional, científica e tecnológica no Maranhão é oferecida pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA). Atualmente, o IFMA possui 29 campi, três Centros de Referência Educacional (em fase de implantação), um Centro de Referência Tecnológica (CerteC) e um Centro de Pesquisas Avançadas em Ciências Ambientais, que estão distribuídos por todas as regiões do Estado. O Instituto oferece cursos de nível básico, técnico, graduação e pós-graduação para jovens e adultos.

4.7.2. Sistema de Comunicação

O Estado do Maranhão dispõe atualmente de 262 agências postais e telegráficas da ECT - Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos distribuídas pelas sedes municipais.

O serviço de telefonia fixa, segundo dados de 2014 da ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações, dispunha de um total de 535.040 acessos instalados no Estado.

Com relação aos serviços de radiodifusão de sons e imagens, o Estado conta atualmente com 271 estações de rádio distribuídas pelo seu território, com 78,60% destas operando em frequência modulada (FM) e o restante em ondas médias (OM). Contata-se, também, a presença de 295 canais de repetidoras de televisão (RTV) e 9 canais de TV aberta.

4.8. Avaliação dos Aspectos Legais e Institucionais

4.8.1. Arcabouço Federal

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabeleceu instrumentos para a gestão dos recursos hídricos de domínio federal (aqueles que atravessam mais de um estado ou fazem fronteira) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

O estado do Maranhão possui cerca de 34% de sua área localizada em bacias hidrográficas de domínio da União, como definido na Constituição Federal (art. 20, inciso III) a saber.

Neste caso, a Política de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão e o Plano Estadual como sua ferramenta, deve, além da interface natural com o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), levar em consideração a situação de implantação das Políticas de Recursos Hídricos dos estados que compõem as bacias hidrográficas dos rios de domínio federal.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH é o órgão superior do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) criado pela Lei Federal Nº 9.433/1997 e regulamentado pelo Decreto Nº 2.612/1998.

4.8.1.1. Arcabouço Estadual

No ano 2000, com a criação da Agência Nacional de Águas - ANA para, entre outras atribuições, implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos, várias iniciativas foram desenvolvidas no estado do Maranhão, culminando com a revogação da Lei Estadual Nº 7.052/1997 e a homologação da Lei Estadual Nº 8.149/2004.

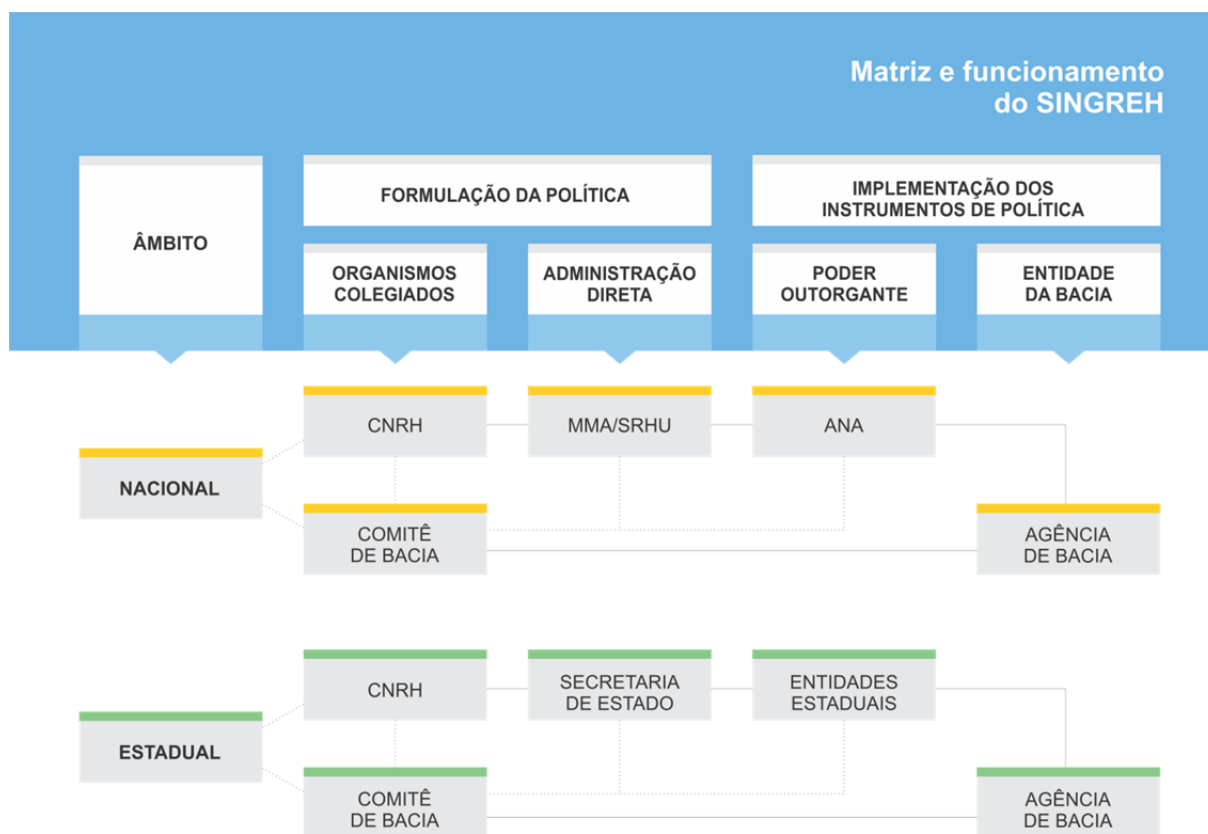
No entanto esta só foi regulamentada com o Decreto Estadual Nº 27.845/2011 com relação às águas superficiais e no Decreto Estadual Nº 28.008/2012 quanto às águas subterrâneas.

O Estado do Maranhão busca atualmente fortalecer sua base legal para o fortalecimento do Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos. Diversas Câmaras Técnicas foram instituídas, Câmara Técnica de Análise e Parecer das Propostas de Instituição de Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão – CTCBH, Câmara Técnica de Integração de Procedimentos, Ações de Outorga e Reguladoras no Estado do Maranhão – CTPOAR, Câmara Técnica de Planos de Recursos Hídricos do Maranhão.

No que concerne aos instrumentos de gestão, eles ainda não foram integralmente implantados no Maranhão de acordo com o estabelecido pela Lei nº 8.149/04. Em seu capítulo IV - Dos Instrumentos, esta Lei define como Instrumentos de Gestão no estado, os seguintes:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - os Planos Diretores de Bacia Hidrográfica;
- III - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- IV - a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos e o licenciamento das obras utilizadoras destes recursos;
- V - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- VI - o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;
- VII - os programas destinados à capacitação profissional na área de recursos hídricos;
- VIII - as campanhas educativas visando conscientizar a sociedade para a utilização racional dos recursos hídricos do Estado;
- IX - o Cadastro Estadual de usuários de recursos hídricos;
- X - o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e demais Fundos;
- XI - a aplicação de penalidades.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é o conjunto de órgãos e colegiados que concebe e implementa a Política Nacional das Águas (**Figura 4.8**).



Fonte: Agência Nacional de Águas - ANA.

Figura 4.8 – Matriz e Funcionamento do SINGREH

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH-MA) foi criado pela Lei Estadual nº 8.149/04 e regulamentado pelo Decreto Estadual nº 21.821/05. O CONERH-MA é o órgão gestor dos Recursos Hídricos no Estado do Maranhão.

Comitês de Bacias

Os Comitês de Bacias são tratados na Lei Estadual nº 8.149/04, nos artigos Art. 33 e 34.

A Resolução CONERH-MA Nº 02/2012, posteriormente alterada em parte pela Resolução Nº 08/2012, regulamenta a Instalação de Comitês de Bacias Hidrográficas no Estado do Maranhão. Atualmente, apenas duas bacias hidrográficas possuem comitês instituídos: a do Mearim e Munim (Lei Estadual Nº 9.956/2013).

A **Tabela 4.9** seguinte apresenta algumas informações sobre estes Comitês.

Tabela 4.8 - informações sobre Comitês

Denominação do Comitê	Instrumento de Criação	Regimento	Área Aproximada (km²)	População	Quantidade de Municípios Envolvidos
CBH do Rio Munim	Lei Estadual 9.956 de 21/11/2013	Deliberação 01/2014 – CBH Munim	15.900	320.000	27
CBH do Rio Mearim	Lei Estadual 9.957 de 21/11/2013	Deliberação 01/2014– CBH Mearim	99.059	1.690.000	83

Fonte – Site da CAEMA

5.

DIAGNÓSTICO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS

5. DIAGNÓSTICO DAS DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS

O Maranhão é detentor de grande potencial hídrico, sendo seu território dividido em dez bacias e dois sistemas hidrográficos. A disponibilidade hídrica superficial (D) define a quantidade de água que se pode dispor em uma bacia. Neste estudo, D será calculado pela metodologia recomendada no Plano de Trabalho, apresentado anteriormente, conforme equação 5.1

$$D = Q_{p90\%} + Q_{reg90\%} + Q_{transf} (m^3/ano) \quad (5.1)$$

Onde:

$Q_{p90\%}$ - Vazões médias diárias com nível de permanência de 90%;

$Q_{reg90\%}$ - Vazões regularizadas por reservatórios $> 10 \text{ hm}^3$ (G=90%)

Q_{transf} - Vazões transferidas

O Decreto Estadual nº 27.845/2011, no seu art.5, define que, para efeito do estabelecimento da **Política Estadual de Recursos Hídricos**, o estado do Maranhão está dividido em 12 regiões hidrográficas. Destas, sete são bacias hidrográficas estaduais (Itapecuru, Maracaçumé, Mearim, Munim, Peria, Preguiças e Turiaçu); duas constituem sistemas hidrográficos (Litoral Ocidental e das Ilhas Maranhenses), e três são parte de bacias de rios federais (Parnaíba, Tocantins e Gurupi) (**Figura 5.1**). A caracterização das doze regiões hidrográficas é descrita na **Tabela 5.1**. O Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão utilizará esta subdivisão.

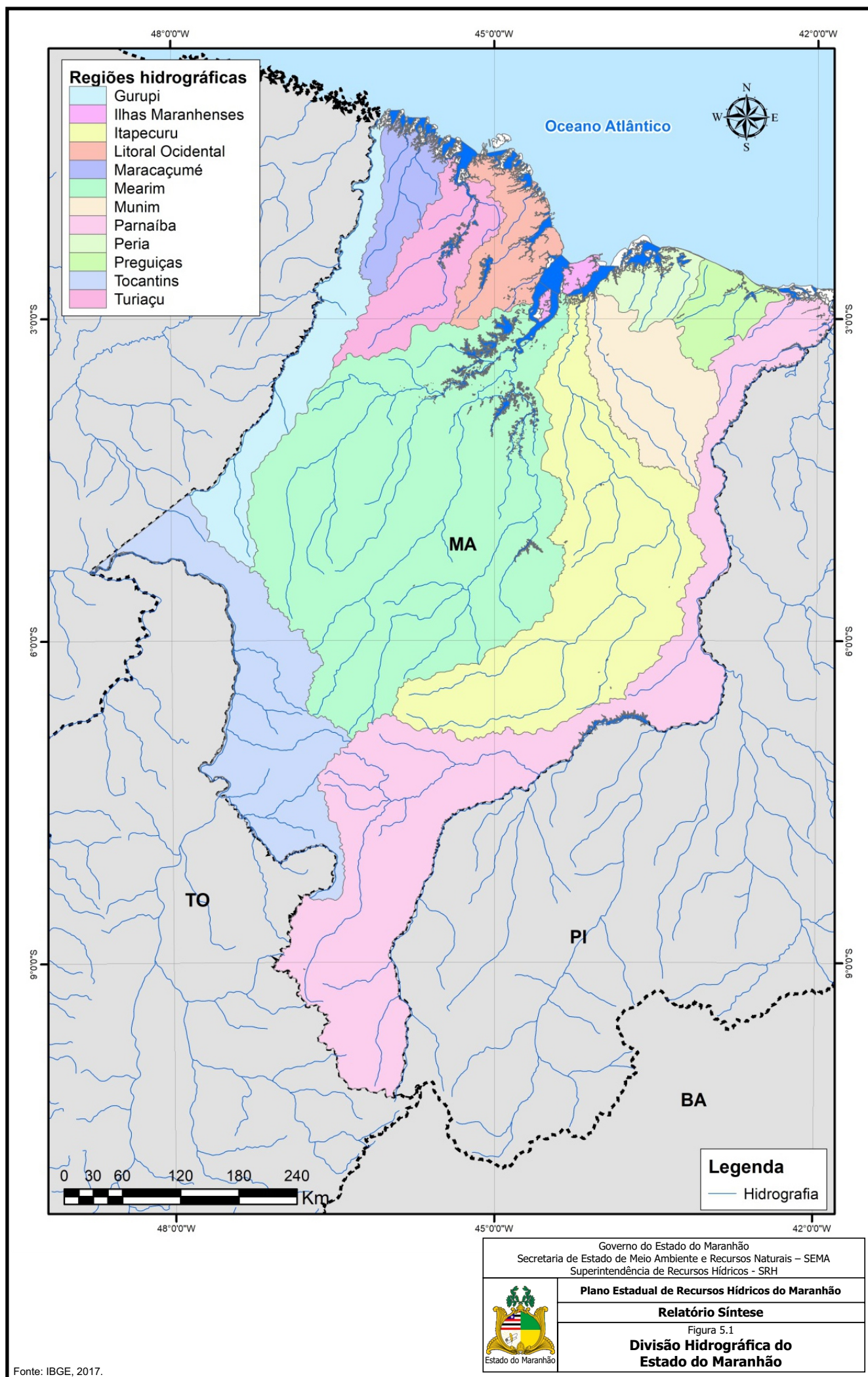


Tabela 5.1 - Regiões Hidrográficas do Estado do Maranhão

Regiões Hidrográficas	Bacias Hidrográficas	Área (km²)	% da Área do Estado	População Total	Total de Municípios	Municípios Mais Populosos
Domínio Federal						
Parnaíba	Bacia hidrográfica do Parnaíba	66.449,09	20,02	717.723	39	Balsas, Brejo, Coelho, Neto, Pastos Bons, Timon, Tutóia.
Araguaia-Tocantins	Bacia hidrográfica do Tocantins	30.665,15	9,24	498.105	23	Imperatriz, Carolina, Estreito, João Lisboa, Porto Franco.
Atlântico Nordeste Ocidental	Bacia hidrográfica do Gurupi	15.953,91	4,81	178.302	13	Açailândia, Carutapera, Itinga do Maranhão.
Domínio Estadual						
Atlântico Nordeste Ocidental	Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	10.226,22	3,08	343.130	23	Cururupu, Pinheiro, São Bento.
	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09	1.349.541	22	São Luis.
	Bacia hidrográfica do Mearim	99.058,68	29,84	1.681.307	83	Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana, Zé Doca.
	Bacia hidrográfica do Itapecuru	53.216,84	16,03	1.019.398	57	Caxias, Codó, Colinas, Coroatá, Dom Pedro, Itapecuru-Mirim, Timbiras.
	Bacia hidrográfica do Munim	15.918,04	4,79	320.001	27	Chapadinha, Mata Roma, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Vargem Grande.
	Bacia hidrográfica do Turiaçu	14.149,87	4,26	179.212	16	Nova Olinda do Maranhão, Santa Helena, Santa Luzia do Paruá, Turiaçu, Turilândia.
	Bacia hidrográfica do Maracaçumé	7.756,79	2,34	122.535	16	Cândido Mendes, Godofredo Viana, Governador Nunes Freire, Maracaçumé, Maranhãozinho.
	Bacia hidrográfica do Preguiças	6.707,91	2,02	96.379	10	Barreiras, Paulino Neves.
	Bacia hidrográfica do Peria	5.395,37	1,62	64.049	6	Humberto de Campos, Primeira Cruz, Santo Amaro.

Fonte: IBGE/ NUGEO/UEMA, 2017.

5.1. O Regime Fluvial das Bacias do Estado do Maranhão

A análise dos dados das estações fluviométricas é de fundamental importância na determinação das vazões naturais dos rios e das vazões afluentes aos reservatórios estratégicos das bacias do estado do Maranhão, além de embasar o planejamento dos recursos hídricos da bacia.

5.1.1. Dados Fluviométricos Disponíveis

A fonte de dados fluviométricos é o **Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas – Hidroweb**, o qual relaciona 169 postos fluviométricos no estado do Maranhão. A maioria desses postos, no entanto, possuem série muito curta, igual ou menor que 15 anos.

Sendo assim, verificou-se que, destes 169 postos existentes, apenas 47 apresentam dados passíveis de uso neste trabalho, tanto em termos de extensão, quanto em qualidade da informação. A **Figura 5.2** apresenta a distribuição espacial dos postos fluviométricos selecionados.

5.1.2. Análise das Vazões

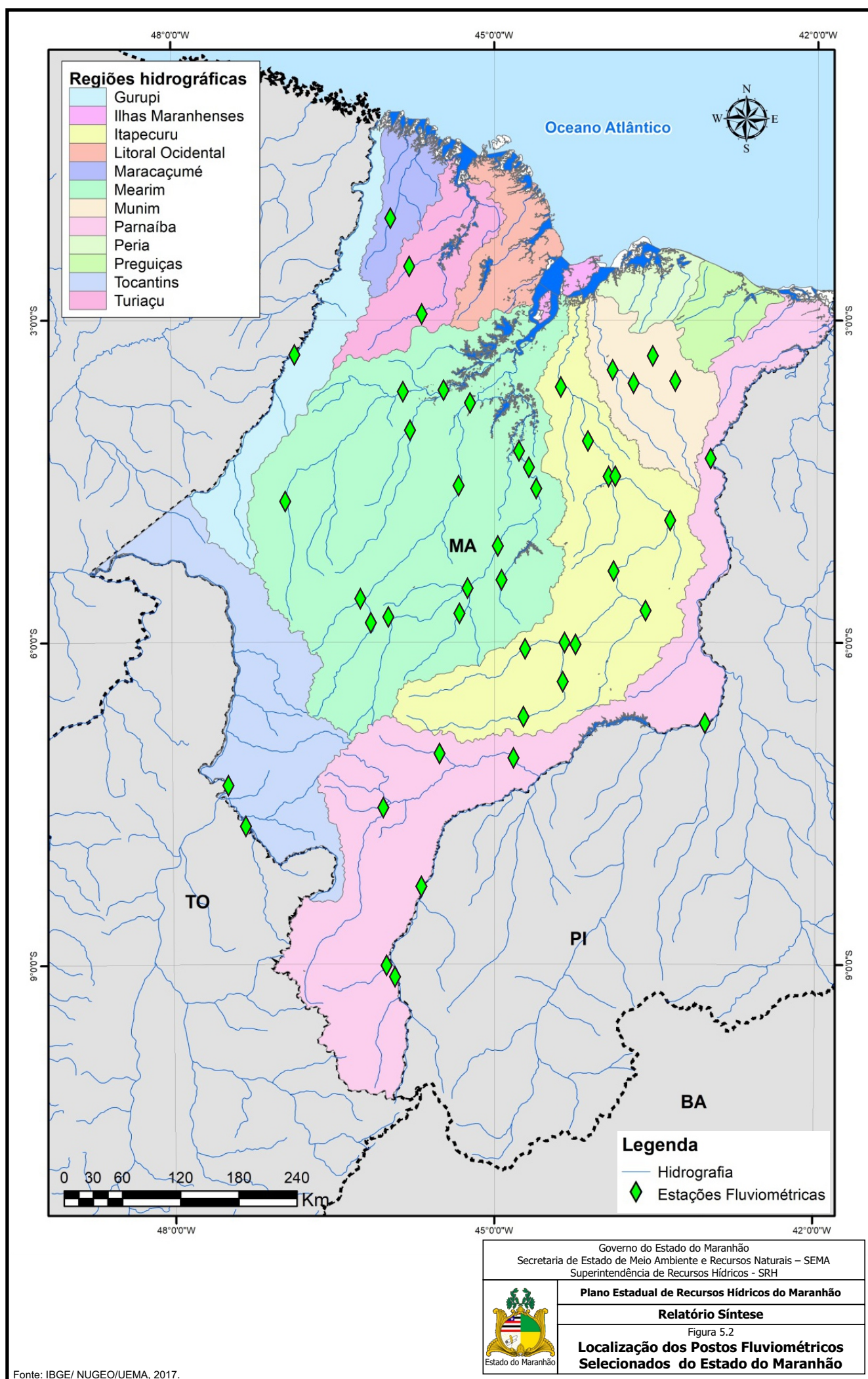
As características hidrológicas dos 47 postos fluviométricos selecionados serão analisadas segundo quatro parâmetros:

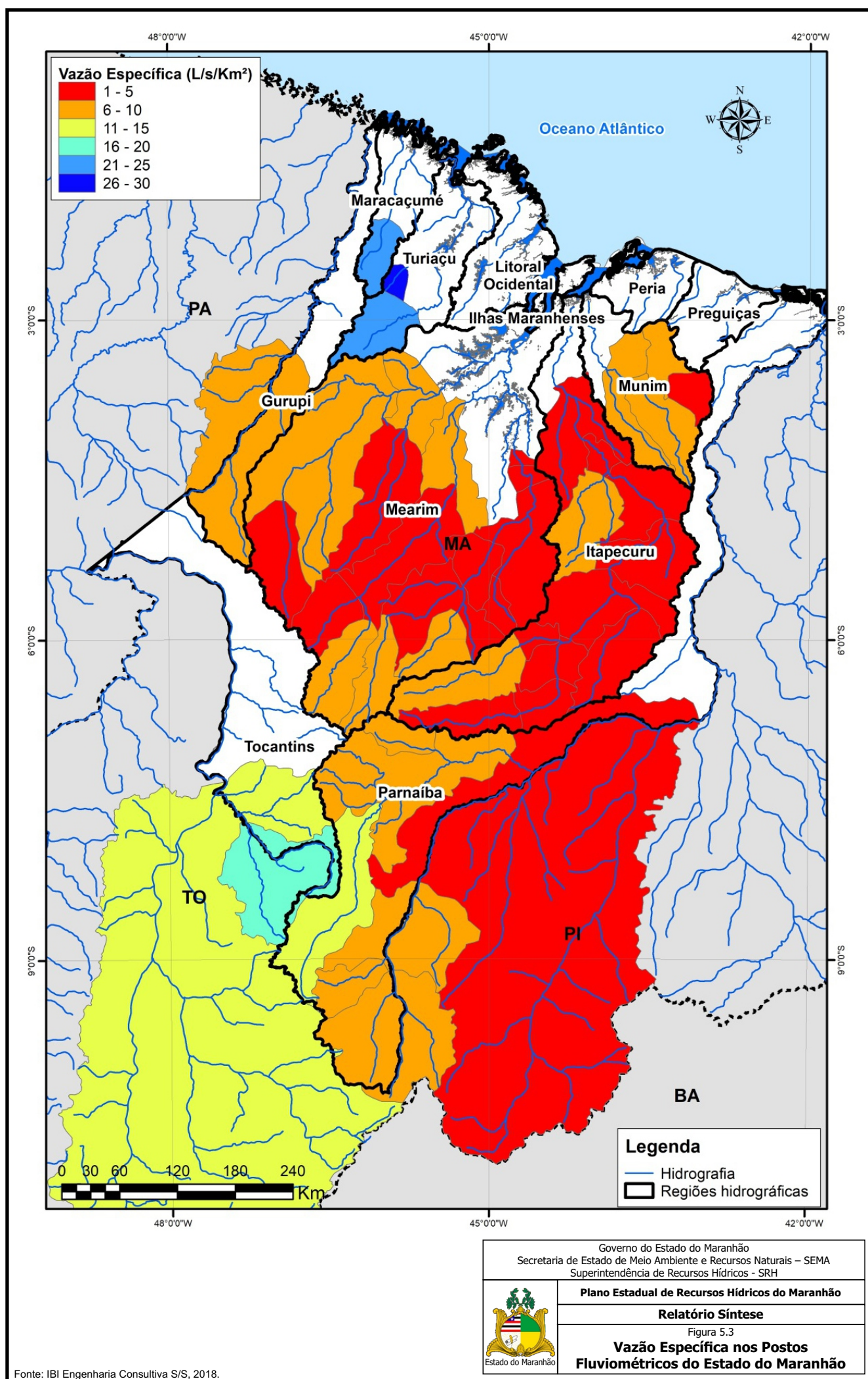
- Vazão Média Anual
- Variabilidade anual
- Vazão específica
- Coeficiente de Escoamento

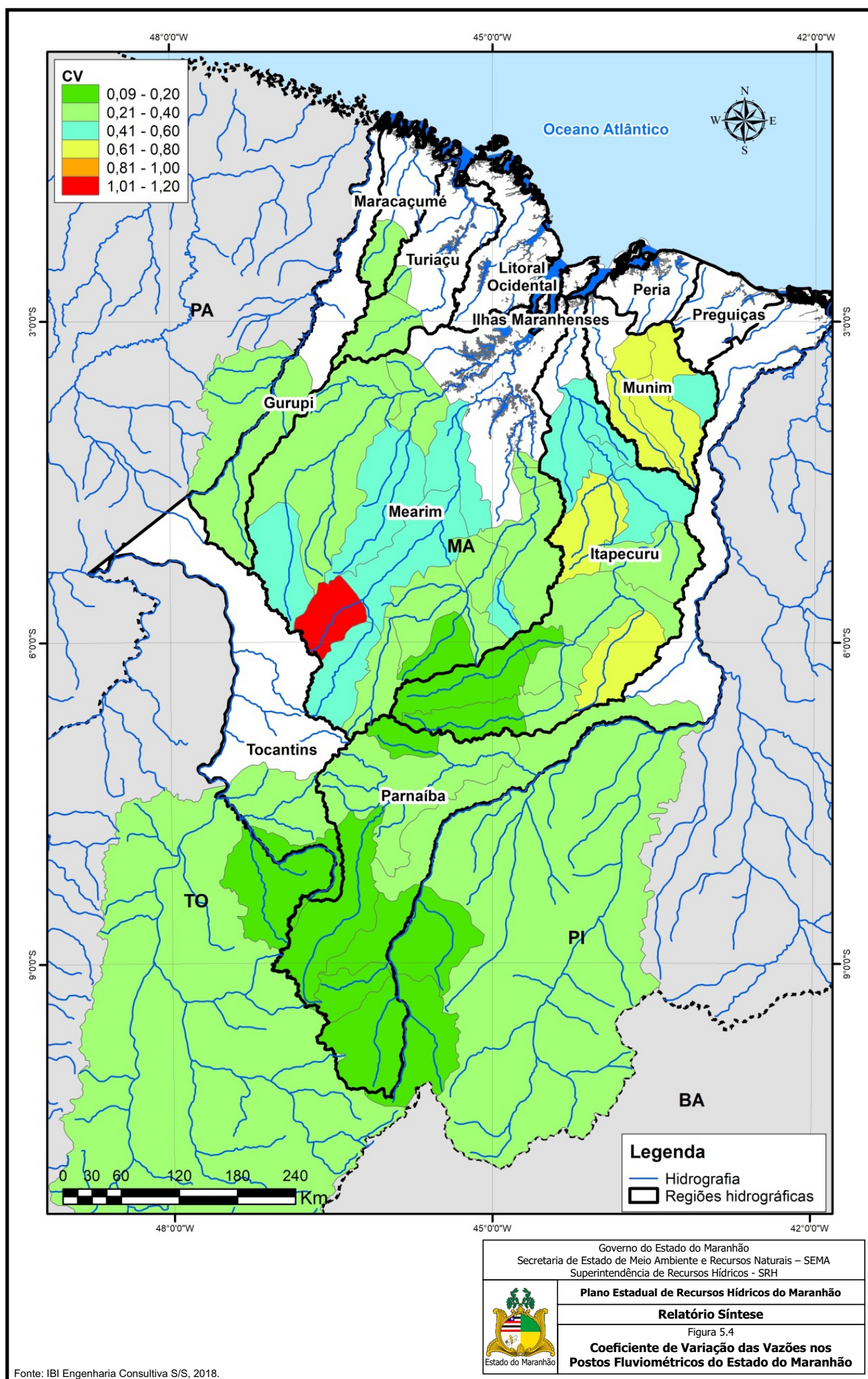
A **Figura 5.3**, apresenta um panorama geral dos coeficientes de variação das vazões nas regiões hidrográficas.

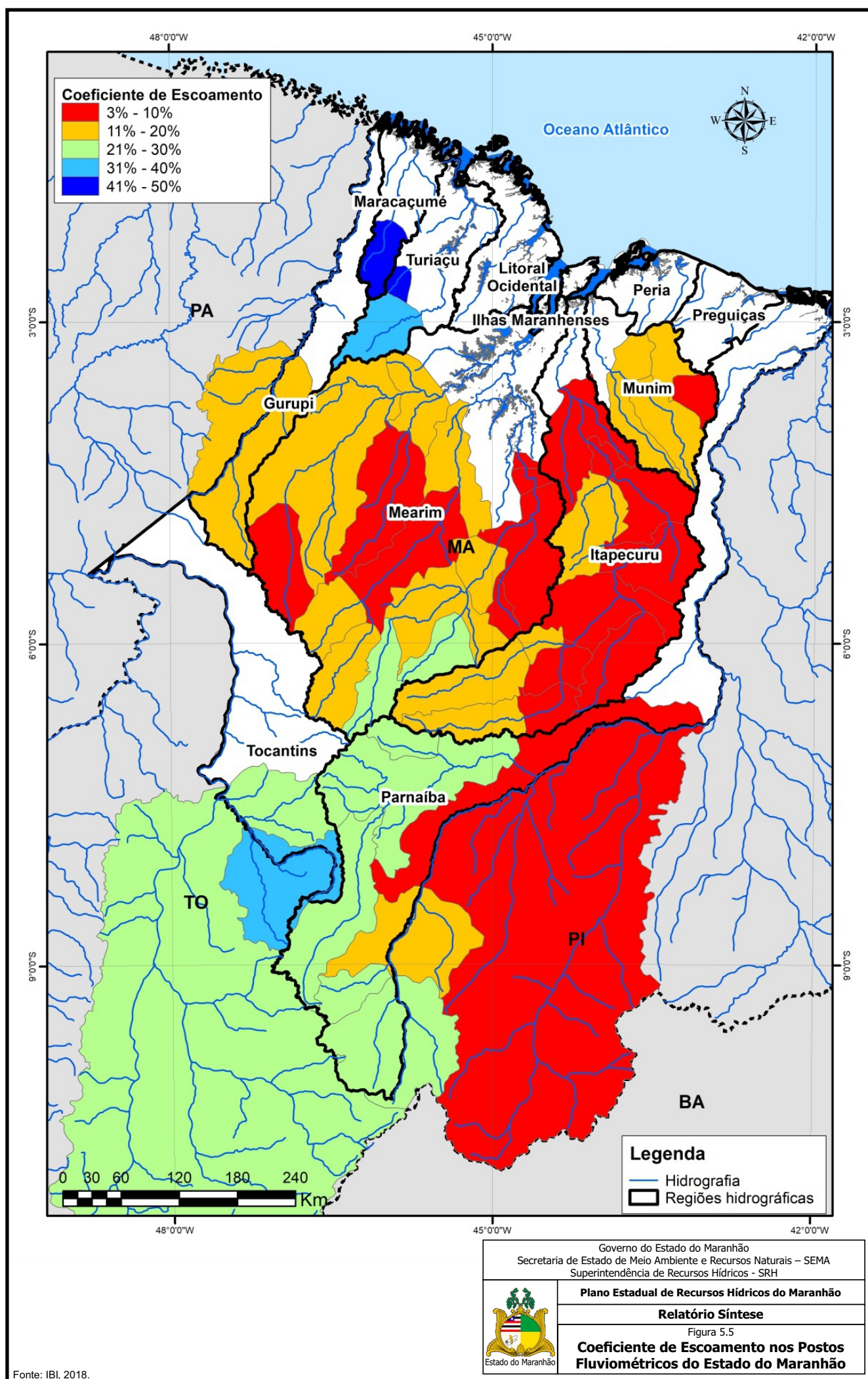
Um panorama geral das áreas com vazões específicas do estado encontra-se na **Figura 5.4**.

Um panorama geral dos coeficientes de escoamento no estado do Maranhão pode ser observado na **Figura 5.5**.









A **Figura 5.6** apresenta o diagrama unifilar esquemático do rio Gurupi, com seus principais afluentes e a localização das estações fluviométricas disponíveis.

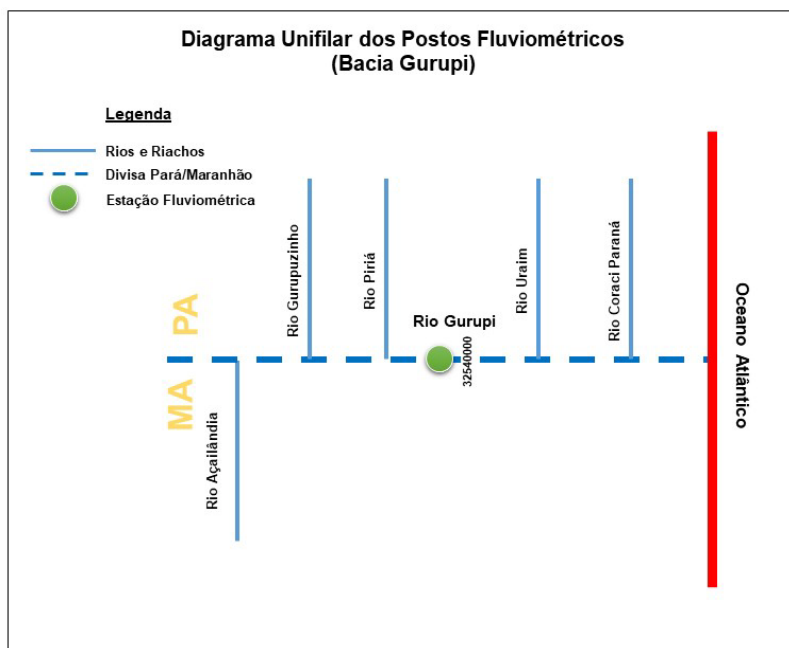


Figura 5.6 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Gurupi

A **Figura 5.7** apresenta o digrama unifilar esquemático da bacia do Maracaçumé, com seus principais afluentes e estação fluviométrica disponível.

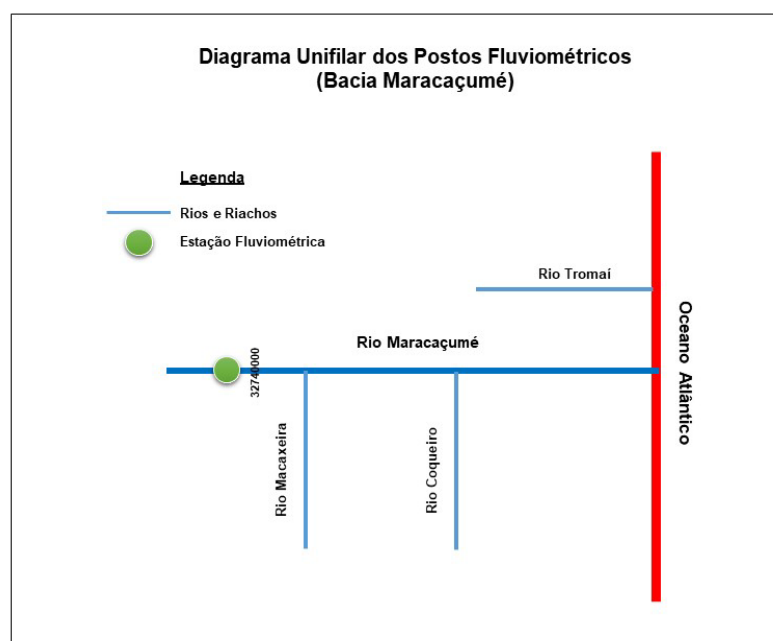


Figura 5.7 - Diagrama Unifilar do Sistema Maracaçumé

A **Figura 5.8** apresenta o diagrama unifilar da bacia do rio Turiaçu, com seus principais afluentes e estações fluviométricas.

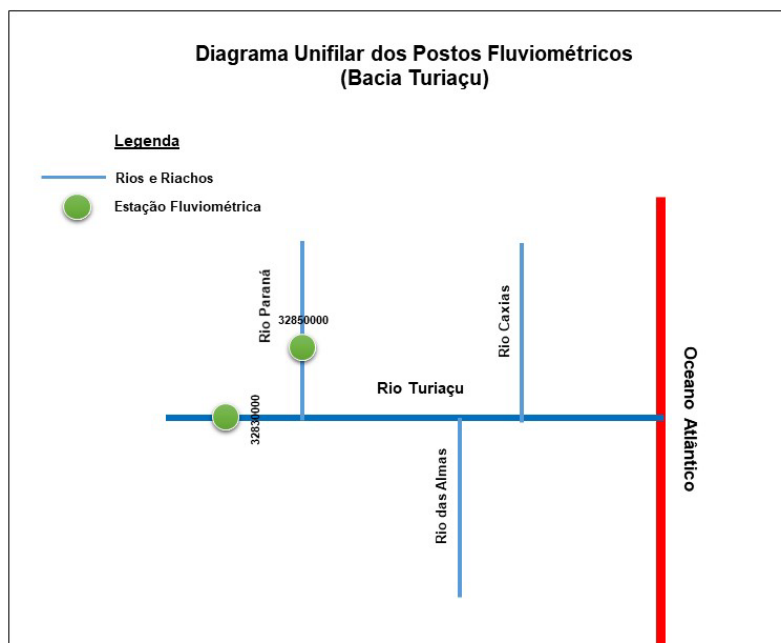


Figura 5.8 - Diagrama Unifilar da Bacia do rio Turiaçu

A **Figura 5.9** apresenta o diagrama unifilar da bacia, com os postos fluviométricos estudados e os principais afluentes do Mearim.

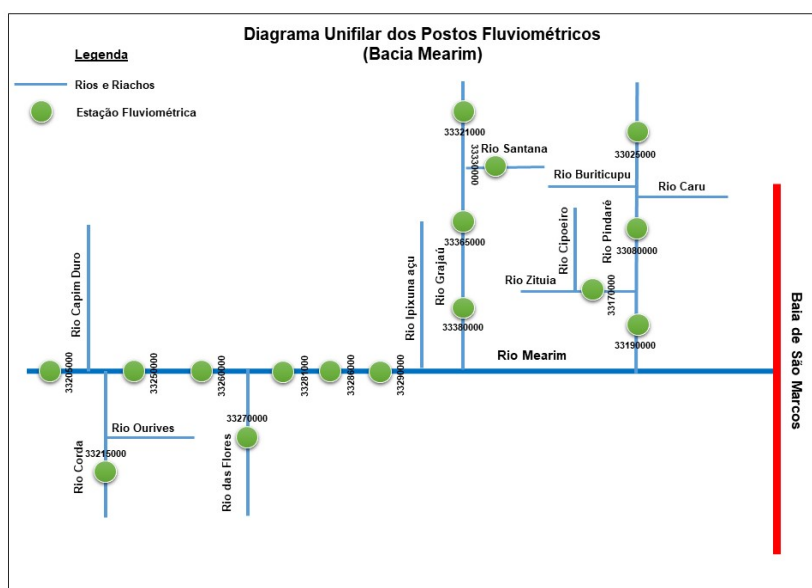


Figura 5.9 - Diagrama Unifilar da Bacia do rio Mearim

A **Figura 5.10** apresenta o diagrama unifilar da bacia, com os postos fluviométricos estudados e os principais afluentes do Itapecuru.

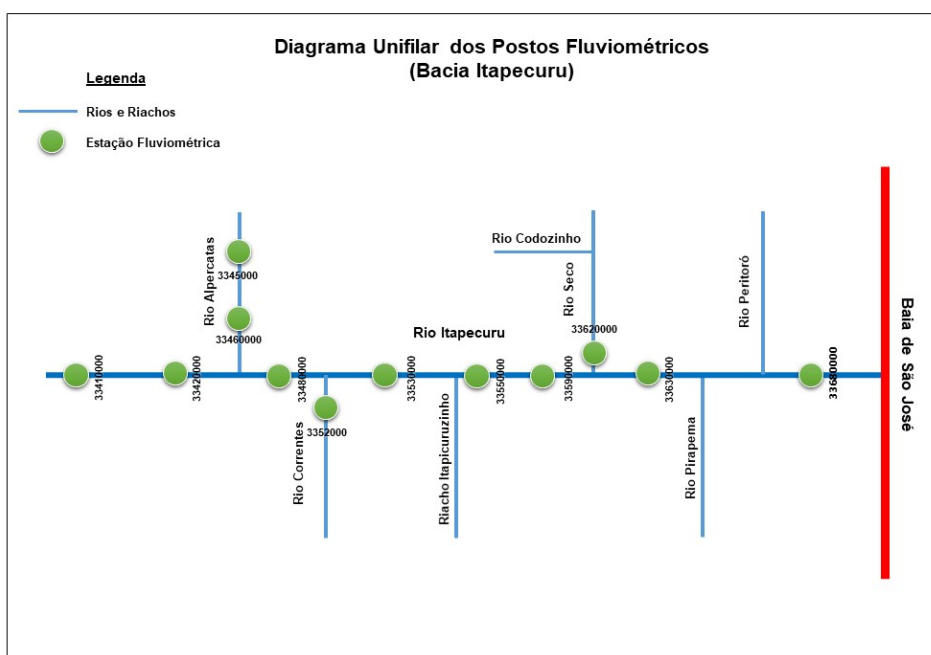


Figura 5.10 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Itapecuru

A **Figura 5.11** apresenta o Diagrama Unifilar da bacia do rio Munim, apresentando as estações fluviométricas e ainda seus principais afluentes.

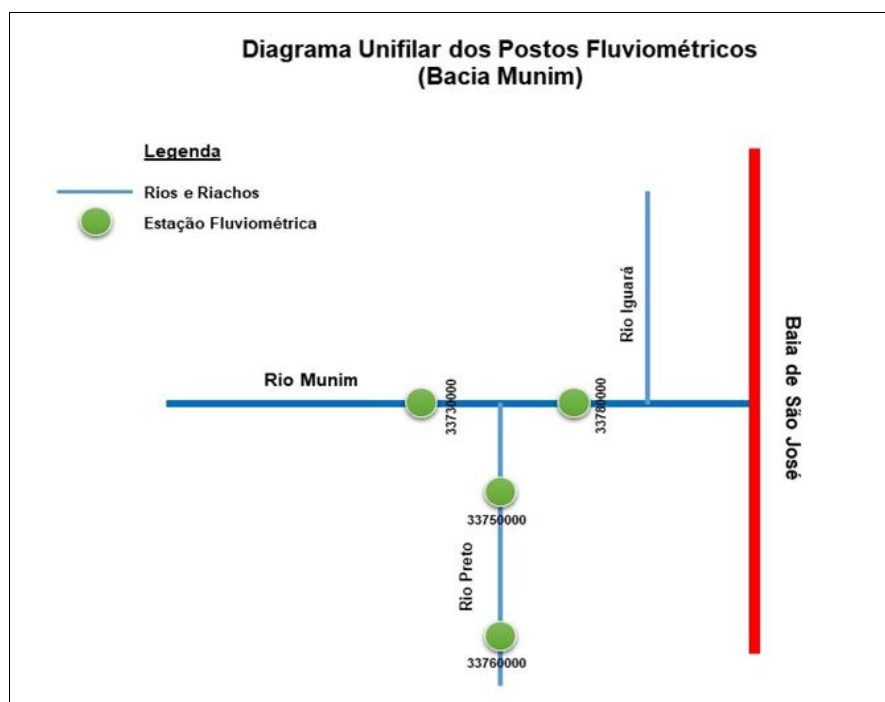


Figura 5.11 - Diagrama Unifilar da Bacia do Rio Munim

A **Figura 5.12** apresenta o diagrama unifilar da bacia do Parnaíba no contexto do estado do Maranhão com as estações fluviométricas selecionadas e seus principais afluentes.

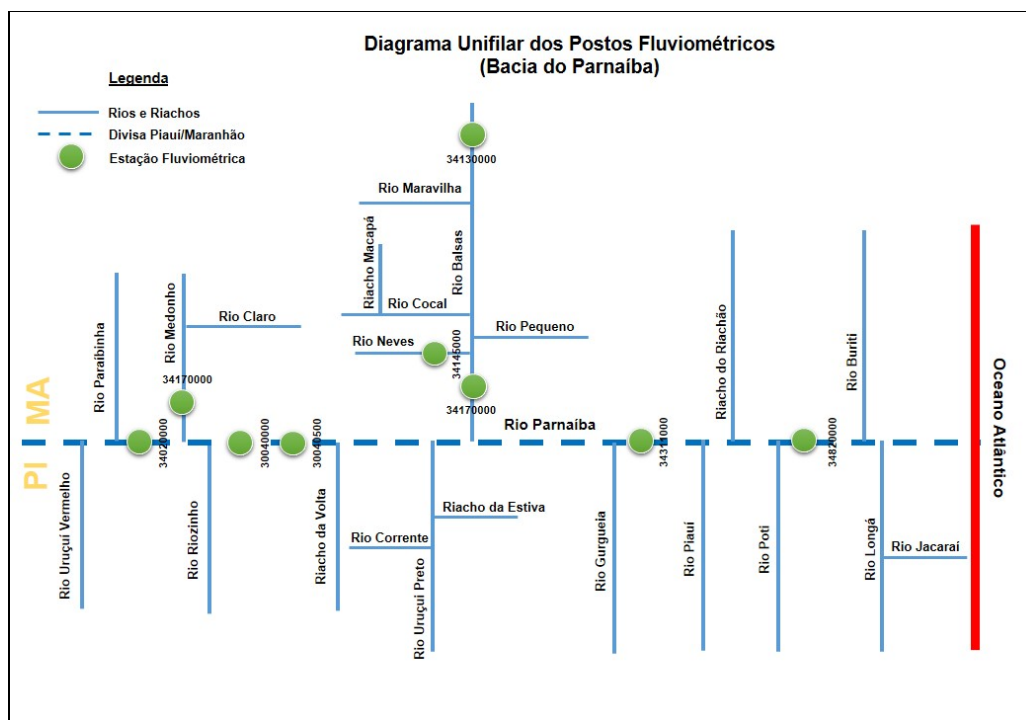


Figura 5.12 - Diagrama Unifilar da Bacia do Parnaíba

5.2. Caracterização do Regime de Evaporação e de Precipitação nas Bacias do Estado do Maranhão

A caracterização do regime mensal de evaporação e precipitação fornecerá subsídios às etapas subsequentes do estudo de disponibilidade hídrica, no que diz respeito à estimativa das vazões regularizadas pelos reservatórios acima de 10 hm³ e serviu ainda para a determinação dos coeficientes de escoamento das bacias estudadas. A fonte de dados de evaporação é o INMET - Instituto Nacional de Meteorologia e, a de precipitação, o Sistema Hidroweb da ANA - Agência Nacional de Águas.

5.2.1. Evaporação

Existem doze estações climatológicas no Estado, todas pertencentes ao INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Os dados destas estações estão disponíveis nas Normais Climatológicas (INMET, 1992), relativas ao período 1961-1990 (**Tabela 5.2**).

Tabela 5.2 - Relação das estações climatológicas existentes no Estado do Maranhão

Código	Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)
82460	Bacabal	04°13'S	44°46'W	25,1
82768	Balsas	07°32'S	46°02'W	259,4
82571	Barra do Corda	05°30'S	45°14'W	153,0
82765	Carolina	07°20'S	47°28'W	192,8
82476	Caxias	04°52'S	43°21'W	103,6
82382	Chapadinha	03°44'S	43°21'W	103,5
82676	Colinas	06°02'S	44°14'W	179,8
82568	Grajaú	05°49'S	46°28'W	163,1
82564	Imperatriz	05°32'S	47°29'W	123,3
82280	São Luís	02°32'S	44°13'W	50,9
82198	Turialvo	01°34'S	45°22'W	44,1
82376	Zé Doca	03°16'S	45°39'W	45,3

Fonte: INMET, 1992.

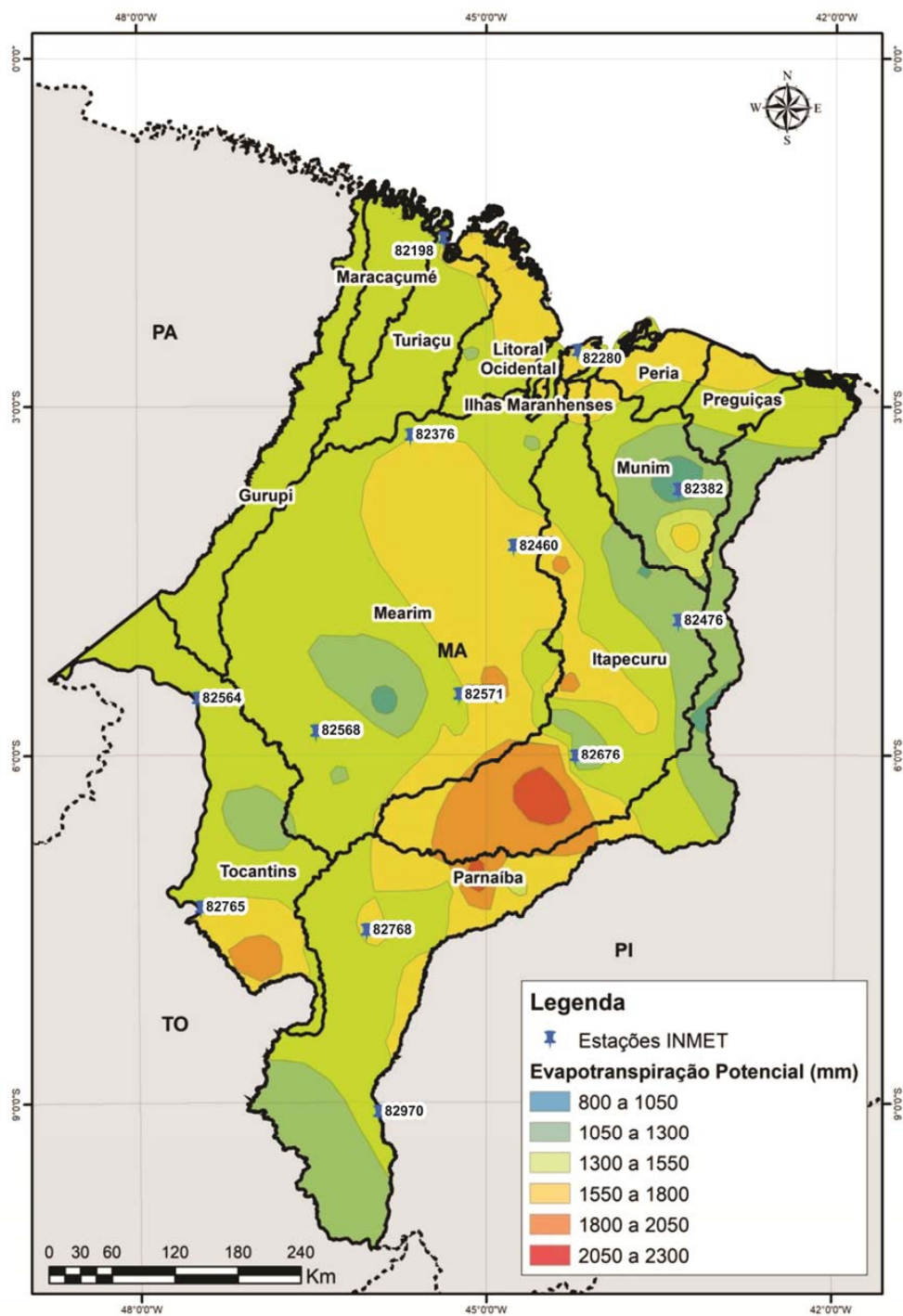
Entretanto, visando um melhor entendimento do clima das bacias hidrográficas do Estado, a **Figura 5.13** apresenta o mapa de Evapotranspiração Potencial de todo o estado do Maranhão, com os dados fornecidos pelo NUGEO.

A **Tabela 5.3** apresenta as estações climatológicas selecionadas para o estudo em função da localização dos reservatórios a serem analisados neste estudo.

Tabela 5.3 - Relação das Estações Climatológicas

Código	Nome
82571	Barra do Corda
82476	Caxias
82280	São Luís

Fonte: INMET, 1992



5.2.2. Precipitação

Segundo o banco de dados Hidroweb da ANA, existem 373 postos pluviométricos no Estado do Maranhão. Destes, apenas 91 postos apresentam séries de dados com boa amplitude de anos e qualidade de dados. Para este estudo, além dos postos localizados no Maranhão, foram utilizados ainda quatro postos do Estado do Pará e três postos do Estado do Tocantins, a fim de uma melhor caracterização do regime de chuvas das bacias e sistemas hidrográficos do Maranhão.

Na **Figura 5.14** apresenta-se o mapa de precipitação do Estado (elaboradas a partir dos postos selecionados); o método utilizado foi o da Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW).

5.3. Caracterização Morfométrica da Infraestrutura Hidráulica da Bacias do Estado do Maranhão

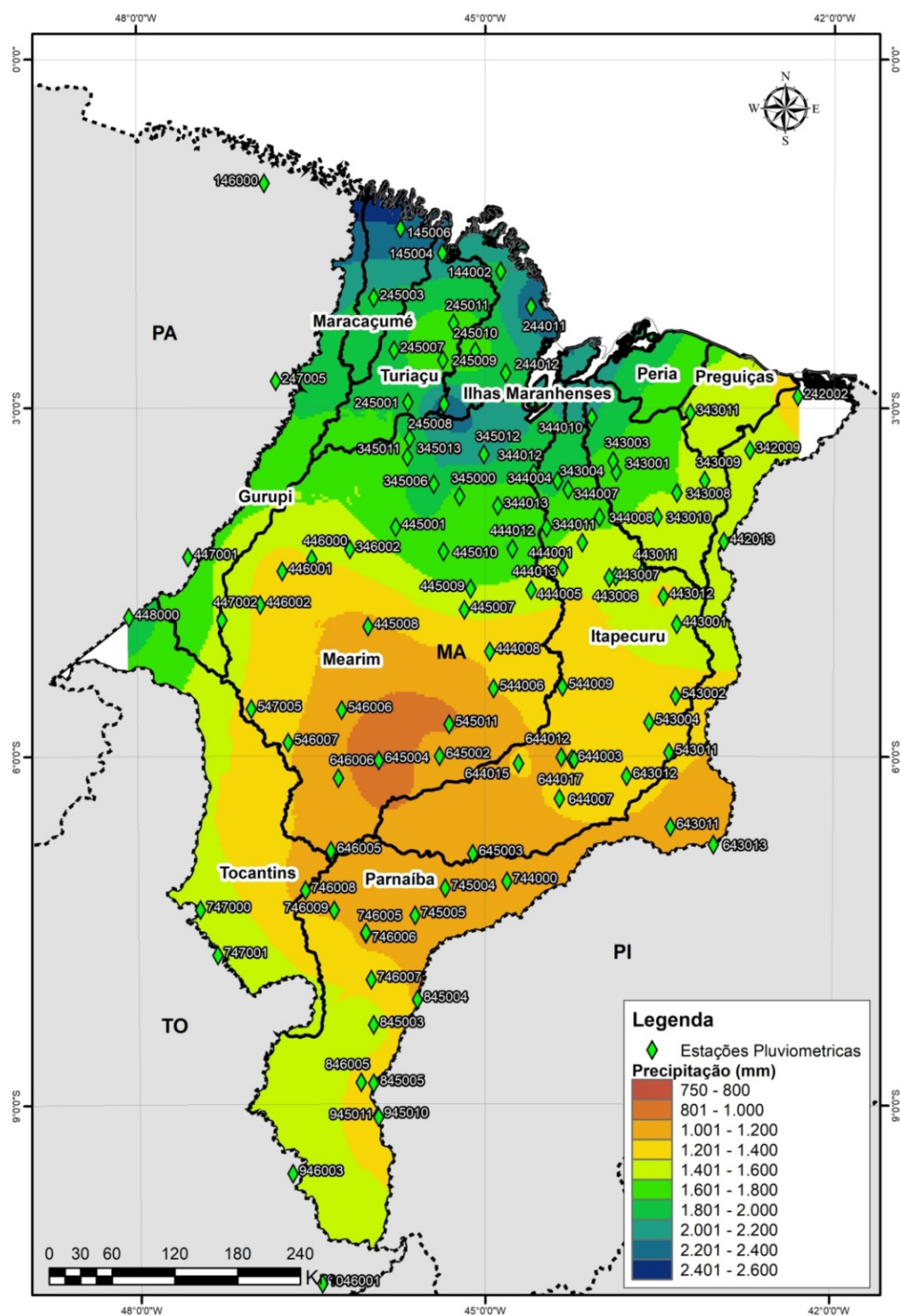
Segundo o Relatório de Segurança de Barragens 2016 (ANA, 2017), existem 76 barragens no Estado do Maranhão no Cadastro Nacionais de Barragens. Destas, dez estão enquadradas na Lei 12.334, de 20 de Setembro de 2010, onde estabelece que maciços com altura igual a 15 metros e/ou com acumulação superior aos 3 hm³ devem ser monitoradas pelo Sistema Nacional de Segurança de Barragens (SNISB). Destas dez, **cinco** são destinadas a contenção de rejeitos, **uma** é destinada a produção de energia, **uma** para a contenção de cheias, **uma** particular para irrigação, **uma** com usos múltiplos e **uma** última utilizada na irrigação e controle de cheias.

Serão analisados dois reservatórios que podem vir a contribuir com a disponibilidade hídrica superficial do Estado, são eles:

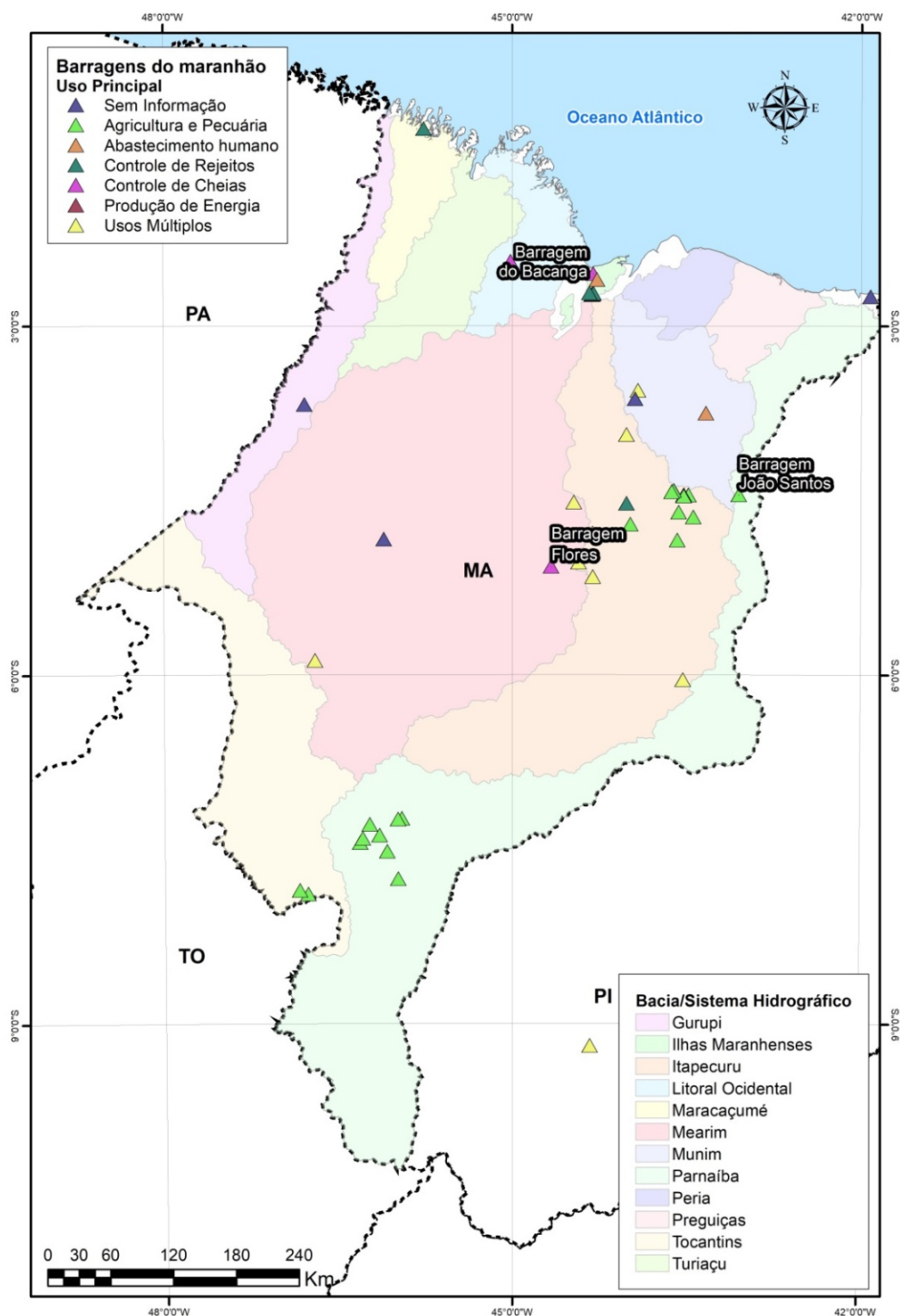
- **Barragem Flores** – Capacidade de 1.014 hm³ (Irrigação e Controle de Cheias – DNOCS);
- **Barragem João Santos** – Capacidade de 12,8 hm³ (Irrigação - Itaimbé Agropecuária Ltda);

A **Figura 5.15**, apresenta suas localizações, com indicativo de uso, e os devidos destaques para as barragens que serão objeto deste estudo.

O Reservatório Flores está localizado na Bacia do Mearim e possui área de drenagem de 5.240 km². O traçado da bacia hidrográfica e a localização do posto fluviométrico estão apresentados na **Figura 5.16**.



Fonte: ANA, 2018.



O reservatório João Santos possui área de drenagem de 120 km² e está localizado na bacia do rio Parnaíba. O traçado da bacia hidrográfica e a localização da estação fluviométrica utilizada estão apresentados na **Figura 5.17**.

5.3.1. As Vazões Regularizadas pelos Reservatórios

Os reservatórios foram simulados com suas séries históricas e para o nível de garantia de 90%. Os resultados das simulações encontram-se nas **Tabelas 5.4 e 5.5**.

Tabela 5.4 - Características dos reservatórios simulados

Reservatório	Vazão Afluente Média Anual (μ) (hm ³ /ano)	CV	Capacidade (K) (hm ³)	f_k (K/ μ)
Flores	258,15	0,49	1.014,00	3,93
João Santos	23,94	0,7	12,88	0,54

Fonte: IBI, 2018.

Tabela 5.5 - Vazões regularizadas, evaporadas e sangradas dos reservatórios simulados para Garantia anual de 90%

Reservatório	Vazão Afluente Anual (μ) (hm ³ /ano)	Vazões (hm ³ /ano)			Percentuais da Vazão Afluente		
		vazão regularizada	sangria	evaporação	R (%)	S (%)	E (%)
Flores	258,15	205,07	6,24	58,32	79,44%	2,42%	22,59%
João Santos	23,94	3,63	11,09	9,23	15,16%	46,32%	38,55%

Fonte: IBI, 2018.

5.4. Determinação das Curvas de Permanência das Bacias do Estado do Maranhão

A curva de permanência ou de duração retrata a porcentagem de tempo em que determinada magnitude de vazão é igualada ou superada e é utilizada quando se deseja conhecer a permanência no tempo de determinados valores.

Segundo Tucci (2002), há que se definir: a) o tipo de variável (vazão ou nível); b) o intervalo de tempo da variável; e, c) o período dos dados em que a curva representa. Comumente utilizam-se os níveis de água para navegação, enquanto que as vazões são usadas quando se deseja conhecer a disponibilidade hídrica. O intervalo de tempo usual é o diário e o período da amostra geralmente é o dos anos disponíveis.

5.5. Determinação das Vazões Transferidas por Adutoras entre as Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão

Para a determinação das estruturas que eventualmente podem fazer a transferência de vazões de uma bacia para outra, foi utilizada o Atlas Nacional de Abastecimento de Água (ANA, 2010). No atlas é possível identificar qual o tipo de fonte de abastecimento de água de cada município brasileiro; se o sistema é isolado ou integrado e ainda informações sobre vazões de captação.

A **Figura 5.18** apresenta a localização dos quatro sistemas.

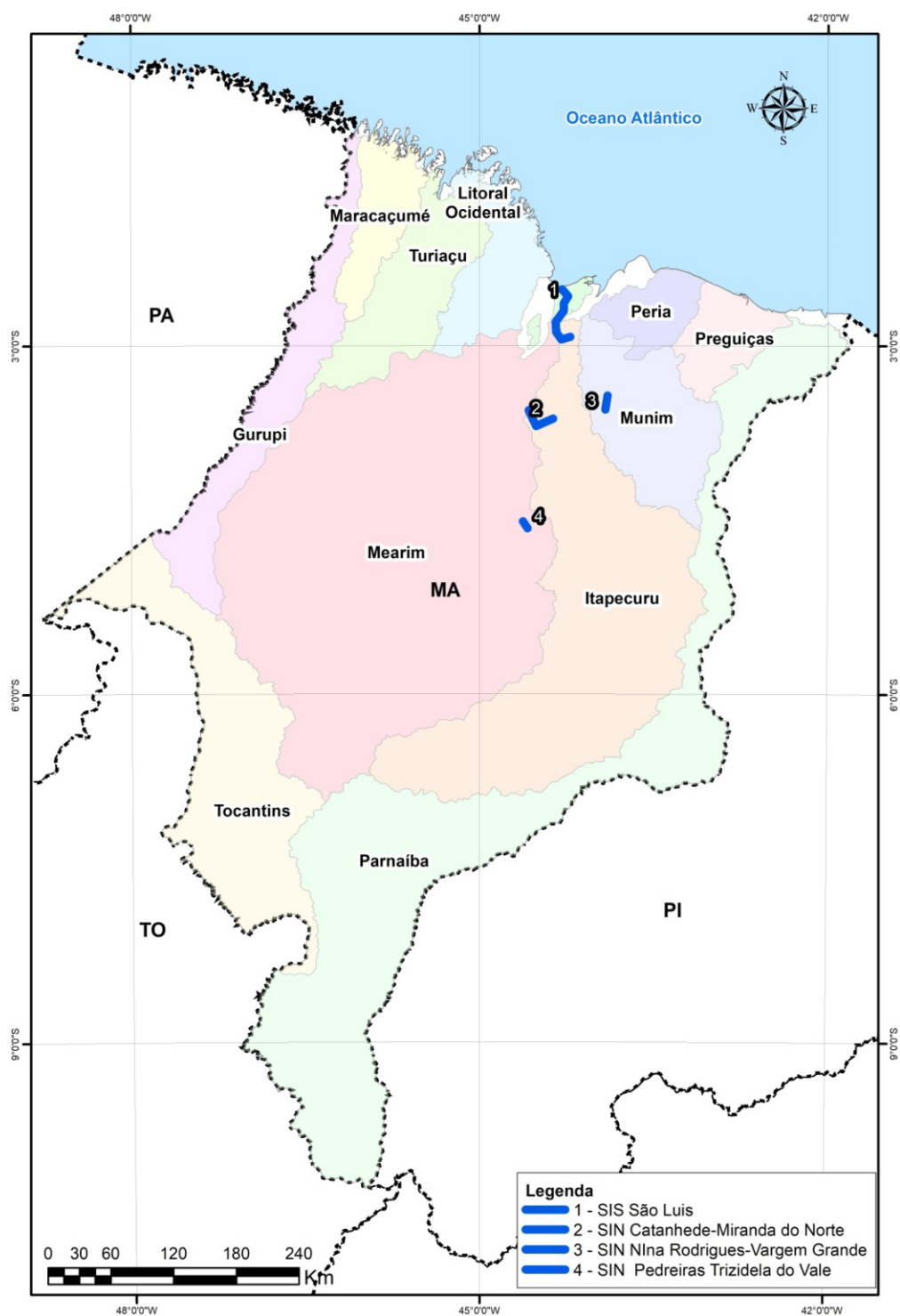
5.6. Disponibilidades Hídricas Totais nas Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão

As vazões médias diárias anuais com nível de permanência de 90%, as vazões regularizadas ($G=90\%$) e vazões transferidas adotados neste estudo são apresentadas na **Tabela 1.6**.

Tabela 5.6 - Disponibilidades Hídricas Totais por Bacia Hidrográfica no Estado do Maranhão

Bacia/Sistema Hidrográfico	Q _{p90%} (m³/s)	Vazão regularizada anual Q _{reg 90 %} (m³/s)	Transferências Adutoras Q _{transf} (m³/s)	Disponibilidade Hídrica Superficial Total (m³/s)	
				(m³/s)	%
Bacias de Domínio Estadual					
Mearim	98,7	6,9	0	105,6	23,0
Munim	11,1	-	0	11,1	2,4
Itapecuru	43,3	-	-4,4	38,9	8,5
Maracaçumé	2,7	-	0	2,7	0,6
Periá	2,9	-	0	2,9	0,6
Turiação	11,3	-	0	11,3	2,5
Preguiças	5,2	-	0	5,2	1,1
Litoral Ocidental	3,1	-	0	3,1	0,7
Ilhas Litoraneas	0,0	-	+ 4,4	4,4	1,0
Totais Estadual	178,2	6,9	0,00	185,1	40,3
Bacias de Domínio Federal					
Parnaíba	185,3	0,12	0	185,4	40,3
Tocantins	77,1	-	0	77,1	16,8
Gurupi	12,0	-	0	12,0	2,6
Totais Federal	274,4	0,12	0,00	274,5	59,7
Total da Disponibilidade Hídrica Superficial				459,6	100%

Fonte: IBI, 2018.



6.

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

6. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

O Diagnóstico da Qualidade das Águas Superficiais no Estado do Maranhão será baseado em dados secundários obtidos em entidades públicas, preferencialmente das instituições que monitoram a qualidade das águas superficiais no Estado do Maranhão, tais como a SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais e a ANA – Agência Nacional de Águas.

O foco da análise será com base nos dados mais recentes que representam a “*situação atual*”, mormente os dados de monitoramento oriundos do Programa Qualiágua da Agência Nacional de Águas que visa implementar a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água – RNQA. Este programa será detalhado a seguir, bem como serão apresentados os dados relativos ao monitoramento das águas superficiais maranhenses.

6.1. A REMQAS no Estado do Maranhão

A Rede Estadual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais no Estado do Maranhão foi definida pela Portaria nº 022/SEMA de 31 de março de 2016. A **Figura 6.1** mostra uma imagem Google Earth com a localização dos pontos da REMQAS no estado do Maranhão.



Fonte: IBI, dados da Portaria 022/2016/SEMA

Figura 6.1 - Rede de Monitoramento de Qualidade de Água Superficial no Maranhão

Durante as campanhas da REMQAS foram medidos os seguintes parâmetros:

- Turbidez;
- Temperatura do ar;
- Temperatura da água;
- pH;
- Oxigênio dissolvido (OD);
- Condutividade;
- Sólidos totais dissolvidos (STD);
- Salinidade.

6.1.1. Indicadores de Qualidade de Água

Existem diversos indicadores que se traduzem em índices de qualidade, a saber:

- Índice de Qualidade das Águas – IQA
- Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público -IAP
- Índice de Estado Trófico – IET
- Índice de Contaminação por Tóxicos
- Índice de Balneabilidade -IB
- Índice de Proteção da Vida Aquática -IVA
- Índice de Qualidade de Água em Reservatórios -IQAR

6.1.1.1. Índice de Qualidade da Água – IQA

Os valores do IQA são classificados em faixas, que variam entre os estados brasileiros. A

Tabela 6.1 apresenta esta variação:

Tabela 6.1 - Classificação Adotada para o IQA nos Estados

Faixas de IQA nos Estados: AL, MG, MT, PR, RJ, RN, RS	Faixas de IQA nos Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP	Avaliação da Qualidade da Água
$91 \leq \text{IQA} \leq 100$	$80 \leq \text{IQA} \leq 100$	Ótima
$71 \leq \text{IQA} \leq 90$	$52 \leq \text{IQA} \leq 79$	Boa
$51 \leq \text{IQA} \leq 70$	$37 \leq \text{IQA} \leq 51$	Razoável
$26 \leq \text{IQA} \leq 50$	$20 \leq \text{IQA} \leq 36$	Ruim
$\text{IQA} \leq 25$	$\text{IQA} \leq 19$	Péssima

Fonte: ANA, 2018

6.1.1.2. Índice de Qualidade da Água Bruta para Fins de Abastecimento Público -IAP

Os valores do IAP são classificados nas seguintes faixas (**Tabela 6.2**).

Tabela 6.2 - Classificação do IAP

Valor do IAP	Qualificação
80 - 100	Ótima
52 - 79	Boa
37 - 51	Regular
20 - 36	Ruim
= 19	Péssima

Fonte: ANA, 2018.

6.1.1.3. Índice do Estado Trófico - IET

Os valores do IET são classificados segundo as classes de estado tróficos, apresentadas na **Tabela 6.3** juntamente com suas características.

Tabela 6.3 - Classe de estado trófico e suas características principais.

Valor do IET	Classes de Estado Trófico	Características
47	Ultraoligotrófico	Corpos d'água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam prejuízos aos usos da água.
47<IET= 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
52 <IET= 59	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59<IET=63	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, com redução da transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
63<IET=67	Supereutrófico	Corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos
IET > 67	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fontes: CETESB (2007); LAMPARELLI (2004)

6.1.1.4. Índice de Contaminação por Tóxicos

Os valores do Índice de Contaminação por Tóxicos são classificados nas seguintes faixas (**Tabela 6.4**).

Tabela 6.4 - Classificação do Índice de Contaminação por Tóxicos

Concentração em relação à classe de enquadramento	Classe de contaminação
$= 1,2.P$	Baixa
$1,2.P < \text{concentração} = 2.P$	Média
Concentração $> 2.P$	Alta

Observações: P = Limite de classe definido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (dados a partir de 2005) ou pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2000. Fonte: IGAM.

6.1.1.5. Índice de Balneabilidade – IB

As praias são classificadas em 4 categorias segundo o Índice de Balneabilidade (**Tabela 6.5**).

Tabela 6.5 - Classificação do Índice de Balneabilidade

Condição das praias	Qualificação
Praias classificadas como excelentes em 100% do ano	Ótima
Praias próprias em 100% do ano, exceto as classificadas como excelentes em 100% do ano.	Boa
Praias classificadas como impróprias em porcentagem inferior a 50% do ano.	Regular
Praias classificadas como impróprias em porcentagem de tempo igual ou superior a 50% do ano.	Má

Fonte: CETESB, 2007

6.1.1.6. Índice de Proteção da Vida Aquática – IVA

Os valores do IVA são classificados nas seguintes faixas (**Tabela 6.6**).

Tabela 6.6 - Classificação do IVA

Valor do IVA	Qualificação
$\leq 2,5$	Ótima
$2,6 \leq IVA \leq 3,3$	Boa
$3,4 \leq IVA \leq 4,5$	Regular
$4,6 \leq IVA \leq 6,7$	Ruim
$IVA > 6,8$	Péssima

Fonte: CETESB, 2007.

6.1.1.7. Índice de Qualidade de Água em Reservatórios – IQAR

Os valores do IQAR são classificados em 6 faixas (**Tabela 6.7**):

Tabela 6.7 - Classificação do IQAR

Valor do IQAR	Qualificação
0 – 1,50	Não impactado a muito pouco degradado
1,51 – 2,50	Pouco degradado
2,51 – 3,50	Moderadamente degradado
3,51 – 4,50	Criticamente degradado a poluído
4,51 – 5,50	Muito poluído
> 5,51	Extremamente poluído

Fonte: Instituto Ambiental do Paraná, apud ANA, 2018.

6.1.2. Seleção de Indicador de Qualidade da Água para o Diagnóstico do PERH-MA

A seleção de indicadores de qualidade da água para proceder as análises de diagnóstico da situação da qualidade das águas do estado do Maranhão encontra um obstáculo quase intransponível no seguinte aspecto: **faltam medições suficientes de parâmetros de qualidade da água nos rios e reservatórios do estado.**

Apenas 4 parâmetros que entram no cálculo do Índice de Qualidade de Água -IQA foram efetivamente amostrados nas campanhas de campo (Oxigênio Dissolvido, pH, Turbidez, Temperatura da Água). Nenhuma outra análise foi realizada, isto é, não houve coleta de amostras para se proceder as análises laboratoriais e a determinação dos parâmetros de elevada importância nas análises da qualidade da água, tais como coliformes termotolerantes, DBO₅, fósforo total, nitrogênio total, e resíduo total (STD) que na verdade não foi medido nos pontos amostrados.

Desta forma, propôs-se aqui o emprego de um Índice de Qualidade da Água reduzido, denominado IQA₄, a ser determinado com base apenas nos 4 parâmetros amostrados em campo nas campanhas da REMQAS, matematicamente proporcional ao “verdadeiro” IQA ou IQA completo.

O principal conceito na determinação do IQA₄ é exatamente manter a importância relativa de cada parâmetro que entra na composição do IQA₄ com a mesma proporção do peso relativo com o qual cada parâmetro tem na determinação do IQA verdadeiro ou completo.

6.1.3. Análise dos Pontos com Qualidade de Água Péssima ou Ruim

Nas cinco campanhas de amostragem da qualidade da água dos corpos hídricos maranhenses nas quais foram medidos parâmetros que permitiram aplicar o índice IQA₄, nenhum ponto foi identificado com qualidade “péssima”. A **Tabela 6.8** apresenta o sumário dos pontos que apresentaram pelo menos uma amostragem classificada como água de qualidade ruim, a data da campanha e o IQA₄ resultante em cada campanha.

Na **Tabela 6.8** adotou-se a seguinte convenção de cores no preenchimento das células de IQA₄:

- Vermelho – água de qualidade ruim;
- Laranja – água de qualidade razoável;
- Verde – água de qualidade boa.

Foram 23 pontos amostrados pelo menos uma vez com qualidade de água ruim em 18 municípios: Anapurus; Primeira Cruz, Arari, Cajari, Humberto de Campos; Alcântara; Bequimão; Pinheiro; Bacuri; São Luís; Chapadinha; Paço do Lumiar; Monção; Alto Alegre do Pindaré; Bacabal; Alto Alegre do Maranhão; São Mateus do Maranhão; e, Barreirinhas.

As nove bacias hidrográficas que apresentaram pelo menos uma amostragem com qualidade de água ruim foram:

- Bacia hidrográfica do Rio Munin;
- Bacia hidrográfica do Rio Peria;
- Sistema hidrográfico do Litoral Ocidental;
- Sistema hidrográfico Ilhas Maranhenses;
- Bacia hidrográfica do Rio Pindaré;
- Bacia hidrográfica do Rio Mearim;
- Bacia hidrográfica do Rio Itapecuru;
- Bacia hidrográfica do Rio Parnaíba;
- Bacia hidrográfica do Rio Preguiças.

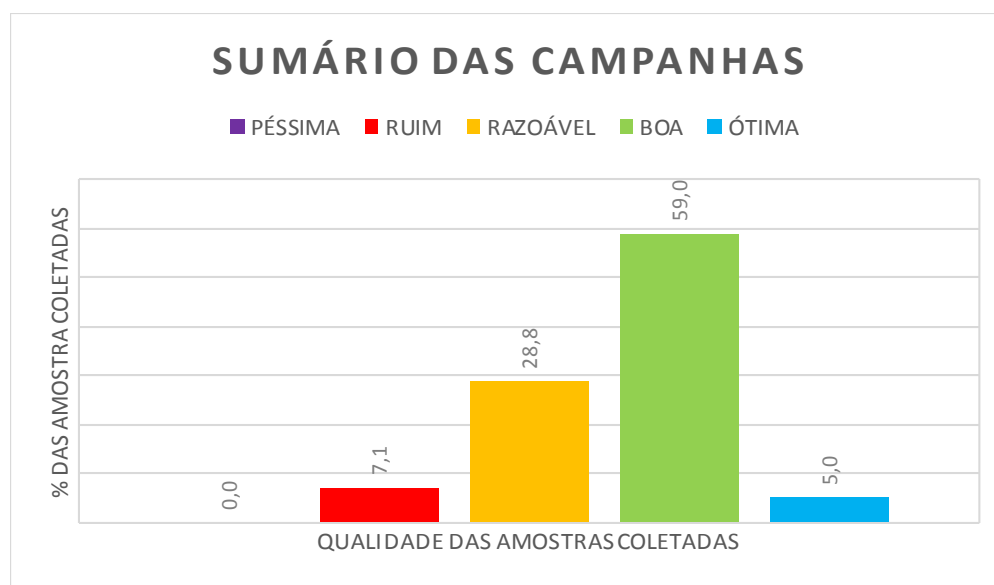
Tabela 6.8 - Pontos com Qualidade de Água Classificada como Ruim em Pelo Menos 1 Amostragem

PONTO	MUNICÍPIO	LAT	LONG	BACIA	IQA ₄				
					MAR-MAI 2017	JUN-JUL 2017	SET 2017	DEZ 2017	MAR -ABR 2018
MA-7164-I-1	Anapurus	-3,68391	-43,1228	Bacia Hidrográfica do Rio Munin	45,4	44,48	44,88	44,59	46,97
MA-7194-I-1	Primeira Cruz'	-2,54337	-43,4164	Bacia Hidrográfica do Rio Peria	45,52	55,01	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-7162-I-31	Monção	-3,48922	-45,1496	Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	48,39	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-7163-I-2	Arari	-3,40186	-44,8151	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	42,84	64,96	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-7162-I-1	Cajari	-3,29337	-44,88909	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	49,62	78,48	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-7194-I-2	Humberto de Campos	-2,54858	-43,6267	Bacia Hidrográfica do Rio Peria	56,28	49,86	71,83	65,78	54,07
MA-715-I-33	Alcântara	-2,38999	-44,5183	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	82,09	44,91	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-715-I-11	Bequimão	-2,31633	-44,8388	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	59,8	42,63	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-715-I-6	Pinheiro	-2,45589	-45,0074	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	74,01	48,75	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-715-R-27	Bacuri	-1,63846	-44,9114	Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental	54,84	42,23	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform
MA-715-I-42	São Luís	-2,49122	-44,2588	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	62,19	Sem Inform	45,09	66,26	69,64
MA-7192-R-12	Chapadinha	-3,89733	-43,5476	Bacia Hidrográfica do Rio Peria	67,14	51,51	63,12	42,36	50,5
MA-715-I-45	Paço do Lumiar	-2,47137	-44,1161	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	73,17	Sem Inform	73,75	66,48	46,98
MA-7162-I-26	São Luís	-2,52398	-44,2791	Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	67,18	Sem Inform	80,76	72,19	37,46
MA-7162-I-36	Monção	-3,49839	-45,2242	Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	53,62	74,39	73,82	76,32	44,00
MA-7162-I-4	Alto Alegre do Pindaré	-3,69595	-45,9265	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	74,08	79,13	73,34	74,83	29,88
MA-7162-I-9	Monção	-3,58069	-45,3500	Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré	56,63	78,87	Sem Inform	56,25	46,00
MA-7165-I-5	Bacabal	-4,22611	-44,8372	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	74,9	59,36	82,31	Sem Inform	38,31
MA-7182-I-1	Alto Alegre do Maranhão	-4,29840	-44,4697	Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru	71,11	75,73	Sem Inform	Sem Inform	49,32
MA-7185-I-3	São Mateus do Maranhão	-4,01806	-44,4417	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	67,63	Sem Inform	80,06	Sem Inform	42,70
MA-7192-I-9	Chapadinha	-3,71773	-43,3461	Bacia Hidrográfica do Rio Munin	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform	Sem Inform	48,65
MA-7195-R-3	Barreirinhas	-2,52733	-43,0466	Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças	Sem Inform	Sem Inform	60,64	80,08	46,28
MA-7196-R-3	Barreirinhas	-2,69162	-42,9212	Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças	54,78	79,20	76,06	78,69	43,71

Fonte: IBI, 2018.

6.2. Conclusão sobre o Diagnóstico da Qualidade da Água dos Rios no Maranhão

As cinco campanhas de amostragem da qualidade da água dos corpos hídricos maranhenses, entre Março/2017 e Março/2018, resultaram em 378 amostras que permitiram definir qualitativamente, usando o índice IQA₄, a qualidade da água deste corpos. A **Figura 6.2** mostra a variação percentual qualitativa global dos pontos amostrados.



Fonte: IBI, 2018.

Figura 6.2 - Classificação da Qualidade da Água nas 378 Amostras

Observa-se na **Figura 6.2** que 64% das amostras foram classificadas na qualidade de boa a ótima. 28,8% na categoria razoável e apenas 7,1% na classificação de ruim, sendo 0% na classe de péssima.

Conclui-se que as águas superficiais dos corpos hídricos do estado do Maranhão, de forma geral, ainda não estão comprometidas com a poluição hídrica, porém, torna-se necessário aprofundar-se o monitoramento de forma continuada, sobretudo nos pontos em que foram identificadas água de qualidade ruim.

Recomenda-se que nestes pontos identificados com água de qualidade ruim, sejam feitas coletas da água para realização de análises laboratoriais que permitam uma melhor avaliação de sua qualidade, com a determinação de todos os parâmetros que são usados para determinação do IQA verdadeiro, adotado pela Agência Nacional de Águas e demais órgãos de fiscalização e gestão de recursos hídricos do Brasil.

7.

**DIAGNÓSTICO DAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

7. DIAGNÓSTICO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

7.1. Hidrogeologia

Este capítulo trata dos aspectos hidrogeológicos do Estado do Maranhão, desenvolvido a partir dos dados secundários sobre as águas subterrâneas enfatizando a sua ocorrência, captação através dos poços tubulares, reservas, potencialidades e disponibilidades. A água subterrânea, dentro do contexto técnico, não é fotogênica, uma vez que só aparece quando captadas ou quando brotam nas fontes naturais, mas são inquestionavelmente importantes para as comunidades, representando um pilar básico para o desenvolvimento socioeconômico e sendo sinônimo da qualidade de vida.

Para o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão – Capítulo de Hidrogeologia, o banco de dados do SIAGAS foi acessado em 01/10/2018 e se obteve dados e informações de 11.618 poços tubulares (Banco de Dados). Observa-se a ausência de muitos parâmetros, particularmente os perfis litológicos, hidrodinâmicos e de qualidade de água, o que reduz a abrangência do conhecimento sobre as águas subterrâneas maranhenses, principalmente porque a exposição dos dados será por bacia hidrográfica. Infelizmente, tal situação não é restrita ao Maranhão, se observando este fato para todos os estados brasileiros onde o SIAGAS possui cerca de 250.000 poços cadastrados.

O banco de dados das águas subterrâneas no Brasil é o SIAGAS/CPRM e até 01/10/2018 foram cadastrados 11.618 poços no Maranhão, com 9.137 poços em uso, cujos dados de profundidade, nível estático, vazão e condutividade elétrica da água estão apresentados na **Tabela 7.1**. Ressalta-se que, segundo o SIAGAS, o poço mais antigo foi cadastrado em 31/10/2008 e encontra-se localizado em Boa Vista - município de Barreirinhas, pertence a Prefeitura Municipal, possui 60,0m de profundidade e foi instalado em 14/06/1905.

Tabela 7.1 - Poços tubulares do Estado do Maranhão cadastrados no SIAGAS (01/10/2018).

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Nº de dados
NE (m)	25,04	0,07	420,00	2442
Prof. (m)	97,08	1,85	960,00	9799
Q (m ³ /h)	8,30	0,30	95,00	493
CE (uS/cm)	330,76	17,11	1990,00	9357

Fonte: SIAGAS (2018).

LEGENDA: Prof. – Profundidade do poço; NE – Nível estático; Q – Vazão do poço; CE – Condutividade elétrica da água subterrânea.

A **Figura 7.1** representa um mapa tendencial do posicionamento do nível estático, onde os valores anômalos acima de 208,0m (**Tabela 7.2**) foram retirados a fim de não interferirem no traçado do zoneamento, se observando nitidamente a predominância do nível estático inferior a 15,0m na porção norte do Maranhão, possuindo um comportamento essencialmente freático (raso).

Tabela 7.2 - Valores anômalos de nível estático no Estado do Maranhão

Nível estático (m)	Município
420,0	Açailândia
336,0	São Domingos do Maranhão
245,0	Fortaleza dos Nogueiras
227,0	Jenipapo dos Vieiras
217,0	Fortaleza dos Nogueiras
211,1	Santa Luzia

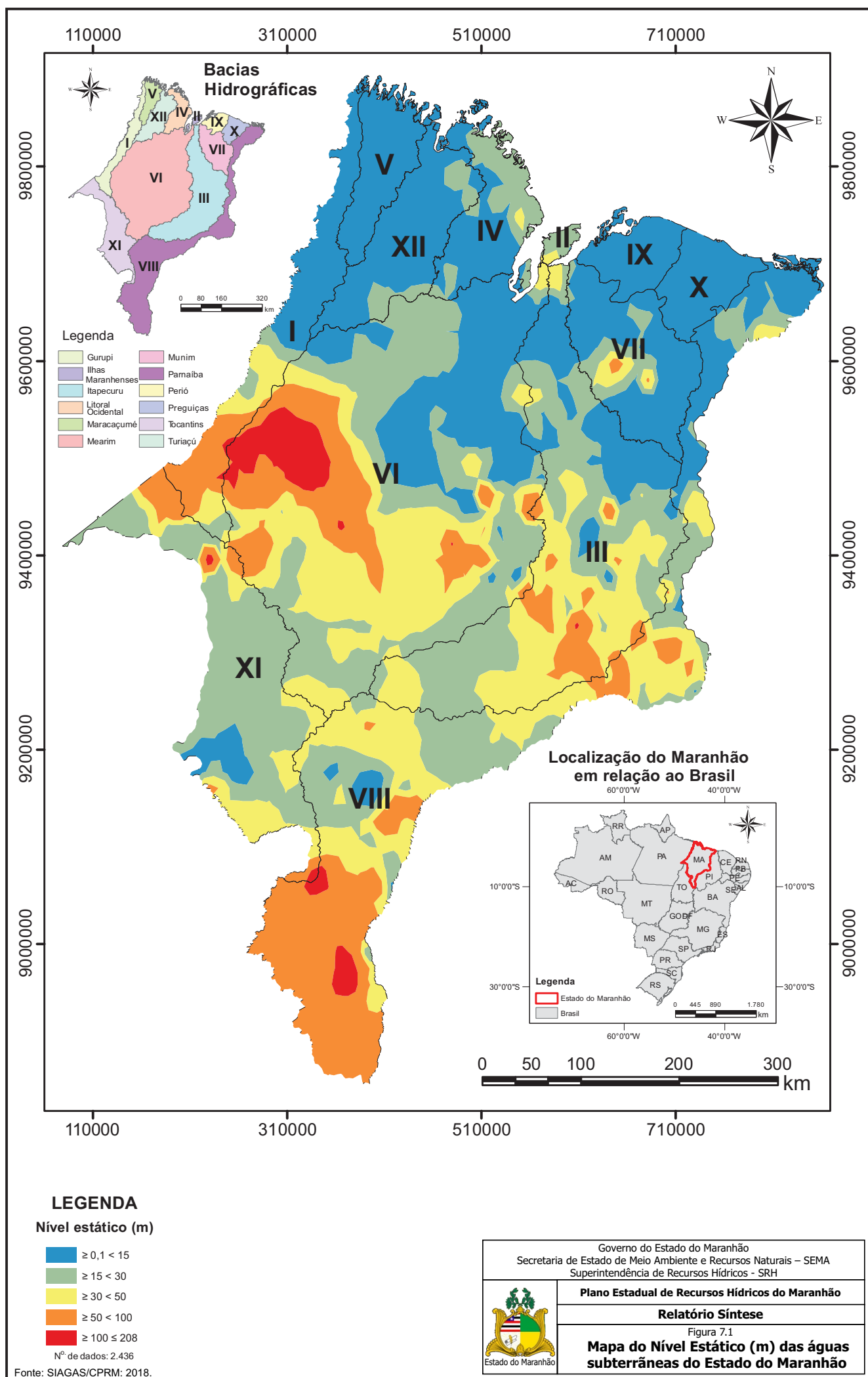
Fonte: SIAGAS (2018).

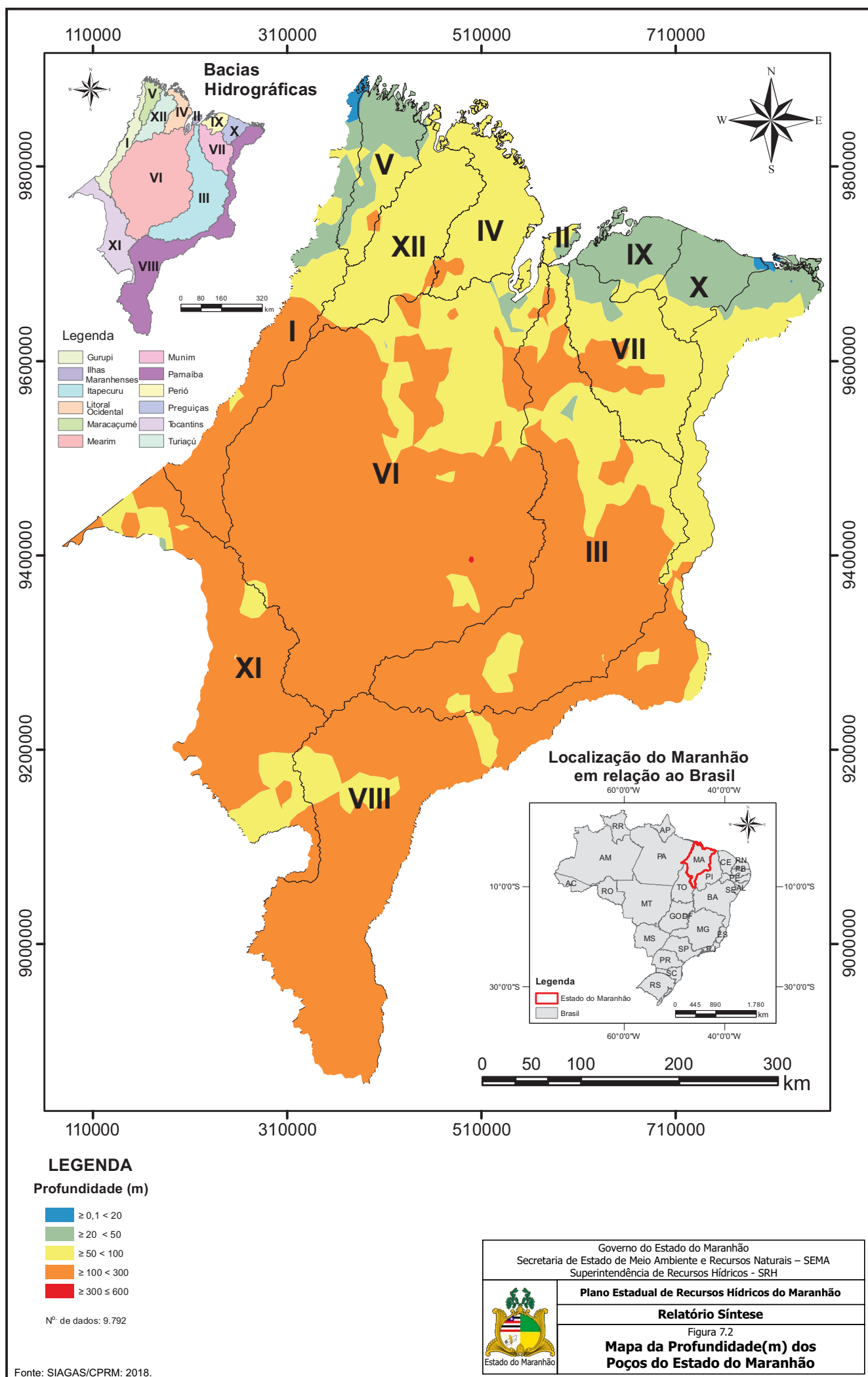
A **Figura 7.2** representa um mapa de zoneamento potencial da profundidade dos poços no Estado do maranhão. A **Tabela 7.3** contém os poços com valores anômalos de profundidades de poços tubulares no Maranhão, acima de 600m chegando a 960m.

Tabela 7.3 - Profundidades de poços tubulares consideradas anômalas no Maranhão

Profundidade (m)	Município
606,0	Arame
711,0	Arame
735,0	Cachoeira Grande
800,0	Caxias
800,0	Paulo Ramos
900,0	Godofredo Viana
960,0	Conceição do Lago Açu

Fonte: SIAGAS (2018)





A **Figura 7.3** mostra o zoneamento potencial das vazões dos poços no Maranhão. Observa-se que, predominantemente, ocorrem as vazões compreendidas entre 5 a 10 m³/h distribuindo-se do norte, passando pela zona central e ocupando a região sul. Secundariamente se tem os poços com vazões entre 10 a 20 m³/h que ocupam pequena área ao norte, com predominância no leste e oeste. Em terceiro lugar, observa-se a ocorrência de poços com vazões que oscilam de 0,3 a 5m³/h nas áreas central, nordeste, noroeste e sul do Maranhão. Finalmente, as maiores vazões e que oscilam de 30 a 65m³/h são encontradas em pequenas áreas ao leste e ao sudoeste do espaço maranhense. As maiores vazões de poços tubulares encontradas no SIAGAS (2018) são de 80 m³/h (Município de Codó) e de 95m³/h (Município de Senador La Roque).

Na **Tabela 7.4** observa-se a natureza (Tipo) dos pontos de água subterrânea por bacia hidrográfica maranhense a partir de 11.605 dados extraídos do SIAGAS.

Tabela 7.4 - Natureza dos pontos d'água por bacia hidrográfica no Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Natureza dos pontos d'água no Estado do Maranhão					Total
	Poço Escavado	Poço Tubular	Poço Amazonas	Fonte	Não Informado	
I - Bacia Gurupi	7	440	—	—	—	447
II - Bacia Ilhas Maranhenses	—	2	—	—	—	2
III - Bacia Itapecuru	9	2134	24	8	13	2188
IV - Bacia Litoral Ocidental	3	731	—	1	3	738
V - Bacia Maracaçumé	9	458	—	—	—	467
VI - Bacia Mearim	14	3759	35	8	21	3837
VII - Bacia Munim	3	652	7	—	1	663
VIII - Bacia Parnaíba	24	2011	29	7	23	2094
IX - Bacia Periaá	—	90	—	—	—	90
X - Bacia Preguiças	1	233	—	—	—	234
XI - Bacia Tocantins	2	513	—	—	—	515
XII - Bacia Turiaçu	—	328	—	—	2	330
Total	72	11351	95	24	63	11605

Fonte: SIAGAS, 2018

A **Tabela 7.5** e a **Figura 7.4** mostram a evolução da instalação dos poços no âmbito do estado do Maranhão, definindo-se claramente a prática de captação de água subterrânea na evolução temporal, reflexo da procura maior pelos particulares e/ou implantação maior de projetos governamentais no âmbito das águas subterrâneas.

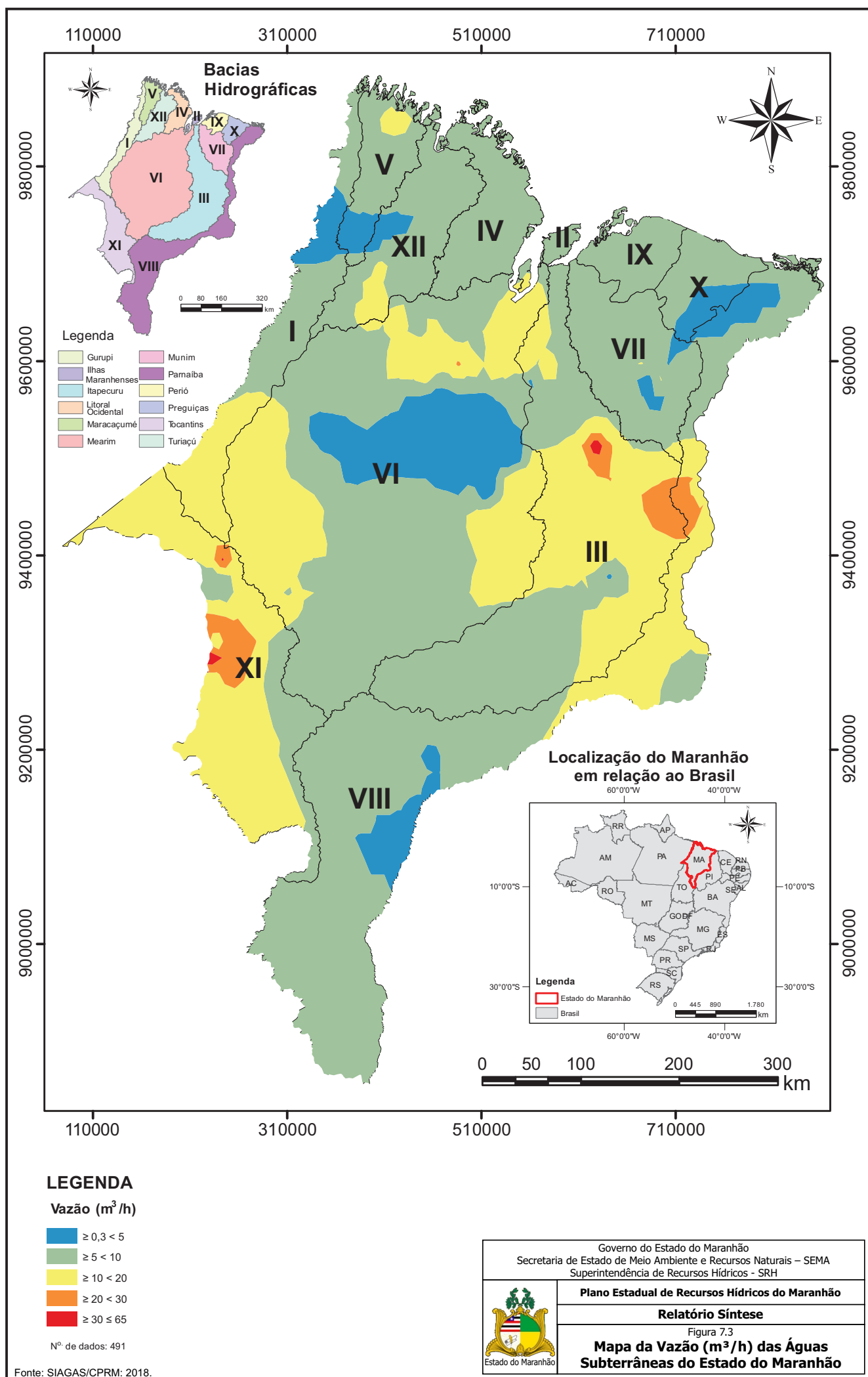
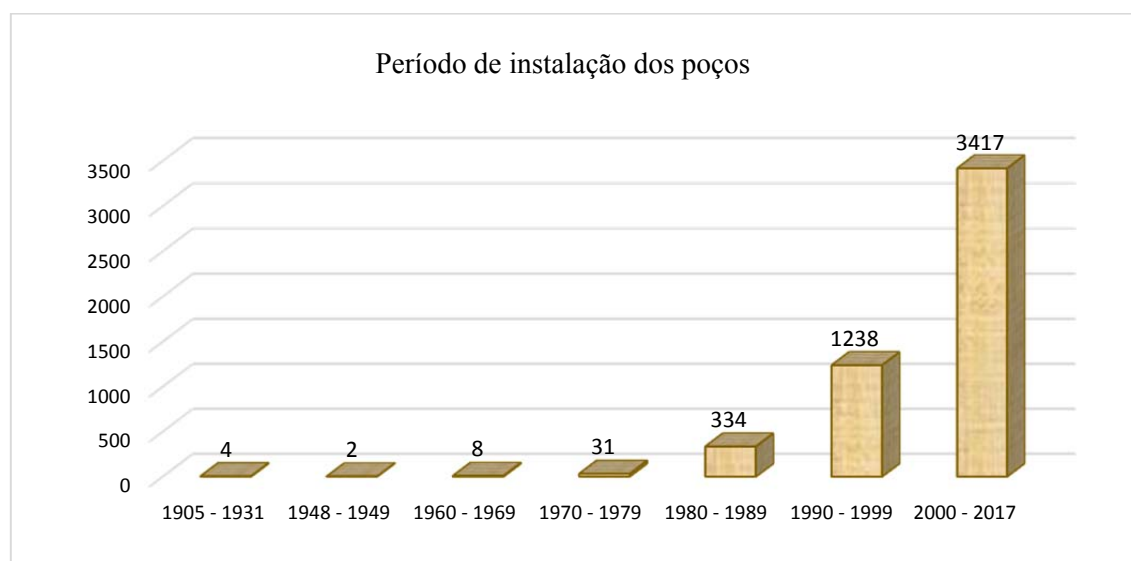


Tabela 7.5 - Período de instalação dos poços tubulares no Estado do Maranhão

Período da instalação do poço	Nº de dados
1905 - 1931	04
1948 - 1949	02
1960 - 1969	08
1970 - 1979	31
1980 - 1989	334
1990 - 1999	1.238
2000 - 2017	3.417

Fonte: SIAGAS, 2018



Fonte: SIAGAS, 2018

Figura 7.4 - Período de instalação dos poços tubulares no Estado do Maranhão

Um dos pontos discutidos em âmbito estadual é a situação operacional dos poços. A **Tabela 7.6** mostra este comportamento por bacia hidrográfica.

Tabela 7.6 - Situação dos poços por bacia hidrográfica no Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Situação dos poços no Estado do Maranhão					Total
	Em operação	Não instalado	Abandonado	Obstruído	Paralisado	
I - Bacia Gurupi	370	23	21	03	27	444
II - Bacia Ilhas Maranhenses	-	-	-	01	01	02
III - Bacia Itapecuru	1.695	96	101	26	237	2.155
IV - Bacia Litoral Ocidental	549	41	22	25	99	736
V - Bacia Maracaçumé	377	31	10	2	44	464
VI - Bacia Mearim	3053	179	134	63	373	3.802
VII - Bacia Munim	478	42	13	31	91	655
VIII - Bacia Parnaíba	1.683	92	76	22	167	2.040
IX - Bacia Periaá	68	01	03	03	15	90
X - Bacia Preguiças	204	14	-	04	12	234
XI - Bacia Tocantins	405	17	34	15	44	515
XII - Bacia Turiaçu	243	19	09	07	52	330
Total	9.125	555	423	202	1.162	11.467

Fonte: SIAGAS, 2018

7.1.1. Produtividade dos Sistemas Hidrogeológicos

A produtividade dos sistemas hidrogeológicos maranhenses foi abordada pelo IBGE (1997) que individualizou no Maranhão três (3) principais zonas para captação de águas subterrânea com base nas espessuras dos pacotes sedimentares, descritas a seguir, juntamente com os principais aquíferos.

Zona 1 – Nela deve ocorrer a captação das águas subterrâneas em profundidades superiores a 1000m, com a exploração sendo recomendada para empreendimentos que atendam uma quantidade maior da população, bem como para o setor industrial e de irrigação, por ter previsão de vazões acima de 100 m³/h. São explorados os Aquíferos Sambaíba e Poti-Piauí, de características litológicas predominantemente arenosas e com amplas áreas de realimentação nas suas zonas de afloramento.

Zona 2 - Corresponde aos aquíferos livres e subconfinados Corda, Grajaú e Itapecuru, favoráveis para atender a demanda de pequenos empreendimentos, abastecimento público, pequena irrigação, pequena e média indústria e serviços em geral, com poços de até 250m de profundidade e vazões variando entre 5 e 20 m³/h.

Zona 3 – Esta zona corresponde àquela onde se procede a captação dos aquíferos Barreiras e Sedimentos Quaternários, recomendável como suporte a empreendimentos de baixo e médio porte. O Aquífero Barreiras é composto por clásticos finos a grosseiros (Arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados) heterogêneos e mal consolidados. Tem caráter de aquífero livre, descontínuo e heterogêneo, e seus horizontes produtores são determinados pelos pacotes areníticos e conglomeráticos. Os poços do Barreiras possuem profundidades que predominam

Mais recentemente, um trabalho realizado por Monteiro, Correia Filho e Diniz (2012) levando em consideração o levantamento bibliográfico, observações de campo, poços do SIAGAS, projetos da CPRM e literatura técnica, enquadraram as unidades hidrogeológicas maranhenses em classes segundo sua produtividade para a captação subterrânea, utilizando a classificação proposta por Struckmeier e Margat (1995). A classificação deste comportamento hidrogeológico no Maranhão resultou nos seguintes tipos: Muito Alta a Alta (Urucuiá e Sambaíba); Alta a Moderada (Poti/Piauí); Moderada a Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada (Barreiras, Itapecuru e Corda); Geralmente Baixa, porém Localmente Moderada a Geralmente Muito Baixa, Localmente Baixa (Grajaú); Geralmente Muito Baixa, Localmente Baixa (Codó, Patos Bons, Motuca e Pedra de Fogo), e; Não Aquífera (Sardinha e Mosquito).

Tal classificação é apresentada na **Figura 7.5** permitindo a visualização espacial do comportamento da produtividade aquífera no solo maranhense.

7.2. Reservas, Recursos e Disponibilidades das Águas Subterrâneas

As reservas renováveis e permanentes de águas subterrâneas representam os volumes armazenados nos aquíferos, sendo os recursos exploráveis – também conhecidos como reservas exploráveis, representativos do potencial hídrico subterrâneo que os aquíferos podem fornecer através dos poços e fontes naturais. Seu conhecimento é necessário e importante para ser incorporado ao balanço hídrico dos planos e projetos envolvendo planejamento e gestão dos recursos hídricos.

A relação entre a bacia hidrográfica e a bacia hidrogeológica nem sempre pode ser conhecida através do mapeamento geológico de superfície, particularmente para os aquíferos mais profundos a exemplo do Cabeças e Serra Grande, e o comportamento hidrogeológico depende fundamentalmente das características geológicas, particularmente da caracterização sedimentológica (Sedimentos e litotipos), características estratigráficas e estruturais de suas rochas (CAVALCANTE, 2014).

7.2.1. Reservas Renováveis (Rr)

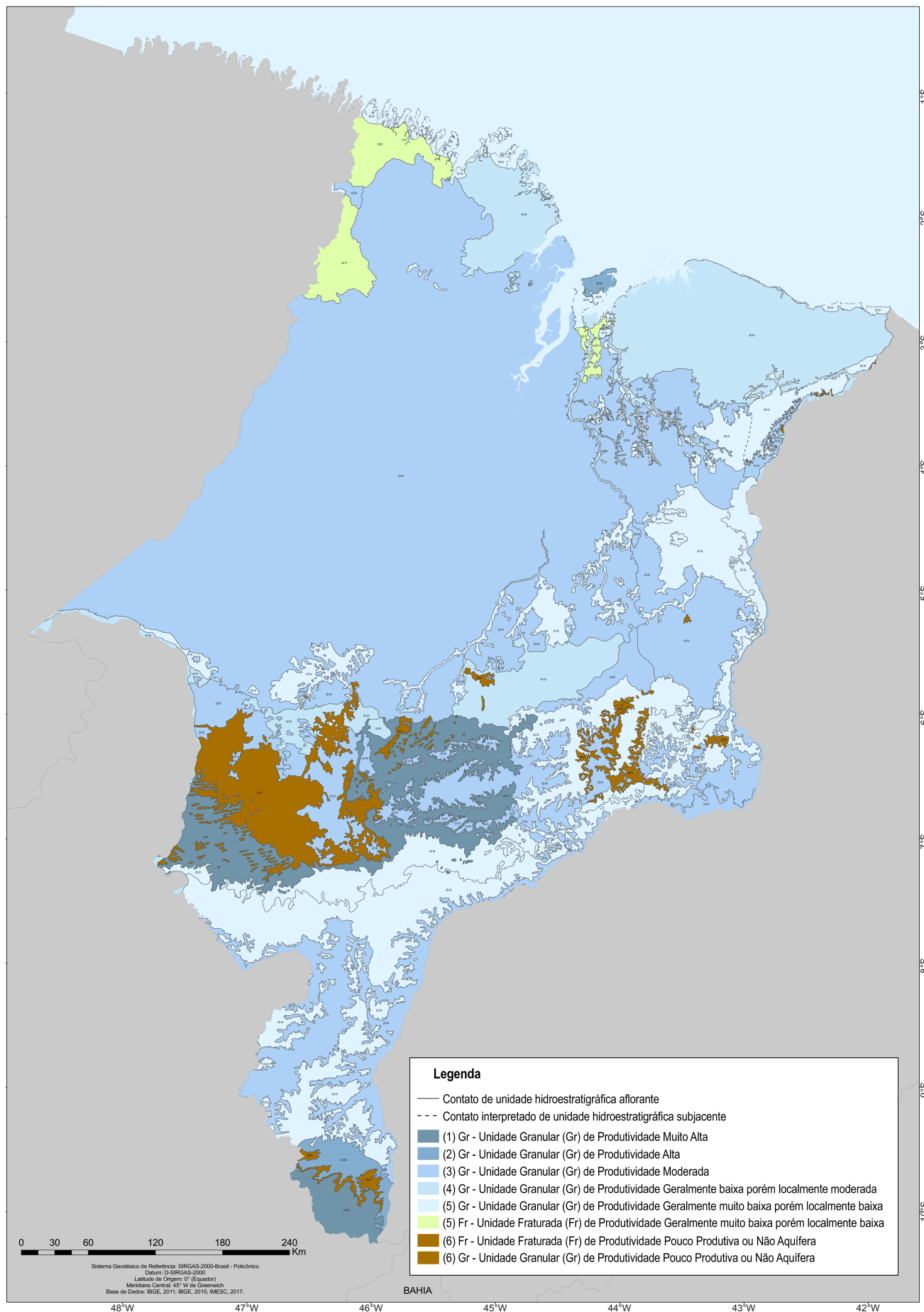
São representadas pelo volume hídrico armazenado entre os níveis de flutuação máximo e mínimo dos aquíferos livres, participando efetivamente do ciclo hidrológico em uma escala de tempo anual, interanual ou sazonal estando, desta forma, em constante movimento.

7.2.2. Reservas Permanentes (Rp)

Estas reservas são representativas do volume hídrico subterrâneo que participa do ciclo hidrológico em uma escala de tempo plurianual, centenária ou milenar. Correspondem aos volumes estocados abaixo do limite inferior de flutuação sazonal do nível de saturação dos aquíferos livres ou dos níveis potenciométricos dos aquíferos confinados (REBOUÇAS, 1997; CAVALCANTE, 1998).

7.2.3. Recursos exploráveis (Re) ou Potencialidade aquífera (P)

É entendida como o volume hídrico subterrâneo que pode ser utilizado anualmente podendo incluir, eventualmente, uma parcela da reserva permanente, passível de ser explorado, com descargas constantes, durante um determinado espaço de tempo.



Fonte: SIAGAS/CPRM: 1995.

O dimensionamento das reservas e recursos exploráveis (Potencialidade aquífera) para o Maranhão foi concebido por sistema aquífero existente em cada bacia hidrográfica, até o momento não disponibilizado em trabalhos técnicos. A **Tabela 7.7** apresenta este número unicamente por bacia, unidade de planejamento dos recursos hídricos.

Tabela 7.7 - Reservas e recursos hídricos subterrâneos exploráveis por bacia hidrográfica no Maranhão

Bacia Hidrográfica	Reservas			Recursos exploráveis (m³/ano) x 10 ⁹
	Renováveis (m³/ano) x 10 ⁹	Permanentes (m³) x 10 ⁹	Totais (m³) x 10 ⁹	
Gurupi	0,66	60,48	61,14	1,02
Ilhas Maranhenses	0,25	10,41	10,66	0,31
Itapecuru	1,67	268,24	269,91	2,24
Litoral Ocidental	0,42	32,33	32,75	0,61
Maracaçumé	0,28	21,46	21,74	0,41
Mearim	4,60	444,21	448,81	7,26
Munim	1,28	58,21	59,49	1,64
Parnaíba	1,30	77,88	79,18	1,76
Periá	1,20	9,74	10,94	1,25
Preguiças	1,49	12,93	14,42	1,56
Tocantins	0,51	79,14	79,65	0,98
Turiaçu	0,65	57,45	58,10	1,00
TOTAL	14,31	1.132,48 (1,13 x 10¹²)	1.146,79 (1,14 x 10¹²)	20,04

Fonte: IBI, 2018.

A **Tabela 7.8** apresenta o resumo de reservas e potencialidade hídricas do aquífero.

Tabela 7.8 – Resumo de Reservas e Potencialidade Hídricas do Aquífero do Maranhão.

Bacia Hidrográfica	Reservas do Sistema Livre		Reservas do Sistema Confinado	Reservas Totais (10 ⁶ m³)	Potencialidades Hídricas Subterrâneas (10 ⁶ m³/ano)
	Reservas Renováveis (10 ⁶ m³/ano)	Reservas permanentes (10 ⁶ m³)	Reservas permanentes (10 ⁶ m³)		
Gurupi	665,52	53.986,83	6.500,00	61.140,00	1.026,27
Ilhas Maranhenses	252,53	10.124,93	299,08	10.663,74	315,05
Itapecuru	1.675,69	252.479,75	15.770,62	269.912,42	2.245,84
Litoral Ocidental	420,31	30.520,02	1.810,00	32.740,00	614,29
Maracaçumé	287,12	20.790,00	674,03	21.724,03	413,36
Mearim	4.606,47	429.875,37	14.349,79	448.827,19	7.264,38
Munim	1.298,58	50.881,06	7.332,45	59.493,54	1.647,83
Parnaíba	1.300,42	70.573,01	7.318,16	79.170,29	1.767,74
Periá	1.205,62	8.192,50	1.555,94	10.954,06	1.255,98
Preguiças	1.499,73	10.096,31	2.840,00	14.436,04	1.567,58
Tocantins	510,90	62.510,00	16.637,97	79.637,49	985,80
Turiaçu	657,41	54.337,01	3.120,05	58.100,62	1.001,96
TOTAL	14.380,30	1.054.366,79	78.208,09	1.146.799,42	20.106,08

Fonte: IBI, 2018.

8.

**QUALIDADE DAS ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS NO MARANHÃO**

8. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MARANHÃO

No geral, ainda são poucos os trabalhos publicados relacionados a qualidade das águas subterrâneas no estado do Maranhão. Os dados sobre este tema disponíveis no SIAGAS são escassos e faltam informações acerca de vários parâmetros importantes na análise qualitativa, particularmente para a classificação iônica, para a irrigação e indústria. Dessa forma, é preciso trabalhar com o que existe disponível, bem como deve ser ressaltada a necessidade de se consultar a literatura técnica objetivando se conhecer os projetos produzidos que deem uma noção panorâmica sobre a qualidade dessas águas no território maranhense. Porém, não se tem trabalhos sobre a qualidade das águas subterrâneas em escala regional, dispondo-se somente daqueles realizados em caráter municipal, sendo predominante nos da Região Metropolitana de São Luís.

Um levantamento da qualidade da água distribuída pela rede de abastecimento pública nos municípios da Baixada Maranhense, onde se observaram resultados de indicadores microbiológicos com índices superiores ao estabelecido em padrões de potabilidade no período seco do ano para Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis*.

No período chuvoso com alta pluviosidade foram constatadas concentrações elevadas de Coliformes totais, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterococcus faecalis*.

Um dos grandes problemas que o Maranhão possui é a destinação dos resíduos sólidos, considerados como fontes potenciais de poluição para as águas subterrâneas. O IBGE relata que na zona rural o índice de domicílios particulares permanentes com coleta de lixo é muito pequeno, geralmente inferior a 20%, enquanto que na zona urbana ultrapassa os 95%.

No Maranhão, dos 217 municípios, apenas São Luís tem aterro sanitário, e nos demais municípios o principal destino do lixo são os lixões, muitas vezes construídos de forma completamente irregular (TRINTA, 2017).

O pH representa o logaritmo decimal do inverso da concentração molar dos íons H^+ de um meio aquoso, refletindo a concentração do hidrogênio na água e sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes, estando associado ao gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. Representa, assim, o valor do Potencial Hidrogeniônico da água controlado pelo equilíbrio de íons dissolvidos, adimensional e variando de 1 a 14, caracterizando a solução neutra (pH = 7), básica (pH superior a 7) e ácida (pH inferior a 7).

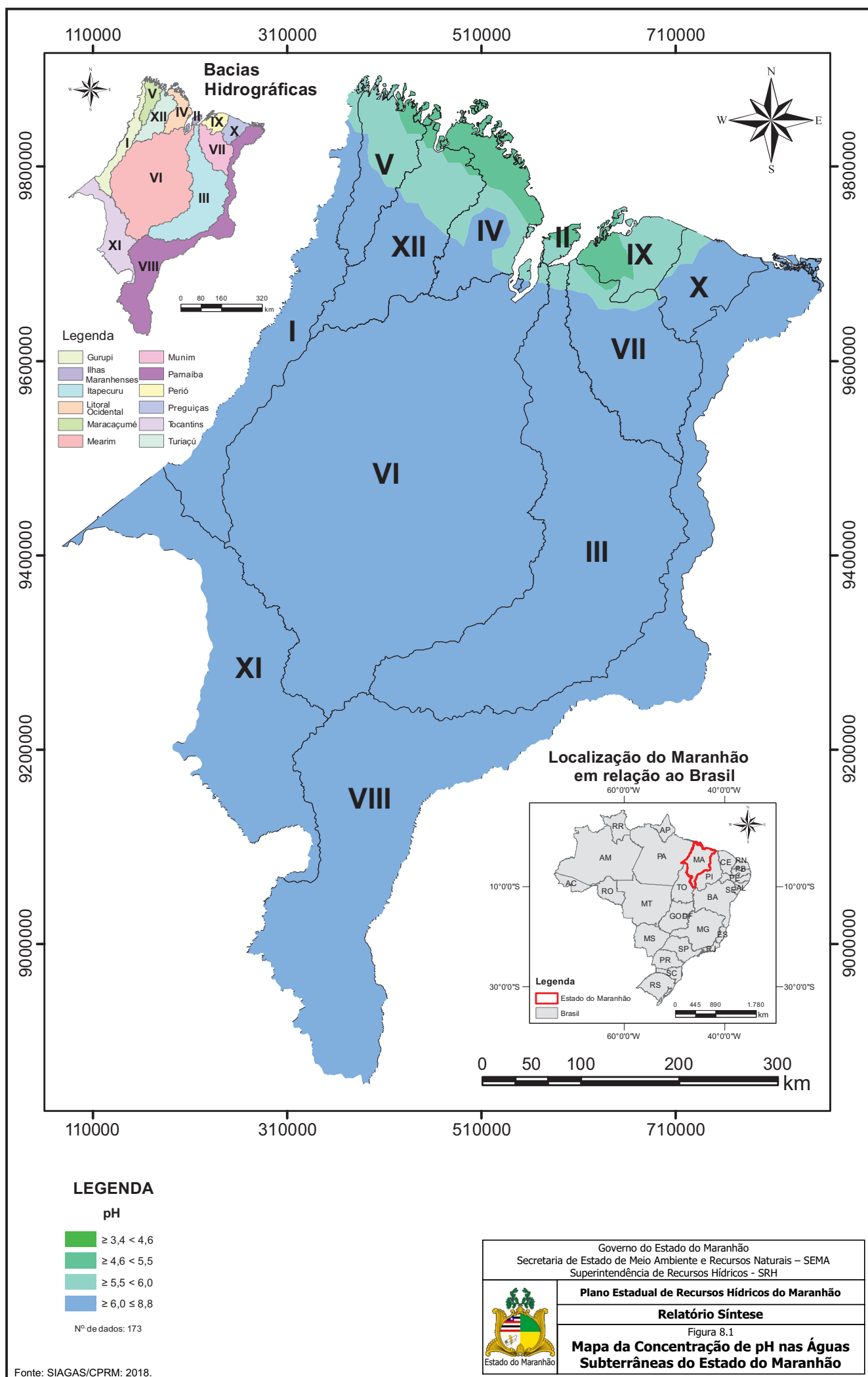
Segundo a Portaria nº 2914/2011 do Ministério de Saúde, incorporada na Resolução Normativa 05/2017, ele deve estar na faixa entre 6,0 e 9,5. O Mapa de Zoneamento Tendencial de pH das Águas Subterrâneas do Estado do Maranhão (**Figura 8.1**) foi elaborado a partir dos dados disponíveis no SIAGAS (2018).

A condutividade elétrica é a propriedade da água de conduzir corrente elétrica, sendo diretamente correlacionável ao STD. Ela é considerada como um bom critério na avaliação do grau de mineralização da água, fornecendo informações dedutivas acerca do meio subterrâneo, a exemplo dos valores baixos de condutividade elétrica característicos de granitos; meios carbonáticos e argilosos contribuem para águas mais condutivas e, portanto, mais ricas ionicamente (BANDERALI e VILLAS, 2015).

O Mapa de Distribuição Tendencial da Condutividade Elétrica das Águas Subterrâneas no Estado do Maranhão (**Figura 8.2**) foi elaborado com dados do SIAGAS (2018) e ressalta a ocorrência, de modo quase que total, das águas com condutividade elétrica inferior a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C, destacando-se os valores inferiores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e que denotam águas totalmente enquadradas, por este parâmetro, como águas potáveis para o consumo humano dentro dos padrões exigidos pela Portaria nº 2914/2011 MS (Resolução Normativa 05/2017).

8.1. Qualidade das águas subterrâneas nas bacias hidrográficas

A seguir, são apresentados, de forma mais específica, os dados de qualidade da água subterrânea referentes aos parâmetros obtidos do SIAGAS (2018), expostos por bacia hidrográfica maranhense. Ressalta-se que, das 12 bacias, não constam dados/informações qualitativos para as bacias Gurupi, Maracaçumé e Turiaçu enquanto que a Bacia do Munim possui o maior número conforme mostra a **Tabela 8.1**. Estes dados por sistema aquífero são mostrados na **Tabela 8.2**, onde o Aquífero Itapecuru possui o maior número deles, ressaltando-se a presença de um aquífero classificado como “Ilhas Maranhenses”, não condizente com classificação aquífera adotada no PERH/MA e, sim, com bacia hidrográfica.



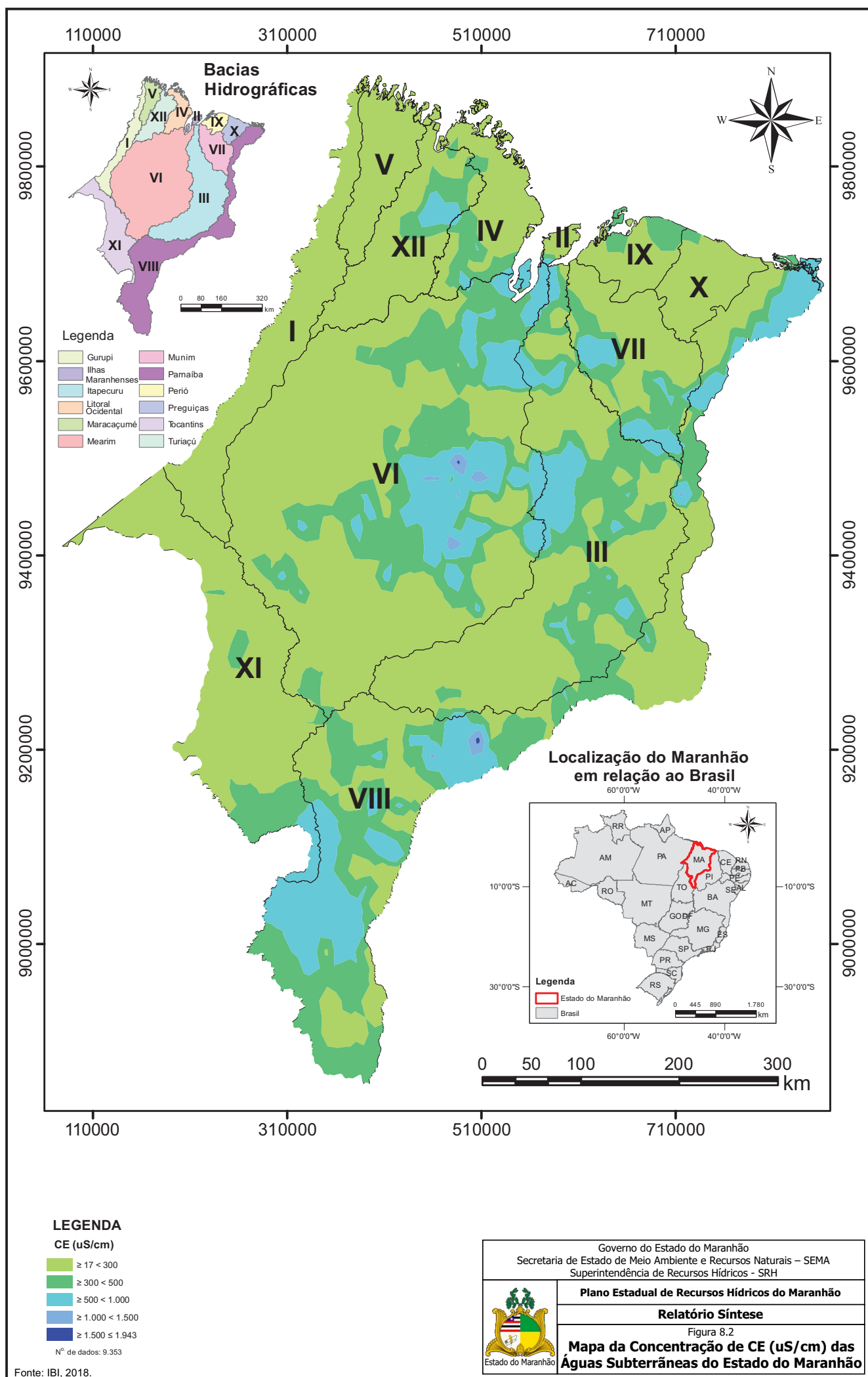


Tabela 8.1 - Dados de pH e condutividade elétrica para as bacias hidrográficas do Estado do Maranhão

Bacias Hidrográficas	pH			Nº. de dados	CE			Nº. de dados
	Média	Mínimo	Máximo		Média	Mínimo	Máximo	
I - Bacia Gurupi	-	-	-	-	-	-	-	-
II - Bacia Ilhas Maranhenses	5,28	3,40	7,44	31	146,14	37,00	670,80	28
III - Bacia Itapecuru	7,60	6,00	8,50	22	294,82	100,00	640,00	17
IV - Bacia Litoral Ocidental	7,1			01	200,00			01
V - Bacia Maracaçumé	-	-	-	-	-	-	-	-
VI - Bacia Mearim	7,70	5,50	8,83	86	484,02	63,19	6200,00	94
VII - Bacia Munim	7,30	5,00	8,50	05	273,90	11,00	3610,00	276
VIII - Bacia Parnaíba	7,44	5,90	8,40	17	281,14	18,00	1800,00	84
IX - Bacia Peria	7,36			01	493,00			01
X - Bacia Preguiças	7,40			01	122,16	34,00	483,00	82
XI - Bacia Tocantins	7,73	7,25	8,30	09	118,51	40,00	300,00	09
XII - Bacia Turiaçu	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	-	-	-	173	-	-	-	592

Fonte: SIAGAS (2018) LEGENDA: CE – Condutividade elétrica

Tabela 8.2 - Dados de pH e condutividade elétrica por sistema aquífero do Estado do Maranhão.

Aquífero	pH			Nº. de dados	CE			Nº. de dados
	Média	Mínimo	Máximo		Média	Mínimo	Máximo	
Aluvionar	7,40			01	-	-	-	-
Barreiras	6,59	5,38	7,44	03	279,00	37,00	420,00	03
Coberturas Cenozoicas	5,30			01	110,31	25,00	290,00	13
Codó	7,90	6,70	8,83	26	463,18	40,00	1460,00	27
Corda	8,13	6,70	8,83	25	498,27	122,00	1460,00	24
Grajaú	7,71	7,03	8,55	04	343,63	129,60	627,87	04
Ilhas Maranhenses	8,50			01	6200,00			01
Itapecuru	6,62	3,40	8,83	84	281,18	11,00	3610,00	360
Itararé	4,42			01	162,44	30,00	390	03
Mosquito	7,79			01	189,53			01
Motuca	7,56	6,70	8,50	06	491,30	65,00	800,00	05
Pastos Bons	6,95	6,00	7,90	02	240,00			01
Pedra de Fogo	8,04	6,75	8,40	07	572,00	190,00	1800,00	05
Piauí	7,54	5,90	8,40	08	267,71	50,00	525,00	07
Sambaíba	7,35	6,80	7,90	02	330,50	240,00	421,00	02
Sedimentos Costeiros	7,36			01	493,00			01
Não definido	-	-	-	00	154,05	34,00	586,00	135
Total	-	-	-	173	-	-	-	592

Fonte: SIAGAS (2018) LEGENDA: CE – Condutividade elétrica

9.

DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DAS DEMANDAS E VARIABILIDADES HÍDRICAS

9. DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DAS DEMANDAS E VARIABILIDADES HÍDRICAS

O estudo de demanda hídrica abrange duas considerações conforme os usos: demanda de usos consuntivos, onde grande parte da água utilizada para este fim não retorna ao seu curso original, com redução efetiva da disponibilidade da fonte hídrica, e, a parte que retorna aos mananciais com qualidade inferior a da água que foi captada e sua diluição afetando a qualidade de todo o corpo d'água. Compreendem as demandas para abastecimento humano, animal, irrigação, indústria, piscicultura e turismo. A demanda de usos não consuntivos não implica no consumo efetivo da água, não interfere no volume que pode ser destinado para outros fins como os usos consuntivos, mas cria toda espécie de externalidades, visto que requerem a manutenção de uma vazão média estável e permanente no manancial. Esses usos se referem às atividades de geração de energia, navegação e a demanda ecológica.

Os Termos de Referência (TDR's) para elaboração do PERH-MA definem em seu escopo que o Plano deverá ser baseado na compilação e análise de dados e informações de natureza secundária, portanto, em informações já disponíveis, relativas a estudos, planos e projetos desenvolvidos e aprovados pelo Governo do Estado do Maranhão. Também são elencáveis como fontes fidedignas os documentos produzidos por órgãos federais citando como exemplo o IBGE, ANA, Ministério da Integração Nacional, DNOCS, CODEVASF, etc., com interveniência ou superveniência com o setor de recursos hídricos.

A determinação das demandas hídricas para este Plano foi realizada a partir de dados secundários fornecidos, principalmente, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Agência Nacional de Águas (ANA), Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA), Núcleo Geoambiental – Universidade Estadual do Maranhão (NUGEO/UEMA) entre outras.

9.1. Demanda Hídrica para Abastecimento Humano

As demandas hídricas de abastecimento humano no Estado do Maranhão foram divididas basicamente em abastecimento humano urbano e abastecimento humano rural.

Os parâmetros adotados no presente estudo tiveram como base o Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semiárida (ANA, 2005), que agrega os municípios em estratos populacionais e o Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010) que considera as perdas físicas dos sistemas de abastecimento como sendo de 40% (**Tabela 9.1**).

Tabela 9.1 - Valores *Per Capita* para Abastecimento Humano Urbano

Estratos da população (nº de habitantes)	Per capita de Captação (l/hab.dia)	Perdas (%)	Per capita de Consumo (l/hab.dia) (*)
0 a 5.000	200	40	120
5.000 a 25.000	217	40	130
25.000 a 100.000	225	40	135
100.000 a 500.000	300	40	180
Acima de 500.000	333	40	200

Fonte: Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semiárida (ANA, 2005); Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010).

(*) Valor per capita de consumo = valor per capita de captação – perda.

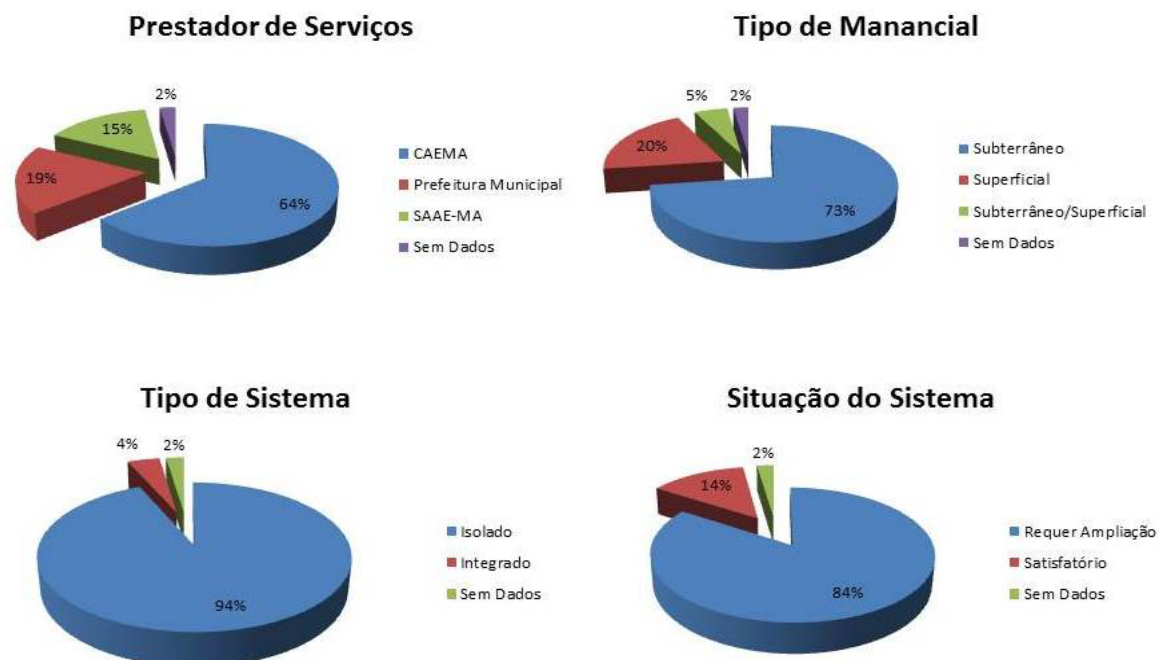
Ao agregar as demandas hídricas municipais nas Bacias Hidrográficas, obtêm-se os valores apresentados na **Tabela 9.2**.

Tabela 9.2 - Demanda Hídrica para Abastecimento Humano Urbano e Rural por Bacia Hidrográfica

Bacias Hidrográficas	População (Hab) 2010		Demanda Hídrica de Abastecimento Humano					
	Urbana	Rural	Urbano		Rural		Total	
			Retirada (l/s)	Consumo (l/s)	Retirada (l/s)	Consumo (l/s)	Retirada (l/s)	Consumo (l/s)
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	482.575	235.140	1.343,75	268,75	272,15	136,08	1.615,90	404,83
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	390.141	108.143	1.205,36	241,07	125,17	62,58	1.330,53	303,66
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	137.969	40.386	352,26	70,45	46,74	23,37	399,00	93,82
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	167.824	175.221	422,37	84,47	202,80	101,40	625,18	185,88
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	1.091.717	261.089	4.039,62	807,92	302,19	151,09	4.341,81	959,02
VI – Bacia Hidrográfica do Mearim	872.040	809.680	2.219,96	443,99	937,13	468,56	3.157,09	912,56
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	641.912	378.596	1.739,53	347,91	438,19	219,09	2.177,72	567,00
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	164.956	155.073	416,13	83,23	179,48	89,74	595,61	172,97
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	77.734	101.565	192,79	38,56	117,55	58,78	310,34	97,33
X – Bacia Hidrográfica do Maracáçumé	75.149	47.408	187,79	37,56	54,87	27,43	242,66	64,99
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	26.707	69.678	66,16	13,23	80,65	40,32	146,81	53,56
XII – Bacia Hidrográfica do Periaá	18.425	45.661	44,72	8,94	52,85	26,42	97,57	35,37
Estado do Maranhão	4.147.149	2.427.640	12.230,45	2.446,09	2.809,77	1.404,88	15.040,21	3.850,97

Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva, 2018.

As informações de demanda hídrica para abastecimento humano urbano e rural por Bacia Hidrográfica, constante na **Tabela 9.2** foram espacializadas e podem ser visualizadas na **Figura 9.1**.



Fonte: ANA, Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água, 2010.

Figura 9.1 - Características dos Sistemas de Abastecimento dos Municípios

9.1.1. Sistema de Abastecimento das Sedes Urbanas

A situação de abastecimento de água das sedes urbanas dos municípios maranhenses encontra-se analisada no Relatório Temático Diagnóstico da Dinâmica Socioeconômica e Ambiental. Tendo por base o citado relatório, o qual apropriou dados do Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010), que trata da situação vigente dos sistemas de abastecimento de água das sedes urbanas dos municípios, foi elaborado a **Tabela 9.3** que apresenta o resumo das principais características dos sistemas de abastecimento de água dos municípios do Maranhão.

Tabela 9.3 - Características dos Sistemas de Abastecimento de Água das Sedes Municipais

Principais Características dos Sistemas de Abastecimento		Nº de Municípios	%
Prestador de Serviços	CAEMA	139	64,06
	Prefeitura Municipal	40	18,43
	SAAE-MA	33	15,21
	Sem Dados	5	2,30
Tipo de Manancial	Subterrâneo	158	72,81
	Superficial	43	19,82
	Subterrâneo/Superficial	11	5,07
	Sem Dados	5	2,30
Tipo de Sistema	Isolado	203	93,55
	Integrado	9	4,15
	Sem Dados	5	2,30
Situação do Sistema	Requer Ampliação	183	84,33
	Satisfatório	29	13,36
	Sem Dados	5	2,30

Fonte: SEMA/IBI, Relatório Temático Diagnóstico da Dinâmica Socioeconômica e Ambiental, 2018.

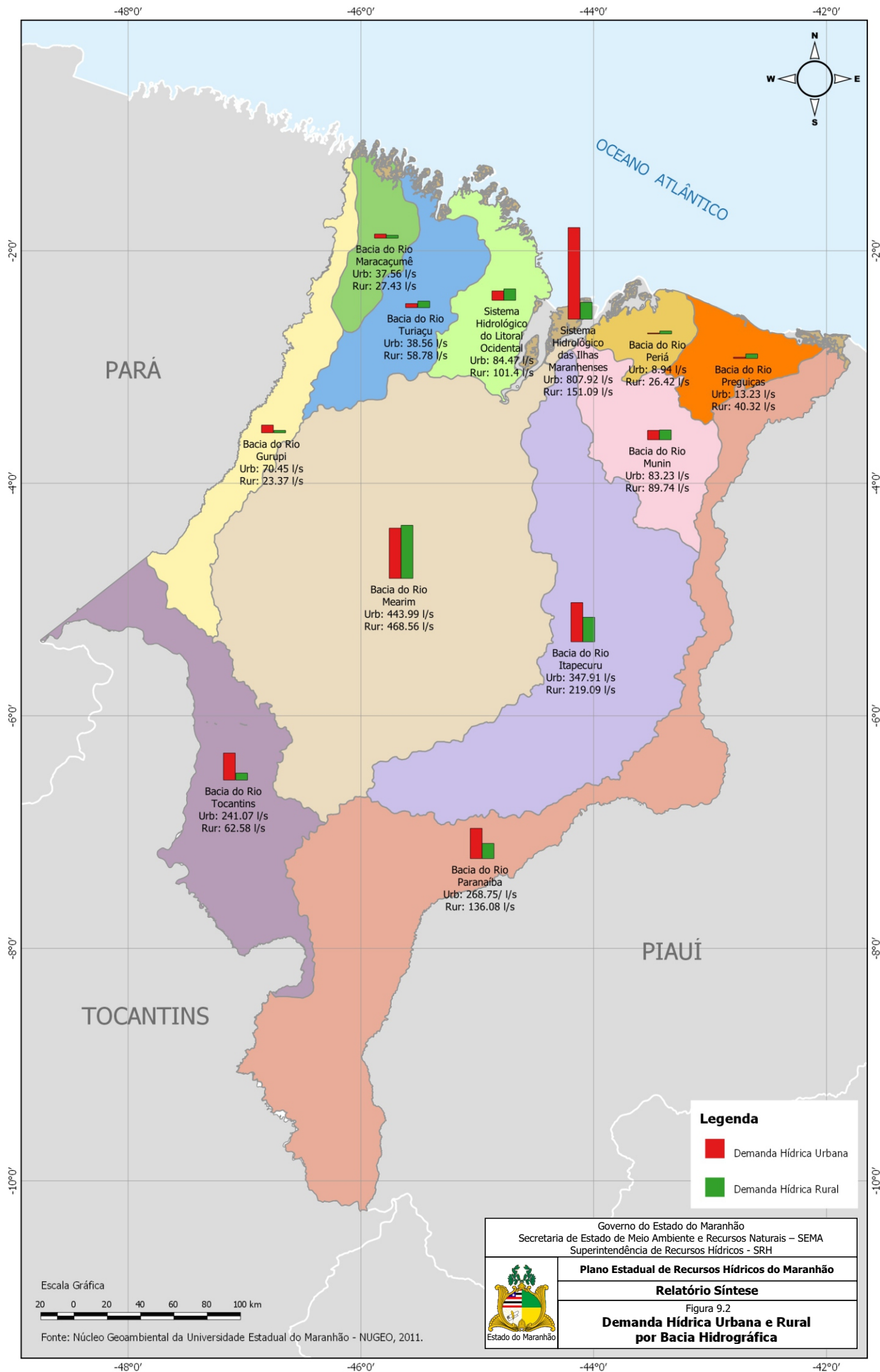
Constata-se que a grande maioria dos municípios apresenta como concessionária de água a Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) (64,06%); 72,81% dos municípios apresentam como fonte hídrica do sistema, mananciais subterrâneos; 93,55% possuem sistema de abastecimento isolado; 84,33% dos municípios requerem ampliação do sistema, enquanto 13,36% possuem abastecimento urbano de água satisfatório (**Figura 9.2**).

A **Tabela 9.4** apresenta a relação dos sistemas integrados de abastecimento de água.

Tabela 9.4 – Sistemas Integrados de Abastecimento de Água

Sistema Adutor	Fonte Hídrica	Cidades Beneficiadas
SIAA Cantanhede - Matões do Norte - Miranda do Norte	Rio Itapecuru e Açude Miranda do Norte	Cantanhede, Matões do Norte e Miranda do Norte
SIAA Vargem Grande - Nina Rodrigues	Rio Mearim	Vargem Grande, Nina Rodrigues
SIAA Pedreiras - Trizidela do Vale	Rio Mearim	Pedreiras, Trizidela do Vale
SIAA Italuís	Poços de São Luís, Rio Itapecuru, Riacho Mãe Isabel e Poços de Bacabeira	São Luís e Bacabeira

Fonte: ANA, Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água, 2010.



9.2. Demanda Hídrica para Dessedentação Animal

Os valores das demandas hídricas unitárias para cada tipo de rebanho foram adaptados conforme Rebouças (et al., 2006) (**Tabela 9.5**).

Tabela 9.5 - Valores BEDA por Tipo de Rebanho

Tipo de Rebanho	Consumo (l/dia)	Relação BEDA
Bovinos	50	BEDA/1
Bubalinos	50	BEDA/1
Equinos, muares e asininos	45	BEDA/1,11
Suínos	15	BEDA/3,33
Ovinos e Caprinos	8	BEDA/6,25
Aves	0,2	BEDA/250

Fonte: Rebouças *et al.*, 2006.

De posse dos dados do IBGE (2015) foram agrupados os rebanhos segundo os portes e espécies animais, cujos quantitativos podem ser visualizados na **Tabela 9.6**. Há uma predominância da criação de aves e bovinos (**Figura 9.3**).

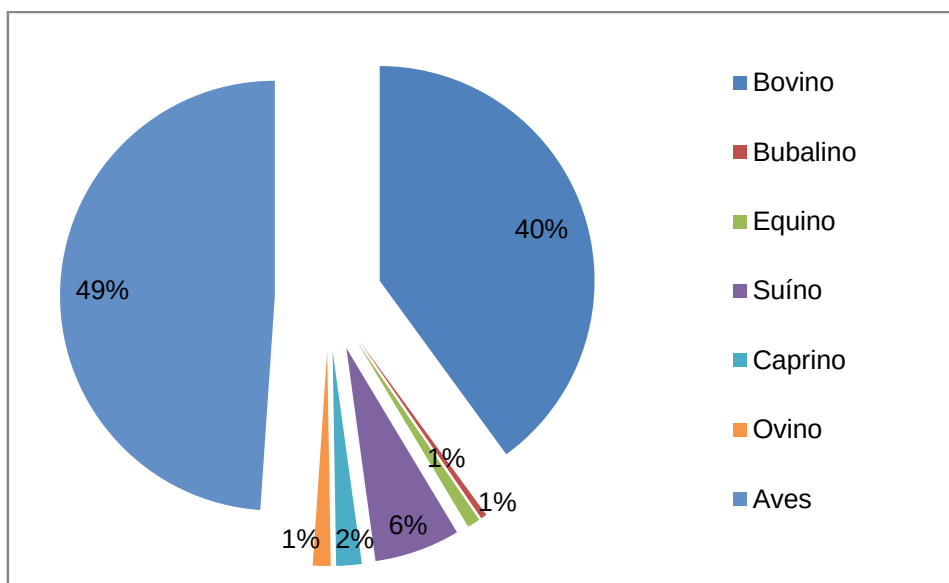
Tabela 9.6 - Quantitativo de Animais por Porte e Espécie na Bacia

Porte	Espécie	Quantidade de Animais (cabeças)
Grande Porte	Bovino	7.643.128
	Bubalino	87.896
	Equino	185.722
Médio Porte	Suíno	1.231.823
	Caprino	365.973
Médio Porte	Ovino	255.062
Pequeno Porte	Aves	9.357.217
Total		19.126.821

Fonte: IBGE, Pesquisa Pecuária Municipal, 2015.

Ao agregarem-se os valores de demandas hídricas municipais nas Bacias Hidrográficas, obtêm-se os valores apresentados na **Tabela 9.7**.

A Bacia Hidrográfica do Mearim apresenta-se com as maiores demandas hídricas para a pecuária, com 2.282,66 l/s para captação e 456,53 l/s para consumo, devido à grande concentração de rebanho bovino. Na **Figura 9.4** podem-se visualizar as informações da **Tabela 9.7** espacializadas por Bacias Hidrográficas.



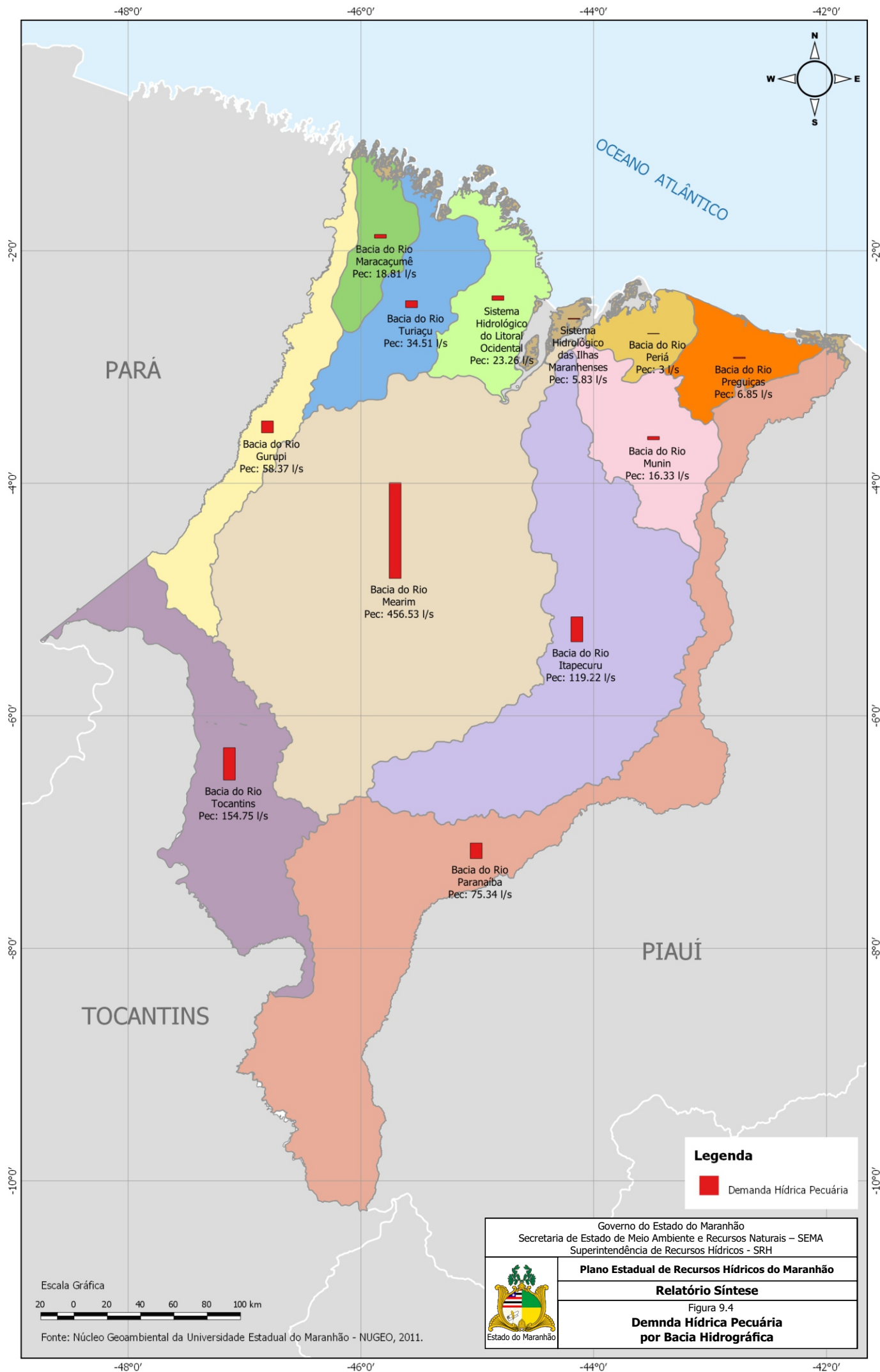
Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva.

Figura 9.3 - Distribuição dos Rebanhos na Bacia

Tabela 9.7 - Demanda Hídrica para Dessedentação Animal por Bacia Hidrográfica

Bacias Hidrográficas	BEDA	Demanda Hídrica para Dessedentação Animal	
		Retirada (l/s)	Consumo (l/s)
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	650.945	376,70	75,34
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	1.337.035	773,75	154,75
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	504.340	291,86	58,37
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	200.955	116,29	23,26
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	50.347	29,14	5,83
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	3.944.432	2.282,66	456,53
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	1.030.101	596,12	119,22
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	141.065	81,63	16,33
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	298.206	172,57	34,51
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	162.531	94,06	18,81
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	59.195	34,26	6,85
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	25.901	14,99	3,00
Estado do Maranhão	8.405.052	4.864,03	972,81

Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva.



Legenda

■ Demanda Hídrica Pecuária

Governo do Estado do Maranhão
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA
Superintendência de Recursos Hídricos – SRH

Piano Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão

Relatório Síntese

Figura 9.4

**Demnda Hídrica Pecuária
por Bacia Hidrográfica**



Escala Gráfica

20 0 20 40 60 80 100 km

Fonte: Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão - NUGEO, 2011.

9.3. Demanda Hídrica para Irrigação

A agricultura irrigada vem sendo desenvolvida no Estado do Maranhão, principalmente, por grupos de produtores rurais de pequeno e médio porte.

A irrigação pública encontra-se representada por três perímetros públicos gerenciados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e por outros dois gerenciados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), perfazendo aproximadamente 21.514 ha irrigados, distribuídos pelos territórios das bacias do Parnaíba, do Mearim, do Itapecuru e SH Litoral Ocidental (**Tabela 9.8**).

Tabela 9.8 - Projetos Públicos de Irrigação Existentes e Projetados

Bacias Hidrográficas/ Municípios	Perímetro de Irrigação	Fonte Hídrica	Órgão Responsável	Situação Atual	Área (ha)	Área (ha)	
						Irrigada	Irrigável
Bacia Hidrográfica do Parnaíba							
Araíóses e Magalhães de Almeida	Tabuleiros de São Bernardo	Rio Parnaíba	DNOCS	Operação	6.140	542	5.598
Bacia Hidrográfica do Mearim							
São Mateus do Maranhão	Salangô	Rio Mearim	CODEVASF	Operação	3.654	-	-
Joselândia e São Antônio dos Lopes	Várzea do Flores	Rio Flores	DNOCS	Operação	1.720	500	1.220
Bacia Hidrográfica do Itapecuru							
-	Boa Esperança/Rio Balseiro	-	DNOCS	Estudo	5.000	-	-
Sistema Hidrográfico Litotal Ocidental							
Pinheiro e Palmeirândia	Baixada Maranhense	-	CODEVASF	Estudo	5.000	-	-
Estado do Maranhão					21.514		

Fonte: SAGRIMA, 2018 e CODEVASF, 2018.

9.3.1. Irrigação Privada Outorgada

Inicialmente, fez-se a estimativa da área de irrigação difusa no Estado do Maranhão com base no cadastro do CNARH - Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos.

As áreas irrigadas outorgadas no Estado do Maranhão por bacia hidrográfica são apresentadas na **Tabela 9.9**.

Tabela 9.9 - Áreas Irrigadas Outorgadas no Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Área (ha)
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	4.281,59
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	1.119.115,27
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	1.037.894,39
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	-
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	69.000,00
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	423.935,66
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	39.593,26
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	5.510,09
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	-
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	-
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	-
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	544,00
Estado do Maranhão	2.699.874,26

Fonte: SEMA/MA.

9.3.2. Irrigação Segundo os Dados do IBGE

Os dados do CNARH não podem ser considerados como válidos para o cálculo da demanda de água para irrigação, visto que diferenciam representativamente em relação aos dados do último censo agropecuário de 2017. Com base nos dados do Censo Agropecuário de 2017 o estado do Maranhão possui uma área irrigada de 44.397,04 ha.

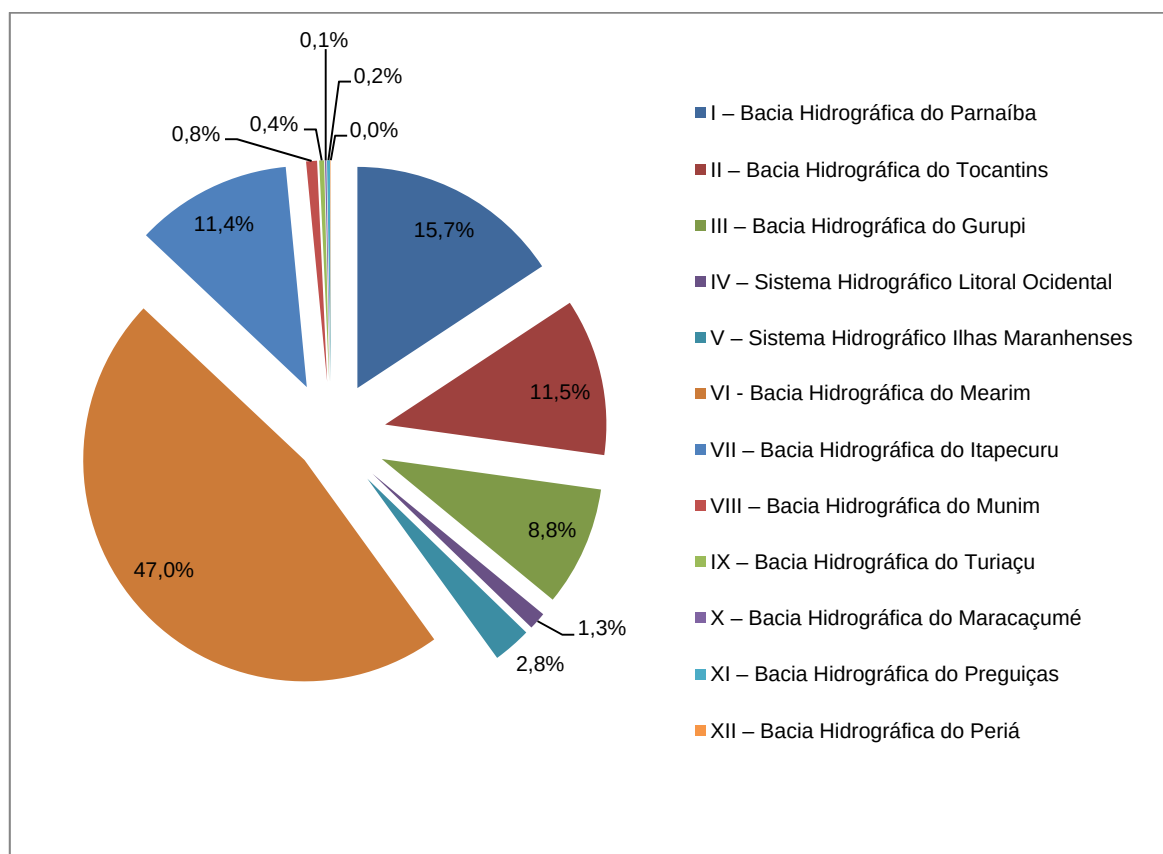
A **Tabela 9.10** e a **Figura 9.5** apresentam a consolidação das demandas por bacia. Observa-se a predominância da irrigação nas bacias do Tocantins e Gurupi. Destacam-se ainda, porém com valores de demandas mais modestos, as bacias do Mearim, Ilhas Maranhenses e Itapecuru.

A **Figura 9.6** apresenta o mapa de demanda hídrica de irrigação para o Estado do Maranhão

Tabela 9.10 - Demanda Hídrica de Irrigação por Bacia

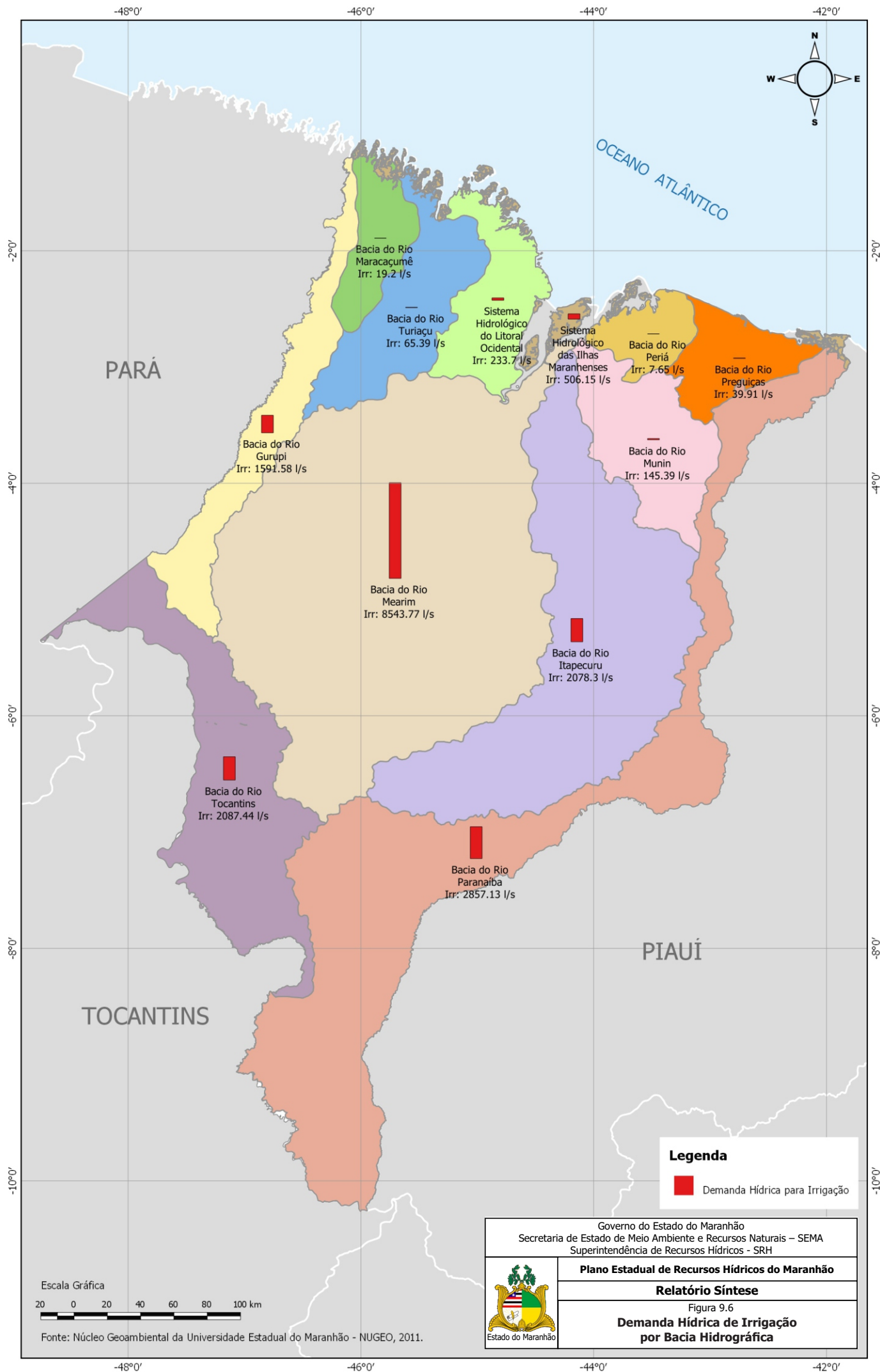
Bacias Hidrográficas	Área irrigada (ha)	Demanda (l/s)
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	7.142,82	2.857,13
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	5.218,61	2.087,44
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	3.978,96	1.591,58
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	584,24	233,7
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	1.156,98	506,15
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	20.899,42	8.543,77
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	5.155,76	2.078,30
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	363,48	145,39
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	163,47	65,39
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	48,01	19,2
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	99,77	39,91
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	19,12	7,65
Estado do Maranhão	44.397,04	18.175,62

Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva.



Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva.

Figura 9.5 - Distribuição Percentual das Demandas de Irrigação por Bacia



9.4. Demanda Hídrica Industrial

A estimativa da demanda hídrica para o setor industrial nas Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão foi realizada considerando-se os dados do Guia Industrial do Estado do Maranhão (FIEMA, 2015) e do Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2015). Houve a necessidade de realizar uma fusão dos dados das fontes consultadas para que o levantamento industrial contemplasse informações do maior número possível de municípios.

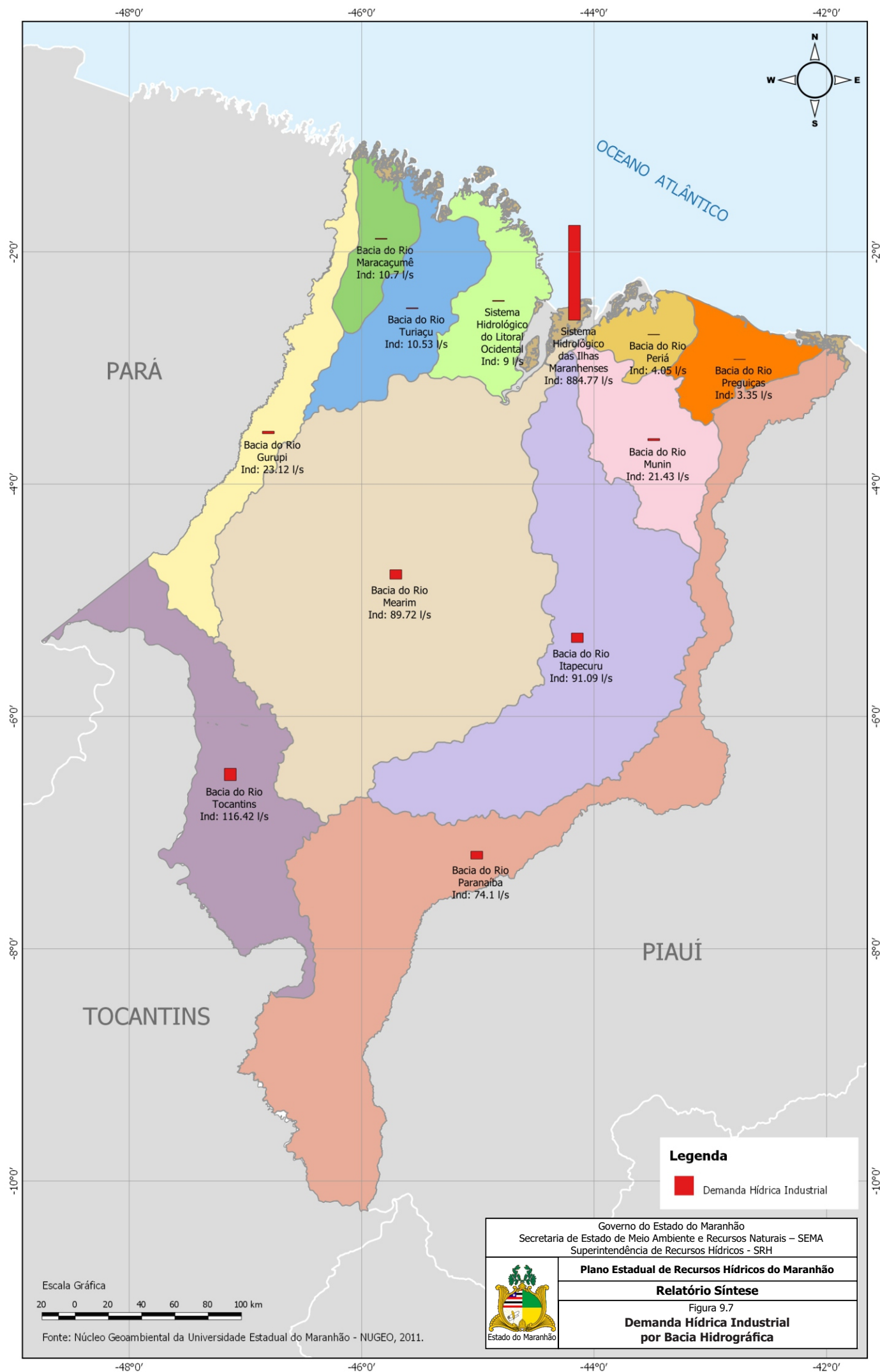
Ao agregar as demandas hídricas industriais por Bacias Hidrográficas, obtêm-se os valores apresentados na **Tabela 9.11**. Observa-se que o Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses, na qual encontra-se inserida a cidade de São Luís, aparece como a região com maior demanda hídrica industrial (884,77 l/s), com destaque para a fabricação de produtos alimentícios e de bebidas. Em seguida, destacam-se as Bacias Hidrográficas do Tocantins, que se destaca nos setores de construção, e de Itapecuru, que se destaca na fabricação de produtos de minerais não-metálicos. Todos os municípios contaram com demanda hídrica industrial, mesmo que inexpressiva - aproximadamente 93% daqueles, inferior a 3 l/s.

Tabela 9.11 - Demanda Hídrica Industrial por Bacias Hidrográficas

Bacias Hidrográficas/Municípios	Demanda Hídrica Industrial Total (l/s)
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	74,10
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	116,41
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	23,12
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	9,00
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	884,78
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	89,71
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	91,09
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	21,43
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	10,53
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	10,70
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	3,35
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	4,05
Estado do Maranhão	1.338,28

Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva.

A partir dos dados da **Tabela 9.11** foram espacializados os valores de demandas hídricas industriais por Bacias Hidrográficas que podem ser visualizados no mapa apresentado na **Figura 9.7**



9.5. Pesca e Aquicultura

Enquanto a pesca se refere a retirada dos recursos pesqueiros do ambiente natural, a aquicultura é a exploração racional de organismos aquáticos como peixes, moluscos, crustáceus, anfíbios, répteis, etc. Na piscicultura a quantidade e a qualidade são aspectos determinantes do sucesso da atividade. Do ponto de vista quantitativo, a água requerida pela aquicultura é o somatório da água necessária para abastecer as unidades de cultivo (viveiros, tanques, etc.) no início do processo de produção, repor as perdas por evaporação e infiltração que ocorrem no decorrer do ciclo e para renovação das águas, visando diluir e/ou eliminar resíduos gerados pelo cultivo e, por conseguinte, manter a qualidade da água.

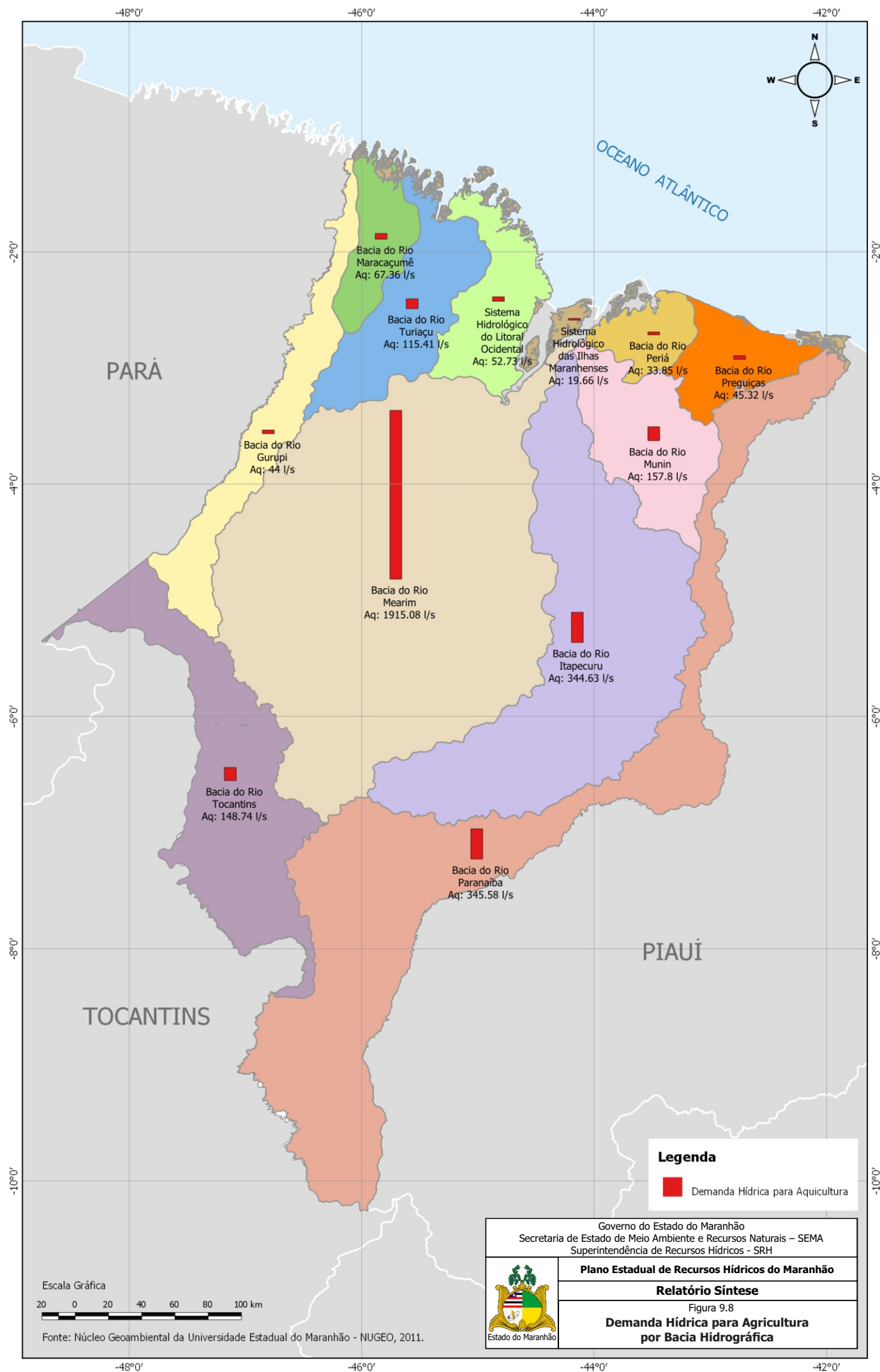
Segundo estimativas constantes no relatório do PERH do Estado de Santa Catarina, baseando-se na área em hectares utilizados para a piscicultura e que os tanques e viveiros possuem uma profundidade média de 1 m (FAO, 1998), estima-se uma demanda de água de aproximadamente 3,71 m³/kg produzido em um ano.

A **Tabela 9.12** apresenta um resumo da demanda hídrica para piscicultura nas bacias hidrográficas do Estado do Maranhão. Percebe-se que os valores são desprezíveis, demonstrando uma irrelevante participação da piscicultura, quando comparado aos valores dos demais usos consultivos. (**Figura 9.8**)

**Tabela 9.12 - Demanda Hídrica da Pesca e Aquicultura
no Estado do Maranhão (m³/ano)**

Bacias Hidrográficas	Produção (kg)	m ³ /ano (*)	l/s
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	2.937.496	10.898.110	345,58
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	1.264.319	4.690.623	148,74
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	374.027	1.387.640	44,00
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	448.233	1.662.944	52,73
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	167.110	619.978	19,66
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	16.278.735	60.394.107	1915,08
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	2.929.453	10.868.271	344,63
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	1.341.352	4.976.416	157,80
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	981.035	3.639.640	115,41
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	572.615	2.124.402	67,36
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	386.116	1.432.490	45,42
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	287.742	1.067.523	33,85
Estado do Maranhão	27.968.233	103.762.144	3.290,28

(*) 3,71 m³/kg/ano



9.6. Outros Usos da Água

O uso não consuntivo de água é definido, genericamente, como aquele que não altera o volume do corpo hídrico. No entanto, alterações qualitativas e a sazonalidade na quantidade disponibilizada podem ser esperadas.

No Maranhão as principais atividades de uso não consuntivo identificadas referem-se à geração de energia elétrica, mineração e turismo e lazer. As demandas de tais atividades não foram quantificadas em virtude da escassez de dados. O estudo das demandas não consuntivas nas bacias pode ser proposto como um programa específico em etapa subsequente do Plano.

9.6.1. Geração de energia hidrelétrica

A Eletrobras Eletronorte atende a 99% da demanda de energia elétrica do Maranhão. A energia consumida no estado é fornecida principalmente pela Usina Hidrelétrica Tucuruí (PA). Outras fontes de suprimento são as usinas do sistema Chesf no Nordeste e as usinas da Região Sudeste e do Médio Tocantins.

No Maranhão existe em operação 02 (duas) hidrelétricas. A primeira localizada no Rio Parnaíba MA/PI, entre as cidades de São João dos Patos/MA e Guadalupe/PI, a hidrelétrica de Boa Esperança (antiga hidrelétrica Castelo Branco), com 237 MW, ocupando a 63ª posição na classificação nacional. A segunda localizada no rio Tocantins MA/TO, entre as cidades de Estreito/MA e Aguiarnópolis/TO, a hidrelétrica de Estreito, com 1.087 MW de capacidade, ocupando a 25ª posição de geração de energia elétrica, sendo alocado para o Maranhão apenas 911 MW.

Além do potencial acima descrito para atender o consumidor local, estão projetadas para serem instaladas nos rios Parnaíba e Balsas, 05 (cinco) UHES que encontram-se habilitadas por meio do Leilão de Energia da ANEEL, existindo ainda outras 02 (duas) UHES a serem instaladas no rio Tocantins, as quais são apresentadas na **Tabela 9.13**.

Tabela 9.13 - Usinas Hidrelétricas autorizadas / outorgadas pela ANEEL

Nome do empreendimento	Rio	Potência (MW)	UF	Estágio
UHE Ribeiro Gonçalves	Paraguaçu	113	MA/PI	Ação Preparatória para o PAC
UHE Uruçui	Parnaíba e Balsas	134	MA/PI	Ação Preparatória para o PAC
UHE Cachoeira	Parnaíba	63	MA/PI	Ação Preparatória para o PAC
UHE Estreito de Parnaíba	Parnaíba	56	MA/PI	Ação Preparatória para o PAC
UHE Castelhana	Parnaíba	64	MA/PI	Ação Preparatória para o PAC
UHE Marabá	Tocantins	2.160	MA/PA	Ação Preparatória para o PAC
UHE Serra Quebrada	Tocantins	1.328	MA/TO	Ação Preparatória para o PAC
Total		3.918 MW		

9.6.2. Mineração

No Maranhão, a indústria de cerâmica vermelha produz o suficiente para atender o mercado interno.

O calcário está distribuído em quatro regiões no Estado.

Em relação as reservas auríferas, o estado possui potencial relevante, com ocorrências na região do Gurupi, que constitui uma província aurífera com área superior a 30.000 km².

Quanto ao mineral gipsita, segundo o DNPM (2015), o Maranhão possui um total de 11 minas.

9.6.3. Turismo e Lazer

A principal característica da demanda não consuntiva de água para o turismo e lazer é que essa atividade não depende especificamente de uma determinada quantidade de água. Depende da manutenção das condições naturais do recurso hídrico, isto é, o recurso hídrico na sua condição natural, é que propicia a existência de suas atividades.

Atualmente, o Programa de Regionalização do Turismo do Ministério da Turismo, cuja versão mais recente se refere ao ano de 2017, apresenta o Mapa do Turismo Brasileiro que é um instrumento de orientação para a atuação no desenvolvimento de políticas públicas, tendo como foco a gestão, estruturação e promoção do turismo, de forma regionalizada e descentralizada. Tal instrumento divide o Maranhão em 10 polos totalizando 53 municípios inseridos nos principais destinos turísticos, quais sejam:

- Polo São Luís - Alcântara, Raposa, São José de Ribamar e São Luís;
- Polo Amazônia Maranhense - Carutapera, Centro Novo do Maranhão e Luís Domingues;
- Polo Chapada das Mesas – Balsas, Carolina, Estreito, Formosa da Serra Negra, Fortaleza dos Nogueiras, Imperatriz, Itinga do Maranhão, Montes Altos, Riachão e Tasso Fragoso;

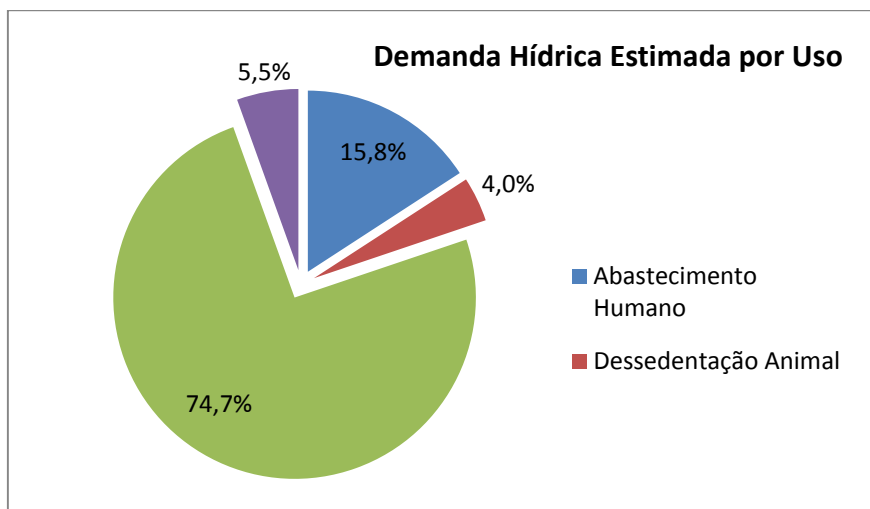
- Polo Cocais – Caxias, Codó, Coelho Neto, Igarapé Grande, Pedreiras, São João do Soter e Timon;
- Polo Delta das Américas – Água Doce do Maranhão, Araioses, Paulino Neves e Tutóia;
- Polo Floresta dos Guarás – Bequimão, Cururupu, Guimarães e Porto Rico do Maranhão;
- Polo Lagos e Campos Floridos – Arari, Cajapió, Cantanhede, Penalva, Pindaré Mirim, Pinheiro e Viana;
- Polo Lençóis Maranhenses – Barreirinhas, Humberto de Campos, Primeira Cruz e Santo Amaro do Maranhão;
- Polo Munim – Axixá, Cachoeira Grande, Chapadinha, Icatu, Morros, Rosário e Vargem Grande;
- Polo Serras Guajajara, Timbiras e Kanela – Barra do Corda, Grajaú e Jenipapo dos Vieiras.

10.

SÍNTESE DAS DEMANDAS HÍDRICAS

10. SÍNTESE DAS DEMANDAS HÍDRICAS

Considerando-se apenas as demandas hídricas de retirada, pode-se construir o gráfico da **Figura 10.1**, o qual indica a participação percentual de cada tipo de uso da demanda de água. De forma agregada, o uso para irrigação, com 74,7%, exige maior demanda, seguido do uso para abastecimento humano, com 15,8%, industrial (5,5%) e dessedentação animal, com 4,0%.



Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva.

Figura 10.1 - Distribuição da Demanda Hídrica Estimada por Uso

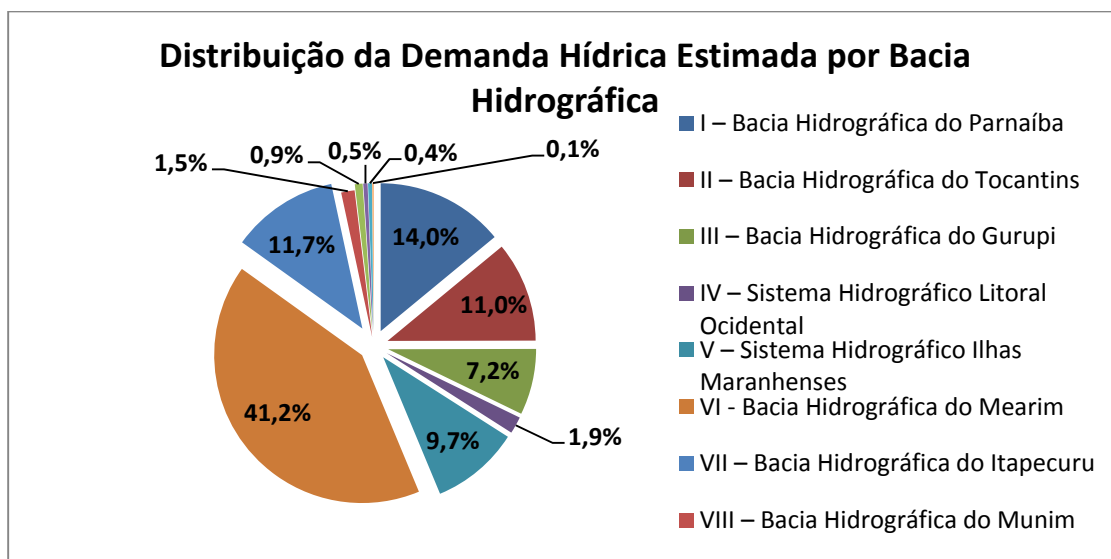
A **Tabela 10.1** mostra o resumo das demandas hídricas totais retiradas dos mananciais consolidadas por bacia hidrográfica.

Tabela 10.1 - Demandas Hídricas Totais Estimadas por Bacia Hidrográfica

Bacias Hidrográficas	Demanda Hídrica (l/s)				
	Total	Abastecimento Humano	Dessedentação Animal	Irrigação	Industrial
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	3408,40	404,80	75,33	2857,12	71,15
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	2664,39	303,67	154,78	2087,44	118,50
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	1754,59	93,83	58,39	1591,58	10,79
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	451,86	185,85	23,26	233,70	9,05
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	2358,26	959,01	5,82	506,15	887,28
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	10013,30	912,56	456,55	8543,79	100,40
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	2850,34	566,98	119,22	2078,29	85,85
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	360,34	172,98	16,34	145,40	25,62
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	208,13	97,34	34,51	65,39	10,89
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	113,28	64,98	18,79	19,21	10,30
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	105,11	53,55	6,84	39,91	4,81
XII – Bacia Hidrográfica do Periaá	35,38	35,38	3,01	7,65	4,64
Estado do Maranhão	24323,38	3850,93	972,84	18175,63	1339,28

Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva.

As **Figuras 10.2, 10.3 e 10.4** apresentam a distribuição da demanda hídrica total estimada por bacia hidrográfica.



Fonte: Cálculos IBI Engenharia Consultiva.

Figura 10.2 - Demanda Hídrica Total

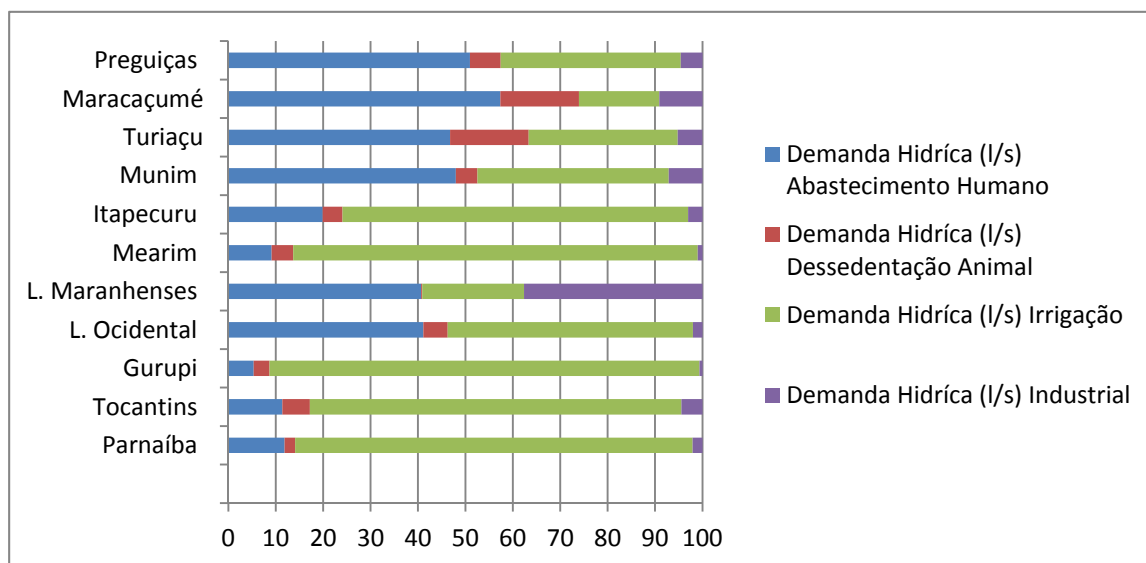
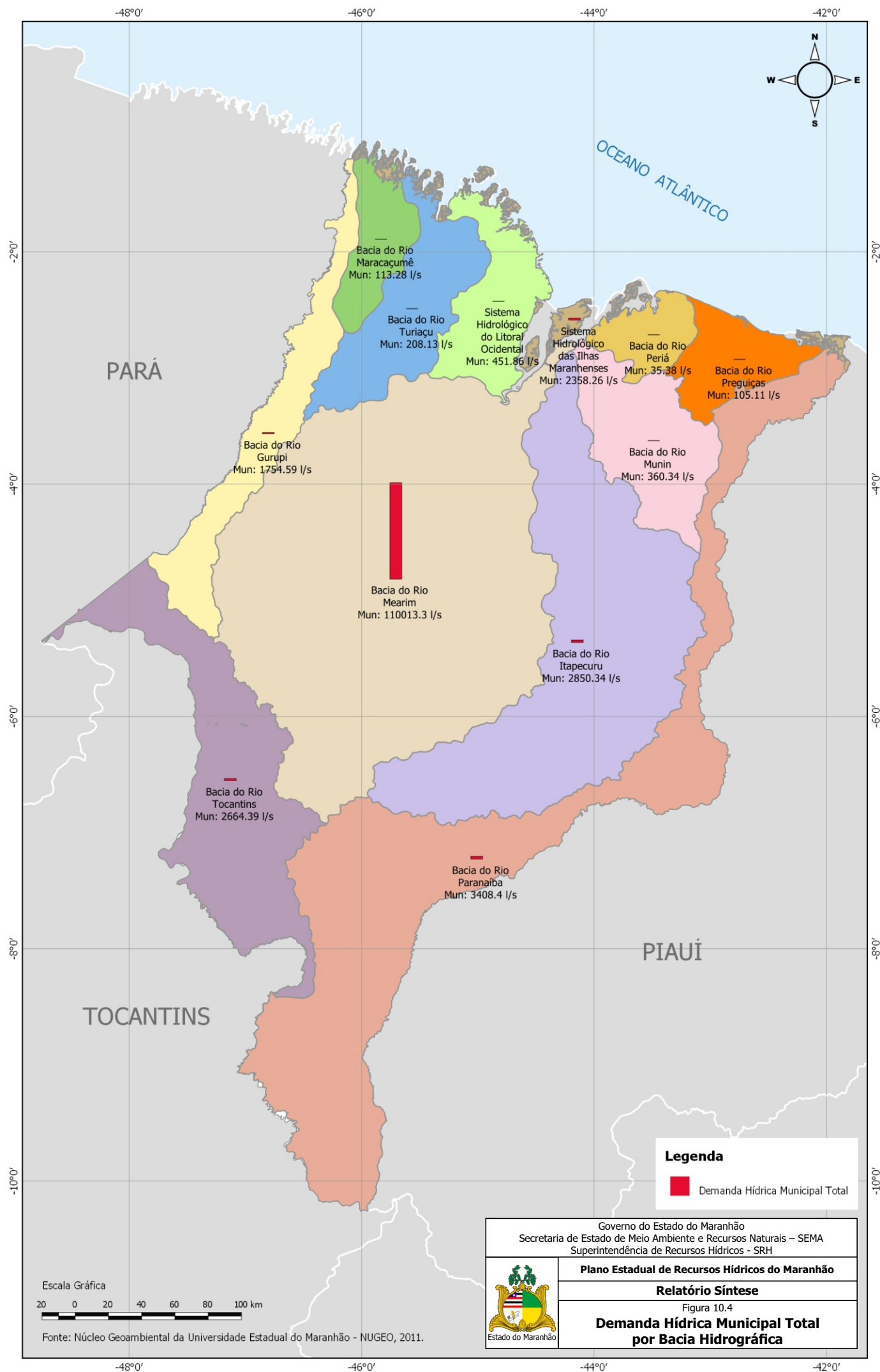


Figura 10.3 – Distribuição das Demandas Hídricas (l/s) por UHP

A partir dos dados da **Tabela 10.1** foram espacializados os valores de demandas hídricas totais que podem ser visualizados no mapa apresentado na **Figura 10.4**.



11.

ESTUDO DAS DEMANDAS HÍDRICAS/CENÁRIOS

11. ESTUDO DAS DEMANDAS HÍDRICAS / CENÁRIOS

Como já definido anteriormente, o estudo das demandas hídricas abrange duas considerações conforme os usos: demanda de usos consuntivos, onde parte da água utilizada para este fim não retorna ao seu curso original, com redução efetiva da disponibilidade da fonte hídrica, e, a parte que retorna aos mananciais com qualidade inferior à da que foi captada e sua diluição afetando a qualidade de todo o corpo d'água. Compreendem as demandas para abastecimento humano, animal, irrigação, indústria, piscicultura e turismo. A demanda de usos não consuntivos não implica no consumo efetivo da água, não interfere no volume que pode ser destinado para outros fins como os usos consuntivos, mas cria toda espécie de externalidades. Esses usos se referem às atividades de geração de energia, navegação e a demanda ecológica.

Este capítulo, sobre as demandas hídricas, faz o cálculo das projeções das vazões para cada uma das bacias hidrográficas do Estado do Maranhão, atendendo os conceitos e definições a partir da análise das demandas atuais para os diferentes usos setoriais e as perspectivas de evolução dessas demandas para os horizontes do plano), estimadas com base na análise das políticas, planos ou intenções setoriais de uso, controle e proteção dos recursos hídricos.

11.1.1. Condicionantes da Base Metodológica

a) Premissas Condicionantes da Base Metodológica

As premissas de cálculo referem-se aos horizontes do plano e aos cenários de planejamento selecionados para o PERH-MA, assim como sobre a base de dados utilizada, enquanto que os condicionantes da base metodológica dizem respeito aos critérios adotados para discretização das demandas entre as bacias hidrográficas e Gestão de Recursos Hídricos.

b) Premissas do Plano e Base de Dados

As demandas serão projetadas para os horizontes já definidos pelo TDR do plano, a saber: 5, 10 e 20 anos; ou seja:

Horizontes de Projeto:

- Ano 2018 - Situação atual;
- Ano 2023 - Curto prazo;
- Ano 2028 - Médio prazo;
- Ano 2038 - Longo prazo.

Para efeito de planejamento, serão estudados três cenários: o Cenário Tendencial (permanência da tendência) e dois cenários alternativos otimistas (melhorias e crescimento), compreendendo dois cenários: cenário otimista moderado e cenário otimista desejado.

11.1.2. Cenários Futuros da Agropecuária do Maranhão

A agropecuária no Estado do Maranhão visualizando cenários do desenvolvimento dos setores da pecuária e irrigação, para os horizontes de curto, médio e longo prazos, é um elemento chave no crescimento da sua economia, no fortalecimento e modernização do campo, na criação de postos de emprego no interior. Por outro lado, o Estado do Maranhão pela situação geográfica, clima úmido, será em futuro próximo receptor de empreendimentos afetados do Nordeste Setentrional, especificamente Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e até seu vizinho Piauí, com projetos também impactados pelas secas da região.

As frequentes crises climáticas que assolam a região Nordeste Setentrional, notadamente os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e ainda por extensão Alagoas e Sergipe, vem induzindo empreendedores da região do setor agropecuário (rebanho animal e irrigação), a buscar um apoio logístico no território maranhense para as suas atividades. O destino desses grupos de produtores é o Estado do Maranhão, que nesse momento vem atraindo investidores nacionais e internacionais, buscando cooperação e parcerias externas até com países asiáticos. Há uma determinação do novo governo para transformar essa proposta em realidade.

Neste ano, se o diagnóstico demonstrou um excedente potencial de água e de solos irrigáveis próximos dos rios permanentes e aquíferos promissores, é factível razoável, a inclusão do Maranhão como suporte da crescente demanda por alimento no mundo, e para tanto estabelecer cenários otimistas de ampliação do setor agropecuário para os horizontes de médio e longo prazos no PERH/MA.

Por outro lado, o Produto 2.4, desenhou uma proposição de mancha de solo disponível para outorga de atividade hidroagrícola. Ao mesmo tempo, com objetivo de amortecer possíveis enchentes, produzir energia nessas áreas do território e aumentar a capacidade de regularização dos rios no período seco do ano, o plano preconizou a implantação no futuro de algumas barragens situadas no primeiro terço da bacia de alguns estratégicos rios do Maranhão. Estas propostas preliminares estão apresentadas na **Figura 11.1** e o mapa de solos do Estado do Maranhão está na **Figura 11.2**.

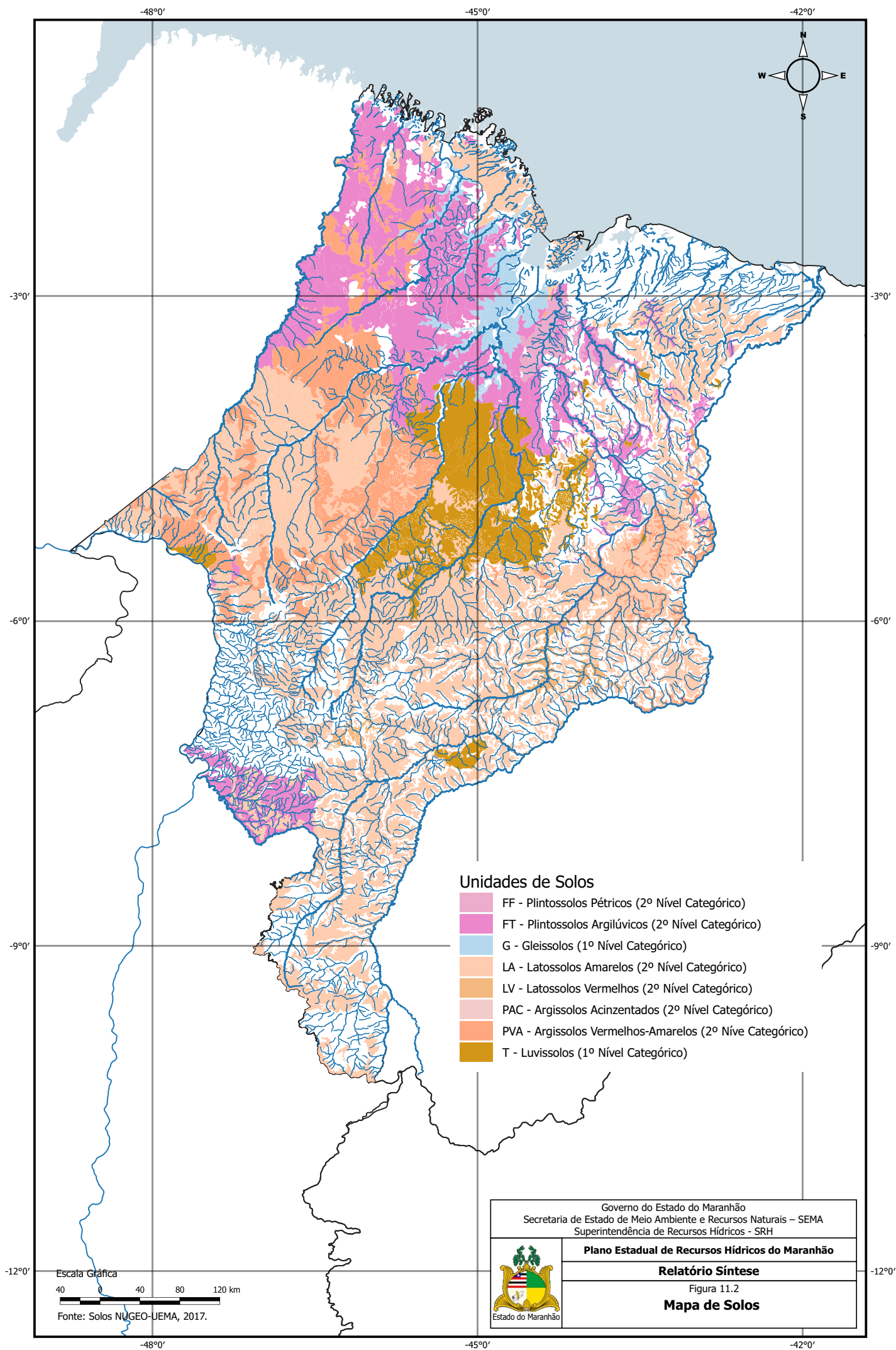
Sobre risco de enchentes no território do Maranhão, a secretaria de cidades, em convênio com a SIH/MI (Ministério da Integração), procedeu um denso e detalhado estudo sobre cheias, principalmente na bacia do Mearim, a de maior frequência desses eventos extremos. No PERH/MA, a tese mais eficiente para combater inundações reside na construção de barragens de grande porte no primeiro terço médio das bacias dos maiores rios do interior do território maranhense: Pindaré, Grajaú, Mearim e Itapecuru. Os reservatórios, em média, reduzem o risco de enchentes em, pelo menos, 30%.

11.1.3. Cenários Otimistas Moderado e Desejado

Para o Cenário Otimista Moderado, a hipótese aqui proposta, considerando o exposto no item 1.3.4., é a previsão de uma taxa elevada em 1/3 sobre o valor médio tendencial, 2,4%, ou seja, 3% ao ano, conforme **Tabela 11.1**.

Tabela 11.1 - Demanda Animal (BEDA) Agregados por Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão - Cenário Otimista Moderado

Bacias Hidrográficas	Demanda BEDA (l/s) - Cenário Otimista Moderado			
	2018	2023	2028	2038
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	77,77	91,04	106,56	146,02
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	159,73	186,98	218,87	299,90
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	60,25	70,53	82,56	113,12
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	24,01	28,11	32,90	45,08
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	6,01	7,04	8,24	11,28
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	471,24	551,62	645,71	884,78
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	123,07	144,06	168,64	231,07
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	16,85	19,72	23,09	31,64
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	35,63	41,71	48,82	66,90
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	19,42	22,73	26,61	36,46
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	7,07	8,28	9,69	13,27
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	3,09	3,62	4,23	5,80
Estado do Maranhão	1.004,14	1.175,42	1.375,91	1.885,33



Em relação ao Cenário Otimista Desejado, considerando também, as razões apresentadas no item 1.3.4., foi estabelecido a hipótese de uma ampliação da taxa média de crescimento tendencial da pecuária em torno de 2/3 do valor médio do crescimento tendencial, isso é, 4% ao ano, segundo **Tabela 11.2**.

Tabela 11.2- Demanda Animal (BEDA) Agregados por Bacias Hidrográficas do Estado do Maranhão - Cenário Otimista Desejado

Bacias Hidrográficas	Demanda BEDA (l/s) - Cenário Otimista Desejado			
	2018	2023	2028	2038
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	77,77	94,62	115,12	170,40
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	159,73	194,34	236,44	349,99
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	60,25	73,30	89,18	132,02
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	24,01	29,21	35,54	52,61
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	6,01	7,31	8,90	13,17
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	471,24	573,34	697,55	1032,54
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	123,07	149,73	182,17	269,66
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	16,85	20,50	24,94	36,92
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	35,63	43,35	52,74	78,07
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	19,42	23,63	28,75	42,55
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	7,07	8,60	10,47	15,49
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	3,09	3,76	4,57	6,77
Estado do Maranhão	1.004,14	1.221,69	1.486,37	2.200,19

Fonte: IBI, 2018.

11.2. Demandas Hídricas Totais

As **Tabelas 11.3, 11.4 e 11.5** apresentam a síntese das demandas para abastecimento humano, animal, industrial, irrigação e aquicultura para os cenários tendencial, otimista moderado e otimista desejado, com relação a situação atual (2018) e aos horizontes de curto (2023), médio (2028) e longo prazo (2038).

Observa-se nessas tabelas que as bacias que apresentam requerimento de maiores demandas são as do Mearim, Parnaíba, Tocantins, Itapecuru, Ilhas Maranhenses e Gurupi, considerando tanto os cenários tendencial como o otimista moderado e o desejado

**Tabela 11.3 - Demandas Hídricas Totais para as Bacias
Hidrográficas – Cenário Tendencial (l/s)**

Bacias	Ano	DEMANDA (l/s)					
		Humana	Animal	Industrial	Irrigação	Aquicultura	Total
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	2018	446,54	83,08	84,03	2.962,84	345,77	3.922,26
	2023	473,31	94,17	103,61	3.553,06	346,77	4.570,92
	2028	500,63	106,06	127,76	4.260,85	347,83	5.343,12
	2038	556,91	132,20	194,26	6.127,50	350,14	7.361,01
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	2018	305,77	170,65	132,00	2.164,68	148,82	2.921,91
	2023	306,99	193,43	162,77	2.595,90	149,25	3.408,34
	2028	308,14	217,84	200,70	3.113,01	149,71	3.989,40
	2038	310,23	271,54	305,15	4.476,81	150,7	5.514,43
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	2018	113,45	64,37	26,22	1.650,47	44,03	1.898,54
	2023	126,71	72,96	32,33	1.979,26	44,15	2.255,41
	2028	140,72	82,17	39,86	2.373,54	44,29	2.680,58
	2038	171,06	102,43	60,6	3.413,37	44,58	3.792,03
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Occidental	2018	190,49	25,65	10,21	242,34	52,76	521,45
	2023	192,99	29,07	12,59	290,62	52,91	578,19
	2028	195,20	32,74	15,52	348,51	53,07	645,04
	2038	198,69	40,81	23,6	501,19	53,43	817,72
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	2018	1.199,07	6,43	1003,29	524,88	19,67	2.753,34
	2023	1.363,66	7,28	1237,12	629,44	19,73	3.257,24
	2028	1.539,55	8,20	1525,44	754,83	19,79	3.847,81
	2038	1.925,49	10,23	2.319,34	1.085,51	19,92	5.360,48
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	2018	963,01	503,43	101,73	8.859,89	1.916,16	12.344,22
	2023	989,89	570,64	125,43	10.624,83	1.921,68	14.232,47
	2028	1.013,17	642,65	154,67	12.741,36	1.927,55	16.479,40
	2038	1.048,78	801,07	235,16	18.323,28	1.940,37	22.348,67
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	2018	618,80	131,47	103,29	2.155,20	344,82	3.353,58
	2023	650,66	149,02	127,36	2.584,53	345,82	3.857,39
	2028	682,13	167,83	157,05	3.099,38	346,87	4.453,26
	2038	743,88	209,20	238,78	4.457,21	349,18	5.998,25
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	2018	185,71	18,00	24,3	150,77	157,89	536,67
	2023	194,80	20,41	29,96	180,81	158,34	584,32
	2028	204,78	22,98	36,95	216,82	158,83	640,36
	2038	227,40	28,65	56,18	311,81	159,88	783,91
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	2018	112,79	38,06	11,94	67,81	115,48	346,08
	2023	122,50	43,14	14,72	81,31	115,81	377,48
	2028	132,27	48,59	18,15	97,51	116,16	412,67
	2038	151,94	60,56	27,6	140,23	116,94	497,27
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	2018	74,86	20,74	12,13	19,91	67,4	195,04
	2023	80,96	23,51	14,96	23,88	67,6	210,91
	2028	87,00	26,48	18,45	28,64	67,8	228,38
	2038	98,94	33,01	28,05	41,19	68,25	269,43
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	2018	60,13	7,56	3,8	41,38	45,45	158,31
	2023	64,25	8,56	4,68	49,63	45,58	172,71
	2028	68,40	9,64	5,78	59,51	45,72	189,05
	2038	76,74	12,02	8,78	85,59	46,02	229,15
XII – Bacia Hidrográfica do Periá	2018	37,29	3,31	4,59	7,93	33,87	86,99
	2023	38,50	3,75	5,66	9,51	33,97	91,39
	2028	39,72	4,22	6,98	11,41	34,07	96,40
	2038	42,17	5,26	10,62	16,4	34,3	108,75

Fonte: IBI, 2018.

**Tabela 11.4 - Demandas Hídricas Totais para as Bacias
Hidrográficas – Cenário Otimista Moderado (l/s)**

Bacias	Ano	DEMANDA (l/s)					
		Humana	Animal	Industrial	Irrigação	Aquicultura	Total
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	2018	446,54	77,77	98,17	2.962,84	345,77	3.931,09
	2023	416,30	91,04	114,99	3.781,42	381,76	4.785,51
	2028	430,78	106,56	134,33	4.826,15	442,56	5.940,38
	2038	452,93	146,02	204,24	7.861,30	720,89	9.385,38
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	2018	305,77	159,73	154,21	2.164,68	148,82	2.933,21
	2023	279,57	186,98	180,64	2.762,74	164,31	3.574,24
	2028	273,54	218,87	211,02	3.526,04	190,48	4.419,95
	2038	257,77	299,90	320,84	5.743,54	310,28	6.932,33
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	2018	113,45	60,25	30,63	1.650,47	44,03	1.898,83
	2023	115,11	70,53	35,88	2.106,46	48,61	2.376,59
	2028	126,23	82,56	41,91	2.688,44	56,35	2.995,49
	2038	148,66	113,12	63,72	4.379,19	91,79	4.796,48
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	2018	190,49	24,01	11,93	242,34	52,76	521,53
	2023	181,20	28,11	13,97	309,29	58,25	590,82
	2028	179,55	32,90	16,32	394,75	67,53	691,05
	2038	177,76	45,08	24,81	643,00	110,00	1.000,65
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	2018	1.199,07	6,01	1.172,07	524,88	19,67	2.921,70
	2023	1.150,61	7,04	1.372,97	669,89	21,72	3.222,23
	2028	1.283,52	8,24	1.603,85	854,97	25,18	3.775,76
	2038	1.551,43	11,28	2.438,56	1.392,66	41,01	5.434,94
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	2018	963,01	471,24	118,84	8.859,89	1.916,16	12.329,14
	2023	837,46	551,62	139,21	11.307,71	2.115,60	14.951,60
	2028	829,00	645,71	162,62	14.431,83	2.452,56	18.521,72
	2038	787,97	884,78	247,25	23.507,93	3.994,96	29.422,89
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	2018	618,80	123,07	120,67	2.155,20	344,82	3.362,56
	2023	572,67	144,06	141,35	2.750,64	380,71	3.989,43
	2028	589,58	168,64	165,12	3.510,59	441,35	4.875,28
	2038	613,81	231,07	251,06	5.718,39	718,92	7.533,25
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	2018	185,71	16,85	28,39	150,77	157,89	539,61
	2023	178,15	19,72	33,25	192,42	174,32	597,86
	2028	184,14	23,09	38,85	245,59	202,09	693,76
	2038	195,65	31,64	59,06	400,04	329,18	1.015,57
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	2018	112,79	35,63	13,95	67,81	115,48	345,66
	2023	111,14	41,71	16,34	86,54	127,50	383,23
	2028	118,48	48,82	19,09	110,46	147,80	444,65
	2038	131,97	66,90	29,02	179,92	240,76	648,57
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	2018	74,86	19,42	14,17	19,91	67,40	195,76
	2023	70,77	22,73	16,60	25,41	74,42	209,93
	2028	74,36	26,61	19,40	32,43	86,27	239,07
	2038	79,56	36,46	29,49	52,83	140,53	338,87
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	2018	60,13	7,07	4,44	41,38	45,45	158,47
	2023	63,33	8,28	5,20	52,81	50,18	179,80
	2028	67,09	9,69	6,07	67,40	58,17	208,42
	2038	74,46	13,27	9,23	109,79	94,76	301,51
XII – Bacia Hidrográfica do Periá	2018	37,29	3,09	5,37	7,93	33,87	87,55
	2023	36,64	3,62	6,28	10,12	37,40	94,06
	2028	37,44	4,23	7,34	12,92	43,35	105,28
	2038	38,79	5,80	11,16	21,04	70,61	147,40

Fonte: IBI, 2018.

**Tabela 11.5 - Demandas Hídricas Totais para as Bacias
Hidrográficas – Cenário Otimista Desejado (l/s)**

Bacias	Ano	DEMANDA (l/s)					
		Humana	Animal	Industrial	Irrigação	Aquicultura	Total
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	2018	446,54	77,77	98,17	2.962,84	345,77	3.931,09
	2023	416,30	94,62	114,99	3.964,95	381,76	4.972,62
	2028	430,78	115,12	134,33	5.306,00	442,56	6.428,79
	2038	452,93	170,40	204,24	9.502,23	720,89	11.050,69
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	2018	305,77	159,73	154,21	2.164,68	148,82	2.933,21
	2023	279,57	194,34	180,64	2.896,83	164,31	3.715,69
	2028	273,54	236,44	211,02	3.876,61	190,48	4.788,09
	2038	257,77	349,99	320,84	6.942,42	310,28	8.181,30
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	2018	113,45	60,25	30,63	1.650,47	44,03	1.898,83
	2023	115,11	73,30	35,88	2.208,70	48,61	2.481,60
	2028	126,23	89,18	41,91	2.955,74	56,35	3.269,41
	2038	148,66	132,02	63,72	5.293,28	91,79	5.729,47
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	2018	190,49	24,01	11,93	242,34	52,76	521,53
	2023	181,20	29,21	13,97	324,31	58,25	606,94
	2028	179,55	35,54	16,32	433,99	67,53	732,93
	2038	177,76	52,61	24,81	777,22	110,00	1.142,40
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	2018	1.199,07	6,01	1.172,07	524,88	19,67	2.921,70
	2023	1.150,61	7,31	1.372,97	702,41	21,72	3.255,02
	2028	1.283,52	8,90	1.603,85	939,98	25,18	3.861,43
	2038	1.551,43	13,17	2.438,56	1.683,36	41,01	5.727,53
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	2018	963,01	471,24	118,84	8.859,89	1.916,16	12.329,14
	2023	837,46	573,34	139,21	11.856,53	2.115,60	15.522,14
	2028	829,00	697,55	162,62	15.866,71	2.452,56	20.008,44
	2038	787,97	1.032,54	247,25	28.414,87	3.994,96	34.477,59
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	2018	618,80	123,07	120,67	2.155,20	344,82	3.362,56
	2023	572,67	149,73	141,35	2.884,14	380,71	4.128,60
	2028	589,58	182,17	165,12	3.859,63	441,35	5.237,85
	2038	613,81	269,66	251,06	6.912,02	718,92	8.765,47
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	2018	185,71	16,85	28,39	150,77	157,89	539,61
	2023	178,15	20,50	33,25	201,76	174,32	607,98
	2028	184,14	24,94	38,85	270,01	202,09	720,03
	2038	195,65	36,92	59,06	483,54	329,18	1.104,35
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	2018	112,79	35,63	13,95	67,81	115,48	345,66
	2023	111,14	43,35	16,34	90,75	127,50	389,08
	2028	118,48	52,74	19,09	121,44	147,80	459,55
	2038	131,97	78,07	29,02	217,48	240,76	697,30
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	2018	74,86	19,42	14,17	19,91	67,40	195,76
	2023	70,77	23,63	16,60	26,64	74,42	212,06
	2028	74,36	28,75	19,40	35,66	86,27	244,44
	2038	79,56	42,55	29,49	63,85	140,53	355,98
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	2018	60,13	7,07	4,44	41,38	45,45	158,47
	2023	63,33	8,60	5,20	55,38	50,18	182,69
	2028	67,09	10,47	6,07	74,11	58,17	215,91
	2038	74,46	15,49	9,23	132,71	94,76	326,65
XII – Bacia Hidrográfica do Periá	2018	37,29	3,09	5,37	7,93	33,87	87,55
	2023	36,64	3,76	6,28	10,61	37,40	94,69
	2028	37,44	4,57	7,34	14,20	43,35	106,90
	2038	38,79	6,77	11,16	25,43	70,61	152,76

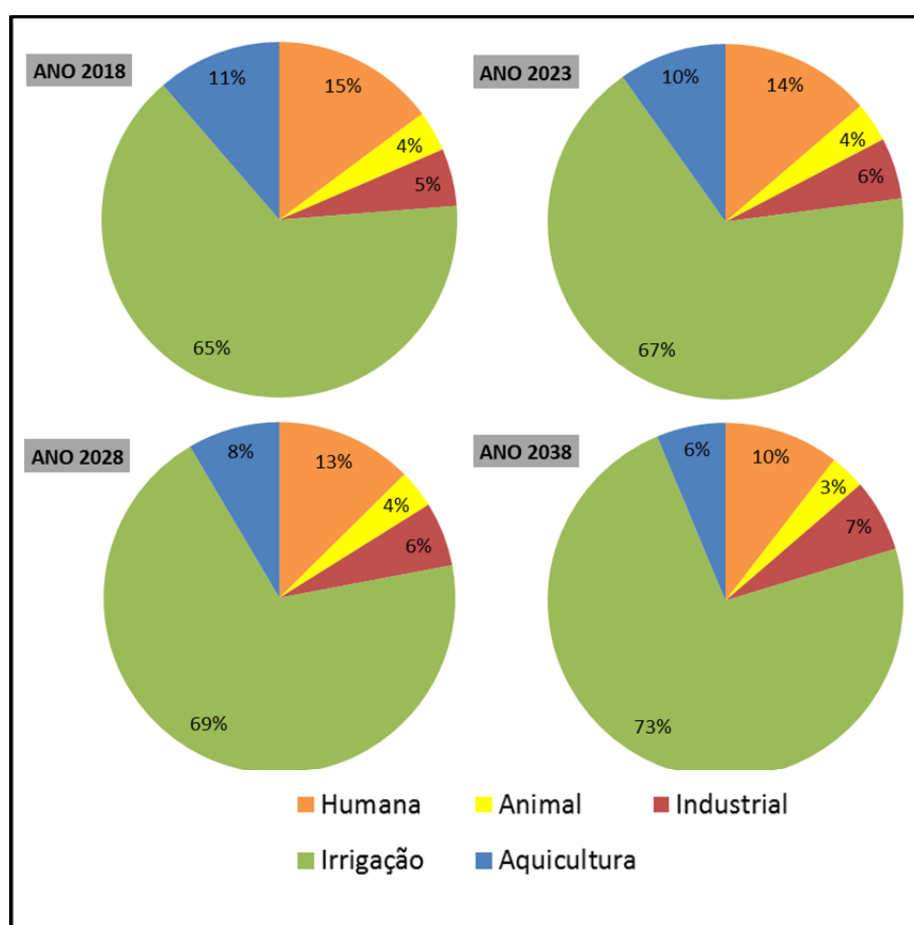
Fonte: IBI, 2018.

As **Tabelas 11.6, 11.7 e 11.8** e as **Figuras 11.3, 11.4 e 11.5** apresentam a síntese das demandas para todas as atividades para os cenários tendencial, otimista moderado e otimista desejado, segundo o desenvolvimento do plano, com início em 2018 e final de planejamento em 2038. Observa-se nessas tabelas, que a demanda hídrica tendencial para abastecimento humano no início do plano, passa de 4.307,90 l/s para 5.552,22 l/s no final do planejamento em 2038, representando um crescimento de 28,8%.

Tabela 11.6 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Tendencial (l/s)

Ano	Demanda (l/s)					Total
	Humana	Animal	Industrial	Irrigação	Aquicultura	
2018	4.307,90	1.072,73	1.517,53	18.848,10	3.292,12	29.038,38
2023	4.605,24	1.215,95	1.871,19	22.602,78	3.301,61	33.596,77
2028	4.911,71	1.369,40	2.307,31	27.105,37	3.311,69	39.005,47
2038	5.552,22	1.706,98	3.508,12	38.980,09	3.333,71	53.081,12

Fonte: IBI, 2018.



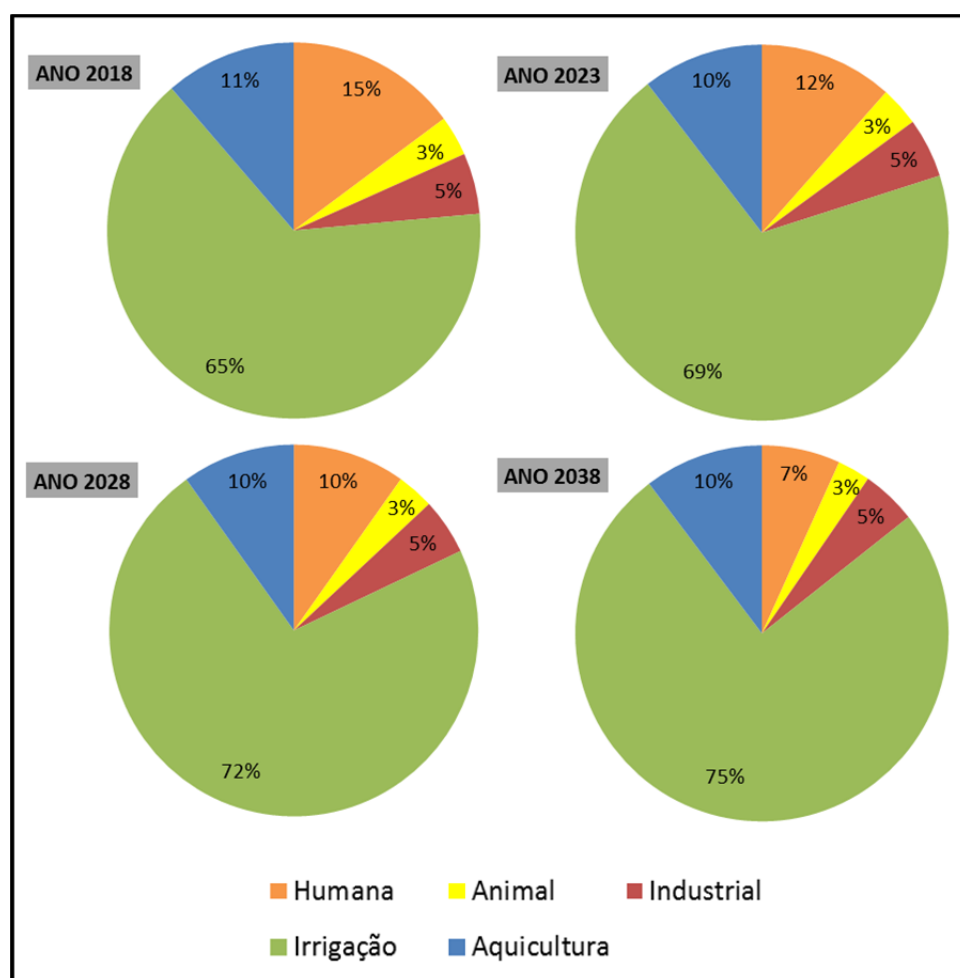
Fonte: IBI, 2018.

Figura 11.3 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Tendencial (l/s)

Tabela 11.7 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Otimista Moderado (l/s)

Ano	Demanda (l/s)					Total
	Humana	Animal	Industrial	Irrigação	Aquicultura	
2018	4.307,91	1.004,14	1.517,53	18.848,10	3.292,12	28.969,80
2023	4.012,95	1.175,42	1.777,65	24.055,48	3.634,78	34.656,28
2028	4.193,71	1.375,91	2.076,57	30.701,57	4.213,69	42.561,45
2038	4.510,76	1.885,33	3.157,30	50.009,62	6.863,69	66.426,70

Fonte: IBI, 2018.



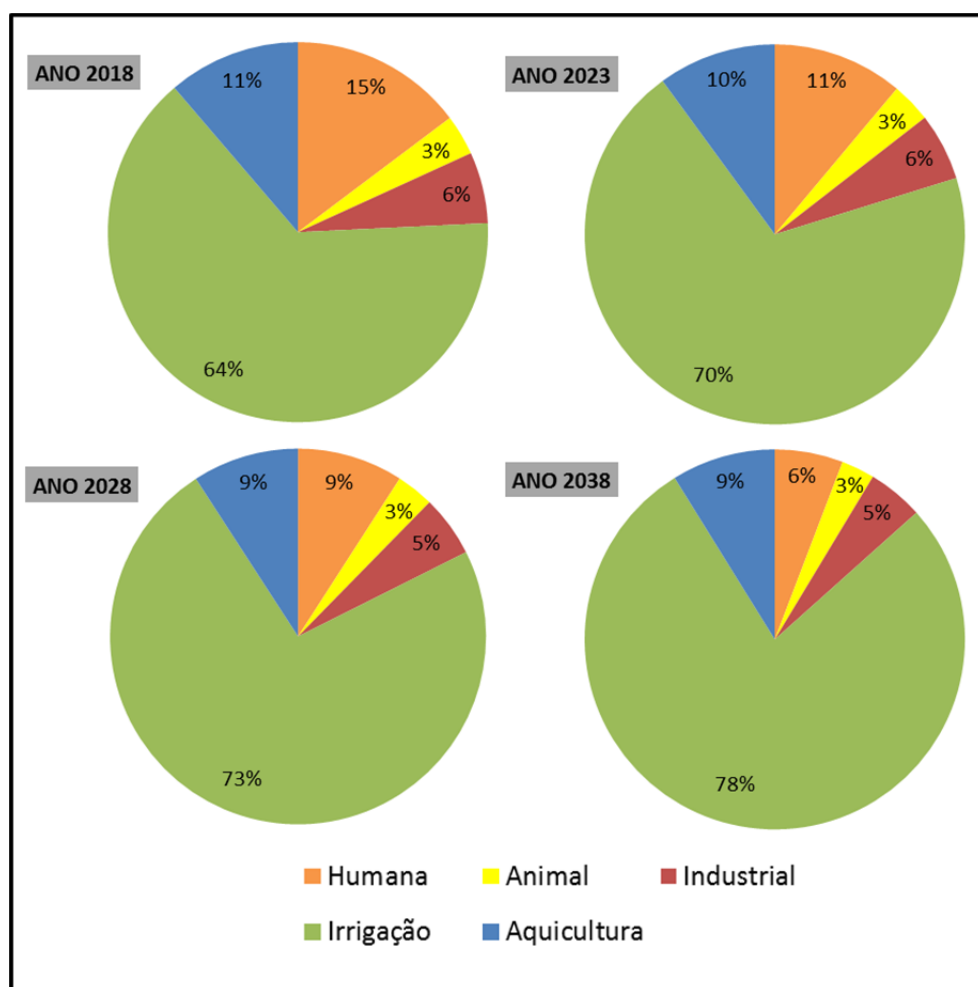
Fonte: IBI, 2018.

Figura 11.4 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Otimista Moderado (l/s)

Tabela 11.8 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Otimista Desejado (l/s)

Ano	Demanda (l/s)					Total
	Humana	Animal	Industrial	Irrigação	Aquicultura	
2018	4.307,91	1.004,14	1.772,84	18.848,10	3.292,12	29.225,11
2023	4.012,95	1.221,69	2.076,68	25.223,01	3.634,78	36.169,11
2028	4.193,71	1.486,37	2.425,92	33.754,08	4.213,69	46.073,77
2038	4.510,76	2.200,19	3.688,44	60.448,41	6.863,69	77.711,49

Fonte: IBI, 2018.



Fonte: IBI, 2018.

Figura 11.5 - Síntese das Demandas Hídricas para todo o Período de Planejamento - Cenário Otimista Desejado (m³/s)

12.

**CONFRONTO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS
HÍDRICAS E IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS PELO USO
DA AGUA**

12. CONFRONTO DAS DISPONIBILIDADES E DEMANDAS HÍDRICAS E IDENTIFICAÇÃO DE CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA

12.1. Balanço Hídrico

A sustentabilidade de uma região, quando se refere aos recursos hídricos, associa-se diretamente a limitação da disponibilidade do recurso, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade, e a capacidade de suporte permanente que pode oferecer às atividades humanas em geral.

A compatibilização entre a oferta e a demanda de água, frente a sua disponibilidade efetiva, é, certamente, o caminho que conduz à desejada sustentabilidade dos recursos hídricos.

A **Tabela 18.1** apresenta um resumo das disponibilidades e potencialidades de cada bacia hidrográfica do Estado do Maranhão.

Tabela 12.1 – Potencialidades Hídricas Subterrâneas e Disponibilidades Superficiais do Estado do Maranhão

Bacia Hidrográfica	Potencialidades Hídricas Subterrâneas (m³/s)	Disponibilidade Hídrica Superficial Total (m³/s)	Total (m³/s)
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	56,05	185,40	241,45
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	31,26	77,10	108,36
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	32,39	12,00	44,39
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	19,48	3,10	22,58
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	9,99	4,40	14,39
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	230,35	105,60	335,95
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	71,22	38,90	110,12
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	52,25	11,10	63,35
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	31,76	11,30	43,06
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	13,05	2,70	15,75
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	49,47	5,20	54,67
XII – Bacia Hidrográfica do Periaá	39,83	2,90	42,73
Total	637,09	459,70	1.096,79

Fonte: IBI, 2018.

12.2. Análise dos Resultados do Balanço Hídrico

As **Tabelas 18.2 a 18.4** apresentam o balanço hídrico para cada bacia hidrográfica do Estado do Maranhão para os anos de 2018, 2023, 2028 e 2038. A análise do balanço hídrico, ou seja, o simples confronto entre a disponibilidade e a demanda hídrica para os cenários tendencial, otimista moderado e otimista desejado, apresentou resultados positivos para todos os horizontes.

Tabela 12.2 - Balanço Hídrico para o Cenário Tendencial – Estado do Maranhão

Bacias	Balanço Hídrico (m³/s)			
	2018	2023	2028	2038
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	237,53	236,88	236,11	234,09
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	105,44	104,95	104,37	102,85
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	42,49	42,13	41,71	40,59
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	22,06	22,00	21,93	21,76
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	11,64	11,13	10,54	9,03
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	323,61	321,72	319,47	313,60
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	106,76	106,26	105,66	104,12
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	62,82	62,77	62,71	62,57
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	42,71	42,68	42,65	42,56
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	15,55	15,54	15,52	15,48
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	54,51	54,49	54,48	54,44
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	42,64	42,64	42,63	42,62

Fonte: IBI, 2018.

Tabela 12.3 - Balanço Hídrico para o Cenário Otimista Moderado – Estado do Maranhão

Bacias	Balanço Hídrico (m³/s)			
	2018	2023	2028	2038
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	237,52	236,67	235,51	232,07
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	105,43	104,79	103,94	101,43
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	42,49	42,01	41,39	39,59
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	22,06	21,99	21,89	21,58
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	11,47	11,17	10,61	8,95
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	323,62	321,00	317,43	306,53
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	106,75	106,13	105,24	102,58
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	62,81	62,75	62,66	62,34
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	42,71	42,68	42,61	42,41
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	15,55	15,54	15,51	15,41
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	54,51	54,49	54,46	54,37
XII – Bacia Hidrográfica do Peria	42,64	42,63	42,62	42,58

Fonte: IBI, 2018.

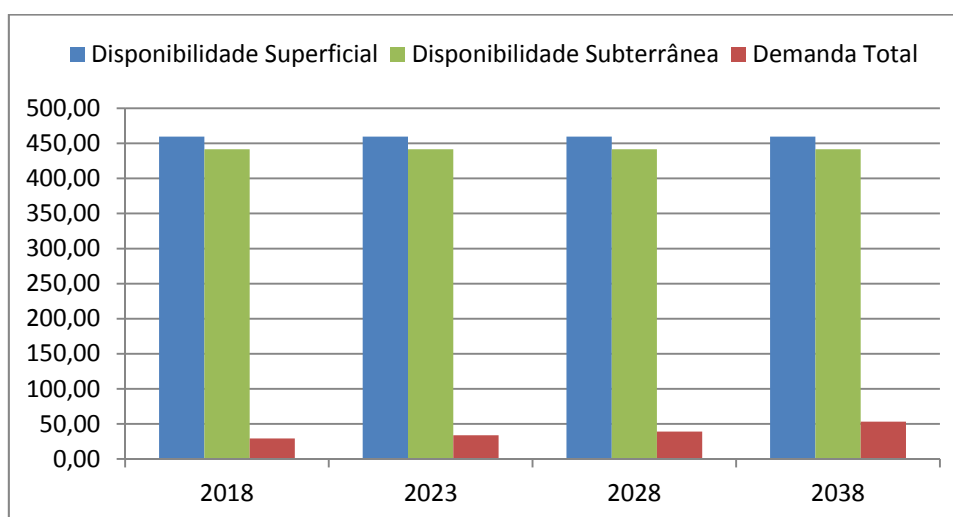
Tabela 12.4 - Balanço Hídrico para o Cenário Otimista Desejado– Estado do Maranhão

Bacias	Balanço Hídrico (m³/s)			
	2018	2023	2028	2038
I – Bacia Hidrográfica do Parnaíba	237,52	236,48	235,03	230,40
II – Bacia Hidrográfica do Tocantins	105,43	104,64	103,57	100,18
III – Bacia Hidrográfica do Gurupi	42,49	41,91	41,12	38,66
IV – Sistema Hidrográfico Litoral Ocidental	22,06	21,97	21,85	21,44
V – Sistema Hidrográfico Ilhas Maranhenses	11,47	11,13	10,53	8,66
VI - Bacia Hidrográfica do Mearim	323,62	320,43	315,94	301,47
VII – Bacia Hidrográfica do Itapecuru	106,75	105,99	104,88	101,35
VIII – Bacia Hidrográfica do Munim	62,81	62,74	62,63	62,25
IX – Bacia Hidrográfica do Turiaçu	42,71	42,67	42,60	42,36
X – Bacia Hidrográfica do Maracaçumé	15,55	15,54	15,50	15,39
XI – Bacia Hidrográfica do Preguiças	54,51	54,48	54,45	54,34
XII – Bacia Hidrográfica do Periaá	42,64	42,63	42,62	42,57

Fonte: IBI, 2018.

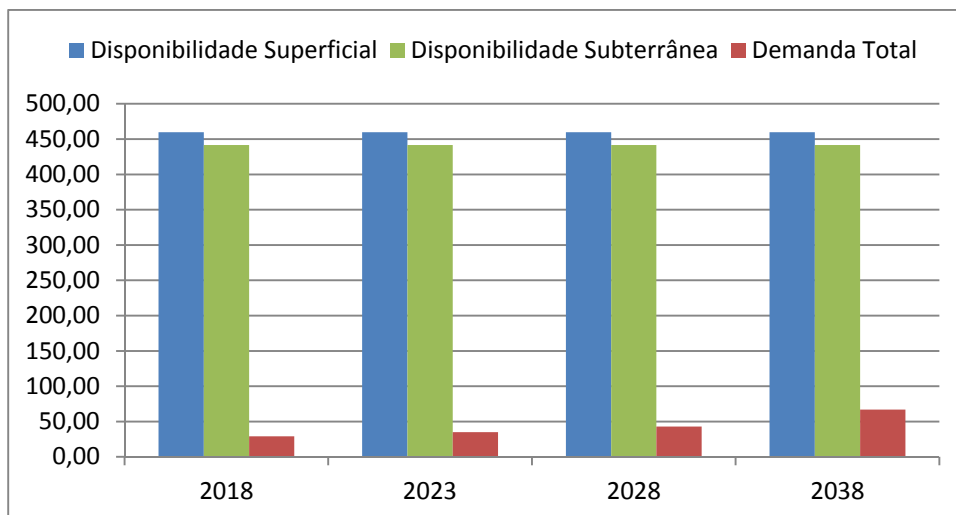
As **Figuras 18.1 a 18.3** mostram, de forma comparativa, o volume demandado e o volume disponível para uso no Estado do Maranhão.

O programa de barramentos tem como objetivos básicos, amortecimento de enchentes, produção de pescado, regularização de rios para irrigação no período seco e produção de energia. A dimensão final de barragem irá depender dos impactos ambientais, da análise econômica e da decisão política do governo.



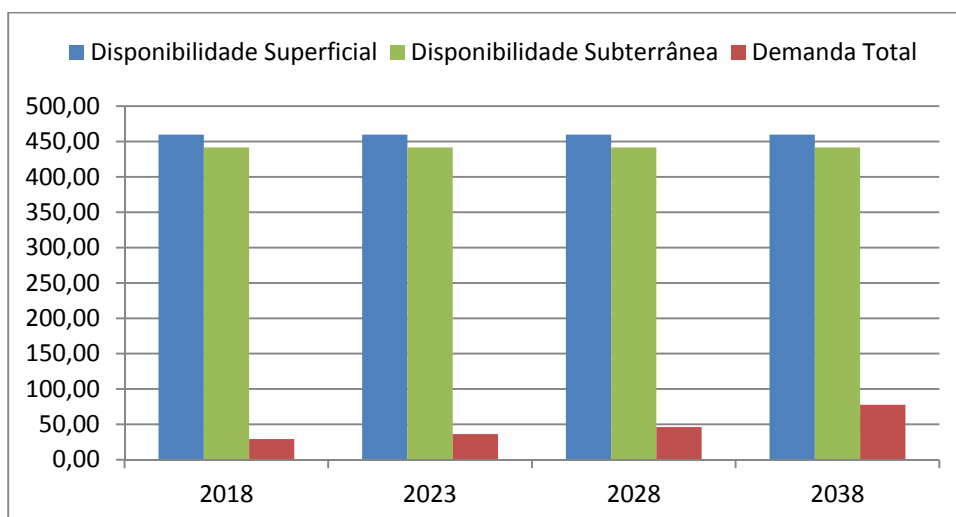
Fonte: IBI, 2018.

Figura 12.1 - Balanço Hídrico para o Cenário Tendencial



Fonte: IBI, 2018.

Figura 12.2 - Balanço Hídrico para o Cenário Otimista Moderado



Fonte: IBI, 2018.

Figura 12.3 - Balanço Hídrico para o Cenário Otimista Desejado

13.

MOBILIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE NO PLANO

13. MOBILIZAÇÃO E PARTICIPAÇÃO DA SOCIEDADE NO PLANO

13.1. Introdução das Oficinas de Trabalho

As Oficinas de trabalho, objeto do presente relatório, têm como objetivo a obtenção de subsídios para complementação do Diagnóstico, Prognóstico e Cenário do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão (PERH-MA), bem como iniciar o processo de participação efetiva da comunidade local na Elaboração do Plano.

Os objetivos específicos das oficinas sobre as Proposições de Ações do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão (PERH-MA) visaram, a priori, a obtenção de subsídios para complementação dos planos e programas propostos para o PERH-MA.

As Proposições de Ações Participativas permitem que os atores sociais façam o seu próprio diagnóstico e futuramente comecem a autogerenciar o seu planejamento e desenvolvimento.

As complementações dos programas e ações obtidas nas oficinas executadas possibilitaram a realização dos ajustes nas proposições.

13.2. Levantamento, Articulação e Dinâmica Social dos Atores Envolvidos

13.2.1. Generalidades

Constitui-se numa prerrogativa, que o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão (PERH-MA) seja elaborado com a participação efetiva da comunidade, ou seja, o processo deve ser conduzido pelo poder Executivo, articulado com os representantes da sociedade civil. Tal participação deve ser garantida desde o início do processo de elaboração, evitando alterações substanciais, radicalmente distintas da proposta construída num processo participativo.

Assim sendo, faz-se necessário a priori a identificação dos atores sociais e segmentos setoriais estratégicos atuantes nos territórios das Bacias e Sistemas Hidrográficos do Estado. O envolvimento desses atores sociais no processo é um elemento fundamental para garantir a representação de todos os interesses durante todo o processo decisório sobre o planejamento e gestão do Plano. Daí a necessidade de mobilizar os atores sociais, fortalecê-los e motivá-los a uma participação efetiva no decorrer do processo.

Desta forma, para elaborar o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão (PERH-MA), condizente com a realidade local deve-se desencadear um intenso processo de exercitação dessas formas organizacionais na qual a comunidade, os indivíduos, os grupos

sociais se vinculam ativa, deliberada e conscientemente em todas as tarefas, fases e desafios que envolvam a elaboração e implementação do PERH-MA.

Apresenta-se a seguir, os principais atores sociais identificados no território das Bacias e Sistemas Hidrográficos do Estado, e as formas de mobilização social adotadas no processo de convocação da comunidade local para a sua participação efetiva nas oficinas das Proposições de Ações do Plano.

13.2.2. Atores Sociais Identificados

As oficinas realizadas tiveram como público alvo os atores sociais e segmentos setoriais estratégicos atuantes nos territórios das Bacias e Sistemas Hidrográficos do Estado, com enfoque especial nas organizações da sociedade civil, envolvendo agentes econômicos (agropecuáristas, irrigantes, pescadores, indústrias, etc.); concessionárias de serviços de saneamento básico; populações tradicionais – indígenas, quilombolas e pescadores; órgãos governamentais vinculados à gestão dos recursos hídricos e meio ambiente; agências reguladoras e implementadoras; instituições técnico-científicas de ensino e pesquisa; órgãos e instituições fomentadoras do desenvolvimento e de pesquisa; ONG's ambientalistas; organizações sindicais e representantes da sociedade civil organizada, entre outros.

Os atores sociais identificados foram analisados quanto a seus campos de atuação, articulações internas e externas às bacias, liderança exercida, abrangência espacial e formas de organização e atuação, com destaque para as ações desenvolvidas por estes que se relacionem ao uso e proteção dos recursos naturais. Didaticamente dividimos os atores sociais participantes das oficinas em três setores:

- Entidades Públicas - Por “entidade pública” compreendem-se as instituições pertencentes às três esferas do poder: federal, estadual e municipal;
- Sociedade Civil - Entende-se por sociedade civil o conjunto de organizações e instituições cívicas voluntárias que constituem os alicerces de uma sociedade em funcionamento, onde não há a presença do poder público;
- Setores Produtivos e Entidades Classistas - Os setores produtivos compostos pelos conjuntos de pessoas que praticam alguma atividade produtiva ou população economicamente ativa, estando distribuídos pelos três setores da economia. Já as entidades classistas são as diversas associações de classes, que representam os setores produtivos.

No Estado do Maranhão os Comitês de Bacias legalmente constituídos são:

- CBH do Munim: instalado no dia 21 de novembro de 2013, composto de 11 membros e envolvendo 27 municípios. Tem como Presidente atual, Ozenildo José Pereira Correia;
- CBH do Mearim: instalado no dia 21 de novembro de 2013, composto de 50 membros e envolvendo 83 municípios, tendo como Presidente atual, José Raimundo da Silva Filho.

13.2.3. Processo de Mobilização Social Sobre as Proposições de Ações do Plano

Toda a mobilização voltou-se para viabilizar uma participação consciente da comunidade, dos usuários dos recursos hídricos, como atores do processo. A mobilização se deu sobre um conjunto de atores, todos eles fundamentais não só durante o processo de construção dos programas e ações planejadas, como no respeito ao meio ambiente e será principalmente, durante a implementação do PERH-MA.

A escolha das sedes municipais para sediar cada evento levou em consideração tanto a sua importância, quanto a sua localização geográfica na bacia.

- **1ª Rodada de Oficinas:** Bacias Hidrográficas do Peria, Preguiças e Munim, totalizando 20 sedes municipais, com eventos sediados nas cidades de Humberto de Campos, Barreirinhas e Chapadinha;
- **2ª Rodada de Oficinas:** Bacias Hidrográficas do Turiaçu e Maracaçumé, e o Sistema Hidrográfico do Litoral Ocidental, totalizando 33 sedes municipais, com eventos sediados nas cidades de Santa Luzia do Paruá, Maracaçumé e Pinheiros;
- **3ª Rodada de Oficinas:** Bacias Hidrográficas do Gurupi, Tocantins e Mearim, totalizando 91 sedes municipais, com eventos sediados nas cidades de Açailândia, Imperatriz e Grajaú;
- **4ª Rodada de Oficinas:** Bacias Hidrográficas do Parnaíba e Itapecuru, e o Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses, totalizando 73 sedes municipais, com eventos sediados nas cidades de Timon, Caxias e São Luís.

13.3. Didática das Oficinas

13.3.1. Generalidades

A metodologia de trabalho adotada consta da técnica inicial conhecida como Brainstorming ou “Tempestade de Ideias”, cuja função principal é a liberação da imaginação para a geração de ideias sobre determinado tema, produzidas em grupo a partir de suas próprias ideias, que são incentivadas pelas sugestões dos participantes, promovendo em cada um, mais ideias.

Permite não só a identificação dos principais problemas vigentes na área de intervenção associados a temas específicos, como a sugestão de ideias para a solução destes. Além disso, permite a priorização dos problemas e soluções apontados pelos participantes.

13.3.2. Metodologia de Trabalho Adotada

As Oficinas como momentos especiais de encontro com a sociedade constituem uma oportunidade por excelência para transmitir e receber informações e propostas para compor os programas e projetos do PERH-MA, com os objetivos de:

- Analisar se o PERH elaborado reflete a realidade das Bacias Hidrográficas;
- Apontar e apresentar propostas para melhorar as Proposições de Ações do Plano;
- Promover o aprofundamento das Proposições de Ações do Plano elaboradas preliminarmente.

13.4. O Evento das Oficinas

Para a construção do Diagnóstico Participativo foram realizadas 12 oficinas diagnósticas com os atores sociais nas áreas de abrangência das Bacias e Sistemas Hidrográficos do Estado do Maranhão.

As referidas oficinas foram executadas nos municípios abaixo especificados cumprindo o cronograma agendado.

13.4.1. Distribuição das Oficinas

Humberto de Campos – dia 03 de dezembro de 2019, às 09:00 horas, no Auditório da Escola Erundina Silva, com 21 participantes.

Barreirinhas – dia 04 de dezembro de 2019, às 09:00 horas, no Auditório do Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais de Barreirinhas, com 26 participantes.

Chapadinha – dia 05 de dezembro de 2019, às 09:00 horas, no Auditório do SEBRAE, com 24 participantes.

Santa Luzia do Paruá – dia 17 de dezembro de 2019, às 09:00 horas, no Auditório do STTR de Santa Luzia do Paruá, com 18 participantes.

Maracaçumé – dia 18 de dezembro de 2019, às 09:00 horas, no Centro Cultural de Maracaçumé, com 11 participantes.

Pinheiros – dia 19 de dezembro de 2019, às 09:00 horas, na Colônia de Pescadores Z-13 de Pinheiros, com 35 participantes.

Açailândia – dia 14 de janeiro de 2020, às 09:00 horas, na Associação dos Comerciantes de Açailândia, com 14 participantes.

Imperatriz – dia 15 de janeiro de 2020, às 09:00 horas, na Universidade Aberta do Brasil, com 20 participantes.

Grajaú – dia 16 de janeiro de 2020, às 09:00 horas, no Auditório da Prefeitura Municipal de Grajaú, com 33 participantes.

Timon – dia 28 de janeiro de 2020, às 09:00 horas, no Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais de Timon, com 39 participantes.

Caxias – dia 29 de janeiro de 2020, às 09:00 horas, no auditório do Memorial da Balaiada, com 12 participantes.

São Luís – dia 30 de janeiro de 2020, às 09:00 horas, no Auditório do IBAMA, com 26 participantes.

13.4.2. Consolidação das Dimensões Analisadas

As sugestões dos participantes das oficinas realizadas focaram, principalmente, nas seguintes abordagens:

- Educação ambiental nas escolas e na comunidade;
- Saneamento integral;
- Controle e disposição final adequada dos resíduos sólidos;
- Desenvolvimento da irrigação;
- Ampliação e modernização da rede de monitoramento de coleta de dados pluviais e fluviais;
- Recuperação de barragens;
- Levantamento e monitoramento dos poços existentes;
- Controle do desmatamento e especulação imobiliária nas margens de rios, lagoas, açudes;
- Reflorestamento de matas ciliares, recuperação de áreas degradadas e produção de mudas nativas;
- Criação de unidades de conservação;
- Proteção das nascentes dos rios;
- Maior interação entre as instituições governamentais municipais e estaduais;
- Divulgação para a população das ações governamentais previstas para as bacias hidrográficas, principalmente o PERH-MA;

- Promover ações de fiscalização do uso dos recursos naturais;
- Implantação e fortalecimento dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

Finalmente os assuntos tratados nas oficinas giraram em torno do eixo: conservação do meio ambiente, saneamento, irrigação e fortalecimento institucional.

**HUMBERTO CAMPOS****BARREIRINHAS****CHAPADINHA****SANTA LUZIA DO PARUÁ****MARACAÇUMÉ****PINHEIROS**

**AÇAILÂNDIA****IMPERATRIZ****GRAJAÚ****TIMON****CAXIAS****SÃO LUÍS**

14.

MAPAS TEMÁTICOS

14. MAPAS TEMÁTICOS

14.1. Mapas Temáticos

As cartas temáticas elaboradas são resultantes da compilação de *shapefiles*, para uma articulação de 34 folhas cartográficas em escala de 1:250.000, que integram todo o Estado do Maranhão, com *Carta Imagem* de resolução espacial de 15 metros e *Dados da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)*.

14.2. Articulação Sistemática das Folhas Cartográficas

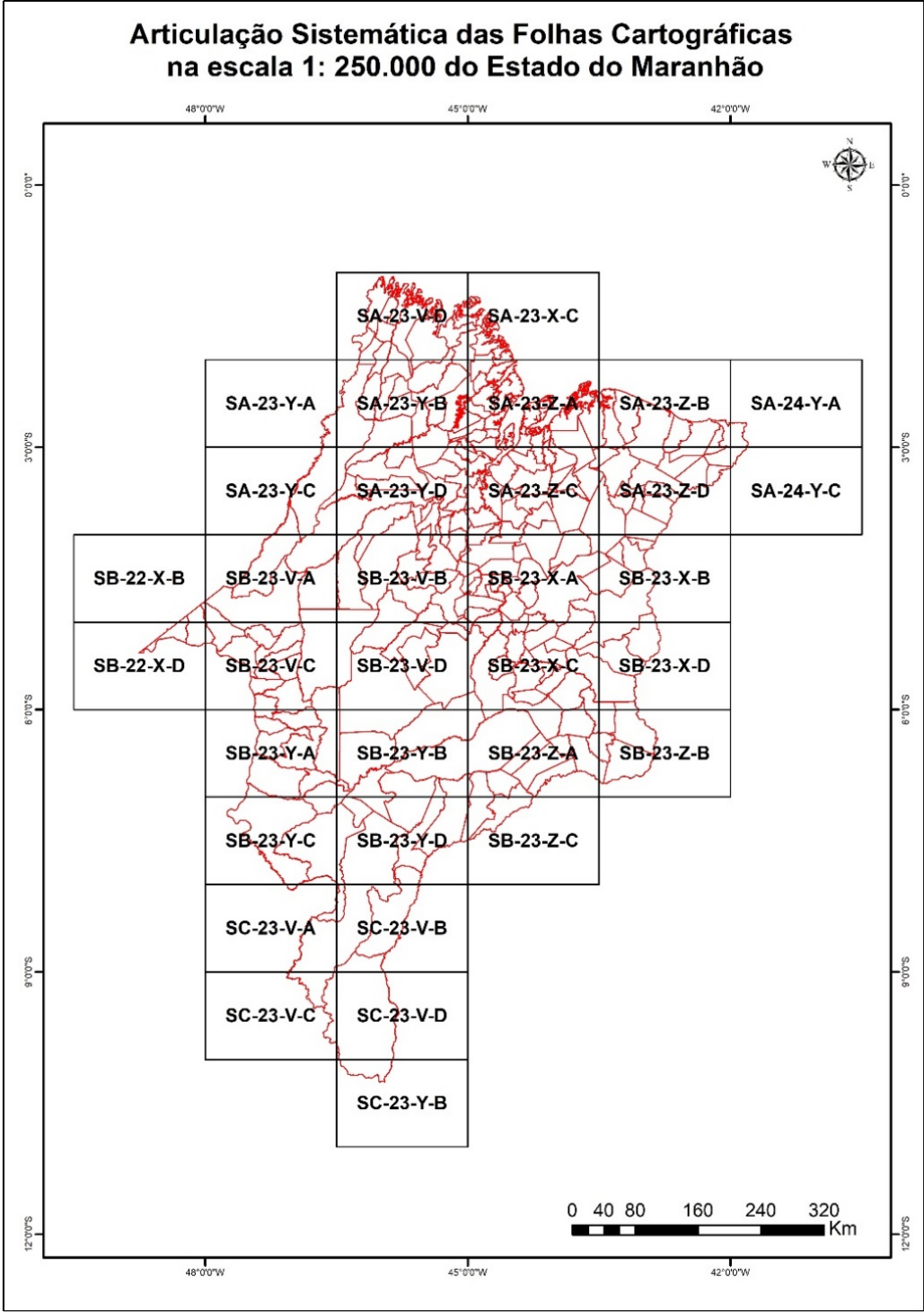
Para o detalhamento das análises e representação cartográfica presentes na elaboração do Plano de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão, levou-se em consideração a articulação sistemática das folhas cartográficas na escala de 1: 250.000, cuja carta é correspondente a uma área de 1° de latitude e 1° 30' de longitude, índice oriundo da Carta Internacional do Mundo ao Milionésimo (1: 1.000.000). Partindo desse pressuposto, o Estado do Maranhão, está inserido em 34 cartas conforme é disposto na **Figura 23.1**.

14.3. Carta Temática de Cobertura Vegetal

A representação cartográfica do Mapa de Cobertura Vegetal, para efeitos dos trabalhos do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão, foi fundamentada na Classificação de Vegetação Brasileira (1991-1992) proposto por Ellemberg e Muller-Dombois (1965/ 1966) adaptado pelo IBGE (1991).

14.4. Carta Temática de Uso e Ocupação do Solo

Para a elaboração da Carta Temática de Uso e Ocupação do Solo do Estado do Maranhão foi realizado a aquisição dos dados de Uso e Cobertura da Terra disponibilizado pelo IBGE (2016) na escala de 1: 250.000, das folhas conforme dispõe a **Figura 2.1** que compreende o estado do Maranhão, dados de áreas de Terras Indígenas na extensão *shp (shapefile)* adquiridos no site da FUNAI (Fundação Nacional do Índio) e imagens de satélite do sensor Landsat 8/OLI do ano subsequente (2017), obtidas no Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS) disponível no site (<http://earthexplorer.usgs.gov/>), tais imagens obtidas foram utilizadas para atualização dos diversificados usos do referido Estado.



Fonte: Registro da Pesquisa (2018).

**Figura 14.1 – Representação da Articulação das Folhas na escala de
1: 250.000 do Estado do Maranhão**

14.5. Carta Temática de Geologia do Maranhão

Para a representação temática da Carta Geológica do Maranhão foram utilizados dados de Geologia oriundos do Projeto Radam Brasil (1970-1982), atualizados em 2017 pelo IBGE, os quais estão dispostos no Portal de Mapas do IBGE em formato *shapefile* na escala de 1:250.000. Dessa forma, utilizou-se as folhas SA23 – São Luís, SA24 – Fortaleza, SB22 – Araguaia, SB23 – Teresina e SC23 – Rio São Francisco (**Figura 23.1**).

Os Lineamentos Estruturais utilizados foram obtidos a partir de uma reclassificação e generalização do mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Maranhão na escala de 1: 750.000 (KLEIN & SOUSA, 2012). O banco de dados está disponível no sistema GEOBANK, plataforma digital do portal CPRM. O *shapefile* de Lineamentos Estruturais usado objetiva a melhor compreensão, além das formações geológicas, e geotectônicas do Estado do Maranhão.

14.6. Carta Temática de Hidrogeologia do Maranhão

A produção cartográfica de Hidrogeologia está disponível no banco de dados do sistema GEOBANK, plataforma digital do portal CPRM, forma essa utilizada nesse estudo.

14.7. Carta Temática de Bacias Hidrográficas do Maranhão

A Altimetria utilizada é um Modelo Digital de Terreno que passou por um refinamento na resolução espacial de 90m para 30m, disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (U. S. Geological Survey). Os dados SRTM de Altimetria foram usados para realizar a atualização do *shapefile* de Bacias Hidrográficas disponibilizado pelo NUGEO-UEMA (2010).

No que tange a Rede de Drenagem do Estado do Maranhão, utilizou-se os dados do IBGE (2017) disponíveis no Portal de Mapas do IBGE em formato *shapefile* na escala de 1:250.000, onde foram extraídos os canais principais dos rios e a hidrografia que constitui o Estado do Maranhão.

14.8. Carta Temática de Demanda Hídrica

O Mapa de Demanda Hídrica das bacias hidrográficas do Estado do Maranhão teve como referência os dados secundários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Agência Nacional de Águas (ANA) de 2010, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA) de 2018, Núcleo Geoambiental – Universidade Estadual do Maranhão (NUGEO/UEMA) de 2015, Censo Populacional (2010), Produção Pecuária

Municipal e Produção Agrícola Municipal (2015); Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CNAHR) de 2018 e Relatório Final dos Coeficientes Técnicos de Recursos Hídricos das Atividades Industrial e Agricultura Irrigada (MMA, 2011).

14.9. Carta Temática de Disponibilidade Hídrica Superficial

A representação cartográfica da carta temática de Disponibilidade Hídrica Superficial das bacias hidrográficas do Estado do Maranhão foi elaborada conforme os cálculos efetuados pela IBI Engenharia Consultiva (2018).

14.10. Carta Temática de Potencialidade Hídrica Subterrânea

A Cartografia Temática de Potencialidade Hídrica Subterrânea das bacias e sistemas hidrográficos do Maranhão (Estado), foi gerada a partir da integração dos dados calculados pela IBI Engenharia Consultiva (2019), no ambiente SIG ArcMap versão 10. 5 .

14.11. Carta Temática de População do Estado do Maranhão para os Anos de 2018, 2023, 2028 e 2038 Considerando o Cenário Tendencial de Crescimento

A espacialização da demografia em cada região hidrográfica, foi sistematizada segundo as informações do Censo Populacional IBGE de 2010, a partir do quantitativo da população e considerando o cenário tendencial de crescimento para os anos de 2018, 2023, 2028 e 2038 obtidos mediante os cálculos realizados pela IBI Engenharia Consultiva (2018).

14.12. Observações Importantes

Os produtos cartográficos totalizaram 10 cartas temáticas, cujos arquivos para impressão estão em folhas A0 (84,1cm x 118,88 cm) na escala de visualização de 1:1. 250.000.

A escala de trabalho dos mapas está organizada de acordo com a escala de mapeamento dos dados:

- **Carta Temática de Cobertura Vegetal:** *Shapefile* Cobertura Vegetal: escala 1: 250.000;
- **Carta Temática de Uso e Ocupação do Solo:** *Shapefile* Uso e Cobertura dos Solos escala 1:250.000, Imagens Fusionadas (OLI Landsat 8), resolução espacial de 15 metros;
- **Carta Temática de Geologia do Maranhão e Carta Temática de Geologia do Maranhão com relevo sombreado:** *Shapefile* de Geologia escala 1:250.000, Lineamentos Estruturais 1: 750.000; Relevo Sombreado resolução espacial 30 metros.

- **Carta Temática de Hidrogeologia do Maranhão:** *Shapefile* Hidrogeologia escala 1: 5.000.000;
- **Carta Temática de Bacias Hidrográficas do Maranhão:** *Shapefile* Hidrografia e Bacias Hidrográficas escala 1:250.000, SRTM de Altimetria resolução espacial de 30 metros;
- **Carta Temática de Demanda Hídrica:** *Shapefile* Bacias Hidrográficas e Demanda Hídrica escala 1:250.000;
- **Carta Temática de Disponibilidade Hídrica Superficial:** *Shapefile* Bacias Hidrográficas e Disponibilidade Hídrica escala 1:250.000;
- **Carta Temática de Potencialidade Hídrica Subterrânea:** *Shapefile* Bacias Hidrográficas e Potencialidade Hídrica escala 1:250.000;
- **Carta Temática de População do Estado do Maranhão para os anos de 2018, 2023, 2028 e 2038 considerando o cenário tendencial de crescimento:** *Shapefile* Bacias Hidrográficas e Demografia escala 1:250.000;

15.

DEFINIÇÃO DE METAS GLOBAIS

15. DEFINIÇÃO DE METAS GLOBAIS

As metas globais do PERH/MA foram estabelecidas a partir da identificação de problemas centrais e das possibilidades de solucioná-lo com recursos (hídricos, materiais, humanos e financeiros) de base local ou oriundos de outras regiões. Trabalhados, os problemas e possibilidades darão lugar a constituição de Temas Estratégicos, que subsidiaram a definição dos focos principais do plano. Esses Temas Estratégicos estão assim estruturados:

- Alocação (distribuição) de água;
- Segurança hídrica das obras de infraestrutura (oferta de água e controle de cheias);
- Operação de reservatórios e sistemas Adução de Água;
- Segurança de barragens;
- Qualidade de água de rios, reservatórios e controle de poluição;
- Arranjo institucional para operação da infraestrutura hídrica;
- Monitoramento das vazões dos rios;
- Metas de regularização de usuários: cadastramento/outorga/ cobrança/fiscalização;
- Monitoramento hidrológico qualitativo e quantitativo;
- Apoio aos sistemas de suporte à decisão.

Esses 10 (dez) Temas Estratégicos refletem bem o quadro atual das Bacias hidrográficas do Estado do Maranhão, em relação ao qual há demandas crescentes por ações estruturantes e de gestão, como as especificadas a seguir:

- Ampliação do monitoramento das variáveis hidrometeorológicas e de desastres naturais, com fortalecimento do banco de dados; integração, consistência e análise de dados;
- Harmonização de critérios e ações de gestão entre o Órgão Gestor do Estado do Maranhão e a Agência Nacional de Água, em função também da dominialidade dos corpos hídricos da bacia;
- Implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos;
- Implementação de Políticas públicas de uso racional da água;
- Integração das águas internas da bacia com o Projeto de interligação do Rio Tocantins com eixo de integração do Rio São Francisco;

- Implantação de Infraestrutura hídrica de controle de cheias e garantias de oferta hídrica;
- Implementação de programas de aprofundamentos dos Estudos e Projetos na Bacia;
- Implementação de Políticas Públicas de Educação Ambiental para proteção de Recursos Hídricos.

16.

***PROPOSIÇÕES DE AÇÕES E INTERVENÇÕES
ORGANIZADAS***

16. PROPOSIÇÕES DE AÇÕES E INTERVENÇÕES ORGANIZADAS

16.1. Ações Institucionais

16.1.1. **Programa 01:** Articulação Institucional do Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGERH

Como em outros estados da federação, a gestão de recursos hídricos no Maranhão tem, historicamente, dependido de investimento considerável na infraestrutura e recursos humanos do órgão gestor. O Estado do Maranhão busca, atualmente, fortalecer sua base legal para o fortalecimento do Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos.

Para auxiliar no fortalecimento, o Programa prevê a promoção de um estudo analítico da atual legislação estadual dos Recursos Hídricos do Maranhão com ampla participação dos atores envolvidos na preservação e uso da água no território; a elaboração de uma proposta técnica para ampliar os dispositivos legais de regulamentação dos instrumentos de gestão; a implantação de um estudo aprofundado de regulamentação mais específica dos instrumentos de gestão; e o desenvolvimento de estudos visando a implantação, estruturação e funcionamento do modelo do Fundo Estadual de Recursos Hídricos.

16.1.2. **Programa 02:** Apoio à Criação e Funcionamento de Comitês de Bacias e Associações de Usuários de Água

A Resolução CONERH-MA Nº 02/2012, posteriormente alterada em parte pela Resolução nº 27/2017, regulamenta a instalação de Comitês de Bacias Hidrográficas no Estado do Maranhão. Atualmente, apenas duas bacias hidrográficas possuem comitês instituídos: a do Mearim e Munim (Lei Estadual nº 9.956/2013), e encontram-se em formação os dos rios Itapecuru e Preguiças, além do rio Balsas.

Constitui objetivo geral deste Programa apoiar a criação e funcionamento de Comitês de Bacias e Associações de Usuários de Água no Estado do Maranhão, inclusive promovendo a instalação do CBH Litoral Ocidental, CBH Maracaçumé e CBH Peria, e especial prioridade para o CBH Ilhas Maranhenses, face a importância e a relevância dos conflitos.

16.1.3. **Programa 03:** Elaboração de Planos Diretores de Bacias Hidrográficas

Atualmente as bacias hidrográficas do Estado não contam com planos diretores elaborados, entretanto, as bacias do Mearim e Itapecuru apresentam Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas em andamento, mediante Acordo de Cooperação Técnica nº 0.082.00/2013 - CODEVASF/UEMA. Em relação às bacias federais, apenas a BH do

Tocantins conta com o Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Tocantins e Araguaia (PERHTA), elaborado em 2008 pela Agência Nacional de Águas (ANA). Encontra-se em elaboração pela CODEVASF, o PDRH da Bacia do Rio Parnaíba.

O Programa tem como objetivo a elaboração de Planos Diretores para todas as bacias estaduais e sistemas hidrográficos do Estado do Maranhão, bem como, revisar e atualizar os planos em andamento. No caso das bacias hidrográficas federais, com ou sem planos diretores, deve ser estabelecido um convênio interestadual para desenvolvimento ou atualização dos planos diretores.

16.1.4. **Programa 04:** Sistema Informatizado de Gestão de Outorga

O procedimento de outorga de direito de uso das águas representa um dos seis instrumentos previstos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e tem como principal objetivo garantir o controle quantitativo e qualitativo do uso dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como o efetivo exercício do direito de acesso às águas (Lei Federal nº 9.433/1997). Em vista dessa base legislativa e conceitual sobre a outorga e o direito do uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, o presente programa propõe a criação de um Sistema Informatizado de Gestão de Outorga, objetivando melhorar o processo de análise de outorga do Estado. O sistema proposto deverá integrar um banco de dados a um Sistema de Informações Geográficas (SIG), já que para a gestão de outorgas faz-se necessário uma considerável quantidade de informações distribuídas pelas bacias hidrográficas do Estado.

16.1.5. **Programa 05:** Política de Cobrança pelo Uso de Água Bruta

Conforme a legislação em vigor, a cobrança se constitui um importante instrumento de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97), estando também prevista na Lei Estadual nº 8.149/2004, que instituiu a Política de Recursos Hídricos do Estado do Maranhão. Tais dispositivos consideram que a cobrança pelo uso da água bruta objetiva incentivar a racionalização do seu uso e viabilizar recursos financeiros para as atividades de gestão dos recursos hídricos, tendo em vista a necessidade de recursos para a implementação de programas, projetos, serviços e ações de gerenciamento dos recursos hídricos.

Constituem objetivos propostos pelo Programa o desenvolvimento e implementação da cobrança pelo uso da água no Estado, através da promoção de um Estudo do Modelo de Cobrança de Água do Estado do Maranhão; da incentivação à racionalização do uso da água; e da obtenção de recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados no Plano Estadual de Recursos Hídricos.

16.1.6. **Programa 06:** Sistema de Fiscalização do Uso de Água

A gestão adequada dos recursos hídricos é fundamental para regularizar a oferta de água. Pode-se evidenciar a importância da existência da fiscalização como instrumento de gestão para controlar a exploração dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, o que propicia, coibir a exploração inadequada dos recursos hídricos. As ações de fiscalização dos usos de recurso hídricos deverão ser tomadas de forma integrada com as ações ambientais. A política ambiental conta com legislação própria e um sistema de fiscalização mais abrangente, que deve ser considerada no desenvolvimento da fiscalização dos recursos hídricos.

O programa apresenta como objetivos gerais promover as ações de fiscalização segundo uma abordagem sistêmica, planejada por bacia hidrográfica, com observância das inter-relações entre os usuários, de maneira a garantir os usos múltiplos nas bacias, privilegiando o caráter educativo e preventivo do processo de fiscalização.

16.2. **Ações de Monitoramento**

16.2.1. **Programa 07:** Monitoramento Hidrometeorológico

As informações hidrometeorológicas precisam ser confiáveis para que sirvam de instrumento de apoio às políticas de desenvolvimento sustentável, contribuindo para antecipar possíveis desastres naturais, como enchentes e estiagens, beneficiando as atividades produtivas e garantindo a segurança das populações. Tais informações constituem importante ferramenta aos tomadores de decisão, tanto na esfera governamental como não governamental.

O Programa, então, prevê a ampliação e modernização da rede hidrometeorológica do Estado, otimizando a distribuição espacial e a formação de um sistema de informações hidrológicas e climatológicas mais completo; o incremento da rede automática de coleta de dados hidrometeorológicos; e a integração dos dados coletados com o Sistema de Informação de Recursos Hídricos do Estado.

16.2.2. **Programa 08:** Monitoramento da Qualidade da Água Superficial

No Estado do Maranhão, o monitoramento da qualidade das águas superficiais passou a ser implementado recentemente, com a criação da Rede Estadual de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais (REMQAS), passando a fazer parte do programa Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade de Água (RNQA) da ANA.

As águas superficiais dos corpos hídricos do Estado do Maranhão, de forma geral, ainda não estão comprometidas com a poluição hídrica, porém, torna-se necessário aprofundar-se o

monitoramento de forma continuada, sobretudo nos pontos em que foram identificadas água de qualidade ruim. Assim, os objetivos do Programa envolvem a análise do atual arranjo técnico e institucional do sistema de monitoramento de qualidade da água, a avaliação do modelo atual de monitoramento e a revitalização do banco de dados sobre qualidade de água com treinamento de pessoal.

16.2.3. **Programa 09:** Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea

No geral, ainda são poucos os trabalhos publicados relacionados à qualidade das águas subterrâneas no estado do Maranhão. Os dados sobre este tema, disponíveis no SIAGAS/CPRM, são escassos e faltam informações acerca de vários parâmetros importantes na análise qualitativa, particularmente para a classificação iônica, para a irrigação e indústria. Uma avaliação técnica qualitativa das águas subterrâneas direcionada para o consumo humano e uso nas atividades econômicas, acompanhada posteriormente pelo monitoramento qualitativo regular, certamente modificará o quadro de uso das águas subterrâneas favorecendo o crescimento da qualidade de vida das populações pela implantação do Programa ora proposto, plenamente justificável pela importância e alcance social.

O foco deste Programa é estabelecer a base técnica e institucional para realizar a avaliação e o monitoramento das características físico-químicas e bacteriológicas das águas dos aquíferos das bacias hidrográficas do Estado.

16.2.4. **Programa 10:** Controle e Monitoramento do Uso de Agrotóxicos

A prática da agricultura irrigada, em geral, está associada ao uso acentuado de fertilizantes e agrotóxicos, o que, sem uma adequada orientação ambiental, acaba por comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas na própria área irrigada ou em áreas sobre sua influência, devido ao processo de infiltração. Além disso, conforme dados do Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (inpEV), em 2016, o Maranhão, encaminhou para o destino ambientalmente correto 780 toneladas de embalagens vazias de agrotóxicos, ocupando o 14º lugar no ranking nacional. O Estado possui três Centrais de Recebimento de Embalagens Vazias de Agrotóxicos, localizadas em Imperatriz, na BH do Tocantins, Balsas e Alto Parnaíba, na BH do Parnaíba, além de um Posto de Recebimento em Anapurus.

O Programa visa o controle do uso de agrotóxicos nas áreas com irrigação intensiva e difusa do território estadual através da disseminação de técnicas adequadas de uso e manejo de fertilizantes e agrotóxicos; implementação de um programa de gerenciamento de embalagens

de agrotóxicos; promoção de atividades ambientalmente sustentáveis; e desenvolvimento de ações de vigilância ambiental em saúde junto aos irrigantes.

16.2.5. **Programa 11:** Monitoramento da Qualidade dos Solos nas Áreas de Agricultura Intensiva

A falta de um correto manejo dos solos, expondo-os ao desencadeamento de processos erosivos acelerados ou afetando suas características favoráveis ao desenvolvimento das culturas, pode, em pouco tempo, transformar solos de bom potencial agrícola em solos pouco produtivos, ou até mesmo improdutivos. Há, ainda, o agravante que a recuperação dos solos degradados pode demandar longos períodos, além de nem sempre ser totalmente possível e economicamente viável. Tal situação pode vir a comprometer, num futuro próximo, não só os recursos naturais com ampla repercussão sobre o bioma do Cerrado, onde ocorrem os maiores cultivos de grãos no Estado, no caso específico da Região de Desenvolvimento dos Gerais de Balsas (IMESC, 2018), como a própria sustentabilidade da atividade agrícola, com destaque para a produção de soja.

Constitui objetivo deste Programa a adoção de medidas preventivas no âmbito da conservação do solo, que incluem drenagem, adubação, corretivos naturais para tratamento da camada agricultável e, principalmente, uma irrigação não erosiva ou cimentação.

16.2.6. **Programa 12:** Monitoramento das Ações do Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos (PEGRS-MA)

A deposição de resíduos sólidos urbanos em lixões na proximidade de áreas ribeirinhas e estratégicas de recarga dos rios compromete a qualidade da água dos mananciais superficiais e subterrâneos para o abastecimento. Essa questão tem fundamental importância no PERH-MA devido à sustentabilidade hídrica e ambiental ensejada nas bacias hidrográficas do Estado.

Para minimizar o volume de resíduos enviado aos aterros, a coleta seletiva é o indicado, possibilitando a reciclagem de materiais que seriam descartados, minimizando o impacto ambiental negativo da produção de resíduos na bacia hidrográfica e o uso de matérias-primas, facilitando a reciclagem de materiais e a garantia de renda para famílias de catadores.

O Programa tem como objetivo monitorar as ações contempladas no PEGRS-MA, promovendo um fórum de debate envolvendo os principais atores representativos das 11 regiões selecionadas para o estabelecimento de consórcios municipais com vistas a uma ação conjunta para o tratamento dos resíduos sólidos dos municípios que integram cada um desses

centros de articulação regional. O foco da discussão é a proteção dos recursos hídricos nessas áreas estratégicas.

16.2.7. **Programa 13:** Controle e Monitoramento da Atividade Piscícola

Na pesca extrativa, as principais normas de controle a serem implementadas estão associadas ao monitoramento da sobrevivência das espécies piscícolas às condições ambientais e ao acompanhamento estatístico das capturas para elaboração de relatórios de recuperação dos estoques. Deverão ser definidos e controlados o tamanho de malhas, o número mínimo de captura para as espécies mais afetadas e o esforço de pesca sustentável.

A aquicultura utiliza diretamente o corpo hídrico, embora seja considerada uma ação de baixo impacto sobre o meio ambiente. Com o advento das rações formuladas, aumento das densidades de estocagens em viveiros escavados, tanques-rede e de outras técnicas de massificação da produção, a atividade passou a sofrer determinados controles com vistas à preservação da qualidade dos recursos hídricos utilizados na produção.

A ideia básica do monitoramento da atividade piscícola é estabelecer o controle dos empreendimentos agrícolas com vistas à manutenção da população das espécies de pescados nos rios e reservatórios, monitorar a qualidade ambiental e da água dos corpos hídricos, organizar a captura e a recuperação dos estoques e fiscalizar os equipamentos de pesca.

16.2.8. **Programa 14:** Monitoramento das Atividades de Exploração dos Manguezais e Áreas com Carcinicultura

A carcinicultura constitui atividade em expansão no Estado do Maranhão, com previsão para exploração de 4.000 ha de viveiros de cultivo de camarão, no ano de 2025, meta prevista no Plano de Desenvolvimento da Carcinicultura do Maranhão (SAGRIMA/ABCC, 2014).

O Programa enseja o acompanhamento das atividades extrativas dos recursos naturais disponibilizadas no ecossistema de manguezal tradicionalmente realizadas pela população costeira do Maranhão, principalmente com relação à exploração do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus L.*), citada no Anexo II da Instrução Normativa MMA nº 5, de 21 de maio de 2004. O manejo adequado do uso da terra nos ambientes estuarinos deve ser embasado em estratégias que permitam garantir a sustentabilidade desse ecossistema, tendo em vista a manutenção das atividades exploratórias realizadas pelas comunidades locais e a preservação dos estoques pesqueiros.

Também preconiza o controle sistemático da qualidade da água como fator determinante para o cultivo de camarões, conforme o plano de monitoramento ambiental preconizado pela Resolução CONAMA nº 312, de 10/10/2002. Faz-se necessário o controle da qualidade dos efluentes da carcinicultura, minimizando a possibilidade de poluição do corpo receptor e de comprometimento do próprio cultivo de camarão.

16.2.9. **Programa 15:** Sistema de Alerta contra Enchentes

A Bacia do rio Mearim, localizada na porção central do Estado, abriga um grande volume de chuva concentrada e com risco de inundação numa bacia de grande superfície territorial. No diagnóstico, identificou-se na série pluviométrica de longo período, picos de chuva e registros de inundações. Foram constatadas, também, através de informações da Defesa Civil do Estado, situações de emergência causadas por inundações, desabrigando muitas famílias e sérios prejuízos. Na falta de um projeto de controle de enchentes mediante a construção de barragens ou diques de proteção, o Plano estabelece um modelo de sistema de alerta para estas áreas críticas, notadamente com maior enfoque para o Mearim.

O programa visa implementar um sistema de alerta contra enchentes contemplando três elementos básicos do projeto: o zoneamento de áreas inundáveis, a modelagem das vazões dos rios e a operação dos reservatórios que foram programados. A simulação do modelo terá como exemplo real a Barragem de Flores.

16.3. **Ações Ambientais**

16.3.1. **Programa 16:** Educação Ambiental e Comunicação Social

A compreensão pela população de que os comportamentos individuais são fundamentais para a proteção do meio ambiente é um dos aspectos que deve se buscar com a educação e a mobilização ambiental. Consequentemente, a responsabilidade individual é um elo importante do processo para redução dos problemas ambientais e para garantir a vida futura no planeta. Assim, esse entendimento pode ser crucial para a eficácia da mudança de comportamento e a adoção de atitudes e posturas ambientalmente corretas.

O programa visa conscientizar os gestores municipais para a importância da integração dos municípios no processo de gestão do território das bacias hidrográficas, através da formação de um consórcio intermunicipal integrando os municípios estratégicos com a participação dos comitês de bacias, quando houver. O programa visa, ainda, implementar um ciclo de ações interativas envolvendo a comunidade, a escola e o aparato institucional (comitês de bacias, prefeituras municipais e outros órgãos públicos). Tem também como objetivo incentivar a

implantação do ICMS ecológico no Estado do Maranhão, o qual constitui um instrumento de política ambiental do Poder Público Estadual para fomentar a preservação do meio ambiente nos municípios.

16.3.2. **Programa 17:** Avaliação da Situação Atual das Unidades de Conservação e Criação de Novas Unidades de Conservação

A criação e implantação de unidades de conservação é um dos instrumentos usados para aumentar e efetivar a proteção dos remanescentes de áreas naturais com relevância ambiental. Este processo deve ser balizado por critérios confiáveis e atuais, de forma a preservar as áreas de maior prioridade para a conservação da diversidade biológica, com recursos naturais ainda significativos, e que possam estar susceptíveis a impactos ambientais negativos, e que podem ser derivados de ações antrópicas.

Constituem objetivos específicos do presente Programa a consolidação das unidades de conservação de proteção integral situadas em área continental e localizadas integralmente no território estadual, garantindo o fortalecimento da gestão e monitoramento a partir da revisão, elaboração e implantação dos planos de manejo e instituição dos conselhos gestores; e a ampliação da quantidade de áreas protegidas, através da criação de Unidades de Conservação (proteção integral ou de uso sustentável).

16.3.3. **Programa 18:** Restauração Ambiental de Nascentes e Matas Ciliares

16.3.3.1. **Subprograma 18.1:** *Implantação de Viveiros Municipais para Produção de Mudanças*

Considerando a necessidade de restauração florestal das nascentes dos principais rios do Estado e matas ciliares dos corpos hídricos, faz-se necessário que haja estrutura de suporte a tais ações. Para tanto, o incentivo à criação de viveiros municipais é fundamental para o sucesso dos subprogramas especificados no plano.

No Estado do Maranhão existem algumas iniciativas de prefeituras municipais que desenvolvem produção de mudas em viveiros (como São Luís, Imperatriz, Caxias, Grajaú, Timon, Codó, entre outros). Também vale destacar a estrutura de produção de mudas do viveiro florestal da UHE Estreito, no município de Estreito, e o projeto “Produzir e Plantar Proteção das Águas” de iniciativa da CAEMA em parceria com o IFMA, o qual visa a implantação de um viveiro de mudas nativas para reflorestamento dos mananciais de abastecimento de água, superficiais e subterrâneos, utilizados pela companhia.

O presente Programa pretende incentivar e fomentar a implantação de viveiros municipais para a produção de mudas nativas dos biomas Amazônia e Cerrado, com vistas a atender à demanda por reflorestamento de áreas de nascentes e matas ciliares, bem como educação ambiental.

16.3.3.2. Subprograma 18.2: Proteção e/ou Restauração de Nascentes

Diversas experiências positivas estão sendo implantadas no Brasil viabilizando investimentos significativos na revitalização de bacias hidrográficas. No Maranhão, consta dentre as iniciativas o Programa Maranhão Verde a intenção de efetivar o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) mediante o pagamento de bolsas às famílias que residam em Unidades de Conservação Estaduais. O Estado conta ainda com o aparato legal representado pela Lei nº 10.374, de 15 de dezembro de 2015, a qual traça diretrizes para preservação de nascentes no Maranhão.

O apoio previsto, pelo subprograma, para a restauração de áreas de nascentes nas propriedades rurais com a previsão de fomento financeiro aos produtores rurais como política pública de serviços ambientais, são ao mesmo tempo de reflorestamento, conservação de solo, controle de erosão, recuperação de áreas degradadas e manutenção da umidade no terreno.

Além do incentivo financeiro aos produtores para adequação de usos, cercamento, reflorestamento com o apoio do programa de viveiros municipais, erradicação de espécies invasoras, uso sustentável da água da nascente, educação ambiental para a população do entorno de nascentes, o subprograma ainda prevê a capacitação de produtores locais e de gestores e técnicos estaduais e municipais.

16.3.3.3. Subprograma 18.3: Restauração Florestal das Matas Ciliares das APP dos Reservatórios

Constituem terras legalmente protegidas pelo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012) as Áreas de Preservação Permanente (APP), presentes nas margens de corpos e cursos d'água, e as Reservas Legais (RL), que correspondem a um percentual de área da propriedade rural que deve ser mantida com vegetação nativa e uso restrito. Este mesmo código florestal previu mecanismos de recuperação dessas áreas com métodos integrados a sistemas agroflorestais.

O subprograma tem como objetivo implantar APPs em açudes estratégicos existentes no Estado: Flores (açude público) e João Santos (açude privado) nas bacias do Mearim e Parnaíba. Além disso, conta com a realização de cursos de capacitação de produção agroflorestal para os agricultores visando a restauração das APP e com a implantação do

centro de produção de mudas e de projetos de restauração de APP dos reservatórios no perímetro da bacia hidráulica.

16.3.4. **Programa 19:** Acompanhamento do Bioma Amazônia

A porção mais oriental do Bioma Amazônia ocupa 34,8% do território do Estado do Maranhão e constitui uma área que tem sofrido, ao longo do tempo, forte pressão antrópica resultando em perdas significativas na sua biodiversidade. O desmatamento e as queimadas, aliado ao uso inadequado dos solos são os principais fatores que concorrem para as perdas sofridas pelo bioma.

De acordo com o ZEE-MA Etapa Bioma Amazônia (IMESC, 2019), mais de 75,0% da área do bioma no Estado está desmatada, isto em decorrência, principalmente, do Maranhão apresentar o menor índice de áreas protegidas, dentre todos os estados integrantes da Amazônia Legal.

O programa tem como objetivo acompanhar, avaliar e monitorar o nível de uso do território da porção maranhense do Bioma Amazônico, de modo a garantir o desenvolvimento sustentável das atividades econômicas alinhado com a recuperação e preservação dos remanescentes florestais, visando a proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade.

16.4. **Ações de Infraestrutura**

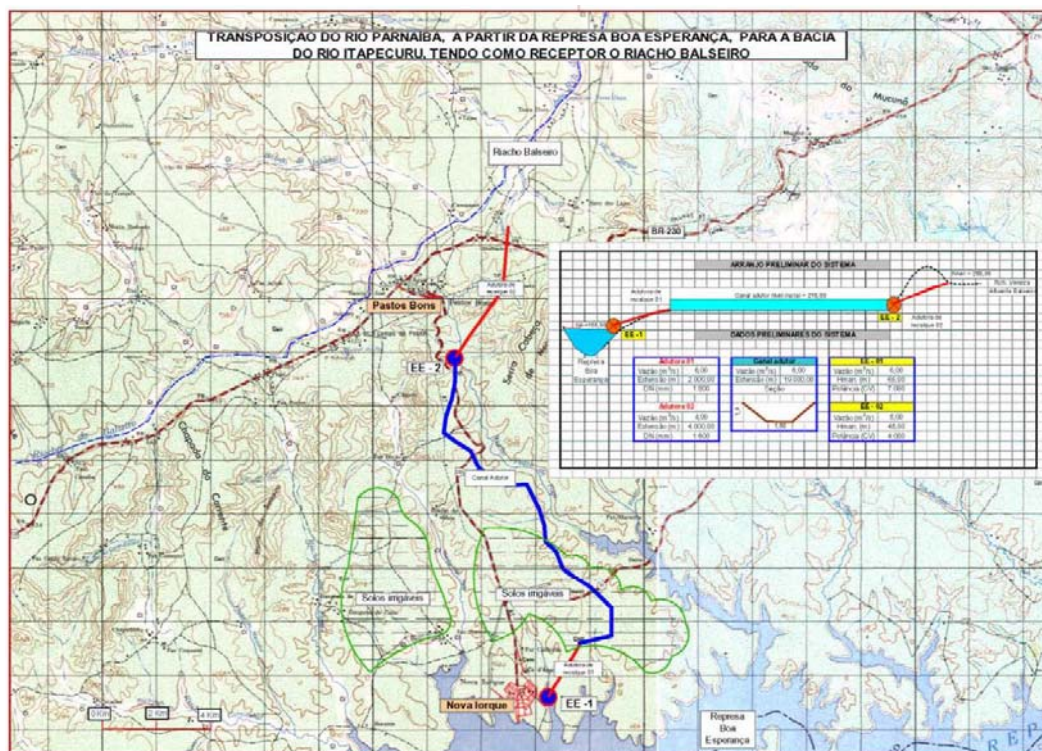
16.4.1. **Programa 20:** Integração de Bacias

No caso do Estado do Maranhão, não há região com escassez crítica de água, contudo, alguns empreendimentos poderão prescindir de algum reforço na oferta hídrica de modo a garantir a plenitude da operação desses projetos hídricos relevantes.

A proposta do Programa de Integração de Bacias tem por objetivo a segurança hídrica de uma região, revitalizando o aporte hídrico aos rios, áreas irrigáveis e/ou mananciais de projetos, através de interligação destes com uma fonte hídrica com maior capacidade de suprimento.

Os objetivos são os que seguem:

- Interligar a bacia hidrográfica do Parnaíba com a bacia do Itapecuru, passando pelo riacho Balseiro, fortalecendo a região do médio Itapecuru (**Figura 16.1**);



Fonte: IBI Engenharia Consultiva, 2018.

Figura 16.1 - Eixo de Integração Boa Esperança/Balseiro

- Ampliar e fortalecer o sistema integrado Italuís de abastecimento de água da capital baseado na foz do Itapecuru com água do rio Mearim no trecho do seu estuário (**Figura 16.2**);

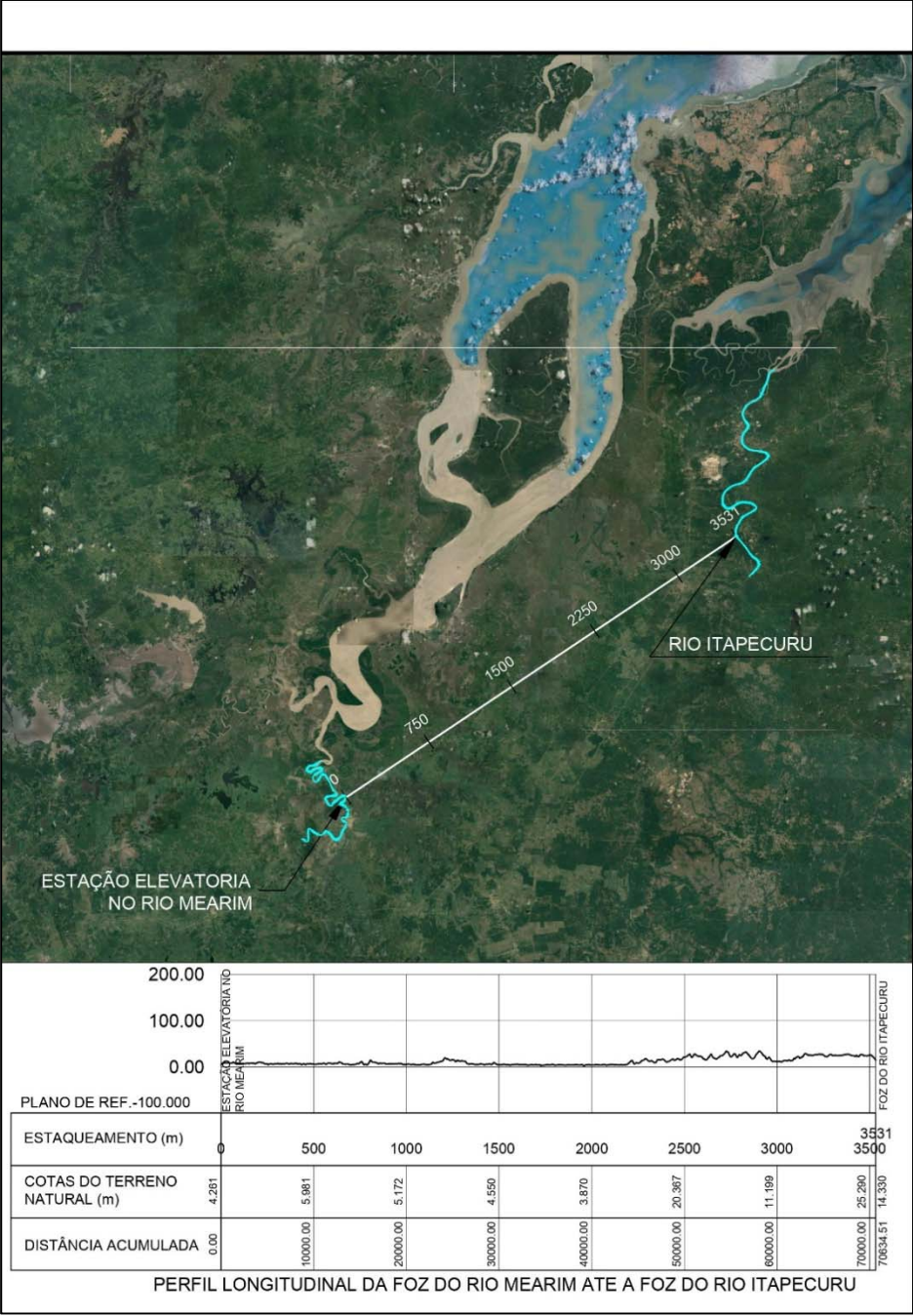


Figura 16.2 – Integração da foz do Rio Mearim com a foz do Rio Itapecuru

- Aduzir água da Barragem de Flores, utilizando o equipamento hidromecânico turbo/bomba (**Figura 16.3**), para as manchas de solo irrigável nos tabuleiros, à jusante da comporta, na sua margem direita.



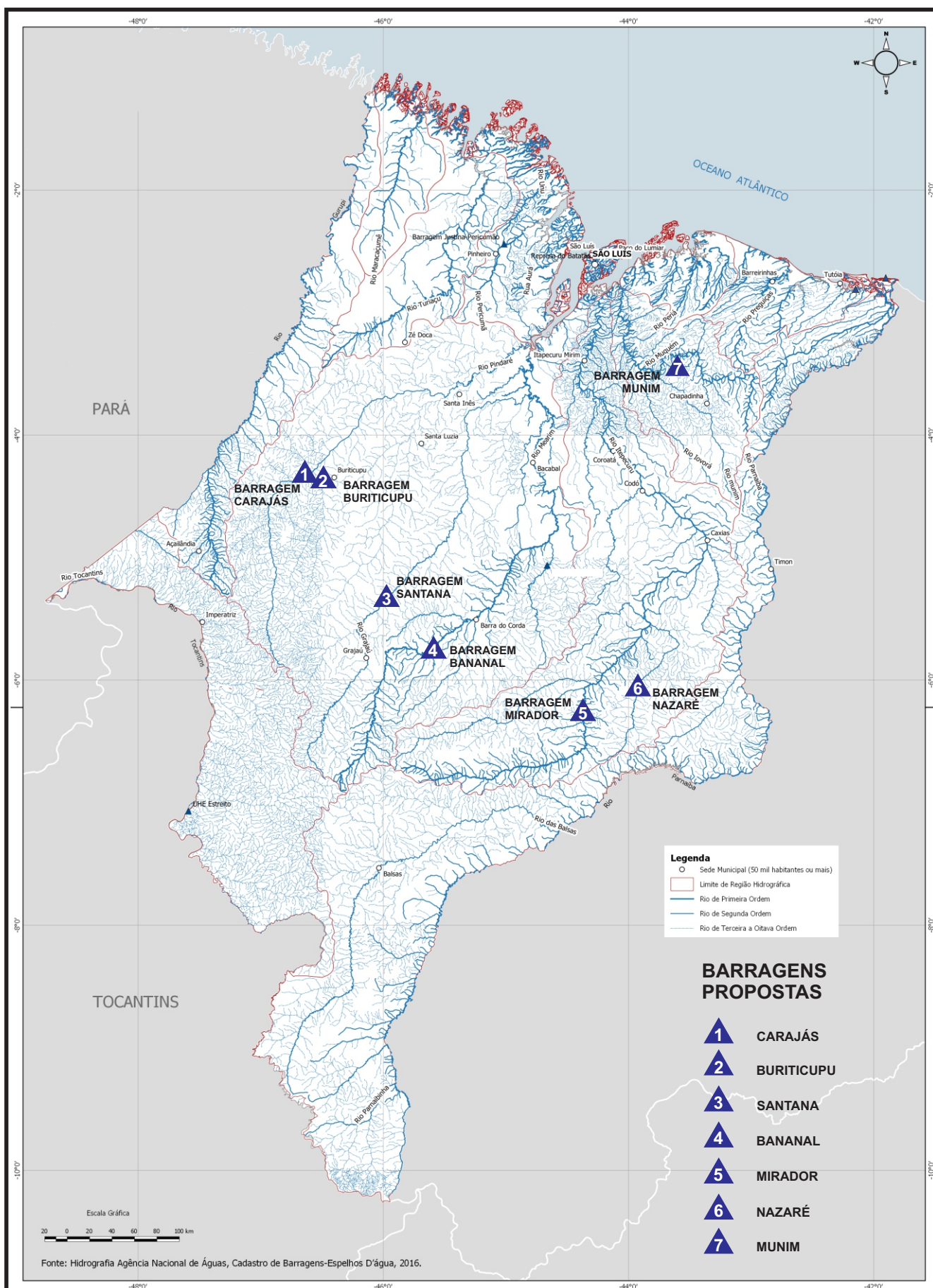
Fonte: IBI, 2018

Figura 16.3 – Equipamento Turbina e Bomba (turbo/bomba) Orós/Feiticeiro

16.4.2. **Programa 21:** Implantação de Barragens Estratégicas

Apesar do Estado ser contemplado com boa oferta hídrica superficial, principalmente representada pela rica rede hidrográfica, é possível beneficiar não só as regiões que possuem zonas carentes de reservas hídricas com a construção de alguns novos açudes, mas também permitir o controle de cheias em algumas áreas e a produção de energia local PCH nos polos de irrigação concentrada.

Assim, pra atender essas finalidades, o programa propõe a construção de seis barragens de grande porte situadas no primeiro terço das bacias de alguns estratégicos rios do Maranhão: Bananal, Buriticupu, Carajás, Mirador, Munim, Nazaré e Santana (**Figura 16.4**). A dimensão final das barragens irá depender dos impactos ambientais, da análise econômica e da decisão política do governo.



16.4.3. **Programa 22:** Implantação de Pequenos Barramentos de Apoio à Agropecuária

No Estado, conforme dados do Relatório de Segurança de Barragens - 2017 (ANA, 2019), existem 81 barragens catalogadas, destas 66 são destinadas à acumulação de água para usos diversos. Dentre essas, estima-se que 93,9% podem ser classificadas como reservatórios de pequeno porte (Menos de 15 m de altura do maciço e/ou menos de 3 hm³). Os principais usos nos pequenos açudes correspondem à irrigação, usos múltiplos, aquicultura e dessedentação animal. Quanto à localização, a maior parte está distribuída pelas Bacias Hidrográficas do Itapecuru, Parnaíba e Mearim.

Constitui objetivo principal do presente programa o desenvolvimento de uma política de aproveitamento sustentável dos recursos hídricos superficiais disponíveis na pequena açudagem do Estado, bem como a construção de novos reservatórios em áreas de vazios hídricos, de modo a proporcionar aos pequenos produtores a implementação de atividades produtivas que permitam auferir renda e bem estar social.

Tratando-se de um programa voltado para a propriedade particular, os recursos destes projetos poderão advir de créditos subsidiados para agropecuária, a exemplo do PRONAF, para pequena propriedade familiar e outras linhas de financiamento disponíveis na carteira do BB, BNB, etc.

16.4.4. **Programa 23:** Saneamento Básico

16.4.4.1. **Subprograma 23.1:** *Abastecimento de Água*

Os dados de abastecimento d'água do Maranhão apontam que 54% dos domicílios do Estado não possuem abastecimento de água. Essa situação é ainda mais preocupante em zonas rurais, onde essa porcentagem pode chegar a 90% dos municípios. No entanto, a questão é delicada quando analisamos que o diagnóstico aponta que a zona rural abriga inúmeros povoados dispersos num território majoritariamente de domínio sedimentar, propício para utilização do poço como solução pontual capaz de alcançar esses pequenos núcleos familiares, com uma alta vazão produzida, e baixa probabilidade de teor de sais acima do nível permitido para a água potável.

O subprograma aqui proposto visa o atendimento do abastecimento d'água de forma plena para as sedes municipais. Essa ação deverá ser executada com urgência visando a saúde da população urbana e redução da mortalidade infantil. A zona rural deverá ter sua malha de abastecimento ampliada para alcançar a hipótese preconizada no plano, de atender 80% da

população. Já para atender as comunidades rurais pequenas e dispersas, deverá implementar a instalação de dessalinizadores nos poços existentes com elevado teor de sais.

16.4.4.2. Subprograma 23.2: Esgotamento Sanitário

Um dos fatores que mais agravam a qualidade da água no Brasil, e principalmente na região Nordeste é o esgotamento sanitário decorrente da falta de tratamento dos efluentes das cidades e núcleos urbanos da zona rural. O lançamento do esgoto bruto diretamente nos cursos d'água do Estado degrada a qualidade desses mananciais, sendo também fonte de muitas doenças.

O subprograma ora proposto visa eliminar fontes de degradação dos recursos hídricos relacionadas ao lançamento de efluentes sanitários, através da promoção da sua coleta e tratamento adequados nos núcleos urbanos integrantes do estado do Maranhão, devendo ser definidas áreas-alvo a serem priorizadas.

O objetivo é promover o esgotamento pleno em municípios com mais de 50.000 habitantes. Para os municípios menores, o percentual de atendimento varia: população entre 30.000 e 50.000 promover 80% de atendimento, entre 10.000 e 30.000 habitantes atender 60% e em municípios com menos de 10.000 habitantes atender 50%. Além disso, para os micronúcleos mais dispersos, indica-se a adoção de sistemas não convencionais de esgotamento sanitário.

16.4.5. Programa 24: Projeto Hidroagrícola

Tendo por base os dados do Atlas de Irrigação (ANA, 2017) obtidos para o ano de 2015, a área irrigada no estado do Maranhão corresponde a 84.575 ha, 32,0% maior que a área irrigada em 2006. A atividade hidroagrícola deve merecer políticas públicas específicas voltadas, sobretudo, para a capacitação do pequeno produtor familiar, tecnologias econômicas da água na irrigação e práticas de conservação do solo.

O objetivo desse programa, então, é promover o desenvolvimento da agricultura irrigada no Estado do Maranhão, buscando o aproveitamento racional e sustentável dos solos irrigáveis, com base em critérios de viabilidade técnica, sustentabilidade econômica, inclusão social e preservação ambiental, priorizando a pequena irrigação familiar.

A determinação das novas manchas de tabuleiros (**Figura 16.5**) se baseou no estudo de solo e climatologia do diagnóstico do PERH-MA, priorizando os latossolos e argissolos das regiões com vocação agrícola para a produção de grãos, frutas, hortaliças, etc. São extensas áreas localizadas próximas dos rios e dos reservatórios estratégicos contemplados no Plano. Poderão ser utilizadas, com pequena irrigação comunitária, as áreas beneficiadas com os poços do aquífero Beberibe.

16.4.6. **Programa 25:** Segurança de Barragens

Conforme Relatório de Segurança de Barragens (ANA, 2017), existem 81 barragens no Estado do Maranhão fiscalizadas pela SEMA, sendo que 11 destas se enquadram na Lei Federal nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, a qual estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). A legislação determina que barragens com maciços de altura igual ou maior a 15 metros, com acumulação superior a 3 hm³ e/ou com dano potencial de médio a alto devem ser monitoradas pelo Sistema Nacional de Informação sobre Segurança de Barragens (SNISB).

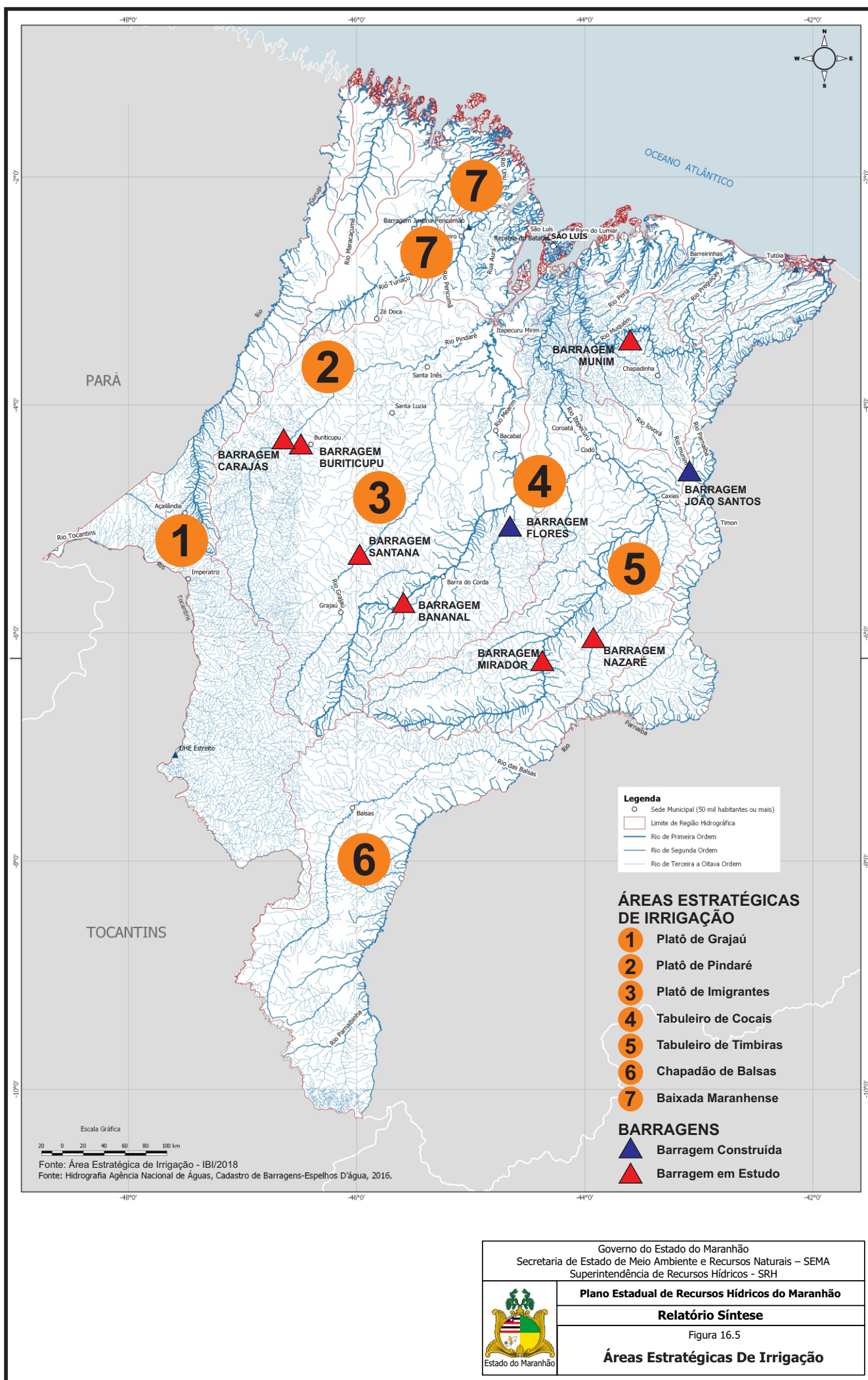
O Programa visa atender inicialmente quatro açudes públicos (Bacanga, Batatã, Flores e Pericumã), cuja manutenção está sob a responsabilidade dos governos federal e estadual, visando dotá-los de condições suficientes para garantir a segurança dos empreendimentos e da população de entorno e de jusante.

16.4.7. **Programa 26:** Projetos Especiais

16.4.7.1. Projeto de Desenvolvimento Hidroagrícola da Baixada Maranhense com Base na Regularização e Manejo da Água na Zona de Produção

As características fisiográficas da Baixada Ocidental Maranhense são terras baixas, planas, inundáveis, caracterizada por campo, mata de galeria, manguezais e bacias lacustas. Solo argiloso, pouco consolidado com grande retenção de água. Na época das chuvas, de dezembro a julho, os campos baixos ficam alagados, restando ilhas de terras firmes.

Esses aspectos bem peculiares da Baixada Ocidental denota uma região com níveis flutuantes entre inundações e vazantes, o que implica na necessidade de um processo de regularização do aporte de água nessa zona do território. Isto explica a importância das barragens estratégicas do Plano. Estas terão o papel de controle de cheias no período de chuvas e de abastecimento dessas áreas no período seco.



16.4.7.2. Proposta de Estudo para criação de Unidades de Conservação

Propõe-se a criação das Reserva Biológica do Rio Preto na bacia do Rio Munim e a Área de Preservação entre os municípios de Maracaçumé e Junco do Maranhão.

16.4.7.3. Estudo de Integração do Turismo, Pesca e Recreação nas Bacias dos Rios Preguiças e Balsas

Esse estudo visa planejar ações nas áreas institucionais de monitoramento, ambientais e de infraestrutura para um projeto de desenvolvimento turístico dessas duas regiões: Bacias dos Rios Preguiças e Balsas.

16.4.7.4. Proposta para o Projeto de Integração de Comunidades Rurais Especiais nos Programas de Restauração de Nascentes Utilizando a Metodologia do PSA

O PSA estabelece uma fórmula de compensação às comunidades rurais organizadas, a exemplo de indígenas, quilombolas, produtores extrativistas (babaçu, coletores de semente, etc), núcleos familiares engajados com atividades agroflorestais, remunerando o trabalho desses grupos, ou seja, uma complementação de renda, correspondente a um valor estimado para a Bolsa Verde, durante cinco anos, a produtores com potencial de conservação da biodiversidade.

17.

MONTAGEM DO PROGRAMA DE INVESTIMENTOS

17. MONTAGEM DO PROGRAMA DE INVESTIMENTOS

No capítulo de Proposição de Ações e Intervenções Organizadas foram relacionadas todas as ações preconizadas no PERH/MA, quando foram discriminadas e detalhadas as propostas contidas no Plano de Investimentos, ponderadas a dimensão e o processo executivo das mesmas e definidos os horizontes de curto, médio e longo prazos para alcance das metas específicas. A seguir são apresentados uma síntese dos cronogramas físico-financeiro e um sumário dos programas.

17.1. Síntese dos Custos dos Programas

Tabela 17.1 - Síntese dos Investimentos, por natureza da ação

Ação	Programa	Projeto	Custo (R\$ 1.000,00)	Fonte do financiamento
Institucionais	Articulação Institucional do Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGERH	Avaliação da legislação de recursos hídricos com relação aos agentes poluidores	296,29	OGU*: 2084 TE*: 101
		Regulamentação dos instrumentos de gestão para as zonas especiais	185,18	OGU*: 2084 TE*: 101
		Regulamentação específica dos instrumentos de gestão no plano maranhense	259,25	OGU*: 2084 TE*: 101
		Estudo técnico para implantação da cobrança pelo uso de água bruta	444,43	OGU*: 2084 TE*: 101
		Avaliação do modelo do Fundo Financeiro	111,11	OGU*: 2084 TE*: 101
	Apoio à Criação e Funcionamento de Comitês de Bacias e Associações de Usuários de Água	Suporte à implantação de Comitê de Bacia	1.100,97	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Articulação para CBH Tocantins e Gurupi	222,22	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Suporte e criação da associação de usuários	153,68	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
	Elaboração de Planos Diretores de Bacias Hidrográficas	Elaboração dos Termos de Referência para contratação dos Planos Diretores	518,50	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Elaboração dos Planos Diretores	14.000,00	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Análise e avaliação dos Planos Diretores do Mearim e do Itapecuru e elaboração do Plano de Ação neles preconizados	74,07	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Elaboração de um Documento Técnico do Estado para a ANA propondo a integração do território maranhense nos Planos Diretores das bacias federais	111,11	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
	Sistema Informatizado de Gestão de Outorga	Levantamento dos dados e cadastro	280,33	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Montagem de banco de dados	513,01	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Disponibilização dos dados e manutenção do sistema	256,51	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Projeto Piloto de Cadastramento da Bacia do Itapecuru	3.264,38	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
	Política de Cobrança pelo Uso de Água Bruta	Contratação de Consultoria para a elaboração do Plano de Implantação da Cobrança pelo Direito de Uso de Recursos Hídricos	407,40	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Organização do cadastro de usuários e clientes consumidores da água bruta	169,22	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Campanha de mobilização social com divulgação da cobrança	792,72	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
	Sistema de Fiscalização do Uso de Água	Agente na Legislação criando o Quadro de Fiscalização	148,14	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Elaboração do Manual de Fiscalização de Recursos Hídricos	222,22	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Realização de cursos de capacitação e treinamento de pessoal técnico	8,80	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
	SUBTOTAL		23.539,52	-
Monitoramento	Monitoramento Hidrometeorológico	Avaliação da Rede Hidrométrica Existente	280,33	OGU*: 2050/2084 TE*: 101
		Adensamento e Modernização da Rede de Monitoramento Pluviométrico	8.160,00	OGU*: 2050/2084 TE*: 101

Ação	Programa	Projeto	Custo (R\$ 1.000,00)	Fonte do financiamento
		Adensamento e Modernização da Rede de Monitoramento Fluviométrico	95,42	OGU*: 2050/2084 TE*: 101
		Ampliação e Manutenção das Plataformas de Coletas de Dados	760,00	OGU*: 2050/2084 TE*: 101
	Monitoramento da Qualidade da Água Superficial	Diagnóstico do Arranjo Institucional	148,14	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Avaliação do Modelo de Monitoramento	296,29	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Revitalização do Banco de Dados	222,22	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
	Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea	Coleta e Análise de Amostras	1.816,65	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Avaliação do Sistema de Monitoramento Qualitativo de Água Subterrânea	259,94	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
		Armazenamento dos Dados das Amostras no Banco de Dados	222,22	OGU*: 2083/2084 TE*: 101
	Controle e Monitoramento do Uso de Agrotóxicos	Mobilização	328,89	OGU*: 2029/2083 TE*: 118
		Treinamento	378,00	OGU*: 2029/2083 TE*: 118
		Centro de Coleta de Embalagens Vazias	382,40	OGU*: 2029/2083 TE*: 118
		Manual Normativo das Diretrizes da Política de Gerenciamento de Embalagens de Agrotóxicos	1.854,00	OGU*: 2029/2083 TE*: 118
	Monitoramento da Qualidade dos Solos nas Áreas de Agricultura Intensiva	Divulgação e treinamento	504,22	OGU*: 2084 TE*: 122
		Análise de amostras (laboratório)	168,00	OGU*: 2084 TE*: 122
	Monitoramento das Ações do Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos (PEGRS-MA)	Fórum de Debate dos Resíduos Sólidos	64,24	OGU*: 2067/2068/2083/2084 TE*: 122
		Despesas gerais	183,80	OGU*: 2067/2068/2083/2084 TE*: 122
	Controle e Monitoramento da Atividade Piscícola	Mobilização do Programa de Monitoramento da Atividade Piscícola – Sensibilização e Comunicação	35,00	OGU*: 2078/2084 TE*: 122
		Treinamento das Oficinas (curso de 40h, 5 dias, em cada município) – valor para 8 municípios	197,26	OGU*: 2078/2084 TE*: 122
		Estudo de Avaliação e Monitoramento da Atividade de Pesca em Viveiros e Tanques-rede	267,22	OGU*: 2078/2084 TE*: 122
	Monitoramento das Atividades de Exploração dos Manguezais e Áreas com Carcinicultura	Mobilização do Monitoramento da Qualidade de Água Vinculada à Carcinicultura	121,00	OGU*: 2078/2084 TE*: 122
		Treinamento das Oficinas	334,30	OGU*: 2078/2084 TE*: 122
		Mobilização e Orientação Técnica para Coletores de Crustáceos	121,00	OGU*: 2078/2084 TE*: 122
		Treinamento das Oficinas para Coletores de Crustáceos	334,30	OGU*: 2078/2084 TE*: 122
	Sistema de Alerta contra Enchentes	Projeto do Sistema de Alerta Contra Enchentes à Jusante do Reservatório Flores, na Bacia Hidrográfica do Mearim	1.111,04	OGU*: 2040/2084 TE*: 101
	SUBTOTAL		18.645,87	-
Ambiental	Educação Ambiental e Comunicação Social	Elaboração do Diagnóstico da Área do Estudo e do Programa de Educação Ambiental	296,29	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Oficina de Sensibilização e Divulgação do Programa	111,90	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Capacitação de produtores rurais nas práticas de uso e manejo conservacionista do solo, da água e da flora	138,85	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Capacitação de professores e de multiplicadores ambientais	176,00	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Projeto de Divulgação de Educação Ambiental junto às escolas das 10 sedes	556,00	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
	Avaliação da Situação Atual das Unidades de Conservação e Criação de Novas Unidades de Conservação	Projeto de construção dos termos de referência e contratação da empresa	842,06	OGU*: 2078/2083 TE*: 107
		Projeto de elaboração de 4 planos de manejos de UCs	543,53	OGU*: 2078/2083 TE*: 107
		Diagnóstico em 03 Unidades de Conservação Estaduais Existentes	641,34	OGU*: 2078/2083 TE*: 107
		Estudos Básicos das 03 Novas Unidades de Conservação	797,23	OGU*: 2078/2083 TE*: 107
	Implantação de Viveiros Municipais para Produção de Mudas	Projeto dos Viveiros Municipais	74,07	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Implantação de projetos de viveiro e monitoramento	3.433,86	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
	Proteção e/ou Restauração de Nascentes	Diagnóstico do território e identificação de microbacias para mapeamento da área para elaboração do projeto	568,67	OGU*: 2078/2083 TE*: 101

Ação	Programa	Projeto	Custo (R\$ 1.000,00)	Fonte do financiamento
		Mobilização e treinamento	304,28	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Restauração florestal das nascentes	30.474,33	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Monitoramento e pagamento dos produtores	552,92	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
	Restauração Florestal das Matas Ciliares das APP dos Reservatórios	Fase 1 - custos do projeto de mobilização e treinamento em restauração agroflorestal das APP's dos açudes	1.084,94	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Fase 2: custo do Centro de Produção ou Manutenção de Mudanças	196,10	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Fase 3: preparação da comunidade de produtores e orientação técnica - custos do Projeto de Restauração Agroflorestal das APP'S dos açudes	1.070,39	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Fase 4: Implantação da Mata Ciliar (2 reservatórios) - Custos da Implantação do Projeto de Restauração Agroflorestal das APP'S dos açudes	1.962,56	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Fase 5: Cercamento	436,13	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
	Acompanhamento do Bioma Amazônia	Monitoramento	4.251,73	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
		Treinamento do Pessoal	31,35	OGU*: 2078/2083 TE*: 101
SUBTOTAL			48.544,51	-
Infraestrutura	Integração de Bacias	Integração do Rio Balseiro	445.878,72	OGU*: 2084 TE*: 101
		Integração dos Rios Mearim/Itapecuru	449.416,32	OGU*: 2084 TE*: 101
		Integração da Barragem de Flores	377.315,42	OGU*: 2084 TE*: 101
	Implantação de Barragens Estratégicas	Estudos e Projetos	181.139,63	OGU*: 2084 TE*: 101
		Construção de Açudes Estratégicos	6.131.633,79	OGU*: 2084 TE*: 101
	Implantação de Pequenos Barramentos de Apoio à Agropecuária	Construção de Pequenos Barramentos	13.500,00	OGU*: 2084 TE*: 101
	Abastecimento de Água	Abastecimento dos Núcleos Urbanos	719.305,18	OGU*: 2068/2084 TE*: 211
		Abastecimento da Zona Rural e Micronúcleos	254.948,77	OGU*: 2068/2084 TE*: 211
	Esgotamento Sanitário	Sistemas Convencionais	3.199.638,23	OGU*: 2068 TE*: 211
		Sistemas Não Convencionais	5.320,15	OGU*: 2068 TE*: 211
	Projeto Hidroagrícola	Pequena irrigação familiar com poços e pequenos barramentos	207.000,00	OGU*: 2013 TE*: 122
		Agronegócio de irrigação com base nas manchas de solos de tabuleiros apontadas no diagnóstico e manancial hídrico dos rios	2.700.000,00	OGU*: 2013 TE*: 122
		Novas manchas irrigáveis com base na construção dos açudes estratégicos	1.350.000,00	OGU*: 2013 TE*: 122
	Segurança de Barragens	Recuperação dos Açudes de Grande ou Médio Porte Volume > 10 hm²	50.524,80	OGU*: 2084 TE*: 101
		Recuperação dos Açudes de Pequeno Porte Volume < 10 hm²	209,76	OGU*: 2084 TE*: 101
	Projetos Especiais	Projeto de Desenvolvimento Hidroagrícola da Baixada Maranhense	1.481,44	OGU*: 2084 TE*: 101
		Proposta de Estudo para criação de Unidades de Conservação	1.111,08	OGU*: 2084 TE*: 101
		Estudo de Integração do Turismo, Pesca e Recreação nas Bacias dos Rios Preguiças e Balsas	1.196,26	OGU*: 2084 TE*: 101
		Projeto de Integração de Comunidades Rurais Especiais nos Programas de Restauração de Nascentes Utilizando a Metodologia do PSA	569,43	OGU*: 2084 TE*: 101
	SUBTOTAL			16.090.188,99
	Total		16.180.918,89	-

*OGU: Orçamento Geral da União

*TE: Tesouro do Estado

Fonte: IBI, 2018.

17.2. Cenários e Prioridades do PERH/MA

Tabela 17.2 - Matriz das Ações Programadas, Por Prioridade

Ação	Programa	Prioridades (R\$ 1.000,00)			Soma (R\$ 1.000,00)
		1	2	3	
Institucionais	Articulação Institucional do Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGERH	1.296,26			1.296,26
	Apoio à Criação e Funcionamento de Comitês de Bacias e Associações de Usuários de Água	1.476,86			1.476,86
	Elaboração de Planos Diretores de Bacias Hidrográficas	14.703,68			14.703,68
	Sistema Informatizado de Gestão de Outorga	4.314,22			4.314,22
	Política de Cobrança pelo Uso de Água Bruta	1.369,34			1.369,34
	Sistema de Fiscalização do Uso de Água	379,16			379,16
	SUBTOTAL	23.539,52	0,00	0,00	23.539,52
Monitoramento	Monitoramento Hidrometeorológico			9.295,75	9.295,75
	Monitoramento da Qualidade da Água Superficial			666,65	666,65
	Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea			2.298,81	2.298,81
	Controle e Monitoramento do Uso de Agrotóxicos			2.943,29	2.943,29
	Monitoramento da Qualidade dos Solos nas Áreas de Agricultura Intensiva			672,22	672,22
	Monitoramento das Ações do Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos (PEGRS-MA)			248,04	248,04
	Controle e Monitoramento da Atividade Piscícola			499,48	499,48
	Monitoramento das Atividades de Exploração dos Manguezais e Áreas com Carcinicultura			910,59	910,59
	Sistema de Alerta contra Enchentes			1.111,04	1.111,04
	SUBTOTAL	0,00	0,00	18.645,87	18.645,87
Ambiental	Educação Ambiental e Comunicação Social	1.279,04			1.279,04
	Avaliação da Situação Atual das Unidades de Conservação e Criação de Novas Unidades de Conservação	2.824,16			2.824,16
	Implantação de Viveiros Municipais para Produção de Mudanças	3.507,93			3.507,93
	Proteção e/ou Restauração de Nascentes	31.900,20			31.900,20
	Restauração Florestal das Matas Ciliares das APP dos Reservatórios	4.750,11			4.750,11
	Acompanhamento do Bioma Amazônia	4.283,07			4.283,07
	SUBTOTAL	48.544,51	0,00	0,00	48.544,51
Infraestrutura	Integração de Bacias		1.272.610,46		1.272.610,46
	Implantação de Barragens Estratégicas			6.312.773,42	6.312.773,42
	Implantação de Pequenos Barramentos de Apoio à Agropecuária		13.500,00		13.500,00
	Abastecimento de Água	974.253,96			974.253,96
	Esgotamento Sanitário	3.204.958,38			3.204.958,38
	Projeto Hidroagrícola		4.257.000,00		4.257.000,00
	Segurança de Barragens		50.734,56		50.734,56
	Projeto Especial		4.358,21		4.358,21
	SUBTOTAL	4.179.212,34	5.598.203,23	6.219.127,23	16.090.188,99
TOTAL		4.251.296,38	5.598.203,23	6.237.773,10	16.180.918,89

Fonte: IBI, 2018.

Tabela 17.3 - Matriz do Plano de Investimentos do PERH/MA, segundo Cenários

Cenários	Ações Institucionais			Ações de Monitoramento			Ações Ambientais			Ações de Infraestrutura			Custo total (1.000,00)
	Prioridades			Prioridades			Prioridades			Prioridades			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Tendencial ⁽¹⁾	19.017,90	0,00	0,00	0,00	0,00	12.239,04	40.933,38	0,00	0,00	4.179.212,34	5.529.610,46	6.312.773,42	16.093.786,54
Otimista Moderado ⁽²⁾	23.539,52	0,00	0,00	0,00	0,00	16.559,48	48.544,51	0,00	0,00	4.179.212,34	5.593.845,02	6.312.773,42	16.174.474,29
Otimista Acelerado ⁽³⁾	23.539,52	0,00	0,00	0,00	0,00	18.645,87	48.544,51	0,00	0,00	4.179.212,34	5.598.203,23	6.312.773,42	16.180.918,89

(1) 50% da Prioridade 01, 40% da Prioridade 02 e 30% da Prioridade 03.

(2) 100% da Prioridade 01, 80% da Prioridade 02 e 60% da Prioridade 03.

(3) 100% das Prioridades 01, 02 e 03.

Fonte: IBI, 2018.

18.

***DIRETRIZES PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS
INSTRUMENTOS DE GESTÃO NO PERH/MA***

18. DIRETRIZES PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO NO PERH/MA

Os instrumentos de gestão das bacias hidrográficas do estado Maranhão estão definidos na Lei Estadual Nº 8.149/2004, regulamentada pelo Decreto Nº 34.847/2019. Referida legislação dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, previstos no artigo 220 da Constituição Estadual.

Estes instrumentos são: a) Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas; b) Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; c) Outorga de direito de uso dos recursos hídricos; d) Cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e) Sistema de informações em recursos hídricos; f) Cadastro de usuários; e g) Fundo Estadual de Recursos Hídricos; h) Fiscalização do uso dos recursos hídricos.

18.1. Plano de Enquadramento dos Corpos d'água em Classes de Usos Preponderantes

A metodologia para implementação a ser seguida neste instrumento de gestão constará de um diagnóstico da situação da qualidade dos corpos d'água nas bacias do Estado, de um prognóstico do uso e do aproveitamento do solo e dos recursos hídricos, a proposição de metas relativas às alternativas de enquadramento e o programa para sua efetivação (Resolução CNRH Nº 91/2008).

O plano envolve os seguintes passos:

▪ Fase de Diagnóstico

Esta fase contempla os estudos que regulam:

- Caracterização geral da bacia hidrográfica;
- Levantamento dos Aspectos Jurídicos e Institucionais;
- Levantamento dos Aspectos Socioeconômicos;
- Uso e ocupação atual do solo;
- Identificação das áreas reguladas por legislação específica e das áreas em processo de degradação;
- Usos, disponibilidade e demanda atual de águas superficiais e subterrâneas;
- Identificação das fontes de poluição pontual e difusa atuais;
- Identificação do estado atual dos corpos hídricos:
 - Classificação de Referência;
 - Consultas Públicas;

- Fase Prognóstico;
- Fase Final.

Na fase final serão consolidados os estudos e propostas visando o enquadramento das águas da bacia:

- Elaboração de relatórios de Diagnósticos e Prognósticos;
- Elaboração do programa de monitoramento da qualidade da água;
- Banco de dados georreferenciados da qualidade da água;
- Proposta Metodologia para o enquadramento das águas.

18.2. Programa para Implementação do Enquadramento dos Corpos de Água em Classes de Usos Preponderantes

18.2.1. Referências para Elaboração do Enquadramento de Corpos de Água

Nas referências devem conter:

- Contexto Geral;
- Descrição da Bacia Objeto do Enquadramento;
- Objetivos Geral e Específicos;
- Diretrizes e Aspectos Metodológicos;
- Delimitação da Área de Projeto;
- Delimitação das Zonas Objeto de Qualidade de Água dos Rios;
- Escopo dos Trabalhos e Detalhamento das Atividades.

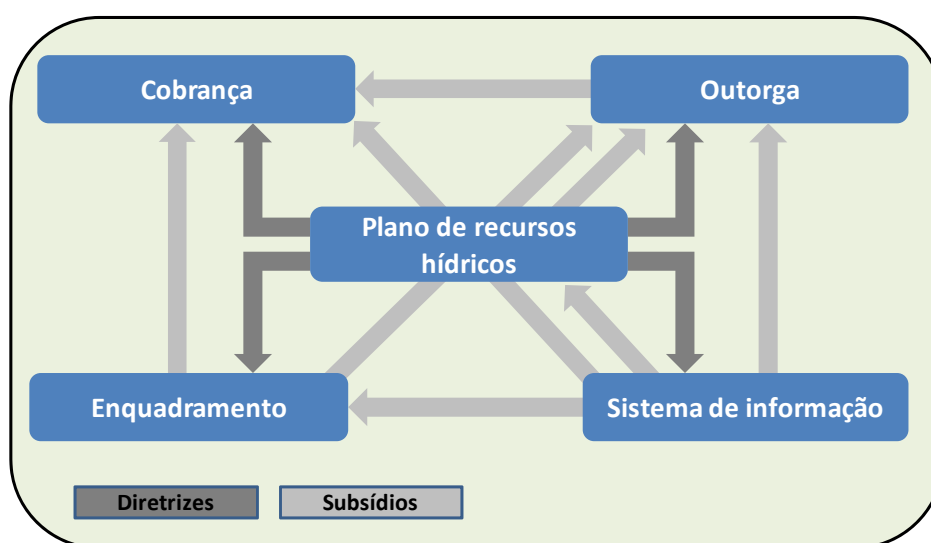
18.3. Proposta de Critérios de Outorgas dos Direitos de Uso de Recursos Hídricos

Conceitualmente, a outorga é um ato administrativo que faculta ao usuário o direito de captar água em local determinado de um corpo hídrico (rio, açude, lagoa, fonte, canal, adutora, aquífero), com vazão, volume e período definidos, assim como declaradas as finalidades de seu uso sob determinadas condições, objetivando assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

18.3.1. Integração com outros instrumentos

A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos por autorizar o uso de um bem público do interesse de todos, escasso e dotado de valor econômico, estará sempre vinculada a normas e procedimentos administrativos para a sua expedição e pela sua natureza de recurso ambiental, a sua análise e condição de disponibilidade está intimamente dependente ou integrada a outros instrumentos de gestão das águas (**Figura 18.1**), quais sejam:

- Outorga de Uso e Planos de Recursos Hídricos;
- Outorga de Uso e Reserva Hídrica;
- Outorga de Uso e Estudo Prévio de Impacto Ambiental;
- Vinculação, Discricionariedade e Publicidade do Procedimento de Outorga;
- Outorga de Uso e Dever de Fiscalizar;
- Outorga de Uso e Cobrança;
- A Outorga de Uso e a Alocação.



Fonte: COGERH, 2016.

Figura 18.1 - Integração dos instrumentos de gestão de recursos hídricos

18.3.2. Volume outorgado como coeficiente de cobrança pelo uso das águas

Este capítulo versará sobre alguns casos de utilização de coeficientes no cálculo da cobrança de recursos hídricos. Será abordado, ainda, indicador de disponibilidade como função dos volumes outorgado e outorgável, bem como coeficiente de ponderação, para compor o cálculo de cobrança pelo uso da água, que relaciona os volumes outorgado e efetivamente consumido pelo usuário. Sendo o coeficiente de ponderação também em função do referido indicador de disponibilidade.

18.3.3. Propostas e práticas de uso de coeficientes na cobrança

O modelo genérico, mais comumente proposto ou praticado no Brasil, para o cálculo da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, conforme Rodrigues e Aquino (2014), é formulado considerando a expressão seguinte:

$$\text{Cobrança} = \text{Base de Cálculo} \times \text{Preço Público Unitário} \times \text{Coeficientes Ponderados}$$

Uma cobrança do tipo binomial, considerando medidas de outorga, já poderia surtir efeito para evitar a especulação da disponibilidade hídrica, tendo como base a formulação de cobrança descrita na Equação 1, a seguir:

$$K = \text{Tot} \cdot \text{Vot} + \text{Tef} \cdot \text{Vef} \quad (1)$$

onde: K é a cobrança ao usuário pelo uso da água (R\$);

Tot é a tarifa de outorga de direito pelo uso da água (R\$/m³);

Vot é o volume outorgado pelo usuário (m³);

Tef é a tarifa de consumo efetivo (R\$/m³);

Vef é o volume efetivamente consumido pelo usuário (m³).

18.3.4. Condições e Critérios Gerais de Outorga

A Resolução N° 1.041/2013, da Agência Nacional de Águas (ANA), define critérios para análise de balanço hídrico em pedidos de outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos para captação de água e lançamento de efluentes com fins de diluição, e dá outras providências. Esta assume um caráter basilar para proposições de metodologia de implementação deste tipo de outorga para corpos d'água estaduais.

18.3.5. Análise da Capacidade de Assimilação de Efluentes

A Resolução CONAMA N° 430/2011 dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, além de complementar e alterar a Resolução N° 357/2005. O art. 12 da Resolução vigente estabelece que o lançamento de efluentes em corpos de água não poderá exceder as condições e padrões de qualidade de água estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência ou volume disponível. O estudo de capacidade de suporte deve considerar, no mínimo, a diferença entre os padrões estabelecidos pela classe e as concentrações existentes no trecho desde a montante, estimando a concentração após a zona de mistura (Art. 7, parágrafo 2).

A **Figura 18.2** apresenta as classes utilizadas para a classificação do IPO.

Valor da relação carga lançada/carga assimilável	Condição	COR
0 - 0,5	Ótima	Blue
0,5 - 1,0	Boa	Green
1,0 - 5,0	Razoável	Yellow
5,0 - 20,0	Ruim	Red
> 20,0	Péssima	Black

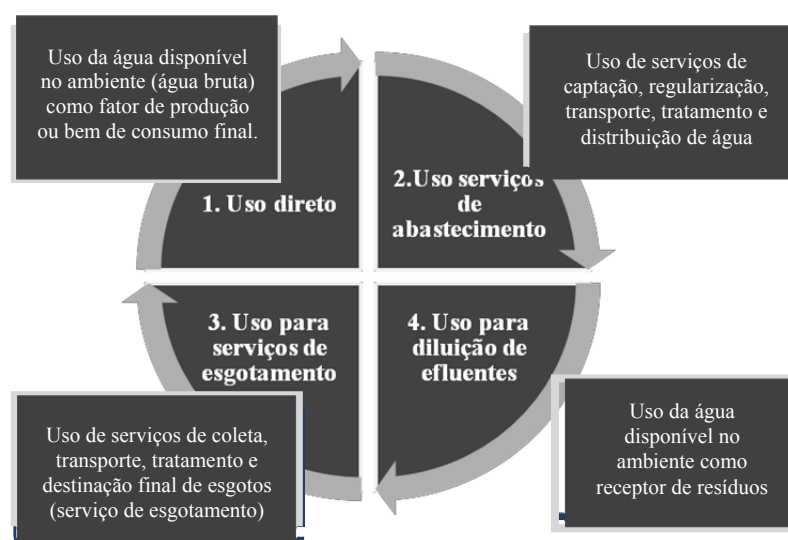
Fonte: ANA (2005)

Figura 18.2 - Classificação dos valores da estimativa de capacidade de assimilação das cargas de esgotos.

18.3.6. Cobrança pelo Direito de Uso

Durante séculos a água foi considerada um bem livre, diante de sua constante renovação e possibilidade de estocagem, a água, por conta de seu uso indiscriminado, associado ao crescimento econômico e concentração da população humana, passou a ser um recurso relativamente escasso e, devido a essa escassez, um bem econômico com valor de uso.

Segundo Pereira (1996), a água possui quatro usos que podem ser cobrados (**Figura 18.3**).



Fonte: Adaptado de PEREIRA (1996).

Figura 18.3 - Tipos de usos da água

18.3.7. Sistema de Informação

O Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados usado foi o PostgreSQL, versão 9.5, e PostGis, versão 3.0.

19.

***PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO E ACOMPANHAMENTO
DAS AÇÕES DO PLANO NO ÂMBITO DO SISTEMA
ESTADUAL DE GERENCIAMENTO
DE RECURSOS HÍDRICOS***

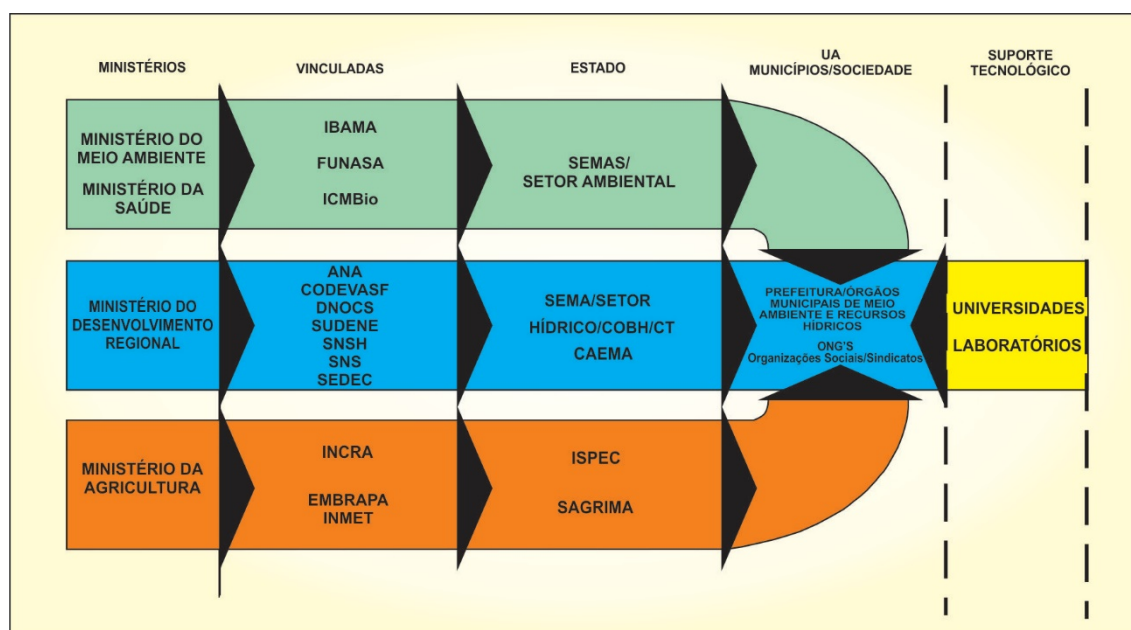
19. PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DAS AÇÕES DO PLANO NO ÂMBITO DO SISTEMA ESTADUAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

19.1. Proposta de Arranjo Institucional

A proposição do arranjo institucional para implementação do plano, não poderá deixar de considerar algumas premissas que são básicas, no âmbito da implantação dos investimentos programados. Estes condicionamentos caracterizam um arranjo institucional com o seguinte formato:

- A ação federal como centro das intervenções relacionadas à infraestrutura, em muitos casos sem qualquer contrapartida do Estado;
- A participação do Estado, principalmente nas ações não caracterizadas à infraestrutura na forma de contrapartida;
- A presença do município como agente local de articulação nos programas socioeducativos e de treinamento.

A **Figura 19.1** apresenta o Arranjo Institucional para Implementação das Ações do Plano.



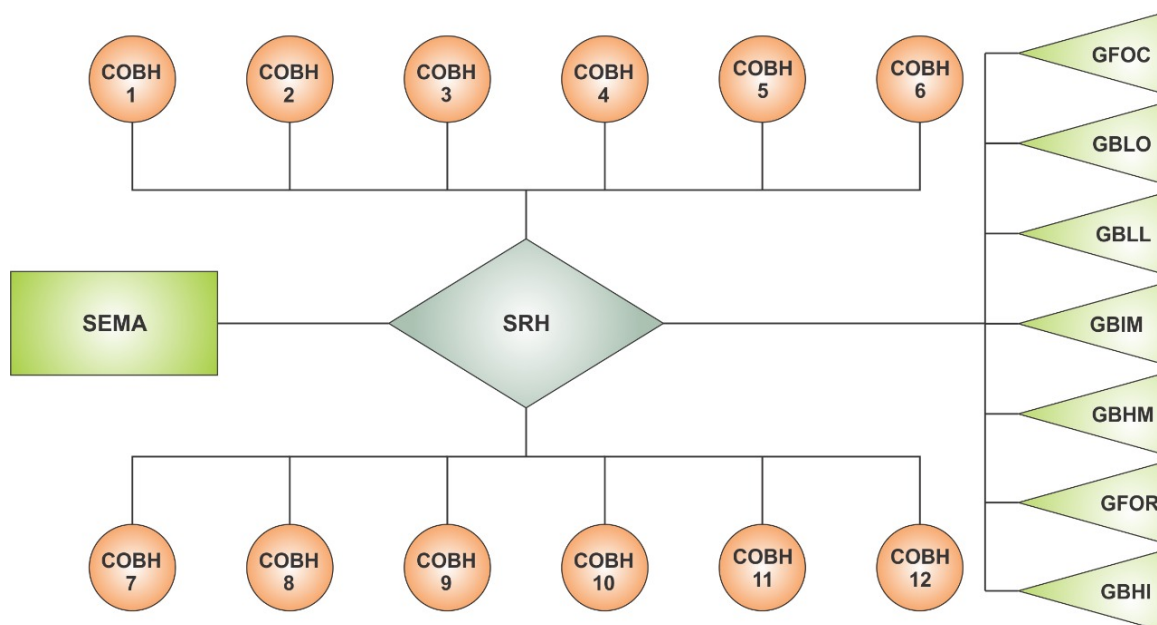
Fonte: IBI, 2018.

Figura 19.1 - Arranjo Institucional dos organismos públicos de apoio ao PERH/MA.

O arcabouço institucional e legal existente no Estado já permite um primeiro avanço na gestão dos recursos hídricos. Contudo, alguma regulamentação dos diplomas legais existentes e instrumentos de complementação administrativa poderão aprofundar o gerenciamento da água no Estado. Um exemplo objetivo dessa tese é o fortalecimento da Secretaria Executiva do COBH - Comitê de Bacias Hidrográficas (**Figura 19.2**), que se constitui em um braço operacional do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos no território.

A extensão territorial do estado do Maranhão exige uma gestão descentralizada em função da distância da capital São Luís e da dimensão considerável de suas bacias hidrográficas. Neste caso, como sugestão do PERH/MA, o conceito de gerências regionais de Recursos Hídricos, guarda um sentido prático e objetivo para o caso do gerenciamento da água no Maranhão. Isto posto, o Plano preconiza um mínimo de 06 Gerências de Bacias Hidrográficas (GBH's) (**Figura 19.2**):

- 01 gerência para coordenar as ações externas e internas das bacias federais da Fronteira Ocidental (Gurupi/Tocantins), com sede em Imperatriz: GFOC;
- 01 gerência para coordenar as bacias do Litoral Oeste (Litoral Ocidental, Maracaçumé e Turiaçu), com sede em Maracaçumé: GBLO;
- 01 gerência para coordenar as bacias do Litoral Leste (Preguiça, Munim e Periaá), com sede em Chapadinha: GBLL;
- 01 gerência para coordenar as ações da bacia do Rio Mearim com sede em Pedreiras: GBHM;
- 01 gerência para coordenar as ações internas e externas das bacias federais de Fronteira Oriental (Balsas/Parnaíba), com sede em Balsas: GFOR;
- 01 gerência para coordenar as ações das bacias do rio Itapecuru, com sede em Caxias: GBHI;
- O Sistema Hidrográfico das Ilhas Maranhenses será engajado na gerência da Região Metropolitana centralizada na SEMA/SRH: GBIM (Gerência de Bacia das Ilhas Maranhenses).



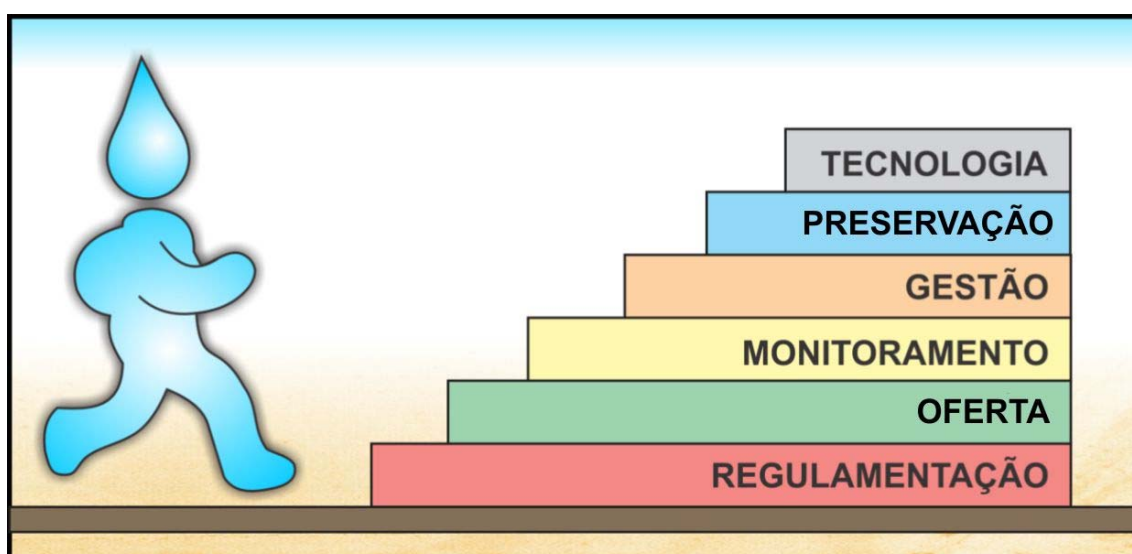
COBH – Comitê de Bacias Hidrográficas
Fonte: IBI, 2018.

Figura 19.2 - Arranjo Institucional do Sistema de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas

19.2. Roteiro e Estratégia para Implementação do PERH/MA

– Hierarquização das Intervenções

De forma sumária, as ações para executar o plano no âmbito dos recursos hídricos representam 06 passos funcionais: Regulamentação, Oferta, Monitoramento, Gestão, Preservação e Tecnologia (**Figura 19.3**).



Fonte: IBI, 2018.

Figura 19.3 - Passos funcionais das ações executivas do PERH/MA

19.2.1. A Estratégia do Plano

Tratando-se de um plano com ações estruturantes de curto, médio e longo prazos, os programas de maior relevância deverão adotar uma denominação emblemática, para ser acolhido pela classe política do governo. A ideia é que venha se transformar numa mensagem capaz de ser incorporada pela consciência da população e dos principais atores influentes, valorizando a identidade regional na execução do Plano. Esta visão objetiva leva o planejamento a estabelecer títulos relevantes para algumas ações de infraestrutura (**Figura 19.4**), como exemplos:

Integração de Bacias/Projetos

- Eixo de Integração Boa Esperança/Balseiro (Irrigação e interligação de rios)
- Eixo de Integração Mearim/Itapecuru (Abastecimento de São Luís)
- Eixo de Integração Barragem Flores/ Tabuleiros Irrigáveis da Margem Direita

Barragens Estratégicas/Projetos

- Barragem Carajás
- Barragem Buriticupu
- Barragem Santana
- Barragem Bananal
- Barragem Mirador
- Barragem Nazaré
- Barragem de Munim

Novas áreas de irrigação

- Platô de Carajás, Pindaré e Timbiras
- Tabuleiro Imigrantes e Cocais
- Chapadão de Balsas
- Baixadas Maranhenses

Saneamento/Projetos

- Cidades Saneadas

Água Subterrânea

– Novos Poços Pioneiros

Ações de Impacto e com Visibilidade

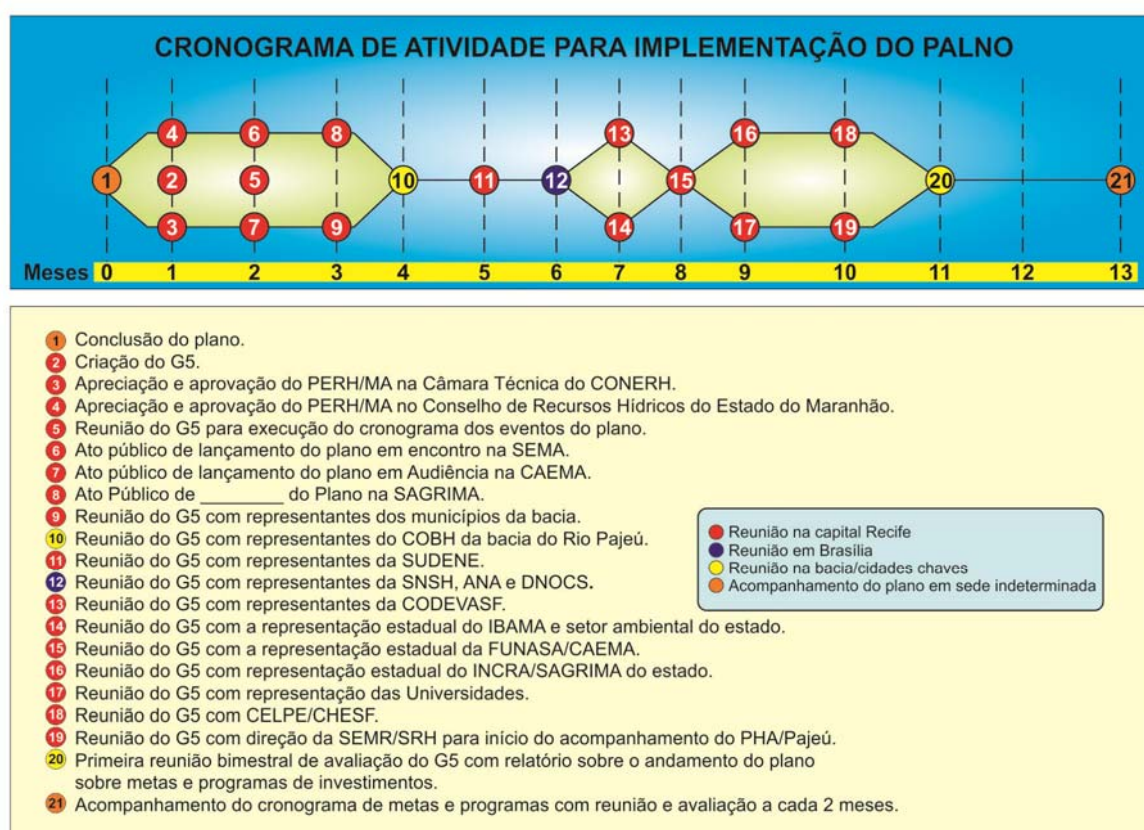
Entende-se que a melhor fórmula para sensibilizar o governo, o debate político e o sentimento popular seria afinar a mensagem dos projetos do PERH/MA com o “marketing” do projetos da Região, combinando ações de infraestrutura de múltiplos benefícios no território com a linguagem já consagrada dos programas governamentais. Exemplos notórios são o agronegócio na irrigação, o turismo nas áreas ambientais e a integração de bacias em face do projeto de Integração do Tocantins com o projeto São Francisco.

A **Figura 19.4** mostra a distribuição territorial dos novos empreendimentos no Estado.

19.2.2. Cronograma de Atividades para Acompanhamento do Plano.

A ideia proposta reforça a sugestão já manifestada de uma coordenação para acompanhar o PERH/MA. A proposta básica é a criação de um Grupo Executivo entre as instituições, denominado G5, com um representante titular e respectivo suplente da SEMA/CAEMA/SEPAB/SAF/FERHM para acompanhar o cronograma de implantação do PERH/MA.

O G5 deverá ser apoiado, no âmbito de cada instituição, de uma forma consultiva e articulada institucionalmente por entidades diretamente relacionadas com a implementação do Plano, conforme apresentado na **Figura 19.5**, que contempla uma proposta de cronograma dos caminhos e sequência dos eventos que irão ordenar a execução do Plano.

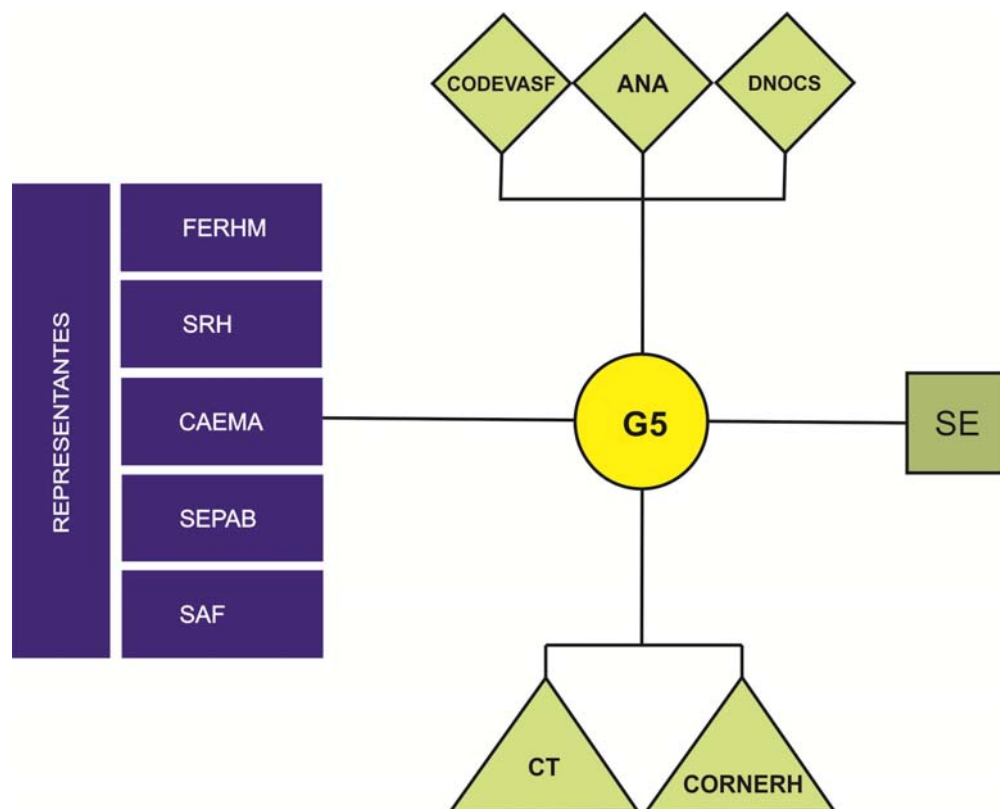


Fonte: IBI, 2018.

Figura 19.5 - Cronograma de Atividades para Implementação do Plano

A formatação da estrutura organizacional do G5 está apresentada na **Figura 19.6**, e segue a seguinte configuração:

- Organismos de Natureza Consultiva:
 - Agências Federais atuantes no Estado;
 - O CONERH/CT como colegiado representativo dos atores da sociedade envolvida no PERH/MA;
- Os organismos federais são objeto de uma articulação institucional mediante Articulação ou Cooperação Técnica: a ANA, o DNOCS e a CODEVASF;
- SE: Secretaria Executiva do G3;
- CONERH: Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão;
- CT: Câmara Técnica do CONERH.



Fonte: IBI, 2018.

Figura 19.6 - Grupo Gestor do PERH/MA – G3.

– Organismos Estaduais:

- SEMA/SRH: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais/ Superintendência de Recursos Hídricos;
- CAEMA: Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão;
- SEPAB: Sistema Estadual de Produção e Abastecimento;
- SAF: Secretaria de Agricultura Familiar;
- FERHM: Fórum Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão.

20.

AUDIÊNCIAS PÚBLICAS

20. AUDIÊNCIAS PÚBLICAS

20.1. Introdução

As audiências públicas, que correspondem a segunda fase da participação efetiva das entidades sociais organizadas na elaboração do PERH/MA, teve início no dia 13/10, perdurando até 06/11 com o processo de mobilização e na sequência o evento das audiências que aconteceram entre 10/11 e 03/12, conforme cronograma que segue.

Figura 20.1 – Cronograma das Audiências Públicas

Responsável	Ação / Abrangência	Descritivo / Meio de Comunicação	Data	MOBILIZAÇÃO	
				Sequência da Audiência	Data
SEMA	Mobilização Inicial On-line informando e convidando inicialmente para as atividades futuras relacionadas à apreciação/Consulta Pública e participação nas Audiências Públicas	Site da SEMA	09/10 a 20/11	Maracaçumé Turiacú Sistema Litoral Ocidental	13 a 16/10
IBI	Entrega de Produtos Síntese por Bacia Hidrográfica para CONSULTA PÚBLICA pela IBI Engenharia	email/ofício	até 08/10/2020	Munim	19 a 23/10
IBI	Mobilização junto à Instituições e municípios correlacionados; (MMA, ANA, MP's Federal e Estadual, Gov.MA, SENAR, SAF, AGED, SAGRIMA, IMESC, CONERH, ALEMA, Comitês e Précomitês de BH's, Federação dos Municípios, FIEMA, FETAEMA, APROSOJA e etc..	Informativos (documentais, sites, redes sociais), e-mails, Comunicados, Cartas, Ofícios e etc...	09/10 a 27/10	Preguiças Periá	
SEMA	Publicação de Convite para apreciação/Consulta Pública e participação nas Audiências Públicas	Site da SEMA	09/10 a 03/12	Gurupi	26 a 30/10
IBI	Sistema Litoral Ocidental (Pinheiro)	Presencial com transmissão Web	10/11/2020	Tocantins	
	Bacia do Turiacú (Audiência em Santa Helena)	Presencial com transmissão Web	11/11/2020	Parnaíba	03 a 06/11
	Bacia do Maracaçumé (Audiência em Maracaçumé)	Presencial com transmissão Web	12/11/2020	Itapecuru	
	Bacia do Rio Munim (Chapadinha)	Presencial com transmissão Web	17/11/2020	Mearim	
	Bacia do Preguiças (Audiência em Barreirinhas)	Presencial com transmissão Web	18/11/2020	Ilhas Maranhenses	
	Bacia do Periá (Presencial em Humberto de Campos)	Presencial com transmissão Web	19/11/2020		
	Bacia do Parnaíba (Balsas)	Presencial com transmissão Web	24/11/2020		
	Bacia do Tocantins (Audiência em Imperatriz)	Presencial com transmissão Web	25/11/2020		
	Bacia do Gurupi (Audiência em Itinga)	Presencial com transmissão Web	26/11/2020		
	Bacia do Itapecuru (Colinas)	Presencial com transmissão Web	01/12/2020		
	Bacia do Mearim (Pedreiras)	Presencial com transmissão Web	02/12/2020		
	Sistema das Ilhas Maranhenses (São Luís)	Presencial com transmissão Web	03/12/2020		
IBI	Consolidação das informações através de documento/relatório, ATA's, Fichas de Presença e Arquivos audio-visuais referente a todas as Bacias	email/ofício	04 a 22/12/2020		

Observação: a realização das audiências públicas obedecerão aos dispositivos constantes no Decreto nº 36.203 de 30 de setembro de 2020.
Fonte: SEMA, 2020.

20.2. Metodologia e Modelo da Audiência

- Abertura e inscrição dos participantes;
- Considerações iniciais dos representantes do município, da bacia e da SEMA;
- Apresentação pela IBI do Plano em duas etapas:
 - Metas diretrizes, arranjo institucional e programas gerais;
 - Programas específicos das bacias.
- Debate aberto na plenária;
- Anotação de questionamentos e propostas dos participantes;
- Elaboração da Ata;
- Encerramento.

Obs: entre duas apresentações da IBI, foi servido um lanche aos participantes.

20.3. Registro Fotográfico das Audiências



Figura 20.2 – Audiência em Pinheiro



Figura 20.3 – Audiência em Santa Helena



Figura 20.4 – Audiência em Maracaçumé



Figura 20.5 – Audiência em Chapadinha



Figura 20.6 – Audiência em Barreirinhas



Figura 20.7 – Audiência em Humberto de Campos

Fonte: IBI, 2020.



Figura 20.8 – Audiência em Balsas



Figura 20.9 – Audiência em Imperatriz



Figura 20.10 – Audiência em Itinga



Figura 20.11 – Audiência em Colinas



Figura 20.12 – Audiência em Pedreiras



Figura 20.13 – Audiência em São Luiz

Fonte: IBI, 2020.

20.4. Sumário das Audiências

A valiosa participação dos atores das bacias hidrográficas do Maranhão no debate sobre as ações do Plano na região, revitalizou o caráter democrático da política de água e representou um ponto de inflexão na gestão dos recursos hídricos no Estado.

O registro das contribuições, sugestões, críticas e comentários demonstram a coerência do Plano com a realidade do Diagnóstico do território maranhense e o alcance dos programas, vindo ao encontro dos questionamentos apresentados pelos participantes.

O elenco de intervenções foi plenamente compatível com os objetivos dos programas do PERH/MA.



21.

BIBLIOGRAFIA

21. BIBLIOGRAFIA

Associação Brasileira de Criadores de Camarão (ABCC), Levantamento da infraestrutura produtiva e dos aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e ambientais da carcinicultura marinha no Brasil em 2011. Natal: ABCC, 2013.

BRASIL, Banco do Nordeste do Brasil (BNB)/ETENE. Panorama da Piscicultura no Nordeste. Caderno Setorial ETENE. Ano 1, nº 3, 2016.

_____, Fundação Cultural Palmares, Lista das CRQ's Certificadas até 05/03/2018. <http://www.palmares.gov.br>.

_____, Fundação João Pinheiro, Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil 2013. PNUD/Fundação João Pinheiro/IPEA, 2013.

_____, Fundação Nacional de Amparo ao Índio (FUNAI), Terras indígenas. <http://www.funai.gov.br>.

_____, IBAMA. Boletim da estatística da pesca marítima e estuarina do nordeste do Brasil - 2006. Monitoramento da atividade pesqueira no litoral nordestino - Projeto ESTATPESCA (Convênio SEAP/IBAMA/PROZEE 060/2006). IBAMA/FUNDAÇÃO PROZEE/SEAP-PR. Tamandaré. 2008.

_____, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões, Vol. 2. Tomo 2, Região Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

_____, _____. Cadastro Central de Empresas 2015 - Maranhão. (www.ibge.gov.br).

_____, _____. Censos Demográficos 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010 - Maranhão. (www.ibge.gov.br).

_____, _____. Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 82p. (https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/)

_____, _____. Produção Agrícola Municipal 2015 - Maranhão. (www.ibge.gov.br).

_____, _____. Produção da Pecuária Municipal 2015 - Maranhão. (www.ibge.gov.br).

_____, _____. Regiões de Influência das Cidades 2007. Rio de Janeiro, IBGE, 2008. 201p. (www.ibge.gov.br).

_____, _____. Sistema de contas regionais de 2015 - Principais destaques por unidade da federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 18p. (https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/bf6232b7c11ce8f969e20101865a3d0a.pdf)

_____, Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011. Brasília: MPA, 2012.

CABRAL, Maria do Socorro Coelho. Caminhos do gado: conquista e ocupação do sul do Maranhão. São Luís: SIOGE, 1992.

Confederação Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), Conselho Indigenista Missionário (CIMI), Terras Indígenas. www.cimi.org.br.

FERREIRA, Antonio José de Araújo. Políticas territoriais e a reorganização do espaço maranhense. Dissertação (Doutorado em Geografia Humana) - Universidade de São Paulo. 2008.

GOMES, Mércio Pereira. O índio na história. O povo Tenetehara em busca da liberdade, Petrópolis, Vozes, 2002, 631 pp.

Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (ICCA). Desenvolvimento da pesca e da aquicultura no Estado do Maranhão - 2003. São Luís, 2003.

JORNAL FOLHA DO BICO. Iniciadas as obras do distrito agroindustrial de Balsas. Disponível no site < <http://www.folhadobico.com.br/01/2012/iniciadas-as-obras-do-distrito-agroindustrial-de-balsas.php> Acesso em: 24/04/2018.

JORNAL O PROGRESSO. Grandes empresas se instalam em Imperatriz graças à política de concessão de incentivos do município. Disponível no site <<http://www.oprogressonet.com/cidade/grandes-empresas-se-instalam-em-imperatriz-gracas-politica-de-concessao-de-incentivos-do-municipio/70513.html> Acesso em: 24/04/2018.

MARANHÃO, Federação das Indústrias do Estado do Maranhão (FIEMA), Guia Industrial do Estado do Maranhão 2015. São Luís: FIEMA, 2015. 568p.

_____, Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca (SAGRIMA), Perfil da Agricultura Maranhense, São Luís, p.18, dezembro/2016. <http://www.sagrima.ma.gov.br/files/2017/01/boletim-final-18-01.pdf>

_____, Secretaria do Planejamento e Orçamento (SEPLAN)/IMESC, Boletim de Conjuntura Econômica Maranhense, São Luís, v.3, n.1, p.1- 41, Jan./Mar. 2015. <http://imesc.ma.gov.br/src/upload/publicacoes/08e80c2979ef034afcc1f03c7f85ff2f.pdf>

_____, Secretaria do Planejamento e Orçamento (SEPLAN)/IMESC/UEMA, Regiões de planejamento do Estado do Maranhão. São Luís: SEPLAN, 2008. 103p.

_____, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)/NUGEO, Bacias e sistemas hidrográficos maranhenses - 2015. São Luís: UEMA, 2015.

PEREIRA FILHO, Jomar Fernandes. Economia Maranhense de 1890 a 2010: superexploração e estado oligárquico como entraves ao desenvolvimento. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Socioeconômico) - Universidade Federal do Maranhão. São Luís: 2016.

TSUJI, T.C. Sustentabilidade de recursos pesqueiros, pesca artesanal e cooperativismo – Análise de duas experiências no Maranhão. Dissertação de mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas. UFMA. São Luís: 2011.

<http://www.sagrima.ma.gov.br/2017/06/22/mais-de-180-tanques-rede-ja-foram-implantados-pelo-governo-para-fortalecer-a-piscicultura-no-estado/>

<http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/desenvolvimento/sagrima-e-convidada-a-apresentar-projeto-de-cultivo-de-ostras-no-para>

<http://www2.dnocs.gov.br/gab-cs/347-noticia-site-antigo-498> Acesso em: 23/05/2018

<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/area-de-ataque-no-maranhao-e-disputada-por-indios-e-fazendeiros.ghtml>

<https://www.brasildefato.com.br/2016/08/03/indigenas-do-maranhao-prometem-manifestacoes-por-educacao-escolar-diferenciada/>

<https://oimparcial.com.br/noticias/2017/11/indigenas-reivindicam-beneficio-para-gamela-que-teve-mao-decepada/>

<http://www.codevasf.gov.br/noticias/2015/projeto-de-engenharia-para-diques-da-baixada-maranhense-estara-concluido-em-junho-anuncia-presidente-da-codevasf/>

http://www.dnocs.gov.br/php/comunicacao/noticias.php?f_registro=3485&f_opcao=imprimir&p_view=short&f_header=1&

<https://trabalhoindigenista.org.br/o-cti/programas/programa-timbira-acoes-associacao/>

<https://trabalhoindigenista.org.br/o-cti/quem-somos/>

<https://senar-ma.org.br/produtores-de-milho-tem-dificuldades-para-a-venda-e-escoamento-da-producao/> acesso em 13/04/18

<https://portal.ifma.edu.br/>

<http://www.ma.gov.br/agenciadenoticias/educacao/construcoes-de-iemas-ampliam-acesso-a-educacao-profissional-tecnica-no-maranhao>

ANA - Agência Nacional de Águas. Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Proposição de Modelo de Gestão Compartilhada para os Aquíferos da Chapada do Apodi, entre os Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. Hidrogeoquímica, Vulnerabilidade dos Aquíferos e Riscos de Contaminação. Brasília: ANA, SIP, 2010. Volume 7.

ANA – Hidroweb - <http://www.hidroweb.ana.gov.br>

ANA-Agência Nacional de Águas (2018), *Portal da Qualidade das Águas*. Disponível em <portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx>, acessado em 15/10/2018.

ANA-Agência Nacional de Águas, SEMA-Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (2017), *Relatório do Primeiro Trimestre – Qualiáqua*, São Luiz, 32p.

APHA. (1985). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Treatment*, 12th Ed. American Public Health Association, New York.

ARNESEN, A. S.; LAGANARO, R. A.; MACEDO, A. Técnicas de Avaliação de Gosto e Odor Utilizadas em Águas para Abastecimento Público pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP. Anais do Congresso Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2018/02/I-373.pdf>> Acesso em 25/11/2018. 14 p.

Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água. ANA – Agência Nacional de Águas, 2009. Brasília (DF). Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>

BASTOS, L. da S. Indicadores de Qualidade da Água para Consumo Humano em Municípios da Baixada Maranhense. 2016. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal do Maranhão, Maranhão.

Caputo, M. V. (1984). *Stratigraphy, Tectonics, Paleoclimatology and Paleogeography of Northern Basins of Brazil*. Tese de Doutorado, University of California, Santa Barbara.

CETESB (2007). Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo: 2006. São Paulo: CETESB, 2007. (Série Relatórios)

COSTA, W.D.; FEITOSA, F.A.C.; COSTA FILHO, W.D. – 1990 – Exploração do Aquífero Cabeças para irrigação no Vale do rio Gurguéia – PI. Revista Águas Subterrâneas. ABAS. nº 13. São Paulo – SP. p37 – 47.

CPRM – 2011 - Atlas digital dos recursos hídricos subterrâneos do Maranhão – Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea. Acesso em outubro/2018: <http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Maranhao--Atlas-Digital-dos-Recursos-Hidricos-Subterraneos-3107.html>

CPRM – Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas no Maranhão

CPRM/SIAGAS – 2016 - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>

Cunha, F. M. (1986). *Evolução Paleozóica da Bacia do Parnaíba e seu Arcabouço Tectônico*. Tese de Mestrado, UFRJ, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro.

ESTEVES, F.A. (1988) *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 574p.

FEITOSA, E.C.; DEMÉTRIO, J.G.A. – 1990 - Hidráulica de captação conjunta dos Aquíferos Serra Grande e Cabeças na Bacia do Parnaíba. Revista Águas Subterrâneas. ABAS. nº 13. São Paulo – SP. p49 – 61.

FIORUCCI, A.R., BENEDETTI Fº, E., (2005), *A Importância do Oxigênio Dissolvido em Ecossistemas Aquáticos*, Química e Sociedade, nº 22, nov/2005.

Francisco de Assis Matos de Abreu; Itabaraci Nazareno CAVALCANTE; André A.M Duarte & Milton Antonio da Silva Matta – 2013 – O Sistema Aquífero Grande Amazônia – SAGA e

sua compartimentação na Amazônia Brasileira. 13º Simpósio de Geologia da Amazônia. SBG. 22 a 26/09/2013. ANAIS. Belém – PA.

Góes, A. M., Souza, J. M., & Teixeira, L. B. (1990). *Estágio Exploratório e Perspectivas Petrolíferas da Bacia do Parnaíba*. Boletim de Geociências da PETROBRAS, v. 4, n. 1, p. 55-64, jan/mar., PETROBRAS, Rio de Janeiro.

GRUNITZKI, R., FERRARI, J.C., CARLA, A., ZAMBÃO, P.H., e NECKEL, E.V.P. (2013). *Ferramenta WEB para determinação do Índice de Qualidade de Água a partir da reestruturação das equações que descrevem as curvas dos indicadores de qualidade*. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS.

hidrográficos maranhenses - 2015. São Luís: UEMA, 2015.

IBGE. Censo Demográfico 2010 - Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/pt/censo-2010>.

INMET. Normais Climatológicas 1961 a 1990. INMET. Brasília, 1992.

KEGEL, W. – 1955 – Água subterrânea no Piauí. Boletim nº 156. Ministério da Agricultura/Departamento Nacional de Produção Mineral/Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro – RJ. 61p.

LAMPARELLI, M. C. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

LEITE, C.E.S. – 2017 – Vocação hidrogeológica do Aquífero Serra Grande, nos Estados do Ceará e Piauí, e do Aquífero Cabeças, no Estado do Piauí, através de modelagem em SIG. Tese de Doutorado. Exame de Qualificação. Programa de Pós-Graduação em Geologia do Departamento de Geologia/CC/UFC. Fortaleza – CE. 170p.

MEDEIROS, A. C. (2012). *Obtenção do IQA para avaliação da qualidade da água em rios dos municípios de Abaetetuba e Barcarena -PA*, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará.

MOLLE, F. e CADIER, E. Manual de Pequenos Açudes. SUDENE/ORSTOM. Recife, 1989.

NASCIMENTO, Luiz Sérgio Vasconcelos do, CAMPOS, José Nilson B., STUDART, T. M. C., BARCELOS, Dyego Galdino. Desvios nas estimativas de vazões Regularizadas Resultantes das Representação das Relações Cota x Área x Volume por Equações matemáticas In: XXI Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 2004, São Pedro. Anais do XXI Congresso Latinoamericano de Hidraulica. IAHR, 2004.

NUGEO, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)/NUGEO, Bacias e sistemas

OLIVEIRA, J.M.B. ; CASTRO, A. C. L. ; PEREIRA, E. D. ; AZEVEDO, J. W. J. . Qualidade da Água Subterrânea em Comunidades Rurais de São Luís - MA. Espacios (Caracas), v. 37, p. 11, 2016.

PEREIRA, R. F., FEITOSA, A. V., NUNES, A. I. V., CASTRO, M. A. H., PAULINO, W. D., (2013). *Análise de sensibilidade dos parâmetros do Índice de Qualidade de Água (IQA)*. Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS.

PESSOA, M.D. – 1978 – Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Folha nº 13, Teresina – SE. Série Hidrogeologia. Divisão de Hidrogeologia. SUDENE. Recife – PE. nº 57, 251p.

----- - 1979 - Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Folha nº 18, São Francisco – NE. Série Hidrogeologia. Divisão de Hidrogeologia. SUDENE. Recife – PE. nº 59, 257p.

PIVELI, R. P. Aula 5: Características Físicas das Águas: Cor, Turbidez, Sólidos, Temperatura, Sabor e Odor. Apostila do Curso de Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. USP - Universidade de São Paulo. s/d. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb360/Fasciculo%205%20-%20Caracteristicas%20Fisicas%20das%20Aguas.pdf>>. Acesso em 23/11/2018. 26 p.

Plano diretor da bacia hidrográfica do Mearim, MPB Engenharia, Secretaria de Estado das Cidades e Desenvolvimento Urbano – SECID, 2014.

SALAS, J.D., Boes, D.C. Shifting level modeling of hydrologic series. *Advances in Water Resources* 3, 59–63, 1980.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F. A. C; MANOEL FILHO, J. (Coordenadores). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 2000. p 81-108.

SILVA, M. R.; SILVA, L. V.; BARRETO, L. N. ; C.; RODRIGUES, E. H. C. ; MIRANDA, R. C. M.; BEZERRA, D. S. ; PEREIRA, D. C. A. Qualidade da Água da Bacia do Rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos Municípios de Pindaré- Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no Estado do Maranhão. *Águas Subterrâneas*, v. 31, n. 4, p. 347-354, 2017.

SMALL, H.L. – 1914 – Geologia e suprimento d'água subterrânea no Piauí e parte do Ceará. *Inspetoria de Obras contra as Secas – IFOCS*. Public. 32, Rio de Janeiro – RJ.

SNSB, Sistemana Nacional de Segurança de Barragens, Relatorio de Segurança de Barragens. Agência Nacional das águas - ANA. 2017

STUDART, T. M. C. ; Paulo Márcio Souza Vieira . Proposta Metodológica para o Desenvolvimento de um Índice de Sustentabilidade Hidro- Ambiental de Áreas Serranas no Semiárido Brasileiro. Estudo de Caso: Maciço de Baturité, Ceará. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 14, p. 125-136, 2009.

Studart, T.M.C. Análises de incertezas na determinação de vazões regularizadas em climas semiáridos. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos, Fortaleza, 2000.

Tucci, C. E. M. Regionalização de Vazões. Editora Universidade/UFRGS, 2002.

BRASIL, Agência Nacional de Águas (ANA), **Atlas Nordeste: Abastecimento Urbano de Água**. Brasília, ANA, 2006.

- _____, _____. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água** – 2010. (www.ana.gov.br).
- _____, _____. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água: Panorama Nacional**. Brasília, ANA, 2010. 2v.
- _____, _____. **Atlas de Obras Prioritárias para a Região Semiárida: Diagnóstico de oferta de água bruta e avaliação preliminar de alternativas técnicas no Estado de Pernambuco**. Brasília, ANA, 2005.
- _____, _____. **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, ANA, 2005.
- _____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), **Cadastro Central de Empresas 2015**. (www.ibge.gov.br).
- _____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), **Censo Demográfico 2012**. (www.ibge.gov.br).
- _____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), **Censo Agropecuário 2017**. (www.ibge.gov.br).
- _____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), **Produção Agrícola Municipal 2015 e 2017**. (www.ibge.gov.br).
- _____, _____, _____. **Desenvolvimento de matrizes de coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil**. Relatório Técnico 6. Brasília, MMA, 2011.
- _____. Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), **Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água em bacias do Sistema Interligado Nacional - SIN**. Relatório final. ONS, 2005.
- _____. Agência Nacional de Águas (ANA), **Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos (CENARH)**. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/textos-das-paginas-do-portal/cnarh>. Acesso em: 10/10/2018.
- _____. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). **Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil (PLERHINE): Fase I - Conflitos Inerentes aos Aproveitamentos**. Vol. XIII. Recife, 1980.
- PIAUÍ, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMAR), **Plano Estadual dos Recursos Hídricos do Estado do Piauí**, Teresina, SEMAR, 2009.
- REBOUÇAS, A.C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. **Água Doces do Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. 3ª edição. São Paulo, Editora Escrituras, 2006.
- Universidade Estadual do Maranhão. Centro de Ciências Agrárias. Núcleo Geoambiental. **Bacias Hidrográficas e Climatologia no Maranhão**. São Luís, 2016.
- ANA – Hidroweb - <http://www.hidroweb.ana.gov.br>
- ANA-Agência Nacional de Águas, SEMA-Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (2017), *Relatório do Primeiro Trimestre – Qualiágua*, São Luiz, 32p.

ANA-Agência Nacional de Águas (2018), *Portal da Qualidade das Águas*. Disponível em <portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-introducao.aspx>, acessado em 15/10/2018.

Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de Água. ANA – Agência Nacional de Águas, 2009. Brasília (DF). Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>.

CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). **Geologia e Recursos Minerais do Estado do Maranhão: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Maranhão**. Organizadores, Evandro Luiz Klein, Cristiane Silva de Sousa. Escala 1:750.000. Belém: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2012.

CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo: Nota técnica**. / João Alberto Oliveira Diniz, Adson Brito Monteiro, Robson de Carlo da Silva, Thiago Luiz Feijó de Paula. - Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Banco de dados SHAPE**. Disponível em:

< [Http://www.funai.gov.br/index.php/shape](http://www.funai.gov.br/index.php/shape)> Acesso em: 15 de dezembro de 2018.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Manual técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. **Manual técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INMET. Normais Climatológicas 1961 a 1990. INMET. Brasília, 1992.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDO SOCIOECONÔMICO E CARTOGRÁFICO. **Banco de dados de (1:250.000)**. São Luís, 2018. Disponível em: < <http://imesc.ma.gov.br/portal/Home>> Acesso em: 10 setembro de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. **Banco de dados de 1:250.000**. Portal Mapas. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>, acesso em: 10 setembro de 2018.

IBGE. Censo Demográfico 2010 - Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/pt/censo-2010>.

NUGEO, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) /NUGEO, Bacias e sistemas hidrográficos maranhenses - 2015. São Luís: UEMA, 2015.

BERNHARDT, H. Restoration of Lakes and Inland Waters. USEPA 440/5-81-010. 1980.

BRASIL, Agência Nacional de Águas (ANA), Atlas irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017.

_____, _____, Hidroweb. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

_____, _____, Relatório de segurança de barragem - 2017. ANA, 2019. <<http://www.snish.gov.br/>> Acesso em: 28/10/2019.

_____, _____ (ANA/Embrapa), Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil. Brasília: ANA, 2019.

_____, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)/GITE, Apresentação do MATOPIBA – Maranhão. Embrapa, 2015.

_____, _____, Macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão. São Luís: Embrapa Cocais, 2014.

_____, _____, Conservação da Biodiversidade do Estado do Maranhão: Cenário Atual em Dados Geoespaciais. Documento 108. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016.

_____, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Produção Agrícola Municipal - 2019. IBGE, 2019. <<https://sidra.ibge.gov.br/>>

_____, _____, Censo Demográfico – 2010. IBGE, 2019. <<https://sidra.ibge.gov.br/>>

_____, _____, Censo Agropecuário – 2017. IBGE, 2019. <<https://sidra.ibge.gov.br/>>

_____, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Diagnóstico da Produção de Mudanças Florestais Nativas no Brasil - 2015. IPEA, 2015.

_____, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Atlas dos Manguezais do Brasil. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.

_____, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) - 2019. MMA, 2019. <<https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>>. Acesso em: 25/10/2019.

BRAZ, L.C., A situação das áreas de endemismo da Amazônia com relação ao desmatamento e às áreas protegidas. Boletim de Geografia, Maringá, v. 34, n. 3, p. 45-62, 2016.

CANADÁ, C. et al. Pagamento por serviços ambientais em área de mananciais : estudo de caso do Ribeirão Balainho, São Paulo, *Confins* [Online], 31 | 2017, posto online no dia 20 junho 2017, consultado em 03 março 2020. <http://journals.openedition.org/confins/11977>

CANALI, Gilberto Valente. A definição e a importância do Projeto Uruguai. In: SANTOS, Sílvia Coelho dos e REIS, Maria José (orgs.). Memória do Setor Elétrico na Região Sul. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2002.

COOKE, G.; Welch, E.B.; Peterson, S.A. & Nichols, S.A. Restoration and management of lakes and reservoirs. 3rd Edition. Taylor & Francis Group. 2005.

MARANHÃO, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão – ZEE - Etapa Bioma Amazônico. São Luís: IMESC, 2019.

_____, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA), Disponível em: <<http://www.sema.ma.gov.br/>>

_____, _____, Sala de Situação do Maranhão. São Luís: SEMA, 2014.

_____, _____, Plano Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos do Maranhão (PEGRS-MA). Volumes I e II. São Luís: SEMA, 2012.

_____, Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Pesca (SAGRIMA) Plano de Desenvolvimento da Carcinicultura do Maranhão. SAGRIMA/ABCC, 2014.

_____, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)/NUGEO, Bacias Hidrográficas e Climatologia no Maranhão. São Luís: UEMA, 2016.

_____, Secretaria do Planejamento e Orçamento (SEPLAN)/IMESC, Regiões de Desenvolvimento do Estado do Maranhão – Proposta Avançada, São Luís, 2018.

_____, Secretaria de Estado da Saúde (SES/MA)/AGED/SEMA/AGERP, Plano Integrado de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos – 2014. São Luís, 2014.

MARTINEZ, Marco Túlio García. Strategies of surface reservoir network operation in the river basin Piranhas – Açú in semi-arid Northeast of Brazil, taking additional import from Rio São Francisco into account. Master thesis – M.SC. Course Hydrogeology and Environmental Geosciences, Georg August Universität Göttingen – Germany, 2014.

MENESCAL, R. A. Gestão de Segurança de Barragens no Brasil – Proposta de um sistema integrado, descentralizado, transparente e participativo. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Fortaleza – CE, 2009.

PARÁ, Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), Cenários para a Amazônia – Área de Endemismo Belém. MPEG, 2013.

STRASKRABA, M. & TUNDISI, J.G. Gerenciamento da qualidade da água de represas. ILEC/IEE. 2000.

THORNTON, J.A. & RAST, W. A test of hypotheses relating to the comparative limnology and assessment of eutrophication in semi-arid man-made lakes. In: M. Straskraba, J.G. Tundisi & A. Duncan (eds.) Comparative reservoir limnology and water quality management. Kluwer Academic Publishers, 1993.

VOLLENWEIDER, R.A. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 1976

