REALIZAÇÃO DE ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS SOBRE AS ÁREAS DE RECARGA NO SISTEMA PERNAMBUCO-PARAÍBA COM A ELABORAÇÃO DO MAPA DE ZONAS DE GERENCIAMENTO E ELABORAÇÃO DE PROPOSTA DE REDE DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DA PARAÍBA

DIAGNÓSTICO DO CONHECIMENTO HIDROGEOLÓGICO E DA SITUAÇÃO ATUAL DA REDE DE MONITORAMENTO

PRODUTO 2

Novembro de 2023

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA

Diretor Presidente

Porfírio Catão Cartaxo Loureiro

Diretor Executivo de Acompanhamento e Controle

Beranger Arnaldo de Araújo

Diretor Executivo Administrativo e Financeiro

Joacy Mendes Nóbrega

Diretor Executivo de Gestão e Apoio Estratégico

Waldemir Fernandes Azevedo

Coordenadora PROGESTÃO / Programas e Projetos

Ana Emilia Duarte

Gestor do Contrato

Armando César Rodrigues Braga

CONSÓRCIO IGNEO/NIP/PROFILL

Coordenação

Flávio de Paula e Silva

Equipe Técnica

Antônio Silvio Jornada Krebs

Marcia Regina Stradioto

Ana Luiza Helfer

Sidnei Gusmão Agra

Carla Beatris Gasparini

Isabel Cristiane Rekowsky

Wilma Maria Nunes Memoria

Hygor Garcia

Carlos Ronei Bortoli

Tiago Vier Fischer

Mauro Jungblut

Dora Atman

Anna Luiza Lopes Matos

Marco Antonio Pereira Pessoa

Elisa de Mello Kich

Maurício Dambros Melati

APRESENTAÇÃO

O Consórcio IGNEO-NIP-PROFILL vêm, por meio deste, apresentar o **Produto 2 -Diagnóstico Integrado – Diagnóstico do Conhecimento Hidrogeológico e da Situação Atual da Rede de Monitoramento**, referente ao contrato 1-010/2022

O presente produto segue os Termos de Referência do Edital SBQC 005/2021 (BR-SIERHMA-220426-CSBQC), realizado no âmbito do Projeto de Segurança Hídrica do Estado da Paraíba - PSH-PB. O PSH-PB é uma iniciativa do Estado da Paraíba, executado pela Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente - SEIRHMA, com apoio técnico da Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA e apoiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18

2 BANCO DE DADOS 22

2.1.1 Banco de Dados Hidroclimatológicos – BD Clima 23
2.1.2 Banco de Dados SIG – BD SIG 23
2.1.3 Banco de Dados de Usos Consuntivos – BD Usos 24
2.1.4 Banco de Dados de Poços - BD Poços 24
2.1.5 Banco de Dados Consolidado – BD Consolidado 26

3 DIAGNÓSTICO POR TEMAS 26

3.1 GEOLOGIA 27
3.1.1 Caracterização geológica 27

3.2 GEOMORFOLOGIA 39
3.2.1 Análise Hipsométrica 40
3.2.2 Declividades 47
3.2.3 Unidades Geomorfológicas 50
3.2.4 Pedologia 52
3.2.5 Classificação Hidrológica das Classes de Solos 53

3.3 VEGETAÇÃO E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 58
3.3.1 Uso e ocupação do solo e estudos de imagens de satélite 59
3.3.2 Potenciais fontes de contaminação 66
3.3.3 Conservação da Vegetação 69

3.4 POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIOECONÔMICOS 78

3.5 CLIMA E HIDROLOGIA 92
3.5.1 Dados de monitoramento pluviométrico 92
3.5.2 Caracterização da precipitação 107
3.5.3 Distribuição espacial das precipitações 116
3.5.4 Dados de monitoramento fluviométrico 124
3.5.5 Caracterização do escoamento superficial 133
3.5.6 Caracterização do escoamento subterrâneo 153

3.6 REDE DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 164
3.6.1 Coleta de dados 164

3.6.2 Organização, processamento e análise dos dados coletados 175
3.6.3 Níveis monitorados no aquífero livre 176
3.6.4 Níveis monitorados no aquífero confinado 193
3.6.5 Monitoramento de qualidade do aquífero livre 203
3.7 HIDROGEOLOGIA 215
3.7.1 Sistema Aquífero Paraíba - SAPP 216
3.7.2 Arcabouço de subsuperfície do - SAPP 221
3.7.3 Espessuras totais do - SAPP 225
3.7.4 Potenciometria 227
3.7.5 Espessura saturada do SAPP 237
3.7.6 Reservas hídricas subterrâneas do SAPP 239
3.7.7 Disponibilidades hídricas subterrâneas do SAPP 245
3.7.8 Estimativa da recarga subterrânea do SAPP 252
3.7.9 Parâmetros hidrodinâmicos do SAPP 256
3.7.10 Concepção do SAPP 265
3.7.11 Caracterização qualitativa das águas 269
3.8 DEMANDA E USO DA ÁGUA 285
3.8.1 Abastecimento público 288
3.8.2 Consumo humano 297
3.8.3 Irrigação 304
3.8.4 Indústria e agroindústria 311
3.8.5 Aquicultura 319
3.8.6 Criação animal 324
3.8.7 Mineração 329
3.8.8 Síntese das demandas 333
3.8.9 Demandas subterrâneas 340
4 CONCLUSÕES 345
5 REFERÊNCIAS 350
6 Anexos 361
6.1 ANEXO I (digital): - BACO DE DADOS 361
6.2 ANEXO III (digital) - SEIRHMA_PARAIB_EHIDG_BANCO_DE_DADOS.pdf 361
6.3 ANEXO II (digital) - SEIRHMA_PARAIB_EHIDG_REGISTRO_DE_PROCESSOS.pdf 361

6.4 ANEXO IV – Séries mensais preenchidas dos 34 postos pluviométricos selecionados. 361

6.5 ANEXO V – Comparação dos resultados entre as séries preenchidas e as séries originais da AESA 385

6.6 ANEXO VI (digital) - Niveis_monitorados_aquifero_livre (ago.2023) 387

6.7 ANEXO VII (digital) - Niveis_monitorados_aquifero_CONFINADO (ago.2023)..... 387

6.8 ANEXO VIII - GRAMAME..... 388

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1- Origem das informações que compõe o BD Poços 24

Quadro 2.2 – Número de poços com dados para os diferentes tipos de informação para os 4.139 registros levantados na área do SAPP 26

Quadro 3.1 – Classificação do relevo em função das classes de declividade do terreno (EMBRAPA, 1979) 48

Quadro 3.2 – Grupos Hidrológicos dos Solos 54

Quadro 3.3 – Áreas de distribuição dos grupos hidrológicos de solos, por bacia hidrográfica, da área de estudo do SAPP 57

Quadro 3.4 – Distribuição percentual dos grupos hidrológicos de solos, por bacia hidrográfica, da área de estudo do SAPP 57

Quadro 3.5 – Descrição das classes de uso e ocupação do solo consideradas. 60

Quadro 3.6 – Quantitativos das classes de uso e ocupação do solo na área de estudo. 61

Quadro 3.7 – Distribuição das classes de uso e ocupação do solo por bacia hidrográfica. 65

Quadro 3.8 – Uso do solo em APP por Bacia Hidrográfica. 75

Quadro 3.9 – População e densidade demográfica dos municípios. 78

Quadro 3.10 – Indicadores socioeconômicos dos municípios. 90

Quadro 3.11 – Estações pluviométricas localizadas na área do SAPP 93

Quadro 3.12 – Estações pluviométricas da AESA localizadas na área do SAPP. 94

Quadro 3.13 – Estações pluviométricas da CAGEPA localizadas na área do SAPP. 97

Quadro 3.14 – Estações pluviométricas do CEMADEN localizadas na área do SAPP. 98

Quadro 3.15 – Estações pluviométricas da ANA/CPRM, INMET, DNOCS, DNOS e SUDENE localizadas na área do SAPP. 98

Quadro 3.16 – Estações pluviométricas selecionadas para a elaboração dos mapas de isoietas na área do SAPP e seu entorno. 99

Quadro 3.17 – Diagrama de Gantt com a disponibilidade temporal dos dados das estações pluviométricas selecionadas. 104

Quadro 3.18 – Parâmetros estatísticos das séries mensais de precipitação preenchidas (1994 a 2022). 105

Quadro 3.19 – Anomalias de precipitação anual em relação à média do período (1994-2022). 112

Quadro 3.20 – Estações pluviométricas utilizadas para a análise das precipitações em três períodos distintos (1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022). 113

Quadro 3.21 – Bacias hidrográficas influentes na área do SAPP 124

Quadro 3.22 – Estações fluviométricas localizadas nas bacias influentes da área do SAPP 124

Quadro 3.23 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Guaju. 126

Quadro 3.24 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Camaratuba 126

Quadro 3.25 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Mamanguape 126

Quadro 3.26 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Miriri. 128

Quadro 3.27 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Paraíba. 128

Quadro 3.28 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Gramame. 130

Quadro 3.29 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Abiaí. 131

Quadro 3.30 – Estações fluviométricas selecionadas para a caracterização do escoamento superficial das bacias de influência da área do SAPP 131

Quadro 3.31 – Vazões características no local das estações fluviométricas, considerando o período de dados entre 1970 e 2021. 145

Quadro 3.32 - Vazões características no local das estações fluviométricas, considerando o período de dados entre 2000 e 2021. 145

Quadro 3.33 – Vazões específicas das bacias hidrográficas do SAPP..... 148

Quadro 3.34 – Valores de k e BFImax utilizados para aplicação dos filtros matemáticos de separação dos escoamentos e proporção do fluxo de base obtido em relação à vazão total monitorada 157

Quadro 3.35 – Vazões subterrâneas e vazões específicas subterrâneas médias no local das estações fluviométricas, para o período compreendido entre 2008 e 2022. 161

Quadro 3.36 – Vazões específica subterrâneas das bacias hidrográficas do SAPP 162

Quadro 3.37 – Estudos realizados pelo grupo de recursos hídricos da UFPB sobre águas subterrâneas. 165

Quadro 3.38 – Poços de monitoramento do aquífero livre levantados na fase de coleta de dados. . 166

Quadro 3.39 – Informações sobre os poços utilizados para monitoramento do aquífero confinado. 170

Quadro 3.40 – Informações sobre os poços utilizados para monitoramento do aquífero confinado utilizados no projeto BRAMAR. 170

Quadro 3.41 – Parâmetros estatísticos dos parâmetros de qualidade da água subterrânea. 204

Quadro 3.42 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Ago-2010). 206

Quadro 3.43 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Set-2010). 207

Quadro 3.44 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Out-2010). 208

Quadro 3.45 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Nov-2010). 209

Quadro 3.46 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Dez-2010). 210

Quadro 3.47 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Fev-2011). 211

Quadro 3.48 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Abr-2011). 212

Quadro 3.49 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Jun-2011). 213

Quadro 3.50 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Jul-2011).. 214

Quadro 3.51 - Distribuição, características e natureza das unidades hidroestratigráficas presentes na área de estudo..... 217

Quadro 3.52 - Profundidades do embasamento cristalino obtidas em SEVs e poços (SIAGAS 222

Quadro 3.53 - Dados de nível estático (NE) de poços levantados por Costa et al. (2007). 229

Quadro 3.54- Valores de porosidade efetiva 241

Quadro 3.55 - Reservas hídricas permanentes do Sistema Aquífero Paraíba - SAPP..... 241

Quadro 3.56 - Reservas hídricas subterrâneas renováveis do SAPP 243

Quadro 3.57 - Reservas hídricas subterrâneas totais do Sistema Aquífero Paraíba - SAPP 245

Quadro 3.58- Disponibilidades das reservas hídricas renováveis do SAPP 246

Quadro 3.59 - Disponibilidades anuais das reservas hídricas permanentes do SAPP (Profill, 2023). 248

Quadro 3.60 - Disponibilidades hídricas anuais totais do Sistema Aquífero Paraíba - SAPP 250

Quadro 3.61 – Estimativa da recarga direta no SAPP 254
Quadro 3.62 - Classes de vazão e parâmetros hidrodinâmicos das unidades hidroestratigráficas representadas no mapa hidrogeológico da Figura 3.157. 258
Quadro 3.63 – Resultados dos ensaios de bombeamento (Costa et al., 2007) 259
Quadro 3.64 - Parâmetros hidrodinâmicos estatísticos do Aquífero Barreiras 260
Quadro 3.65 - Parâmetros hidrodinâmicos estatísticos do Aquífero Beberibe 260
Quadro 3.66 - Parâmetros hidrodinâmicos estatísticos dos aquíferos não identificados 260
Quadro 3.67 – Número mínimo de amostras mensais no projeto VIGIAGUA 281
Quadro 3.68 – Soma dos números previstos e analisados para as cidades da área de estudo 281
Quadro 3.69 – Tabela de referência para perdas no estado da Paraíba. 290
Quadro 3.70 – Demandas em m³/s para abastecimento público por município 290
Quadro 3.71 – Demandas em m³/s para abastecimento público por bacia hidrográfica 294
Quadro 3.72 – Valores de per capita utilizados para as estimativas de demanda da população rural. 297
Quadro 3.73 – Demandas em m³/s para consumo humano por município. 297
Quadro 3.74 – Demandas em m³/s para consumo humano por bacia hidrográfica. 301
Quadro 3.75 – Demandas em m³/s para irrigação por município. 304
Quadro 3.76 – Demandas em m³/s para irrigação por bacia hidrográfica. 308
Quadro 3.77 – Demandas em m³/s para uso industrial por município. 312
Quadro 3.78 – Demandas em m³/s para uso industrial por bacia hidrográfica. 316
Quadro 3.79 – Produção da aquicultura no Estado da Paraíba (ano base 2017). 319
Quadro 3.80 – Demandas em m³/s para aquicultura por município cadastradas no BD-Consolidado 320
Quadro 3.81 – Demandas em m³/s para aquicultura por bacia hidrográfica cadastradas no BD-Consolidado 322
Quadro 3.82 - Tipos de rebanhos e coeficientes técnicos utilizados. 324
Quadro 3.83 – Tamanhos e tipos dos rebanhos por municípios. 324
Quadro 3.84 – Demandas em m³/s para criação animal por município estimadas na BD-Usos. 325
Quadro 3.85 – Demandas em m³/s para criação animal por bacia hidrográfica estimadas na BD-Usos. 327
Quadro 3.86 – Demandas em m³/s para mineração por município estimadas na BD-Usos. 329
Quadro 3.87 – Demandas em m³/s para mineração por bacia hidrográfica estimadas na BD-Usos. 331
Quadro 3.88 – Síntese das demandas distribuídas por município (m³/s). 334
Quadro 3.89 – Síntese das demandas distribuídas por bacia hidrográfica (m³/s). 335
Quadro 3.90 – Demandas por faixa de profundidade das captações (m³/s). 341
Quadro 3.91 – Demandas subterrâneas por município (m³/s). 342
Quadro 3.92 – Demandas subterrâneas por bacia hidrográfica (m³/s). 343
Quadro 4.1 – Resumo dos resultados de disponibilidade e reservas do SAPP 349

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Localização da área de estudo no litoral do estado da Paraíba e as principais bacias hidrográficas. 20

Figura 3.1 - Contexto geológico regional da área de estudo na Província Borborema. 28

Figura 3.2- Bacias marginais, sub-bacias e embasamento pré-cambriano adjacente na porção leste dos estados da Paraíba e Pernambuco (modificado de Barbosa et al., 2003). 29

Figura 3.3 - Mapa geológico da área de estudo (CPRM, 2004) e seções geológicas interpretadas por Barbosa e Lima Filho (2005) e Costa et al. (2007). No mapa são identificadas as sub-bacias sedimentares e os blocos estruturais delimitados por Costa et al. (2007) 31

Figura 3.4 - Diagrama de cerca ilustração a disposição das unidades sedimentares da bacia Paraíba. Fonte: seções geológicas elaborada por Costa et al. (2007). 32

Figura 3.5 - Coluna litoestratigráfica das sub-bacias de Olinda e Alhandra/Miriri (Barbosa et al., 2003). 34

Figura 3.6- Contorno estrutural do embasamento e as principais estruturas geológicas presentes na área estudada (superfície remodelada a partir de dados extraídos de Barbosa et al., 2007). 35

Figura 3.7- Perfilagem do poço 2-IST-01-PE, perfurado na sub-bacia de Olinda pela Petrobras, e a interpretação das unidades litoestratigráficas atravessadas (Barbosa, 2004). 37

Figura 3.8 - Seções geológicas elaboradas por Brito Neves et al. (2009) ao longo da Sub-bacia Alhandra. 38

Figura 3.9 - Tabuleiros costeiros próximos à faixa litorânea 40

Figura 3.10. Limites da área de estudo. Depressão Sertaneja no primeiro plano e Planalto da Borborema ao fundo. 41

Figura 3.11 – Seção topográfica Piancó – Ponta do Seixas, exibindo o anteparo orográfico da borda oriental do planalto da Borborema em relação aos níveis da superfície da depressão sertaneja e dos tabuleiros costeiros até o oceano Atlântico. 42

Figura 3.12 – Mapa Hipsométrico da área de estudo do Sistema Aquífero Paraíba Pernambuco – SAPP 44

Figura 3.13. Seções topográficas atravessando os principais vales de drenagem no SAPP 46

Figura 3.14. Acúmulos d'água dando início à circulação hídrica, acompanhando a fisiografia. 47

Figura 3.15 – Mapa de declividades 49

Figura 3.16 – Mapa hidrogeológico dos solos 55

Figura 3.17 – Uso e ocupação do solo na área de estudo. 62

Figura 3.18 - Mapa de Fontes Potenciais de Contaminação. 68

Figura 3.19 - Unidades de conservação, Terras Indígenas e Quilombos. 72

Figura 3.20 - Áreas de Preservação Permanente na área de estudo. 74

Figura 3.21 – APPs nos municípios (% antropizado em cinza e % conservação em verde). 77

Figura 3.22 – População residente total. 80

Figura 3.23 - Densidade demográfica. 81

Figura 3.24 – IDH Municipal. 83

Figura 3.25 – PIB per capita. 85

Figura 3.26 - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM. 87

Figura 3.27 – Índice de Gestão Municipal Aquila..... 89

Figura 3.28 – Localização das estações pluviométricas na área do SAPP e estações pluviométricas selecionadas..... 101

Figura 3.29 – Média mensal de precipitação na estação Mamanguape/Asplan (635117), localizada próxima a bacia do rio Guaju. 107

Figura 3.30 – Média mensal de precipitação na estação Mataraca (635140), localizada na bacia do Rio Camaratuba..... 108

Figura 3.31 – Média mensal de precipitação na estação Mamanguape (635138), localizada na bacia do Rio Mamanguape 108

Figura 3.32 – Média mensal de precipitação na estação Capim (635129), localizada na bacia do Rio Miriri..... 109

Figura 3.33 – Média mensal de precipitação na estação Ponte da Batalha (735036), localizada na bacia do Baixo Rio Paraíba. 109

Figura 3.34 – Média mensal de precipitação na estação Conde/Aç.GramameMamuaba (734040), localizada na bacia do Rio Gramame. 110

Figura 3.35 – Média mensal de precipitação na estação Alhandra (734008), localizada na bacia do Rio Abiaí. 110

Figura 3.36 – Média mensal de precipitação nas estações localizadas na bacia do Baixo Paraíba. 111

Figura 3.37 – Precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 na estação Mamanguape (635044/ 635138). 113

Figura 3.38 – Precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 na estação Santa Rita (734001)..... 114

Figura 3.39 – Precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 na estação João Pessoa (734003/ 734006). 114

Figura 3.40 – Precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 na estação Alhandra (734007/ 734008). 115

Figura 3.41 – Gráfico climatológico da precipitação média mensal dos períodos oficiais de referência do INMET. 116

Figura 3.42 – Isoietas de precipitação total média anual entre 1994 e 2022. 117

Figura 3.43 – Isoietas de precipitação total média no período seco entre 1994 e 2022. 118

Figura 3.44 – Isoietas de precipitação total média no período chuvoso entre 1994 e 2022. 119

Figura 3.45 – Comparação entre as isoietas de precipitações médias anuais geradas no presente estudo com as isoietas do Atlas Pluviométrico (CPRM, 2011). 121

Figura 3.46 – Sobreposição das isoietas de precipitação ao mapa hipsométrico. 123

Figura 3.47 – Localização das estações fluviométricas nas bacias de influência do SAPP e estações fluviométricas selecionadas. 132

Figura 3.48 – Comparação entre a vazão média mensal na estação Fazenda Almas (38690000) e a precipitação pluviométrica registrada no mesmo período na estação Mamanguape/Asplan (635117). 134

Figura 3.49 – Hidrogramas de escoamento das estações localizadas na bacia do rio Mamanguape. 135

Figura 3.50 – Comparação entre a vazão média mensal na estação Ponte do Leitão (38790000) e a precipitação pluviométrica registrada no mesmo período na estação Mulungu (735009). 135

Figura 3.51 – Hidrogramas de escoamento das estações Caraúbas (38830000) e Bodocongo (38860000) localizadas no Alto e Médio Rio Paraíba, respectivamente. 137

Figura 3.52 – Hidrogramas de escoamento das estações Guarita (38880000) e Ponte da Batalha (38895000), localizadas no Baixo Rio Paraíba. 137

Figura 3.53 – Comparação entre a vazão média mensal na estação Ponte da Batalha (38895000) e a precipitação registrada no mesmo período na estação pluviométrica de mesmo nome Ponte da Batalha (735036). 138

Figura 3.54 – Curva de permanência de vazões da estação Fazenda Almas (38690000) localizada no Rio Guaju, na bacia do Rio Guaju. 139

Figura 3.55 – Curva de permanência de vazões da estação Mulungu (38750000) localizada no Rio Mamanguape, na bacia do Rio Mamanguape. 140

Figura 3.56 – Curva de permanência de vazões da estação Ponte do Leitão (38790000) localizada no Rio Mamanguape, na bacia do Rio Mamanguape. 140

Figura 3.57 – Curva de permanência de vazões da estação Sítio Passagem (38771000) localizada no Rio Aracají, na bacia do Rio Mamanguape. 141

Figura 3.58 – Curva de permanência de vazões da estação Caraúbas (38830000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Alto Rio Paraíba. 141

Figura 3.59 – Curva de permanência de vazões da estação Poço de Pedras (38850000) localizada no Rio Taperoá, na bacia do Rio Taperoá, região do Alto Rio Paraíba. 142

Figura 3.60 – Curva de permanência de vazões da estação Bodocongo (38860000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Médio Rio Paraíba. 142

Figura 3.61 – Curva de permanência de vazões da estação Guarita (38880000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Baixo Rio Paraíba. 143

Figura 3.62 – Curva de permanência de vazões da estação Engenho Santana (38888000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Baixo Rio Paraíba. 143

Figura 3.63 – Curva de permanência de vazões da estação Ponte da Batalha (38895000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Baixo Rio Paraíba. 144

Figura 3.64 – Vazões específicas das bacias hidrográficas do SAPP. 147

Figura 3.65 – Evolução temporal do perfil transversal do Rio Guaju, no local da estação Fazenda Almas (38690000). 148

Figura 3.66 – Comparação entre duas seções transversais distintas do Rio Mamanguape. 149

Figura 3.67 – Evolução temporal do perfil transversal do Rio Mamanguape, no local da estação Mulungu (38750000). 150

Figura 3.68 – Evolução temporal do perfil transversal do Rio Mamanguape, no local da estação Ponte do Leitão (38790000). 150

Figura 3.69 – Comparação entre cinco seções transversais distintas do Rio Paraíba. 151

Figura 3.70 – Evolução temporal do perfil transversal no Alto Rio Paraíba, no local da estação Caraúbas (38830000). 152

Figura 3.71 – Evolução temporal do perfil transversal no Médio Rio Paraíba, no local da estação Bodocongo (38860000). 152

Figura 3.72 – Evolução temporal do perfil transversal no Baixo Rio Paraíba, no local da estação Guarita (38880000) 153

Figura 3.73 – Evolução temporal do perfil transversal no Baixo Rio Paraíba, no local da estação Ponte da Batalha (38895000). 153

Figura 3.74 –Hidrograma com períodos representativos de sazonalidades e padrões comportamentais 154

Figura 3.75 –Valor de -1/k a partir da curva exponencial referente ao período de recessão (constante y) do hidrograma 155

Figura 3.76 –Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Fazenda Almas (38690000) 158

Figura 3.77 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Mulungu (38750000). 158

Figura 3.78 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Sítio Passagem (38771000) 159

Figura 3.79 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Ponte do Leitão (38790000) 159

Figura 3.80 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Guarita (38880000)... 159

Figura 3.81 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Engenho Santana (38888000) 160

Figura 3.82 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Ponte da Batalha (38895000) 160

Figura 3.83 – Vazão específica subterrânea das bacias hidrográficas do SAPP. 163

Figura 3.84 – Localização dos poços de monitoramento do aquífero livre encontrados na coleta de dados. 168

Figura 3.85 – Localização dos poços de monitoramento do aquífero confinado encontrados na coleta de dados. 172

Figura 3.86 – Localização dos poços de monitoramento de qualidade da água encontrados na coleta de dados. 174

Figura 3.87 – Linha do tempo do monitoramento de águas subterrâneas executado pelo grupo da UFPB. 176

Figura 3.88 – Cota do nível de água do piezômetro P01. 176

Figura 3.89 – Cota do nível de água do piezômetro P02. 177

Figura 3.90 – Cota do nível de água do piezômetro P03. 177

Figura 3.91 – Cota do nível de água do piezômetro P04. 178

Figura 3.92 – Cota do nível de água do piezômetro P05. 178

Figura 3.93 – Cota do nível de água do piezômetro P06. 179

Figura 3.94 – Cota do nível de água do piezômetro P08. 179

Figura 3.95 – Cota do nível de água do piezômetro P09. 180

Figura 3.96 – Cota do nível de água do piezômetro P10. 180

Figura 3.97 – Cota do nível de água do piezômetro P11. 181

Figura 3.98 – Cota do nível de água do piezômetro P12. 181

Figura 3.99 – Cota do nível de água do piezômetro P14. 182

Figura 3.100 – Cota do nível de água do piezômetro P15. 182

Figura 3.101 – Cota do nível de água do piezômetro P16. 183

Figura 3.102 – Cota do nível de água do piezômetro P17. 183

Figura 3.103 – Cota do nível de água do piezômetro P18a. 184

Figura 3.104 – Cota do nível de água do piezômetro P18b. 184
Figura 3.105 – Cota do nível de água do piezômetro P20. 185
Figura 3.106 – Cota do nível de água do piezômetro P21. 185
Figura 3.107 – Cota do nível de água do piezômetro P22. 186
Figura 3.108 – Cota do nível de água do piezômetro P23. 186
Figura 3.109 – Cota do nível de água do piezômetro P24. 187
Figura 3.110 – Cota do nível de água do piezômetro P25. 187
Figura 3.111 – Cota do nível de água do piezômetro P27. 188
Figura 3.112 – Cota do nível de água do piezômetro P29. 188
Figura 3.113 – Cota do nível de água do piezômetro P31. 189
Figura 3.114 – Cota do nível de água do piezômetro P32. 189
Figura 3.115 – Cota do nível de água do piezômetro P33. 190
Figura 3.116 – Cota do nível de água do piezômetro P36. 190
Figura 3.117 – Cota do nível de água do piezômetro P37. 191
Figura 3.118 – Cota do nível de água do piezômetro P38. 191
Figura 3.119 – Cota do nível de água do piezômetro P39. 192
Figura 3.120 – Cota do nível de água do piezômetro 2600008444. 193
Figura 3.121 – Cota do nível de água do piezômetro 2600047473. 193
Figura 3.122 – Cota do nível de água do piezômetro 2600047476. 194
Figura 3.123 – Cota do nível de água do piezômetro 2600047480. 194
Figura 3.124 – Cota do nível de água do piezômetro PZ08. 195
Figura 3.125 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1001. 195
Figura 3.126 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1002. 196
Figura 3.127 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1003. 196
Figura 3.128 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1004. 197
Figura 3.129 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1005. 197
Figura 3.130 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1006. 198
Figura 3.131 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1007. 198
Figura 3.132 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1008. 199
Figura 3.133 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1009. 199
Figura 3.134 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1010. 200
Figura 3.135 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1011. 200
Figura 3.136 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1012. 201
Figura 3.137 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1013. 201
Figura 3.138 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_2001. 202
Figura 3.139 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_2002. 202
Figura 3.140 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_2003. 203

Figura 3.141 – Distribuição das unidades hidroestratigráficas aflorantes na área de estudo (CPRM, 2004). 218

Figura 3.142- Mapa de contorno estrutural do embasamento da Bacia Paraíba (Profill, 2023). Dados extraídos de Costa et al. (2007) e SIAGAS. 224

Figura 3.143- Mapa de espessuras totais dos aquíferos da Bacia Paraíba (Profill, 2023). 226

Figura 3.144 - Monitoramento de níveis de água de um aquífero livre. (A) Ciclos sazonais de recarga por chuvas e descarga natural; (B) Variações por efeito de marés terrestres. 228

Figura 3.145 - Correlação entre a altitude do terreno e cota do NE (Dados de Costa et al., 2007)... 232

Figura 3.146 - Correlação altitude do terreno *versus* cota do NE com filtro para pontos com NE≤ a 15 m e NE > 15 m. 232

Figura 3.147 - Correlação entre a altitude do terreno e cota do NE para 256 poços com profundidades de até 50 m (cadastro SIAGAS)..... 233

Figura 3.148 - Correlação entre a altitude do terreno e cota do NE para 399 poços com profundidades maiores do que 100 m (cadastro SIAGAS)..... 234

Figura 3.149 - Mapa potenciométrico dos aquíferos rasos da Bacia Paraíba (Profill, 2023). 236

Figura 3.150- Espessuras saturadas do Sistema Aquífero Paraíba (Profill, 2023). 238

Figura 3.151 – Distribuição das reservas hídricas permanentes do SAPP (Profill, 2023)..... 242

Figura 3.152 – Distribuição das reservas hídricas reguladoras do SAPP (Profill, 2023)..... 244

Figura 3.153 - Distribuição das disponibilidades da reserva hídrica renovável do Sistema Aquífero Paraíba (Profill, 2023). 247

Figura 3.154 - Distribuição das disponibilidades da reserva hídrica permanente do SAPP (Profill, 2023). 249

Figura 3.155 - Distribuição das disponibilidades anuais totais do SAPP (Profill, 2023). 251

Figura 3.156 – Distribuição da recarga direta do SAPP (Profill, 2023)..... 255

Figura 3.157 - Mapa hidrogeológico da área de estudo (CPRM, 2019) 257

Figura 3.158 – Distribuição estatística do nível estático, nível dinâmico e profundidade dos poços cadastrados no SIAGAS – Grupo 1. 262

Figura 3.159 – Distribuição estatística do nível estático e profundidade dos poços cadastrados no SIAGAS – Grupo 2. 263

Figura 3.160 – Distribuição estatística de nível estático, nível dinâmico e profundidade dos poços cadastrados no SIAGAS – Grupo 3. 264

Figura 3.161 – Dados de monitoramento de poço profundo (RIMAS/CPRM). 268

Figura 3.162 – Poços onde foram realizadas as coletas de água subterrânea para a caracterização hidroquímica 271

Figura 3.163 –Diagrama de Piper com a classificação iônica das análises químicas das bases de Costa et al., (2007), CDRM (Medeiros, 2007), CAGEPA e UFPB. 273

Figura 3.164 - Mapa com a classificação iônica dos pontos amostrados confrontados com a base do IBGE 274

Figura 3.165 - Gráficos *box-plot* indicando a variação da condutividade elétrica ao longo das unidades aquíferas identificadas. 275

Figura 3.166 - Diagrama de salinidade indicando o risco de salinização e o risco de sódio para as unidades aquíferas estudadas. 277

Figura 3.167 - Mapa com a classificação das águas quanto à salinidade confrontados com a base do IBGE 278

Figura 3.168 - Gráfico colunar com os diferentes usos dos poços analisados do ponto de vista hidroquímico do banco de dados do SISÁGUA. 282

Figura 3.169 - Gráfico coluna indicando a quantidade de amostras conformes ou não quanto a portaria número 5 de 2017 do Ministério da saúde do banco de dados doces água por unidade aquífera 282

Figura 3.170 - Mapa com a localização dos postos doce água e a classificação quanto à potabilidade pelo IBGE. 283

Figura 3.171 – Demandas para abastecimento público por município. 292

Figura 3.172 – Demandas para abastecimento público por município do BD-Consolidado. 293

Figura 3.173 – Demandas para abastecimento público por bacia hidrográfica. 294

Figura 3.174 – Demandas para abastecimento público por bacia hidrográfica do BD-Consolidado. 295

Figura 3.175 – Mapa da localização das demandas para abastecimento público do BD-Consolidado. 296

Figura 3.176 – Demandas para consumo humano por município nas diferentes bases de dados.... 299

Figura 3.177 – Demandas para consumo humano por município no BD-Consolidado. 300

Figura 3.178 – Demandas para consumo humano por bacia hidrográfica nas diferentes bases de dados. 301

Figura 3.179 – Demandas para consumo humano por bacia hidrográfica no BD-Consolidado. 302

Figura 3.180 – Mapa da localização das demandas para consumo humano do BD-Consolidado. ... 303

Figura 3.181 – Demandas para irrigação por município nas diferentes bases de dados. 306

Figura 3.182 – Demandas para irrigação por município no BD-Consolidado. 307

Figura 3.183 – Demandas para irrigação por bacia hidrográfica nas diferentes bases de dados. 308

Figura 3.184 – Demandas para irrigação por bacia hidrográfica no BD-Consolidado. 309

Figura 3.185 – Mapa da localização das demandas para irrigação do BD-Consolidado. 310

Figura 3.186 – Demandas para indústria por município nas diferentes bases de dados 314

Figura 3.187 – Demandas para indústria por município no BD-Consolidado. 315

Figura 3.188 – Demandas para indústria por bacia hidrográfica nas diferentes bases de dados. 316

Figura 3.189 – Demandas para indústria por bacia hidrográfica no BD-Consolidado. 317

Figura 3.190 – Mapa da localização das demandas para indústria e agroindústria do BD-Consolidado. 318

Figura 3.191 – Demandas para aquicultura por município no BD-Consolidado. 321

Figura 3.192 – Demandas para aquicultura por bacia hidrográfica no BD-Consolidado. 322

Figura 3.193 – Mapa da localização das demandas para aquicultura do BD-Consolidado. 323

Figura 3.194 - Demandas para criação animal por município na BD-Usos. 326

Figura 3.195 – Demandas para criação animal por bacia hidrográfica na BD-Usos. 327

Figura 3.196 – Mapa da localização das demandas para criação animal da BD-Usos. 328

Figura 3.197 - Demandas para mineração por município na BD-Usos 330

Figura 3.198 - Demandas para mineração por bacia hidrográfica na BD-Usos. 331

Figura 3.199 – Mapa da localização das demandas para mineração da BD-Usos. 332

Figura 3.200 – Síntese das demandas superficiais por município (m³/s) 336
Figura 3.201 – Síntese das demandas subterrâneas por município (m³/s) 337
Figura 3.202 – Síntese das demandas por bacia hidrográfica. 338
Figura 3.203 – Mapa da localização das demandas totais distribuídas em superficial e subterrânea. 339
Figura 3.204 – Mapa da localização das demandas subterrâneas por município. 344
Figura 6.1 – Mapa geológico da porção sul do SAAP (CPRM,2004). 388
Figura 6.2 – Área de ocorrência do SAPP segundo Barbosa et al.(2007). 390
Figura 6.3 – Poços com descrição litológica extraídos do cadastro SIAGAS, plotados sobre a área da Formação Gramame, definida por Barbosa et al. (2007). 391
Figura 6.4 – Seção geológica com perfis de poços do cadastro SIAGAS, mostrando camadas de calcário com espessuras variáveis e posicionadas em diferentes cotas e mapa de localização da seção. 393
Figura 6.5 – Potenciometria do subsistema confinado a partir de dados do projeto BRAMAR (dados de 2018). 395
Figura 6.6 – Potenciometria do subsistema confinado definida para o ano de 2017 e limitada conforme modelagem numérica. Fonte: Projeto BRAMAR. 396

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos no Estado da Paraíba é um desafio complexo devido a diversas características geoclimáticas e geológicas da região. Neste contexto, é fundamental adotar estratégias eficazes para enfrentar os problemas relacionados à disponibilidade e qualidade da água, e isso inclui a gestão tanto dos recursos hídricos superficiais quanto dos subterrâneos. A gestão integrada dos mananciais é prevista na Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) e abordada pela Resolução n° 15 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2001).

Na Paraíba, um dos principais desafios nos estudos de disponibilidade hídrica é a intermitência, o que significa que muitos rios têm fluxo irregular ao longo do ano. Além disso, a maior parte da precipitação se concentra em poucos meses, com variações significativas de um ano para outro. Isso cria um padrão de variabilidade interanual que torna difícil prever com precisão a disponibilidade de água. Nesse cenário desafiador, a água subterrânea emerge como um recurso estratégico de grande importância para o abastecimento humano e demais usos, e deve ser monitorado com o devido rigor para que não se esgote nem seja contaminado e possa fazer parte das estratégias e políticas de abastecimento e segurança hídrica.

A região costeira que faz parte da bacia sedimentar Paraíba-Pernambuco e do Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco (SAPP) no estado da Paraíba tem experimentado um crescimento progressivo na perfuração de poços. Esta área possui grande potencial de águas subterrâneas e abriga a região metropolitana da Grande João Pessoa, que está passando por um processo de desenvolvimento econômico e social. Esse desenvolvimento está diretamente ligado à forma como os recursos naturais são utilizados, sendo a água um elemento fundamental e crítico nesse contexto.

O SAPP possui uma área de 4.356 km² e ocupa aproximadamente 7% do estado da Paraíba (Figura 1.1). Ocorre na microrregião da zona da Mata Paraibana, apresentando características geoclimáticas únicas que podem ser prontamente identificadas com base no modelado do relevo da bacia sedimentar costeira ali existente e de seu posicionamento perante o Planalto da Borborema, justificando-se sua distinção em relação ao restante do estado da Paraíba.

Segundo Costa et al. (2007), a Bacia Pernambuco-Paraíba ocupa o litoral dos Estados de Pernambuco e Paraíba, estendendo-se desde a cidade de Recife, onde é limitada pelo Lineamento Pernambuco, até o vale do Rio Camaratuba, ao norte de João Pessoa, estando separada da bacia Potiguar a norte, pelo Alto de Touros, e da bacia de Alagoas a sul, pelo Alto de Maragogi. Sobre a região do SAPP contemplada pela área de estudo, situam-se os municípios com maior PIB do estado e a maior área urbana (Figura 1.1).

Os reservatórios subterrâneos componentes do SAPP integram as unidades hidroestratigráficas Beberibe, Gramame, Barreiras e Coberturas Sedimentares, identificadas pelos mesmos nomes atribuídos às unidades litoestratigráficas que os encerram. As Coberturas Sedimentares reúnem os depósitos aluvionares, sedimentos de praias, dunas e coberturas colúvio-eluviais e têm expressão hidrogeológica secundária e acessória, assim como os calcários da formação Gramame, considerados como um aquitardo por diversos autores (p. ex., Costa et al., 2007). As demais unidades hidroestratigráficas constituem aquíferos importantes no contexto hidrogeológico da região costeira, principalmente a Beberibe e a Barreiras (Costa et al., 2007).

A Figura 1.1 mostra o mapa da área de estudo e em seu interior a configuração da rede hidrográfica, destacando-se as bacias drenantes para a zona litorânea que é onde se encontram os depósitos sedimentares do SAPP. Em termos de tipologias aquíferas, verifica-se que 16,4% da área de estudo está representada por rochas dos Sistemas Cristalinos perfazendo um total de 852.91 km², e os Sistemas Aquíferos Sedimentares representando cerca de 83,6%, equivalente a uma área de 4.151 km², ressaltando-se aqui a exclusão da porção sedimentar da margem esquerda do rio Guaju, situada no estado de Rio Grande do Norte (198,92 km² ou 56,3% da área da referida bacia).

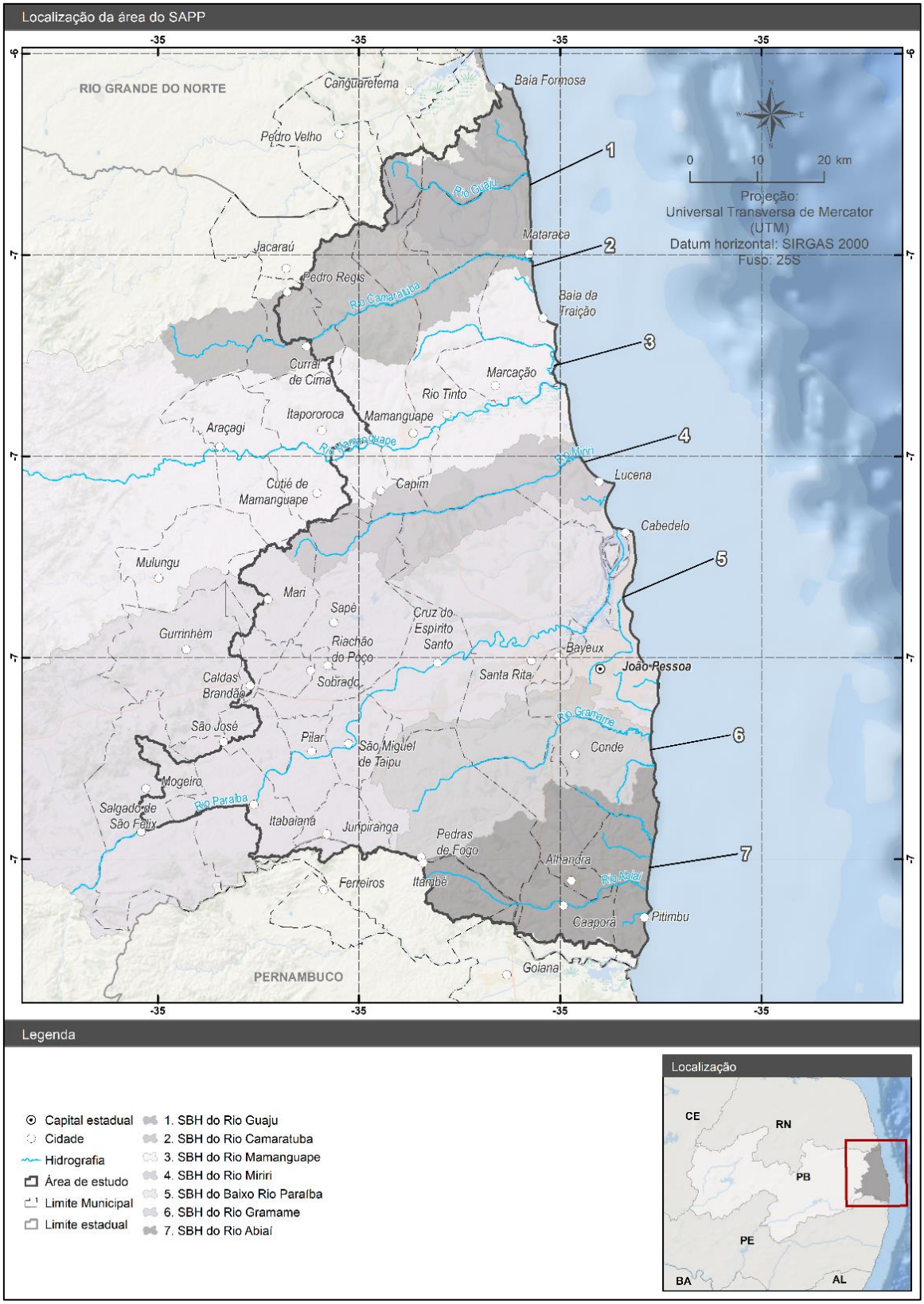


Figura 1.1 – Localização da área de estudo no litoral do estado da Paraíba e as principais bacias hidrográficas.

Para garantir o uso sustentável e a preservação do SAPP na sua porção paraibana, é essencial aprofundar o conhecimento sobre esse sistema subterrâneo, capaz de fornecer água para as comunidades e atender às suas necessidades. Para avançar nessa direção, o consórcio IGNEO-NIP-PROFILL foi contratado para a elaborar os "Estudos hidrogeológicos sobre as áreas de recarga no Sistema Pernambuco-Paraíba, com a elaboração do mapa de zonas de gerenciamento e de proposta de rede de monitoramento de águas subterrâneas do estado da Paraíba." Esses estudos desempenharão um papel essencial na gestão integrada dos recursos hídricos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região e para a segurança hídrica da população.

Neste contexto, o presente documento trata-se do segundo produto desenvolvido no âmbito dos referidos estudos, ou seja, o “Diagnóstico do conhecimento sobre a área de estudo com base nas informações disponíveis e diagnóstico da situação atual da rede de monitoramento”. Conforme disposto no Termo de Referência (TDR) do projeto, a etapa do Diagnóstico consiste no levantamento e análise do conhecimento atual sobre as águas subterrâneas no Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco, com ênfase nas disponibilidades e demandas e na rede de monitoramento quali-quantitativa existente.

Os objetivos específicos do diagnóstico são:

- Coletar e analisar os dados disponíveis no acervo da AESA, SIAGAS e outros órgãos sobre os poços no Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco, reunindo esforços para uniformização, nivelamento, integração, formatação, projeção e síntese dos dados existentes, bem como atualizações e eventuais complementações;

- Gerar mapas com diversas informações básicas com a finalidade de obter uma visão preliminar da região contendo: condição dos poços disponíveis, distribuição conforme sistema aquífero, poços monitorados ou a serem monitorados, vazões de explotação, rebaixamentos de níveis de água, a distribuição dos dados hidroquímicos disponíveis, as estações meteorológicas e hidrométricas em operação;

- Elaboração do banco de dados digital, elencando, uniformizando e organizando todas as informações coletadas e levantadas.

Buscando atender aos preceitos do Termo de Referência, assim como seus objetivos específicos, o Diagnóstico foi estruturado no seguinte formato, a saber:

- O capítulo 2 descreve como os dados utilizados no trabalho são organizados em um banco de dados com três compartimentos.
- O capítulo 2 consiste no diagnóstico temático e abrange os seguintes assuntos: Geologia, Geomorfologia, Vegetação e Uso e ocupação do solo, População e Indicadores Socioeconômicos, Clima e Hidrologia, Rede de Monitoramento Quali-Quantitativo de Águas Subterrâneas, Hidrogeologia e Demandas e Uso da Água.
- O capítulo 4 apresenta as Conclusões, contendo a síntese das informações levantadas e elencando algumas considerações finais sobre o trabalho desenvolvido;

Por fim, o Diagnóstico aqui apresentado sistematiza as informações disponíveis e consolida o conhecimento hidrogeológico atual do SAPP no Estado da Paraíba, de modo a subsidiar as demais etapas do projeto.

2 BANCO DE DADOS

No decorrer dos trabalhos desenvolvidos e apresentados a partir do próximo capítulo, serão elencadas uma série de levantamento de dados de fontes diversas. Os dados são utilizados para a elaboração de análises técnicas dos diversos temas tratados no relatório. A fim de disponibilizar as informações de forma estruturada e consolidada, foi elaborado um Banco de Dados do projeto. Este Banco de Dados apresenta as informações levantadas de diversas fontes conforme descrito em cada capítulo temático. Sendo assim, resultou em quatro compartimentos de informações, sendo eles:

- Banco de Dados Hidroclimatológicos – BD Clima;
- Banco de Dados SIG – BD SIG;
- Banco de Dados de Usos Consuntivos – BD Usos;
- Banco de Dados de Poços – BD Poços.
- Banco de Dados Consolidade – BD Consolidado

Em especial, para o banco de dados de poços, em função da natureza da informação que é de origem diversa, mas que, muitas vezes trata da mesma unidade amostral

(poço), este banco de dados passou por uma análise de consistência rigorosa que será explicada no subcapítulo 2.1.3 a seguir.

Sendo assim, o presente capítulo tem como finalidade, elencar o tipo de informação existente em cada banco e, para o caso específico do banco de dados de poços, explicar como a consolidação dos dados foi realizada.

O Banco de Dados é um arquivo digital e será entregue anexo a este documento, intitulado Anexo I tanto no formato PostgreSQL, sendo cada compartimento armazenado em um *schema*. Além disso, cada compartimento será entregue em formatos diferentes que podem vir a facilitar o acesso por serem aplicáveis a programas mais usuais que o PostgreSQL. Vale ressaltar que as informações contidas em ambos os formatos são as mesmas.

Por fim, o Anexo II deste Diagnóstico traz as Diretrizes de Manuseio do Banco de Dados do projeto.

2.1.1 *Banco de Dados Hidroclimatológicos – BD Clima*

O BD Clima é constituído das séries históricas de registros pluviométricos e fluviométricos utilizados nas análises apresentadas no capítulo 3.5. A origem dos dados, o período de obtenção e outras características como disponibilidade e consistência estão detalhadas no capítulo 3.5.

Este compartimento é apresentado no *schema* BD Clima, no PostgreSQL, e é composto por duas tabelas do banco de dados, a saber: “estacoespluviometricas” e “estacoesfluviometricas”. As mesmas informações são apresentadas nos arquivos em formato MS Excel: estacoespluviometricas.xlsx e estacoesfluviometricas.xlsx.

2.1.2 *Banco de Dados SIG – BD SIG*

O BD SIG consiste em todas as feições espaciais utilizadas para a confecção dos diversos mapas apresentados ao longo do trabalho. Esse compartimento é apresentado no *schema* BD SIG, no PostgreSQL, que contém um conjunto de feições em formato vetorial com tabelas associadas e entidades em formato matricial. Além disso, as mesmas informações são apresentadas em arquivos *shapefile* e *raster* organizados segundo cada tema. A origem de cada um deles é descrita em um arquivo entregue

juntamente ao banco, denominado “Metadados”, no qual estão descritas questões como origem da informação, escala de obtenção, ano, entre outras.

2.1.3 *Banco de Dados de Usos Consuntivos – BD Usos*

Este banco de dados é obtido do trabalho denominado Usos Consuntivos de Água no Brasi (ANA, 2022). Um detalhamento de como essa informação é utilizada está descrito em detalhes no capítulo 3.7.

Este compartimento é apresentado no *schema* BD Usos, no PostgreSQL, e é composto por uma tabela do banco de dados, a saber: “0104_rg_bd_usos”. As mesmas informações são apresentadas nos arquivos em formato MS Excel: 0104_rg_bd_usos.xlsx.

2.1.4 *Banco de Dados de Poços - BD Poços*

O BD Poços é originado a partir de uma série de fontes distintas, por isso passou por uma consolidação que será detalhada a seguir. Os capítulos 3.6 e 3.7 discorrem detalhadamente sobre a origem de cada grupo de informações e utilizam as informações contidas no BD Poços em suas análises para avaliar aspectos hidrogeológico e hidrogeoquímicos. O capítulo 3.7 utiliza o BD Poços para avaliar as demandas hídricas por finalidade.

Os conjuntos de dados que foram incorporados ao BD Poços e suas respectivas origens estão descritas no Quadro 2.1.

Quadro 2.1- Origem das informações que compõe o BD Poços

Conjunto de Dados	Descrição
SIAGAS	O SIAGAS é um banco de dados de poços tubulares, consolidado pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB (CPRM).
AESA	Banco de Outorgas de poços disponibilizados à consultora pela AESA em 2023.
Costa et al (2007)	Estudo de Caracterização e Verificação da Disponibilidade Hídrica da Vertente Litorânea do Estado Paraíba (DHVL-PB) realizado no ano de 2007. No âmbito do projeto foi feito um cadastro de campo, tendo como ponto de partida os poços profundos registrados no banco da AESA e no SIAGAS na época do estudo. Nesse trabalho foi realizada uma extensa campanha de campo, e conforma um dos principais estudos de águas subterrâneas no Estado da

Conjunto de Dados	Descrição
	Paraíba, sendo, consequentemente, uma das principais referências do estudo em tela.
CAGEPA	Informações de poços administrados pela CAGEPA.
RIMAS	Rede de monitoramento contínuo de poços administrada pela CPRM.
UFPB	Estudos realizados pelo grupo de recursos hídricos da UFPB sobre águas subterrâneas.
SISAGUA / VIGIAGUA	O Sisagua é um instrumento do Vigiagua que tem como finalidade auxiliar o gerenciamento de riscos à saúde a partir dos dados gerados rotineiramente pelos profissionais do setor saúde (Vigilância) e responsáveis pelos serviços de abastecimento de água (Controle) e da geração de informações em tempo hábil para planejamento, tomada de decisão e execução de ações de saúde relacionadas à água para consumo humano.

A seguir, são descritas as etapas de consolidação do BD Poços, essa consolidação também está descrita com maior detalhamento no Anexo III desde produto.

1. Consolidação dos conjuntos de dados de forma individual por fonte;
2. Normalização e compatibilização dos campos dos conjuntos de dados;
3. Ajustes de coordenadas a um mesmo sistema de referência;
4. Junção dos conjuntos de dados em um banco unificado;
5. Validação dos registros inseridos no banco unificado. Os dados de todas as entradas de registro do banco foram analisados segundo sua proximidade. Para todas as ocorrências de proximidade encontradas foi realizada uma conferência por coincidência dos demais campos dos registros, o que permitiu a identificação de possíveis entradas de registros duplicados. Um detalhamento dos critérios de distância e coincidência de informações utilizados está apresentado no Anexo III;
6. Validação nos dados referentes à vazão: Foi criado um campo [Validacao] que apresenta um índice de confiabilidade que varia entre os valores 1 e 5, onde 1 representa um registro muito confiável e 5 representa um registro pouco confiável. Um detalhamento dos critérios utilizados está apresentado no Anexo III.

O BD Poços é apresentado no *schema* BDPocos do banco de dados em formato PostgreSQL e no arquivo em formato MS Excel nominado BD Pocos.xls.

Após todo o refinamento realizado no BD poços, este ficou com um total de 7.863 linhas, sendo 4.139 dentro da área de estudo. O Quadro 2.2 apresenta o número de dados existente para cada tipo de informação.

Quadro 2.2 – Número de poços com dados para os diferentes tipos de informação para os 4.139 registros levantados na área do SAPP

Rótulos de Linha	Profundidade	Nivel Estatico	Nivel Dinamico	Vazão
Abiaí	113	113	113	129
Atlântico Sul N/NE	1499	922	553	24
Bacia do rio Abiaí	85	25	56	34
Bacia do rio Camaratuba	42	20	28	90
Bacia do rio Gramame	176	60	122	4
Bacia do rio Guaju	3	3	3	55
Bacia do rio Mamanguape	80	35	52	14
Bacia do rio Miriri	35	10	14	396
Bacia do rio Paraíba	632	297	413	883
Baixo Curso do Rio Paraíba	829	824	825	17
Camaratuba	14	13	13	155
Gramame	138	136	136	1
Guaju	1	1	1	18
Mamanguape	16	16	15	24
Miriri	20	20	20	129
Sem informação	7	0	0	0
Total Geral	**3690**	**2495**	**2364**	**1844**

Além dessas informações, o BD Poços possui uma tabela auxiliar com os dados obtidos do Projeto BRAMAR, em que são apresentados dados de nível em várias datas.

2.1.5 *Banco de Dados Consolidado – BD Consolidado*

Banco de dados que reúne as informações do BD Poços e soma a essas as informações de outorgas para água superficial, totalizando 1789 registros, sendo 7.863 registros associados à poços e 2.926 associados à captação superficial.

3 DIAGNÓSTICO POR TEMAS

O diagnóstico reúne as informações básicas necessárias ao desenvolvimento dos produtos previstos para as etapas seguintes, e traz a análise do conhecimento atual sobre as águas subterrâneas no Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco no estado da Paraíba, contextualizado a partir da integração dos seguintes temas: Geologia, Geomorfologia, Uso e Ocupação do Solo, Clima e Hidrologia, Hidrogeologia e Demandas hídricas.

3.1 GEOLOGIA

A base geológica adotada como referência neste diagnóstico foi elaborada pela CPRM (2004), na escala 1:1.000.000, disponibilizada no formato *shapefile*. Para apresentação, foi feito um recorte desse mapa para a área de estudo e entorno, de forma a permitir a visualização da distribuição das unidades litoestratigráficas mapeadas e das principais estruturas geológicas que cortam as rochas pré-cambrianas.

Estruturas lineares que seccionam os sedimentos meso-cenozoicos da Bacia Paraíba, interpretadas como falhas normais por Costa et al. (2007), foram inseridas no mapa geológico, assim como os blocos estruturais por elas delimitados.

Estudos, pesquisas e publicações relevantes, listadas nas referências deste estudo, completaram as informações sobre o arcabouço geológico da área, em especial sobre empilhamento litoestratigráfico e compartimentação estrutural das unidades meso-cenozoicas constituintes do Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco (SAPP).

3.1.1 *Caracterização geológica*

A Bacia Paraíba está localizada na margem leste da Província Borborema (Figura 3.1) e abrange a faixa sedimentar costeira que existe desde o Lineamento Pernambuco, nas proximidades da cidade de Recife, até o Alto Estrutural de Mamanguape, ao norte de João Pessoa (Barbosa & Lima Filho, 2005).

A Bacia Paraíba é uma das bacias da margem continental brasileira originadas pela ruptura do Gondwana e abertura do Atlântico Sul. Possui área emersa de 7.600 km^2 e área submersa de cerca de 31.400 km^2, que se estende pela plataforma continental até a cota batimétrica de 3.000 m abaixo do nível do mar (Barbosa, 2004).

A evolução tectônica e os estágios de subsidência das bacias da margem passiva da placa sul-americana apresentam sequências estratigráficas diferentes (Mohriak, 2003). A Bacia Paraíba teve uma evolução tardia, a partir de um processo de estiramento crustal, não evoluindo para uma bacia tipicamente rifte e seu preenchimento sedimentar teve início, provavelmente, no Cretáceo superior, diferindo das demais bacias marginais (Barbosa & Lima Filho, 2005). Muitas dúvidas ainda envolvem a estratigrafia, a bioestratigrafia e arcabouço estrutural da Bacia Paraíba em seus diferentes compartimentos. Apesar de ser composta por uma sucessão simples de depósitos

continentais, transicionais e marinhos, não existem informações detalhadas sobre o arcabouço estrutural desses depósitos e de seus estratos mais profundos.

A Bacia Paraíba é subdividida em três sub-bacias (Figura 3.2) com base na estratigrafia e tectônica, sendo elas: sub-bacia Olinda, Alhandra e Miriri. A sub-bacia Olinda fica localizada entre a Zona de Cisalhamento de Pernambuco e a Falha de Goiana; as sub-bacias de Alhandra e Miriri estão fixadas em um depocentro limitado na faixa costeira pela falha de Mamanguape, a norte, e pela Falha de Itabaiana, a sul (Barbosa & Lima Filho, 2005; Barbosa et al., 2007). As sub-bacias de interesse neste estudo são as de Alhandra e Miriri.

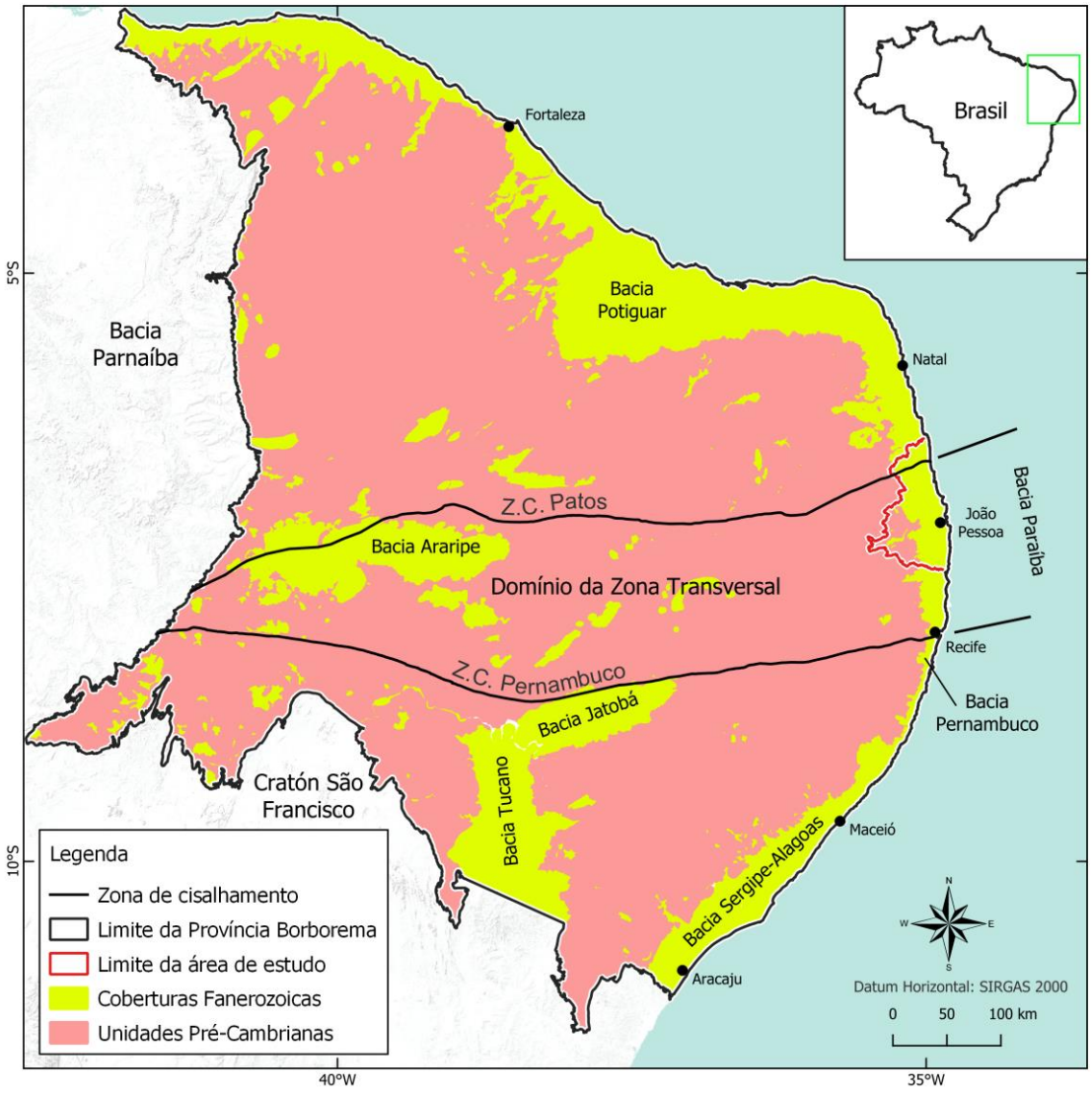


Figura 3.1 - Contexto geológico regional da área de estudo na Província Borborema.

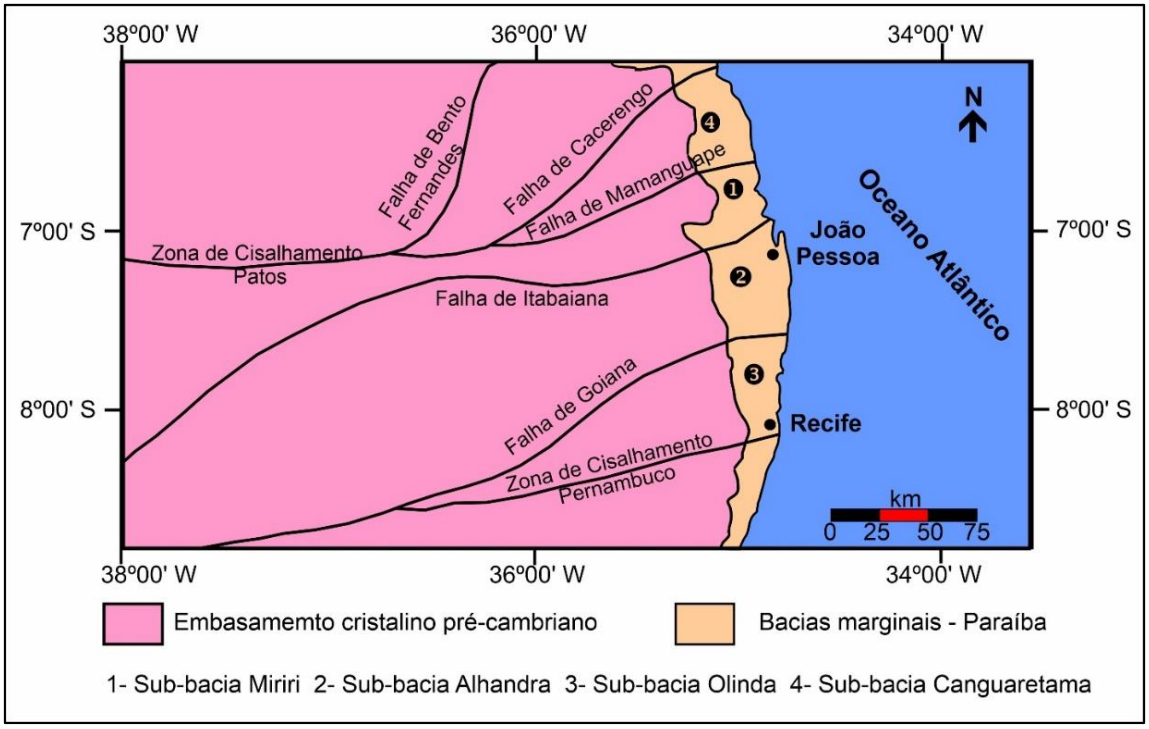


Figura 3.2- Bacias marginais, sub-bacias e embasamento pré-cambriano adjacente na porção leste dos estados da Paraíba e Pernambuco (modificado de Barbosa et al., 2003).

O embasamento dessas sub-bacias é constituído, principalmente, por terrenos paleoproterozoicos e neoproterozoicos da Província Borborema, suturados durante a colagem orogênica do Brasiliano (Pan-Africana) em ~750–500 Ma, e delimitados por zonas de cisalhamento dúcteis (Brito Neves et al., 2000). Essas zonas de cisalhamento pré-cambrianas tiveram grande importância na evolução das bacias costeiras da faixa Recife-Natal, exercendo controle na compartimentação e preenchimento sedimentar (Barbosa et al., 2007). As linhas de falha transcorrentes e normais, com direções NE-SW e E-W, cortam as unidades cretáceas, terciárias e quaternárias da zona costeira; muitas delas correspondem a reativações de estruturas pré-cambrianas ou cretáceas, responsáveis pela formação de grabens e horsts (Brito−Neves et al., 2004). Costa et al. (2007), por sua vez, argumentam que essas falhas parecem não afetar significativamente os sedimentos mesozoicos e salientam a necessidade da realização de estudos comprobatórios.

As diferenças no estilo estrutural das sub-bacias Alhandra/Miriri e Olinda são marcantes (Figura 3.3), como mostradas por Barbosa & Lima Filho (2005); a profundidade média do embasamento nas sub-bacias Alhandra/Miriri é de 300 m, enquanto na sub-bacia de Olinda é de mais de 400 m, com altos estruturais internos (horsts) que delimitam

estruturas em grabens. Duas áreas onde o embasamento se encontra mais rebaixado correspondem aos depocentros de Itamaracá e João Pessoa.

Segundo Costa et al. (2007), a Bacia Paraíba pode ser subdivida em blocos estruturais delimitados por falhas normais (Figura 3.3 e Figura 3.4), abaixo assinalados:

- **Bloco Camaratuba,** limitado ao sul pela Falha de Pirpirituba (ramificação da Zona de Cisalhamento de Patos), com o limite norte ultrapassando a fronteira entre a Paraíba e o Rio Grande do Norte;
- **Bloco Mamanguape**, limitado ao norte pela Falha de Pirpirituba e ao sul pela Falha de Mamanguape (desenvolvida ao longo do rio homônimo). Esse bloco se comporta como um graben em relação aos dois outros blocos ao norte e ao sul;
- **Bloco Miriri,** de menor largura, limitado ao norte pela Falha de Mamanguape e ao sul pela Falha de Miriri (encaixada no curso do rio homônimo). Esse bloco se encontra alçado na forma de um horst;
- **Bloco Paraíba,** que ocupa a maior área da bacia sedimentar costeira, limitado ao norte pela Falha de Miriri e ao sul e sudeste pela Falha de Cabedelo (expressão do falhamento que originou a Bacia Paraíba);
- **Bloco João Pessoa-Pitimbu**, limitado ao noroeste pela Falha de Cabedelo e a sudoeste pela Falha de Mata Redonda (originada pela reativação da Micro-Placa Nordeste);
- **Bloco Alhandra-Pedra de Fogo,** limitado ao norte-noroeste pelo ramo final da Falha de Cabedelo e ao nordeste pela Falha de Mata Redonda.

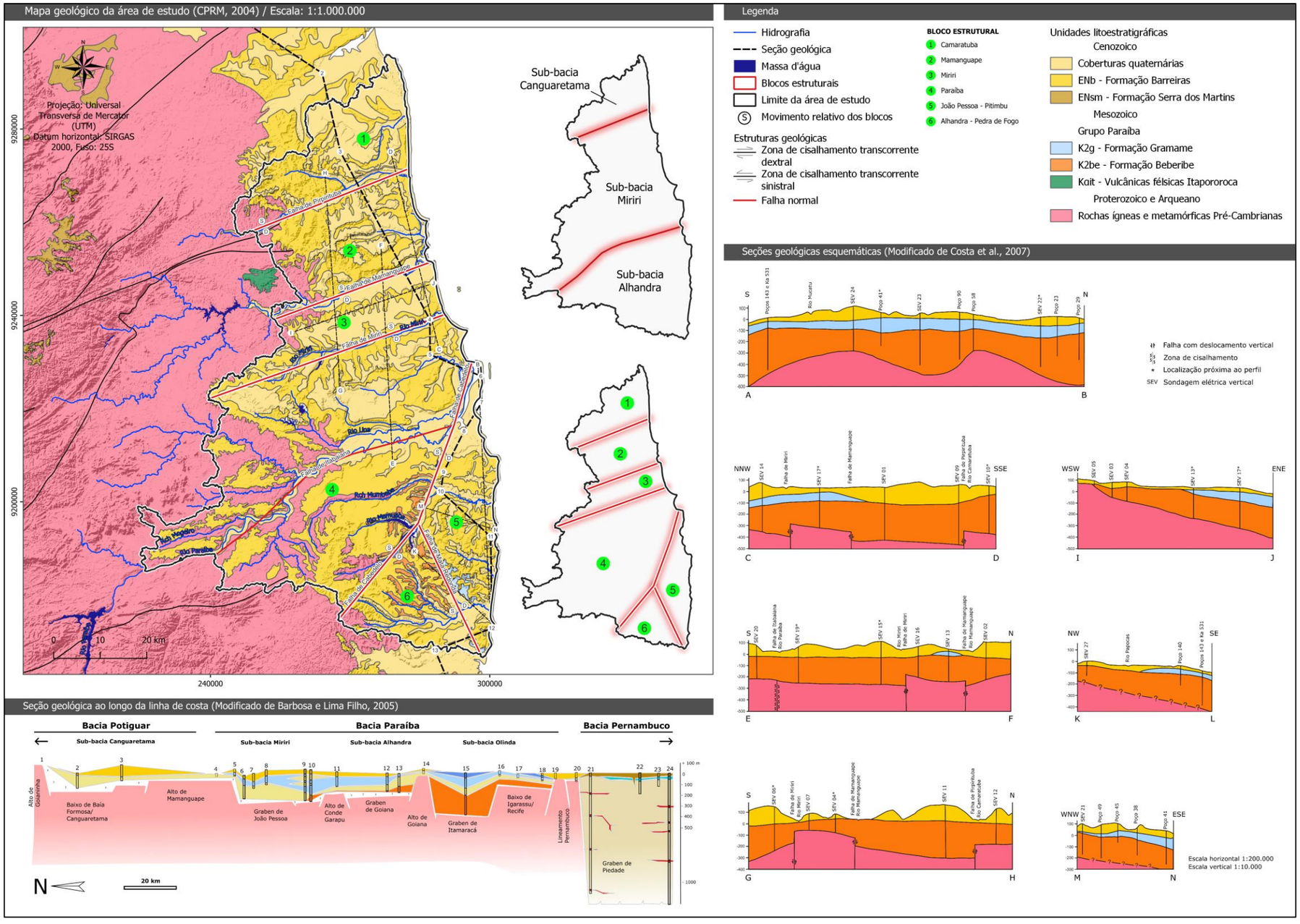


Figura 3.3 - Mapa geológico da área de estudo (CPRM, 2004) e seções geológicas interpretadas por Barbosa e Lima Filho (2005) e Costa et al. (2007). No mapa são identificadas as sub-bacias sedimentares e os blocos estruturais delimitados por Costa et al. (2007)

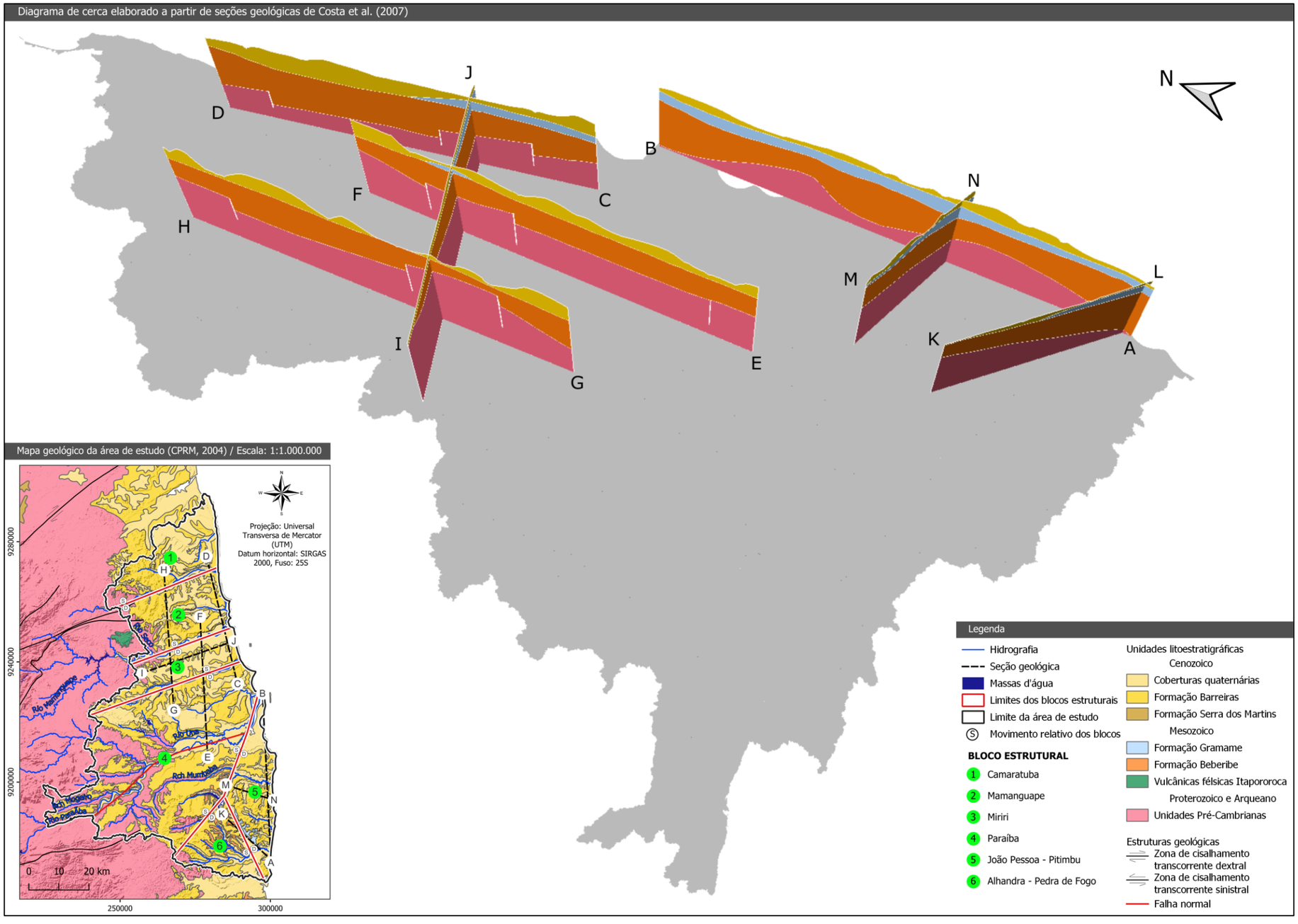


Figura 3.4 - Diagrama de cerca ilustração a disposição das unidades sedimentares da bacia Paraíba. Fonte: seções geológicas elaborada por Costa et al. (2007).

As sub-bacias de Alhandra/Miriri e Olinda são formadas por de blocos estruturais, delimitados por falhas de direção NE-SW (Figura 3.6), que se comportam como um suave homoclinal inclinado para leste no sentido da linha de costa (Barbosa et al. 2003; Barbosa et al., 2007). As cotas do embasamento estimadas por modelagem de dados de poços feita por Barbosa et al, (2007) mostram, no geral, uma variação desde 140 m, na porção ocidental da área, a -300 m na porção oriental da área, e a inclinação predominante da rampa homoclinal é de menos de 1%, com variações maiores que podem alcançar até 3,7% em algumas áreas.

A Bacia Paraíba, em sua parte emersa, foi preenchida por depósitos sedimentares do Neocretáceo (Coniaciano) ao Plioceno-Pleistoceno, materializados nas formações Beberibe, Itamaracá, Gramame, Maria Farinha e Barreiras. Essas unidades apresentam características distintas nas sub-bacias de Olinda e Alhandra/Miriri (Figura 3.5). As sequencias envolvem um ciclo de subsidência mais intenso, representado pelos sedimentos clásticos da Formação Beberibe; uma sequência transgressiva, constituída pelos clásticos da Formação Itamaracá e os calcários e sedimentos fosfáticos da Formação Gramame; uma sequência francamente marinha, da Formação Maria Farinha, representada por calcários com intercalações argilosas; e uma sequência sobreposta final da Formação Barreiras, na qual se desenvolveram os sedimentos aluviais (Barbosa & Lemos, 2001).

A unidade basal da Megassequência Cretácea/Terciária da Bacia do Paraíba é composta pelos sedimentos clásticos da Formação Beberibe, constituídos por arenitos continentais médios a grossos, variando até arenitos conglomeráticos de ambientes flúvio lacustres, assentados em discordância sobre o embasamento cristalino (Beurlen, 1967, apud Barbosa et al., 2003). A Formação Beberibe é mais expressiva na sub-bacia de Olinda, onde preencheu o Graben de Itamaracá com espessa cunha siliciclástica flúvio-lacustre (Barbosa et al., 2007). Sua espessura é superior a 300 m (Nóbrega & Alheiros, 1991).

A Formação Itamaracá, logo acima, representa uma unidade de transição para a fase marinha, com depósitos costeiros de estuários e lagoas contendo fósseis de ambiente marinho salobro e níveis de fosfato sedimentar no topo da unidade (40 cm a 2 m de espessura). É composta por depósitos de arenitos carbonáticos, folhelhos e carbonatos com siliciclastos, ricamente fossilífero. Sua espessura média é de aproximadamente 200 m (Beurlen, 1967). Ocorre sobre a Formação Beberibe em uma situação de onlap devido

ao pulso transgressivo Campaniano e parece ter maior expressão na sub-bacia Alhandra-Miriri (Barbosa et al., 2007).

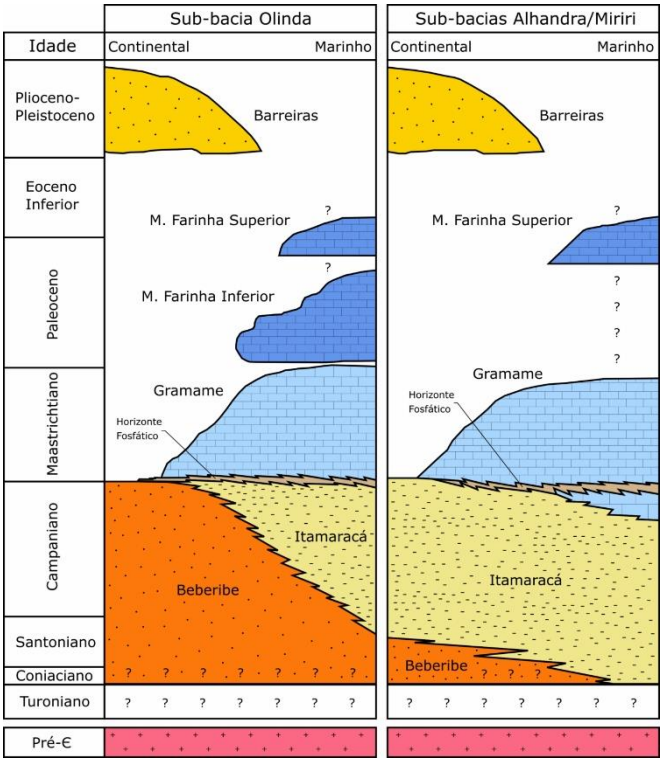


Figura 3.5 - Coluna litoestratigráfica das sub-bacias de Olinda e Alhandra/Miriri (Barbosa et al., 2003).

A Formação Gramame é representada por calcários e margas depositados em uma plataforma carbonática não muito profunda, entre 100 m e 150 m (Fauth & Koutsoukos, 2002, apud Barbosa et al., 2003). Ocorre como uma plataforma de geometria estreita e alongada, próxima à faixa litorânea entre Recife e João Pessoa e representa o estágio de mar alto. Sua espessura média é de 50 m (Costa et al. (2007) e sua extensão em subsuperfície é ainda desconhecida.

A Formação Maria Farinha inclui calcários, calcários margosos e espessos níveis de marga na porção inferior, e calcários dolomíticos detríticos, contendo fauna fóssil de recifes e lagoas recifais na porção superior (Beurlen, 1967, apud Barbosa et al., 2003). A espessura máxima encontrada para essa formação é de 70 m (Costa et al., 2007) e a unidade representa a continuação da sequência calcária da Formação Gramame.

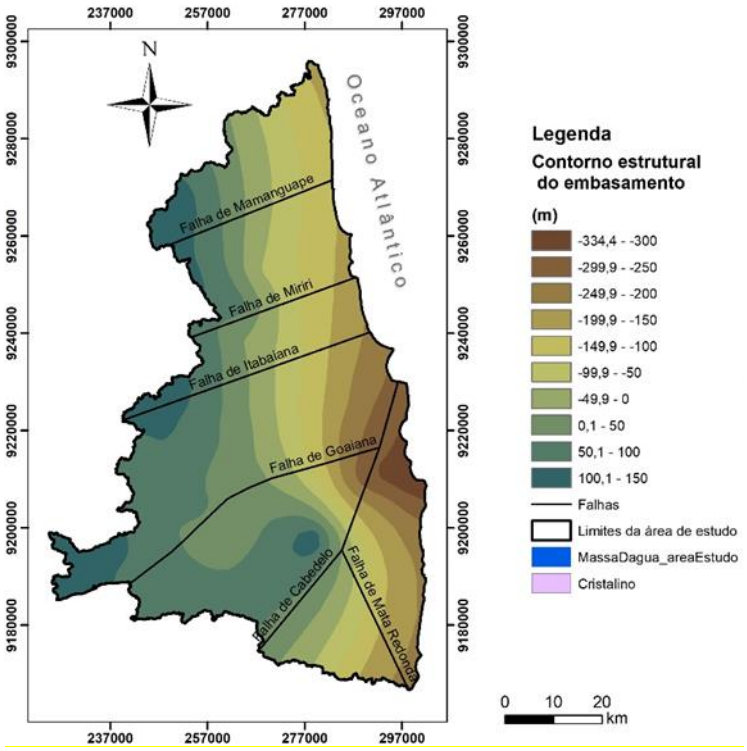


Figura 3.6- Contorno estrutural do embasamento e as principais estruturas geológicas presentes na área estudada (superfície remodelada a partir de dados extraídos de Barbosa et al., 2007).

Sobre as unidades cretácicas e paleocênicas assentam-se os depósitos de origem continental da Formação Barreiras, depositados em sistemas fluviais e aluviais (Barbosa et al., 2003). Os sedimentos da Formação Barreiras provêm basicamente dos produtos resultantes da ação do intemperismo sobre o embasamento cristalino, aflorante no interior do continente (Gopinath et al., 1993). A espessura da Formação Barreiras no Estado da Paraíba varia entre 70 m e 80 m (Leal & Sá, 1998).

A presença dos fosforitos na Formação Itamaracá constitui um marco litoestratigráfico radioativo, pois ocorre em toda a bacia e marca uma superfície marinho-transicional extensa, ou uma Superfície de Inundação Máxima (Lima Filho et al., 1998). Segundo esses autores, os fosforitos marcam o topo da Formação Itamaracá.

A diferenciação entre as unidades litoestratigráficas da Bacia Paraíba em campo e, consequentemente o seu mapeamento, não é tarefa fácil. Furrier et al. (2006) argumenta que, na ausência da Formação Gramame, a distinção do contato entre as formações Barreiras e Beberibe/Itamaracá é extremamente difícil, pela falta de uma camada intermediária com características bem distintas, separando ambas unidades.

Segundo Costa et al. (2007), existem fortes indícios de que boa parte da área mapeada como Formação Barreiras corresponda, de fato, à Formação Beberibe. Esses autores consideram importante a realização de trabalhos específicos voltados para a atualização da geologia da Bacia Paraíba.

Muitas dúvidas ainda envolvem a estratigrafia, a bioestratigrafia e o arcabouço estrutural da Bacia Paraíba em seus diferentes compartimentos. Apesar de ser composta por uma sucessão simples de depósitos continentais e marinhos, não existem informações de subsuperfície detalhadas sobre o arcabouço estrutural desses depósitos e de seus estratos mais profundos (Barbosa, 2004). Embora o cadastro de poços do SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil – reúna mais de 1.700 poços na área estudada, apenas 129 deles comtemplam descrições litológicas e apenas 8 deles atingem o embasamento mais profundo, entre 148 m e 364 m. Se a distinção entre as unidades litoestratigráficas da Bacia Paraíba em superfície é difícil, é praticamente impossível a partir de descrições de amostras de calha de relatórios de perfuração. Esse diagnóstico concorda com a apreciação feita por Barbosa (2004) e confirma a carência de dados de subsuperfície necessários para a definição do arcabouço estratigráfico e estrutural da Bacia Paraíba.

O poço que atravessou toda a sucessão sedimentar da Bacia Paraíba, tendo sido utilizado para individualização das unidades litoestratigráficas em subsuperfície, foi o 2-IST-01-PE (Figura 3.7), perfurado pela Petrobras na sub-bacia de Olinda, no Estado de Pernambuco (Barbosa, 2004). A interpretação da perfilagem geofísica distinguiu a Formação Beberibe assentada em discordância sobre o embasamento cristalino, seguida da Formação Itamaracá, por sua vez capeada pelos sedimentos calcíferos das formações Gramame e Maria Farinha. Informações de subsuperfície (poços profundos), no entanto, sugerem um afinamento da Formação Itamaracá na sub-bacia de Alhandra e um espessamento da Formação Beberibe nas sub-bacias de Miriri e Alhandra (Barbosa et al., 2003); todavia, essas questões de caráter litoestratigráfico ainda não podem ser esclarecidas com base nos dados disponíveis.

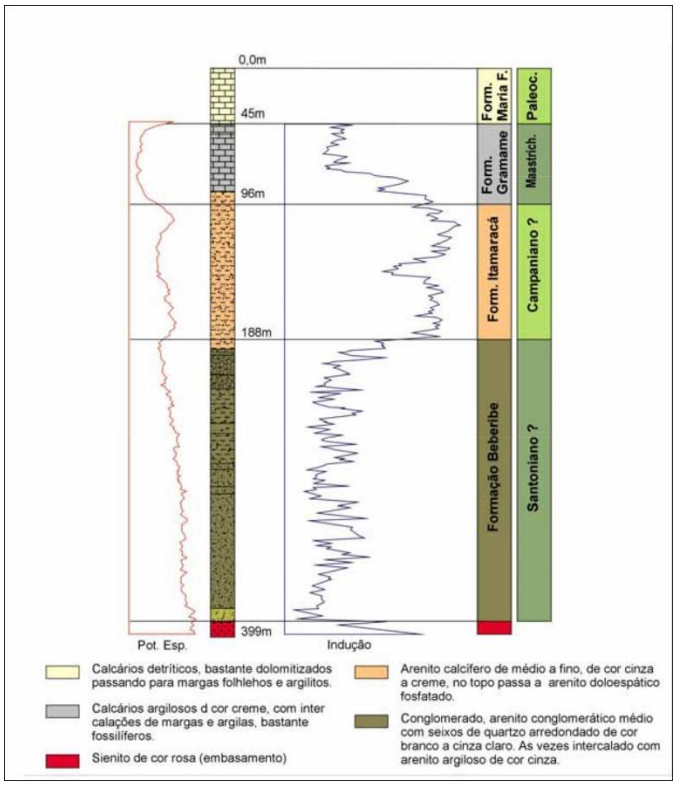
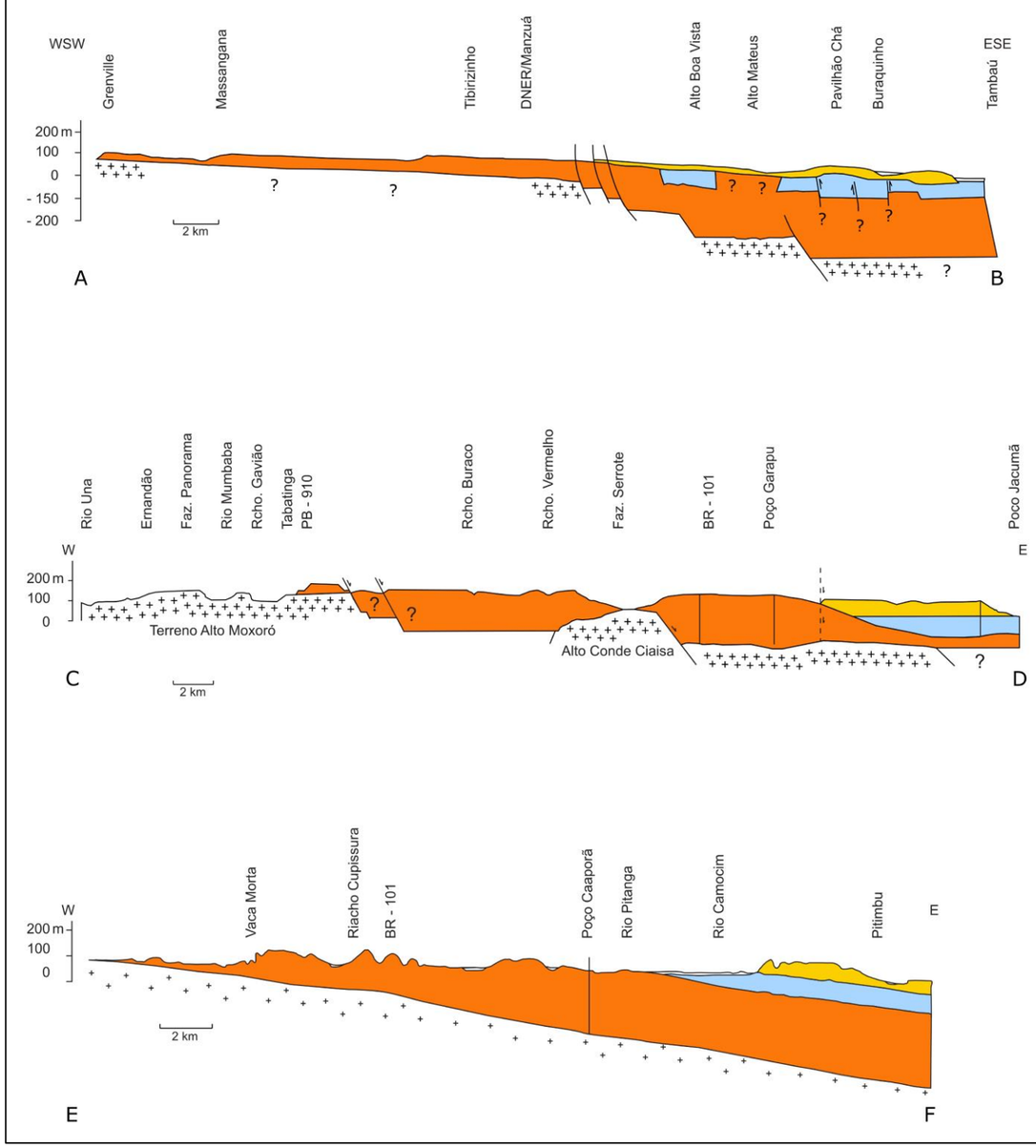


Figura 3.7- Perfilagem do poço 2-IST-01-PE, perfurado na sub-bacia de Olinda pela Petrobras, e a interpretação das unidades litoestratigráficas atravessadas (Barbosa, 2004).

Em relação aos aspectos estruturais da Bacia Paraíba, alguns autores (Bezerra et al., 2008; Rossetti et al., 2008; Rossetti et al., 2011; Lima et al., 2016) apresentam evidências de tectonismo atuante do Neógeno ao Quaternário. Essa tectônica teria reativado zonas de cisalhamento pré-cambrianas e falhas cretáceas preexistentes, e criado novas falhas (Rossetti et al., 2011; Lima et al., 2016). Costa et al. (2007) advogam que a Falha de Itabaiana teria afetado todo o pacote sedimentar, incluindo a Formação Barreiras, mas com rejeitos pequenos; já as falhas de Cabedelo e Mata Redonda teriam contribuído para a preservação da Formação Barreiras nos blocos rebaixados de João Pessoa-Pitimbu e Alhandra-Pedra de Fogo.

Embora a presença de falhas normais na Bacia Paraíba seja destacada por vários autores (p. ex. Brito Neves et al., 2004, Figura 3.8), sua constatação em campo nem sempre é ratificada. Souza (2006) e Lima et al. (2016) argumentam que a presença dessas falhas pode ser constatada por métodos geofísicos, furos de sondagens e análise de dados topográficos. Segundo Souza (2006), as falhas distensivas de direção NW-SE, que delimitariam as estruturas em horsts e grabens da Bacia Paraíba, não são observadas.

Seções geológicas ao longo da Sub-bacia Alhandra (Modificado de Brito Neves et al., 2009)



Localização das seções geológicas na área de estudo

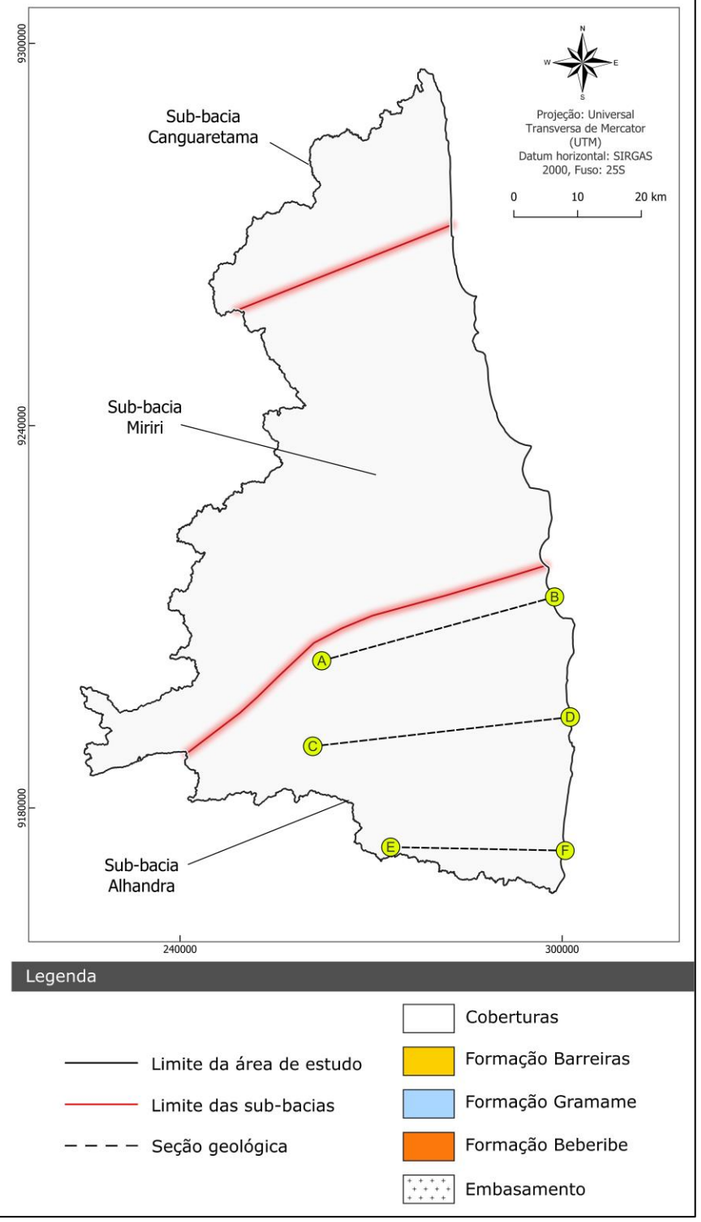


Figura 3.8 - Seções geológicas elaboradas por Brito Neves et al. (2009) ao longo da Sub-bacia Alhandra.

3.2 GEOMORFOLOGIA

A abordagem do tema Geomorfologia baseou-se de forma preponderante na interpretação das paisagens das áreas percorridas em roteiro de campo por mais de 1.200 km rodados pela área que delimita o Sistema Aquífero Paraíba – Pernambuco. Esta viagem de reconhecimento foi preparada antes com a produção de mapas base para navegação georreferenciada no campo.

A base topográfica selecionada para a elaboração de mapas e seções hipsométricas foi obtida do modelo digital de elevação (MDE), disponibilizada pelo projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). Os dados são provenientes do levantamento por radar (interferometria SAR) realizado no ano de 2000, com resolução de 30 m, sendo as instituições responsáveis pelos dados: National Imagery and Mapping Agency (NIMA) e a National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Para preparar as análises os mapas digitais georreferenciados (com base em imagens de radar SRTM) foram úteis para gerar modelos digitais de terreno e servir a interpretações de feições de relevo, padrões de drenagens, contatos entre unidades da paisagem, entre outros interesses analíticos. Perfis topográficos de segmentos de relevo selecionados e perfis longitudinais de cursos d'água foram utilizados nas análises.

O mapa de declividade foi elaborado a partir dos dados hipsométricos, utilizando a classificação da EMPRABA. A classificação de declividade da Embrapa é dividida em seis classes. A classe 1 é plano (0-3%), a classe 2 é suave ondulado (3-8%), a classe 3 é ondulado (8-20%), a classe 4 é forte-ondulado (20-45%), a classe 5 é montanhoso (45-75%) e a classe 6 é forte-montanhoso (>75%).

Documentos diversos produzidos pela AESA para o estado da Paraíba foram úteis como fontes de consultas de dados secundários, tais como os Planos Diretores de Bacias Hidrográficas e o Plano Estadual de Recursos Hídricos e suas atualizações. Além dessas, outras fontes de consulta foram utilizadas, como publicações digitais do IBGE e SGB/CPRM, trabalhos científicos, artigos e teses.

A fisiografia do Estado da Paraíba evidencia em vários e diferenciados aspectos a ação de agentes morfoclimáticos estruturais na construção das formas de relevo atuais. As formas de relevo dominantes na zona costeira do Estado da Paraíba são os tabuleiros costeiros convexos da bacia sedimentar Atlântica, concentrados na região oriental, juntamente às planícies fluviais, marinhas e flúvio-marinhas, menos representativas (AESA, 2006).

Os Tabuleiros, para oeste, confrontam-se a partir do contato da zona da Mata Paraibana com o Agreste, com os Patamares, ao sul, e a Depressão ao norte, regionalmente designada como Depressão Sertaneja, e o Planalto da Borborema no limite ocidental (Figura 3.9).

Figura 3.9 - Tabuleiros costeiros próximos à faixa litorânea

A paisagem costeira atual é constituída por camadas sedimentares continentais, fluviais, flúvio-marinhas e marinhas, assentadas sobre rochas do embasamento cristalino, sobre as quais se desenvolvem as formações superficiais, coberturas pedológicas e todas as demais camadas que produzem os arranjos estruturantes dessa paisagem.

A análise dos elementos constituintes da paisagem e dos domínios geomorfológicos da área de estudo são desenvolvidas adiante, abordando os elementos mais marcantes da estruturação do relevo do território que abriga o Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco.

3.2.1 *Análise Hipsométrica*

Relativamente aos gradientes topográficos, a área de estudo está situada entre o nível do mar na extremidade da linha litorânea do Estado da Paraíba e, para além do limite ocidental da área de estudo, a sinuosa linha base das escarpas orientais do Planalto da Borborema (Figura 3.10). O maciço elevado a mais de 600/700 m de altitude, com elevações interiores que se aproximam dos 1.000 m, exerce imponente barreira orográfica às correntes atmosféricas úmidas do litoral para o interior do estado, a influência dessa barreira no regime climático da SAPP será apresentada com maiores detalhes no item 3.5.2 referente à caracterização pluviométrica, onde será mostrado que a barreira orográfica implica em 1800mm totais de precipitação anual nas regiões próximas ao

oceano e totais na cada dos 700mm nas maiores altitudes. Essa influência da geomorfologia no regime climático afeta diretamente os processos de recarga aquífera do SAPP, uma vez que as frentes de recarga subterrânea apresentam relação direta com os totais precipitados e consequente saturação do solo, maiores detalhes sobre a hidrogeologia do SAPP será apresentado no item 3.7 deste documento.

Figura 3.10. Limites da área de estudo. Depressão Sertaneja no primeiro plano e Planalto da Borborema ao fundo.

A Figura 3.11 exibe uma seção topográfica que representa as variações de altitude entre as superfícies dos tabuleiros costeiros, situadas entre 50 m e 100 m, onde está abrigado o domínio da bacia sedimentar da área de estudo, e as porções mais ocidentais do relevo que exibem o anteparo orográfico do planalto da Borborema e a depressão sertaneja.

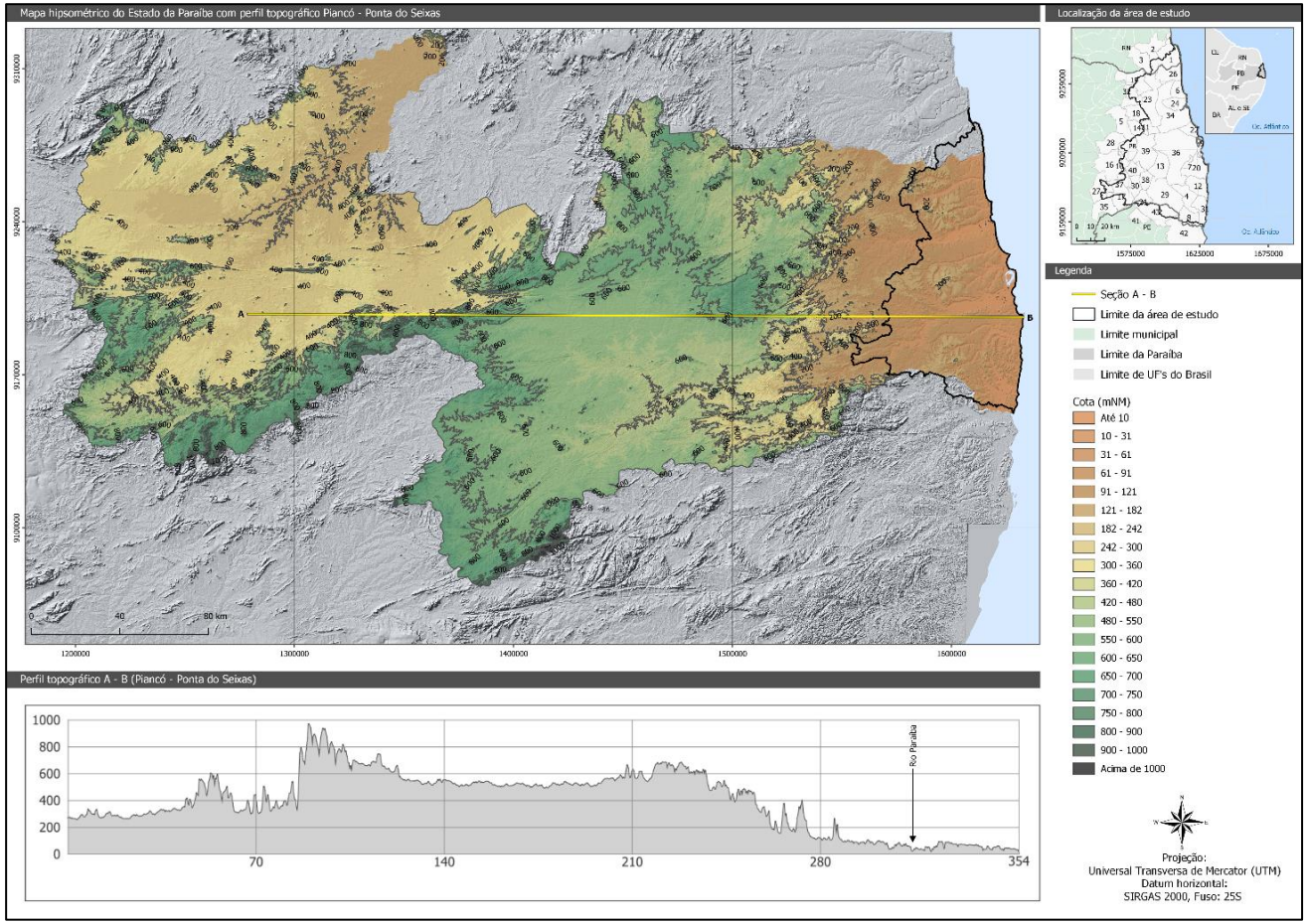


Figura 3.11 – Seção topográfica Piancó – Ponta do Seixas, exibindo o anteparo orográfico da borda oriental do planalto da Borborema em relação aos níveis da superfície da depressão sertaneja e dos tabuleiros costeiros até o oceano Atlântico

A Figura 3.12 apresenta o Mapa Hipsométrico da área de estudo, que envolve a mesorregião da Mata Paraibana. O mapa hipsométrico foi elaborado a partir das altitudes registradas no modelo digital de elevação SRTM.

As principais faixas altimétricas estão situadas entre os 30 m de altitude, nas superfícies dos tabuleiros da faixa litorânea, e 250 m de altitude ao longo dos interflúvios tabulares entre as principais bacias hidrográficas da região.

Destacam-se, pela extensão das áreas que ocupam, os terrenos situados abaixo de 50 m de altitude, que penetram pelo interior da zona costeira e correspondem aos fundos de vales abertos e de fundo chato, às planícies fluviais de inundação, planícies aluvionares e baixos terraços, planícies fluviomarinhas e dunas, zonas estuarinas, barras, falésias e praias, em estreita faixa litorânea.

Estas áreas rebaixadas dos fundos de vales chegam a atravessar toda a extensão WNW-ENE ao longo dos principais canais fluviais, como os dos rios Paraíba, Mamanguape e Camaratuba, interrompendo a continuidade das superfícies dos tabuleiros e estabelecendo corredores de drenagem em meio à bacia sedimentar. Esses corredores atuam como zonas de descarga de água subterrânea dos aquíferos livres.

O gradiente hidráulico nos fundos desses vales é muito baixo e o escoamento superficial é muito lento, favorecendo o acúmulo de sedimentos principalmente nos segmentos de baixo curso dos canais fluviais. Nesses locais, prevalece a dinâmica de agradação aluvial que pode resultar no assoreamento dos rios.

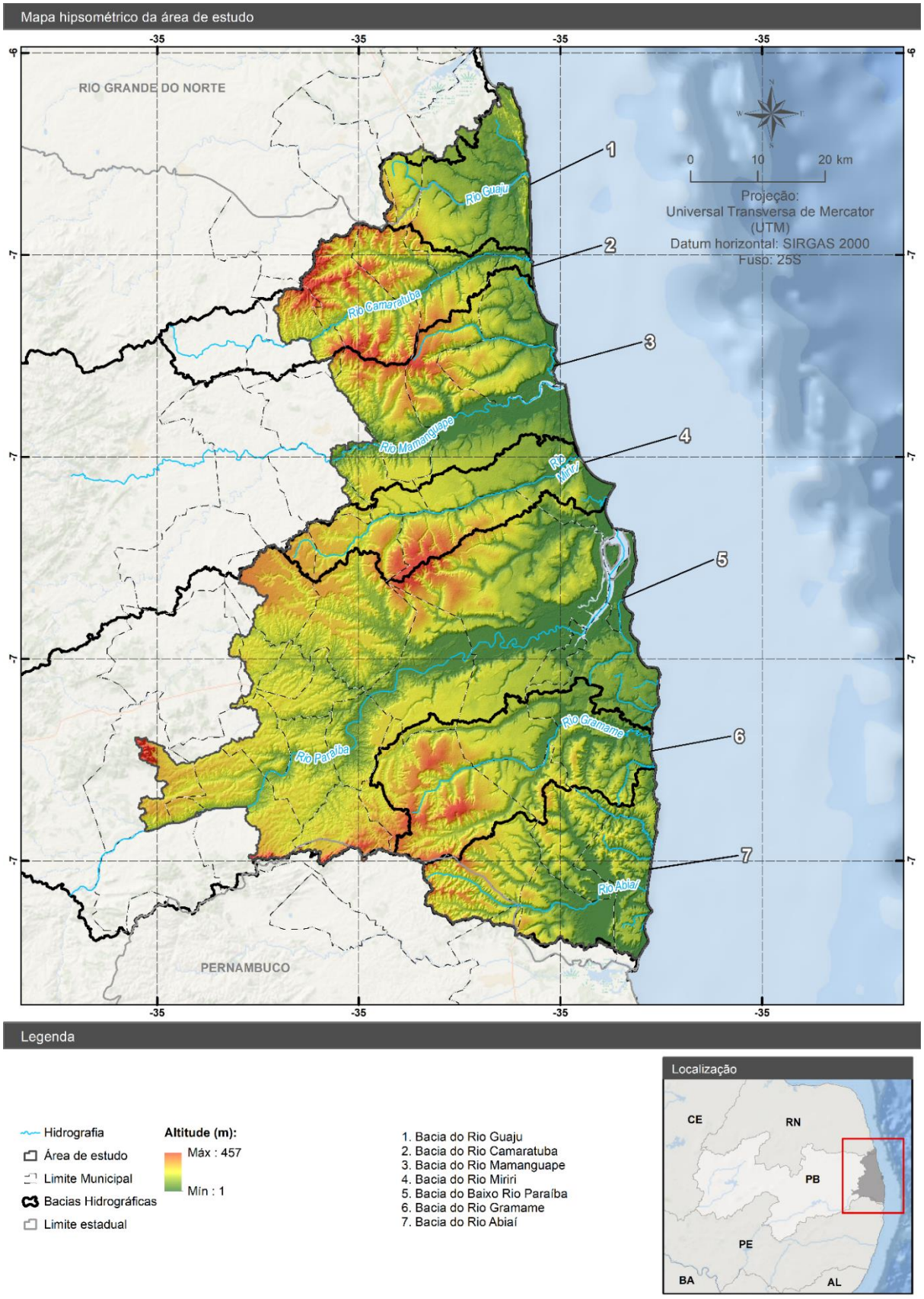


Figura 3.12 – Mapa Hipsométrico da área de estudo do Sistema Aquífero Paraíba Pernambuco – SAPP

A configuração da superfície de contorno das cumeadas que definem bacias e sub-bacias nem sempre reflete os distintos níveis de continuidade das massas aquíferas que se prolongam no meio subjacente, por uma, duas, ou por diversas sub-bacias hidrográficas.

A Figura 3.13 apresentada a seguir mostra três seções topográficas que atravessam a área ao longo de direções N-S, em alinhamentos paralelos à linha de costa, exibindo os modelados de vales e interflúvios entre as bacias hidrográficas da área de estudo em pelo menos duas diferentes seções de seus perfis longitudinais. Dessa forma, são indicadas esquematicamente as possibilidades de transferência das águas infiltradas nos topos dos tabuleiros sedimentares, e que podem ser transferidos para talvegues vizinhos ou mesmo percolarem em maiores distâncias, alimentando as calhas das drenagens de bacias hidrográficas contíguas.

A seção A-B representa uma área mais a montante da bacia hidrográfica no segmento de alto curso do rio Paraíba, incluindo o canal principal e outros dois afluentes de margens opostas. Enquanto o talvegue principal ocorre em altitude pouco acima dos 30 m na posição mais afastada da foz, seus afluentes de incisão neógena têm seus talvegues situados acima das altitudes 60m e 70m.

A seção C-D, em posição mediana em relação à maior parte dos cursos d'água, já indica a maior elevação dos topos dos interflúvios tabulares, acima de 200m de altitude, mantendo regularidade altimétrica dessa antiga superfície entre as cotas dos divisores principais de bacias hidrográficas.

Outro aspecto evidenciado na seção C-D é a profundidade de incisão do talvegue do rio Mamanguape em relação aos demais, indicando a adaptação do vale ao lineamento estrutural, assim como ocorre nos rios Paraíba e Camaratuba, enquanto as demais bacias hidrográficas encontram-se em níveis topográficos mais elevados, sugerindo cursos fluviais mais recentes cujas incisões erosivas evoluem sobre as superfícies neógenas.

A seção E-F intercepta os vales nos segmentos mais a jusante, já na zona estuarina sob influência marinha do regime de marés. Ocorrem vales alargados em amplas planícies fluviomarinhas, sobretudo a dos rios Paraíba e Mamanguape, além do aprofundamento estrutural de vales como os dos rios Camaratuba, Gramame e Abiaí, sugerindo a superimposição destes canais fluviais sobre os estratos das coberturas sedimentares sobrepostas, assim como é o caso dos rios Paraíba e Mamanguape.

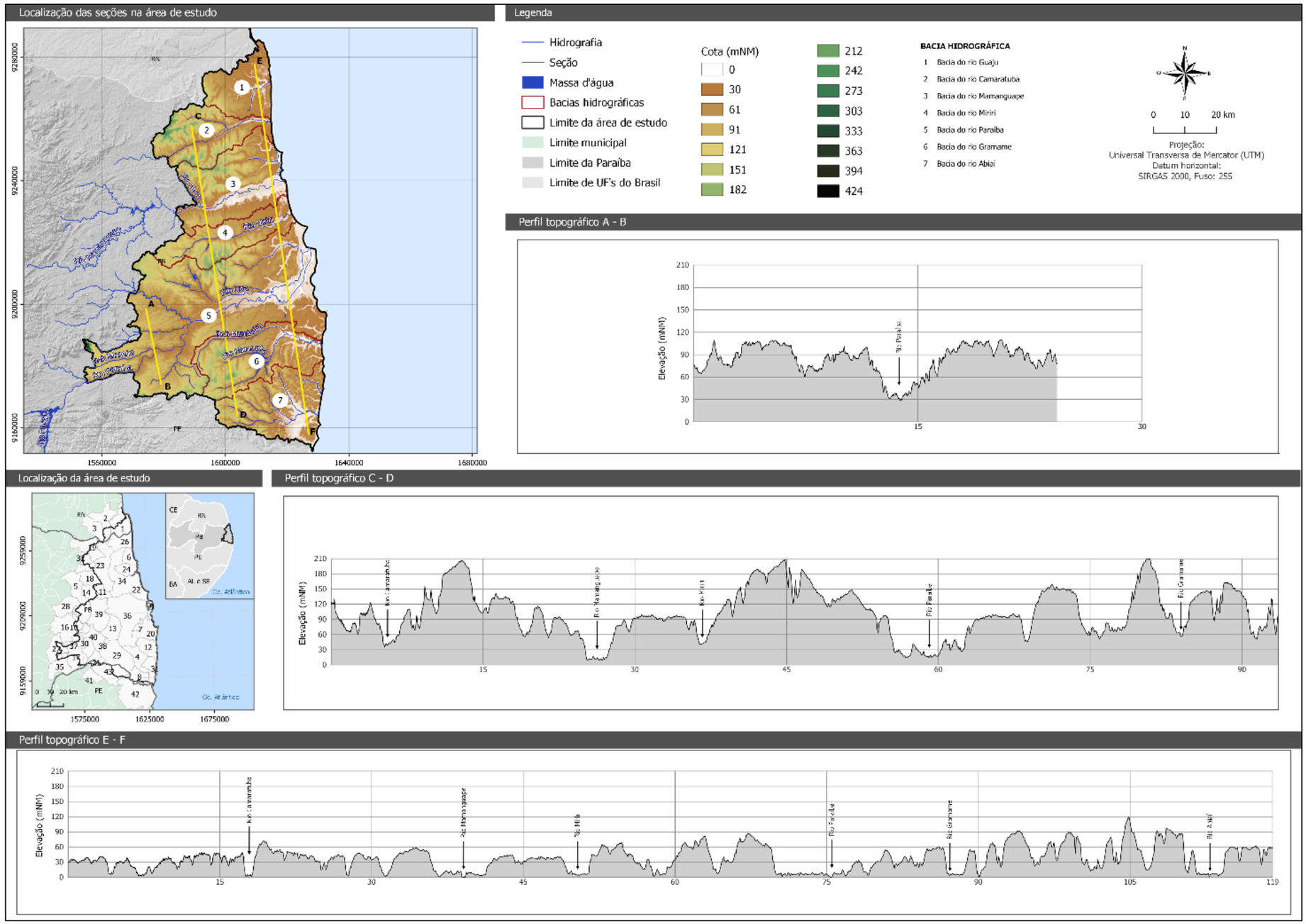


Figura 3.13. Seções topográficas atravessando os principais vales de drenagem no SAPP

3.2.2 *Declividades*

Os relevos costeiros da zona da Mata Paraibana são constituídos por sedimentos predominantemente continentais em extensa faixa da bacia costeira, que se estende pela costa leste desde Pernambuco até Rio Grande do Norte.

Esses depósitos estão modelados em extensas superfícies aplainadas, tabulares, resultantes de processos erosivos remontantes provocados por agentes hídricos e eólicos (Figura 3.14). As precipitações atmosféricas produzem fluxos superficiais e iniciam os processos de dissecação que formam linhas pendentes e entalhamentos, elaborando encostas em processos morfodinâmicos de climas úmidos.

Figura 3.14. Acúmulos d'água dando início à circulação hídrica, acompanhando a fisiografia.

Na área de estudo, são notáveis as declividades de encostas dos vales dos rios principais, com desníveis consideráveis em curtas distâncias horizontais, como nos vales do Camaratuba e do Mamanguape. Essas características são evidentes nos segmentos intermediários dos canais fluviais, onde ocorre alargamento dos vales e maior afluência de cursos d'água secundários.

Deve-se ressaltar que, além das formas das superfícies aplainadas nas cimeiras dos tabuleiros costeiros da área de estudo, os processos de dissecação também promovem a abertura dos vales pelo recuo lateral das encostas e bordas de tabuleiros, promovendo o entulhamento dos vales por sedimentos mobilizados das encostas.

A Figura 3.15 apresenta o Mapa de Declividades da área de estudo. O mapa de declividades foi elaborado a partir dos dados altimétricos extraídos do MDE e o relevo foi classificado com base em EMPRABA (1979), conforme mostrado no Quadro abaixo:

Quadro 3.1 – Classificação do relevo em função das classes de declividade do terreno (EMBRAPA, 1979)

Classes de declividade	
Declividades (%)	**Relevo**
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave-ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte-ondulado
45 -75	Montanhoso
>75	Forte-montonhoso

As áreas de declividades mais acentuadas estão associadas às áreas de cabeceiras de drenagens secundárias mais recentes, com elevadas densidades de dissecação, assim como as bordas escarpadas de tabuleiros, que constituem as formas erosivas mais recorrentes da paisagem; a dissecação promove o recuo lateral destas superfícies aplainadas e o progressivo desmantelamento das formas tabulares, tendendo ao estabelecimento de modelados de dissecação em formas colinosas, em substituição à formas tabulares de amplos interflúvios planos.

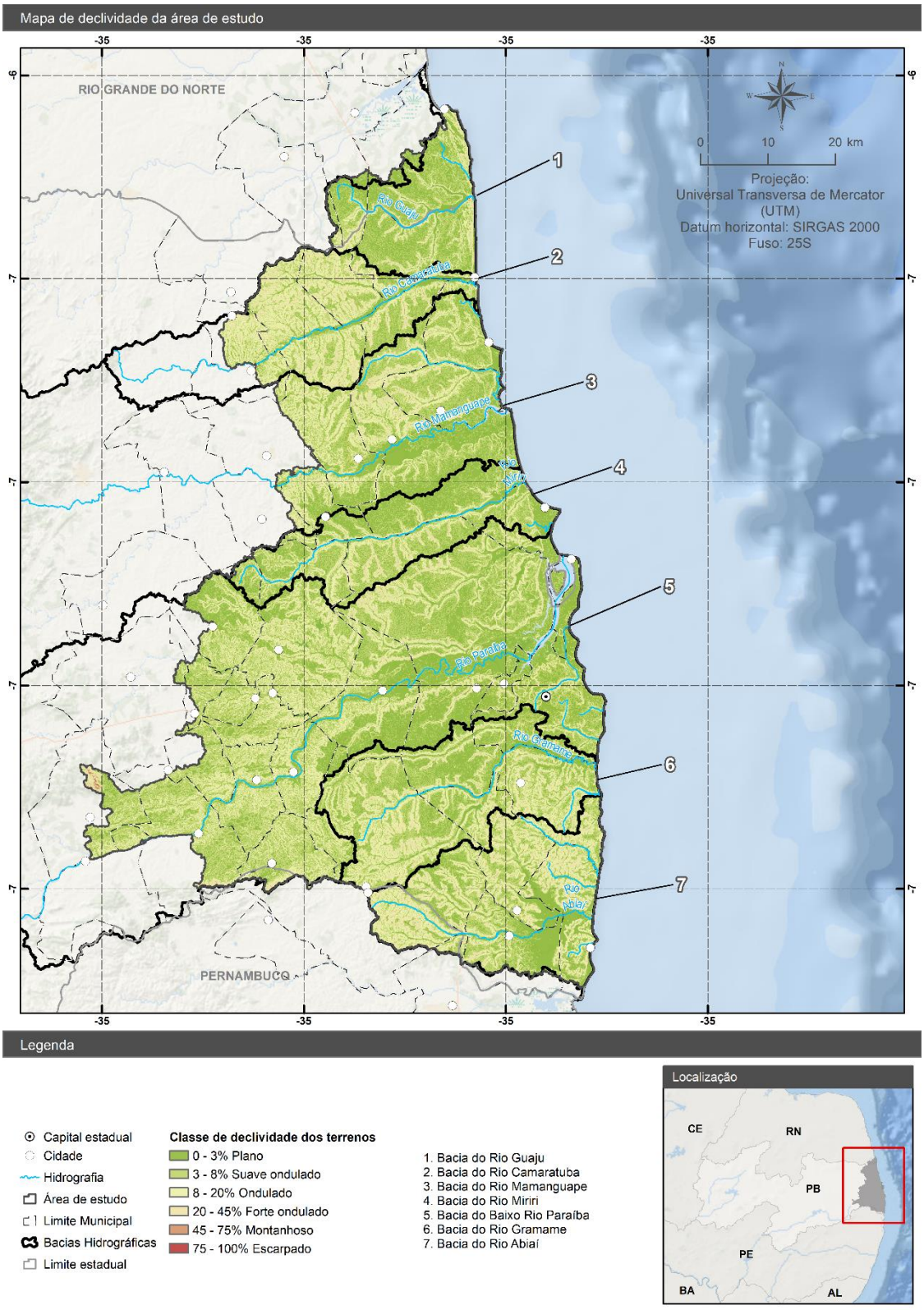


Figura 3.15 – Mapa de declividades

3.2.3 *Unidades Geomorfológicas*

No âmbito da área de estudo da bacia sedimentar que abriga o Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco e insere a região da Mata Paraibana, a unidade geomorfológica que representa este território costeiro em sua quase totalidade, dada a relativa uniformidade de seu modelado em toda a extensão da fachada litorânea do estado, é designada como Tabuleiros Costeiros. No limite com o Oceano Atlântico, por sua vez, essa unidade é bordejada pela Planície Costeira e pelos Campos de Dunas.

3.2.3.1 **Tabuleiros Costeiros**

Os Tabuleiros Costeiros são constituídos de superfícies de topos tabulares, planos, formando extensos interflúvios originalmente ocupados pela Floresta Ombrófila Densa, ao norte da área com transições para a Savana. As drenagens dos principais rios que secionam os tabuleiros formam canais paralelos concordantes com litoestruturas do embasamento cristalino sotoposto, geralmente de direção WSW-ENE.

A dissecação dos tabuleiros pela incisão das redes de drenagem criou uma recorrente sucessão de formas entre os interflúvios e os cursos d'água principais que drenam a região costeira, estabelecendo a sequência tabuleiro-vale-tabuleiro-vale. As transições do interflúvio tabular até o fundo dos vales são realizadas em rampas coluvionares nas bordas dos tabuleiros, descendo as encostas, às vezes em declives acentuados, para conectar as planícies fluviais abertas, planas e de fundo chato.

As superfícies tabulares preservadas da ação dos processos de dissecação fluvial alcançam a costa e vão ter contato direto com as praias em falésias vivas, expondo sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras, elevadas a mais de 10 m ou 12m de altura. Estas se estendem pela linha de litoral até serem interrompidas pelas barras alargadas nas planícies fluviomarinhas que cortam os Tabuleiros Costeiros e desembocam no oceano Atlântico.

Interdigitadas e encaixadas entre as bordas erosivas dos tabuleiros elevados que acompanham os vales, as planícies fluviais se abrem, muitas vezes, em largas superfícies rebaixadas, diretamente conectadas ao sopé das encostas dos tabuleiros, sem a interposição de terraços marginais. As planícies de inundação dos sistemas fluviais armazenam grande quantidade de água subterrânea proveniente dos aquíferos livres e do acúmulo de águas superficiais que extravasam durante as

cheias. Ao longo do tempo, os processos de dissecação e desmantelamento das superfícies tabulares reduzem a amplitude dos interflúvios e alargam os vales.

Nas planícies fluviomarinhas, há intensa colmatação por sedimentos de frações arenosas e argilosas acumuladas pelo leito e margens onde as partículas mais finas formam substrato para a colonização de extensas e densas formações de manguezais, ecossistemas presentes mesmo ao longo de planícies fluviomarinhas menores ou mais esguias como as dos rios Guaju e Camaratuba, ao norte, por exemplo.

3.2.3.2 Tabuleiros Costeiros Dissecados

As áreas de instabilidade geodinâmica na unidade geomorfológica dos Tabuleiros Costeiros ocorrem ao longo das linhas litorâneas de abrasão marinha, incidindo sobre as falésias vivas, expondo os sedimentos do Grupo Barreiras a processos erosivos de recuo das escarpas.

Contudo, outras formas de instabilidade geodinâmica de maior expressão regional, atuam também sobre os tabuleiros. São os processos de dissecação das superfícies tabulares que atuam nas bordas dos tabuleiros, promovendo a erosão remontante tanto das cabeceiras de ravinas quanto dos ravinamentos secundários. Quando a densidade destes processos se torna mais elevada, pode levar a situações bastante comprometedoras de uso da terra, tornando as soluções de correção onerosas ou inviáveis, mesmo com o uso de máquinas e implementos pesados.

O Mapa de Declividade da Figura 3.15 indica que nas delgadas faixas de declividades elevadas há ocorrência destas áreas potenciais de instabilidade geodinâmica, já representando zonas propensas à produção de sedimentos. Estas áreas de instalação de novas formas de dissecação das superfícies tabulares, são encontradas notadamente na região mais ao sul da área de estudo, nas bacias dos rios Gramame e Abiaí, ou nas bordas dos interflúvios entre as bacias hidrográficas dos rios Paraíba e Miriri.

Na região das bacias hidrográficas dos rios Gramame e Abiaí as formas de dissecação dos Tabuleiros Costeiros são mais pronunciadas.

3.2.3.3 Planícies Costeiras e Campos de Dunas

Essa unidade abrange toda a faixa limítrofe da zona costeira do Estado da Paraíba com o oceano. Predominantemente formada por sedimentos eólicos representados por areias quartzosas finas a

médias, bem arredondadas e selecionadas, apresentam alta permeabilidade, tendo nas dunas importantes áreas de recarga para as unidades geológicas subjacentes.

O caráter inconsolidado observado nos sedimentos dessa unidade leva os terrenos a uma condição de alta erodibilidade, confrontada, porém, com as condições de baixo gradiente topográfico, em que poucos taludes ocorrem para serem submetidos a instabilidades.

3.2.4 *Pedologia*

A matriz original disposta à ação dos agentes pedogenéticos para a formação da cobertura pedológica da região da bacia sedimentar costeira do Estado da Paraíba é oriunda do retrabalhamento de materiais diversos de antigas superfícies e produtos de desagregação mineral de rochas pelo intemperismo químico e mecânico atuante ao longo de vasto intervalo de tempo sobre as superfícies do interior do continente, e transportados e depositados por processos diversos de arrastes gravitacionais e movimentos de massas das encostas, transporte fluvial, fluviomarinho e eólico, resultando tanto em diversidade de constituição mineralógica, quanto das seleções granulométricos por ambientes de sedimentação.

Dessa forma, a ação pedogenética sob as condições de relevo plano dos tabuleiros costeiros, clima quente e subúmido a úmido, sob cobertura florestal e boas condições de infiltração de água no solo, pode desenvolver pedoambientes de expressiva diversidade quanto às tipologias das classes de solos, mas com largo predomínio dos Argissolos Vermelho-Amarelos, e associações com Neossolos Quartzarênicos e Litólicos, além de outras classes, cujas ocorrências têm menor expressão espacial.

Decorrente do especial interesse sobre as dinâmicas hídricas nos solos e suas influências sobre as capacidades de recarga ou de exposição a vulnerabilidades do Sistema Aquífero Paraíba – Pernambuco, objeto focal deste estudo, o tratamento do tema Solo, no contexto desta análise diagnóstica, está concentrado nas capacidades e comportamentos hidrodinâmicos das águas nos diferentes pedoambientes.

Dessa forma, são descritas a seguir as principais características hidrológicas/hidrogeológicas dos grupos de solos ocorrentes na área de estudo, aproveitando abordagens metodológicas que buscam interpretar propriedades funcionais dos tipos de solos em relação aos aspectos hidrodinâmicos envolvidos nos processos de recarga de aquíferos.

De acordo com a metodologia apresentada pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba com o Diagnóstico Atual dos Recursos Hídricos (2022), realizado pelo Governo do Estado da Paraíba, através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, a "classificação hidrológica das unidades de solo constituiu um parâmetro importante, porque interpreta o comportamento da água precipitada sobre o solo (retenção da água, penetração vertical, translocação lateral interna, escoamento superficial e erodibilidade). Esse comportamento é resultado da influência de fatores como relevo (tipo, forma, extensão e declividade) e vegetação tipo de cobertura vegetal (floresta, mata, cerrado, caatinga, arbustiva, rasteira), densidade, hipo ou hiperxerofilismo etc."

A classificação hidrológica das unidades e associações de solo com a identificação, caracterização e quantificação dos grupos hidrológicos pelos métodos do USDA – Soil Conservation Service, conforme transcrita a seguir tem, portanto, base neste documento: Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba: RF-02 A - Diagnósticos/Governo do Estado da Paraíba. – João Pessoa: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2022.

3.2.5 *Classificação Hidrológica das Classes de Solos*

Conforme consta do documento acima referido, a classificação hidrológica dos solos da área de estudo no domínio do Sistema Aquífero Paraíba – Pernambuco foi realizada com o auxílio do Mapa Hidrológico de Solos do Estado da Paraíba, que categoriza em quatro grupos hidrológicos os tipos de solos da área de estudo. O Quadro 3.2 e a Figura 3.16, a seguir apresentam os atributos que distinguem estes quatro grupos hidrológicos de solos.

Quadro 3.2 – Grupos Hidrológicos dos Solos

Grupos Hidrológicos dos solos	Descrição
Grupo A	Mais baixo potencial de deflúvio superficial – solos com alto coeficiente de infiltração, mesmo quando saturados e constituídos basicamente por perfis profundos, bem a excessivamente drenados, de textura arenosa ou cascalho. Apresentam alto coeficiente de condutividade hidráulica.
Grupo B	Solos com coeficiente de infiltração moderado quando saturados e constituídos normalmente por perfis moderadamente profundos e profundos, moderadamente a bem drenados e de textura média. Mostram coeficiente de condutividade moderada.
Grupo C	Solos com baixo coeficiente de infiltração quando saturados e basicamente constituídos por perfis com uma camada que impede o movimento de água em profundidade ou com textura média a argilosa. Possuem baixa taxa de condutividade hidráulica.
Grupo D	Mais alto potencial de deflúvio superficial, solos com coeficiente de infiltração muito baixo quando saturados e constituídos principalmente por perfis argilosos com elevados teores de argila expansiva (2:1) ou rasos sobre material quase impermeável, com camada de impedimento de drenagem e textura argilosa ou claypan na superfície ou a pequena profundidade, ou ainda com lençol freático permanentemente elevado.

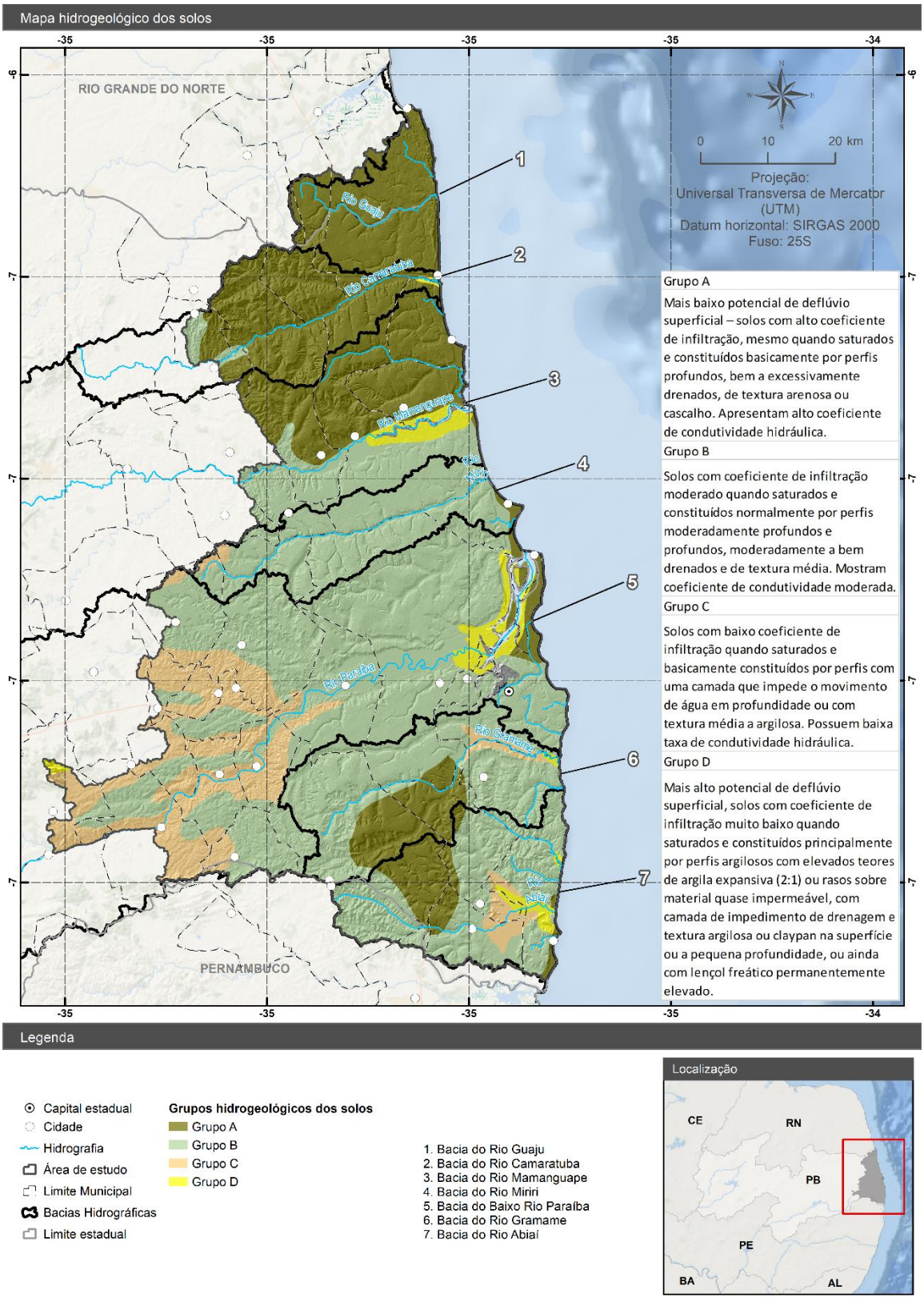


Figura 3.16 – Mapa hidrogeológico dos solos

Segundo as ocorrências e dimensões dos tipos de solos classificados de acordo com os atributos descritos no Quadro 3.2, o domínio de interesse dos estudos do Sistema Aquífero Paraíba – Pernambuco apresenta áreas abrangidas por todos os quatro grupos de coberturas pedológicas, cujas dimensões de ocorrência em superfície estão apresentadas, por bacia hidrográfica, no Quadro 3.3 e em percentual das áreas de ocorrência, também por bacia hidrográfica, no Quadro 3.4, a seguir.

Observa-se no Quadro 3.3 e no Quadro 3.4 que a bacia hidrográfica do rio Guaju tem a totalidade de sua área (353 km², 100%) contida no grupo hidrológico de solos com o mais baixo potencial de escoamento superficial, com cobertura de solos de elevada capacidade de infiltração, enquanto as bacias dos rios Camaratuba e Mamanguape têm, respectivamente, 94% da área (434 km²) e 61,5% (423 km²) constituídas por coberturas de solos com estes atributos, configurando as melhores zonas de recarga dos aquíferos pelos horizontes da cobertura pedológica.

A bacia do rio Paraíba enquadra no grupo B, solos com coeficiente de infiltração moderado, quase 65% de toda a sua área (1.394 km²), enquanto a bacia do rio Miriri tem 97% dos solos (415 km²) nesta categoria. Áreas consideráveis desse grupo hidrológico de solos estão inseridas nos domínios das bacias hidrográficas dos rios Gramame (595 km²/77%) e Abiaí (513 km²/73%).

Com as menores capacidades de infiltração e maiores volumes de escoamento superficial os Grupos C e D compõem cerca de 33% das áreas da bacia hidrográfica do rio Paraíba na área de estudo.

Quadro 3.3 – Áreas de distribuição dos grupos hidrológicos de solos, por bacia hidrográfica, da área de estudo do SAPP

Área (km²)	Bacia do rio Abiaí	Bacia do rio Camaratuba	Bacia do rio Gramame	Bacia do rio Guaju	Bacia do rio Mamanguape	Bacia do rio Miriri	Bacia do rio Paraíba	Total Geral
Grupo A	119,427	433,635	153,936	353,332	423,064	1,086	53,418	**1537,899**
Grupo B	513,234	26,450	594,540	-	222,827	415,041	1394,015	**3166,108**
Grupo C	41,636	-	24,550	-	-	11,603	646,515	**724,304**
Grupo D	24,031	2,729	3,478	-	41,774	-	62,726	**134,738**
Total Geral	**698,328**	**462,815**	**776,505**	**353,332**	**687,664**	**427,730**	**2156,674**	**5563,048**

Quadro 3.4 – Distribuição percentual dos grupos hidrológicos de solos, por bacia hidrográfica, da área de estudo do SAPP

Percentual (%)	Bacia do rio Abiaí	Bacia do rio Camaratuba	Bacia do rio Gramame	Bacia do rio Guaju	Bacia do rio Mamanguape	Bacia do rio Miriri	Bacia do rio Paraíba	Total Geral
Grupo A	17,10%	93,70%	19,82%	100,00%	61,52%	0,25%	2,48%	**27,64%**
Grupo B	73,49%	5,72%	76,57%	0,00%	32,40%	97,03%	64,64%	**56,91%**
Grupo C	5,96%	0,00%	3,16%	0,00%	0,00%	2,71%	29,98%	**13,02%**
Grupo D	3,44%	0,59%	0,45%	0,00%	6,07%	0,00%	2,91%	**2,42%**
Total Geral	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**

De acordo com a metodologia utilizada para avaliar os atributos dos tipos de solos predominantes na conformação dos ambientes pedológicos da área do Sistema Aquífero Paraíba – Pernambuco verifica-se que, em geral, a cobertura pedológica desenvolvida sobre os sedimentos clásticos que constituíram o substrato da pedogênese em toda a área de domínio dos Tabuleiros Costeiros, guarda consistência em relação ao comportamento hídrico em meios porosos.

3.3 VEGETAÇÃO E USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Este capítulo foi baseado nos seguintes levantamentos e processamentos de dados sistematizados abaixo:

- **Uso e ocupação do solo:** Mapeamento de uso do solo de 2022, desenvolvido pelas empresas Impact Observatory, Esri e Microsoft, a partir de imagens do satélite Sentinel-2 com resolução de 10m. O mapeamento original continha nove classes e foi convertido para shapefile após interpretação visual e refinamento, Google Earth e imagens de satélite Planet Scope de junho de 2023 com resolução média de 4,5m. A correção de erros incluiu a eliminação de polígonos classificados como "nuvens" e a resolução de conflitos entre classes. Foram consideradas sete classes de uso e ocupação do solo. Todas as informações foram projetadas para o sistema de coordenadas SIRGAS2000 UTM 25S, partindo do sistema WGS84 (EPSG:3857).
- **Conservação da Vegetação:** As UCs são referentes aos dados do MMA (2019), Terras Indígenas são referências da FUNAI (2019) e os Quilombos, conforme o INCRA (2019).
- **Áreas de Preservação Permanente (APPs)**:
  - APPs em entorno de cursos d'água e nascentes: As APPs em entorno de cursos d'água e nascentes foram estabelecidas de acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, com base na Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) utilizada pela ANA (2017) e nas massas d'água da ANA (2019);
  - APPs em encostas: As APPs em encostas foram determinadas de acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, usando um Modelo Numérico de Terreno (MNT) de 30 m, obtido da missão SRTM da NASA;
  - APPs relacionadas a áreas de manguezais: As APPs relacionadas a áreas de manguezais foram estabelecidas de acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, com base em dados do MapBiomas (2021);

- APPs de restinga herbácea como fixadora de dunas ou estabilizadora de manguezais: As APPs de restinga herbácea foram determinadas de acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, com base em dados do MapBiomas (2021).

- **Potenciais fontes de contaminação**: O mapeamento de potenciais fontes de contaminação foi realizado com base no mapa de uso e ocupação do solo, fontes secundárias como banco de dados da AESA, CNARH, SIAGAS e SIGMINE, e consultas ao Google Earth.

3.3.1 *Uso e ocupação do solo e estudos de imagens de satélite*

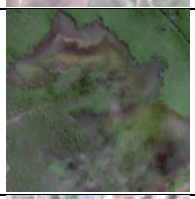
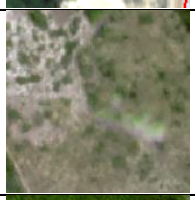
Neste estudo, foi utilizado como base o mapeamento de uso do solo para o ano de 2022, elaborado pelas empresas *Impact Observatory*, Esri e Microsoft, com base em imagens do satélite Sentinel-2, com resolução espacial de 10m. Este mapeamento apresenta originalmente nove classes: água, vegetação florestal, áreas úmidas, agricultura e pastagem, área edificada, solo exposto, dunas e areais, vegetação campestre, gelo ou neve e nuvens. O mapeamento foi obtido em formato *raster* através da plataforma *ArcGis Living Atlas*.

O arquivo original de uso e ocupação do solo (*Esri*, 2022) foi convertido para o formato *shapefile*, o qual passou por um processo de interpretação visual e refinamento, com auxílio do software *Google Earth*, e especialmente a partir de um mosaico de 27 imagens ortorretificadas dos satélites *Planet Scope* do mês de junho de 2023, em composição RGB, obtidas através da plataforma *Planet Explorer*. A resolução espacial dos satélites *Planet Scope* é de 3m a 5m, e as imagens obtidas para a área de estudo tem resolução média de 4,5m. O Erro Médio Quadrático (RMSE) das imagens é inferior a 10m em 90% do conjunto de dados (*Planet Labs*, 2022).

No processo de interpretação e refinamento, foram eliminados totalmente os polígonos classificados como “nuvens” por falta de informação, além de corrigir erros do algoritmo de classificação, como mistura entre as classes de vegetação campestre e agricultura, ou vegetação florestal nativa e silvicultura. Para o processo de interpretação visual foram consideradas sete classes de uso e ocupação do solo, descritas no Quadro 3.5.

Tanto as imagens de satélite *Planet Scope*, quanto o arquivo *raster* de uso e ocupação do solo foram obtidos no Sistema de Coordenadas Geográficas WGS84 (EPSG:3857), e reprojetados para o Sistema de Coordenadas Projetadas SIRGAS2000 UTM 25S.

Quadro 3.5 – Descrição das classes de uso e ocupação do solo consideradas.

Classe	Descrição da classe	Recorte da classe
Agricultura e pastagem	Áreas de lavoura perene ou intermitentes, de silvicultura e áreas de pastagens cultivadas.	
Área úmida	Áreas de qualquer tipo de vegetação com evidência de alagamento sazonal ou perene, geralmente associadas a corpos d'água mapeados.	
Área edificada	Manchas urbanas expressivas ou construções antrópicas isoladas com área significativa.	
Corpo d'água	Massas d'água naturais continentais ou costeiras (rios, lagos, lagoas ou oceano) ou construídas (barragens, açudes ou aquicultura).	
Solo exposto, duna e areal	Áreas com pouca vegetação ou edificações onde o solo se faz visível na imagem. Abrange áreas de afloramento naturais (faixa de areia litorânea, dunas, areais e afloramentos rochosos) e afloramentos causados pela retirada da cobertura vegetal de forma permanente.	
Vegetação campestre e herbácea	Áreas não alagadas de vegetação natural não florestal, com predominância de flora arbustiva, campestre e herbácea, podendo apresentar árvores esparsas, sem evidência de alterações humanas.	
Vegetação florestal	Áreas de agrupamento de vegetação arbórea natural, geralmente com adensamento do dossel.	

Ao final do processo de refinamento, avançou-se para a etapa de verificação da integridade topológica das feições que abragem toda a área de estudo. Esta, possibilitou atestar a consistência dos dados pela detecção e correção de *gap's* e sobreposições de objetos. Após a validação de topologia, foram obtidos os quantitativos de uso e ocupação do solo apresentados no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 – Quantitativos das classes de uso e ocupação do solo na área de estudo.

Classe	Área (km²)	%
Agricultura e pastagem	3150,77	60,49
Área úmida	54,19	1,04
Área edificada	384,42	7,38
Corpo d'água	113,75	2,18
Solo exposto, duna e areal	14,15	0,27
Vegetação campestre e herbácea	290,70	5,58
Vegetação florestal	1200,38	23,05
Total Geral	**5208,36**	**100**

Ao analisar os dados em escala macro, percebe-se que usos agropecuários do solo compõem o percentual mais expressivo, e quando somadas às áreas edificadas, compõem o percentual de 67,88% da área de estudo ocupada por usos antrópicos. As áreas naturais (compostas por vegetação florestal, campestre e herbácea e áreas úmidas) correspondem a 29,67% da área total, majoritariamente caracterizadas por vegetação florestal. Os corpos d'água, tanto de origem natural como artificiais, ocorrem em 2,18% da área de estudo. As áreas de solo exposto de origem natural ou antrópica representam o percentual menos expressivo (0,27%). A Figura 3.17 apresenta a distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo mapeadas.

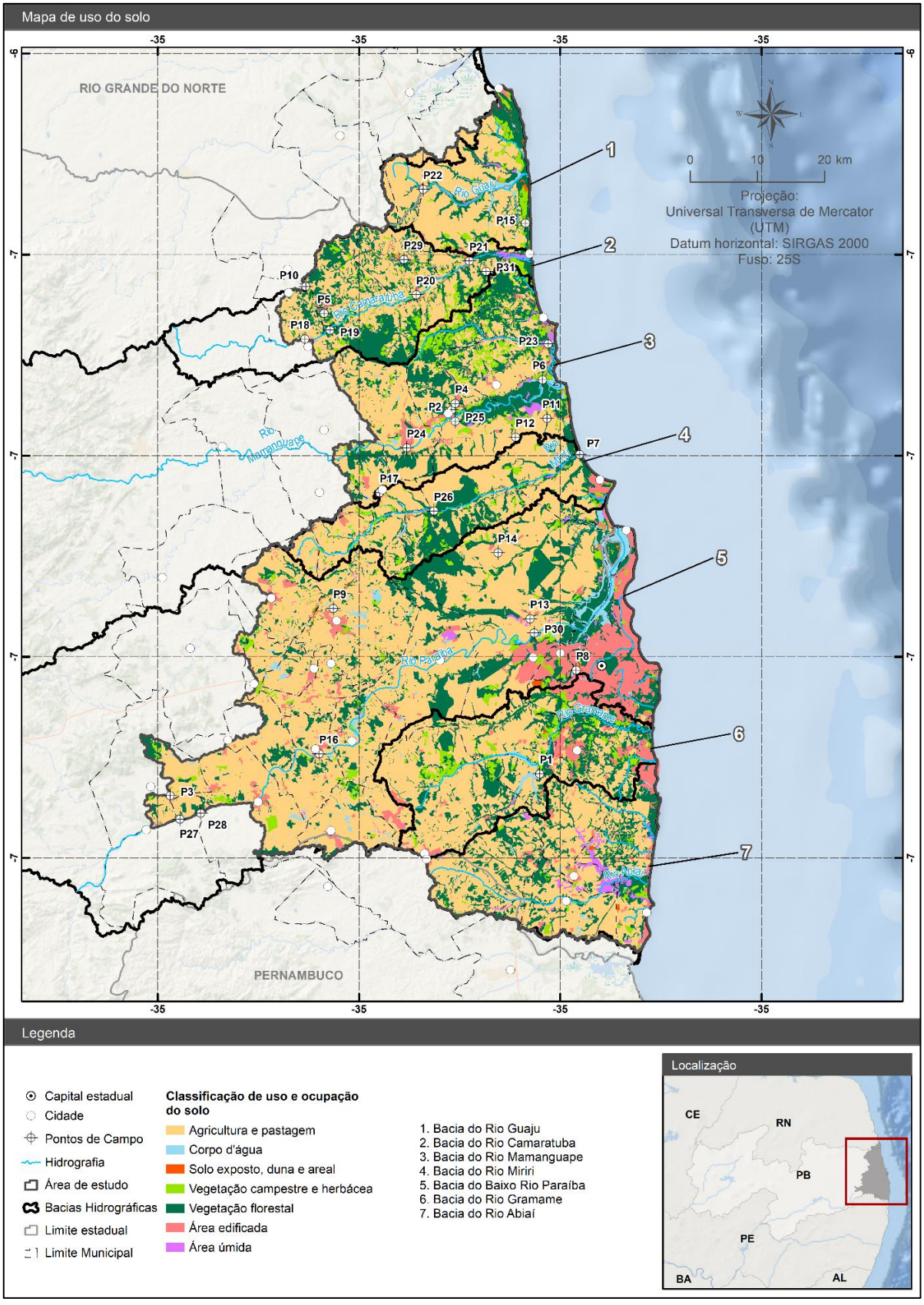


Figura 3.17 – Uso e ocupação do solo na área de estudo.

A área de estudo é formada por sete bacias hidrográficas, sendo a Bacia do Rio Paraíba a mais abrangente com cerca de 40% da área total do estudo. O Quadro 3.7 apresenta a distribuição das classes de uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas que compõem a área de estudo.

As categorias de usos antrópicos ocorrem de forma expressiva em todas as bacias hidrográficas analisadas, ocupando mais de 60% da área total de cinco bacias. As bacias dos rios Paraíba, Abiaí e Guaju têm os maiores percentuais antropizados (74,9%, 68,96% e 68,46%, respectivamente). As bacias dos rios Gramame e Miriri também apresentam taxas de antropização altas (66,54% e 65,33%, respectivamente). Seguindo os parâmetros gerais da área de estudo, a análise dos dados evidencia a predominância dos usos agropecuários do solo, com ocorrência acima de 50% em todas as bacias que compõem a área de estudo (de 52% a 67%).

As áreas edificadas ocupam menos de 10% da área total de cinco bacias hidrográficas. As duas bacias com percentuais mais significativos de área edificada são as bacias dos rios Paraíba, com 11,48%, e Gramame, com 10,02%. Juntas, essas duas bacias hidrográficas concentram 77,65% das áreas edificadas nos limites da área de estudo, devido a presença das cidades mais populosas da Região Metropolitana de João Pessoa (IBGE, 2021). Destaca-se a capital estadual, com 58,84% de área edificada dentro dos limites municipais, seguida dos municípios de Cabedelo (55%), Bayeux (45,82%). João Pessoa teve aumento populacional de 15,26% entre 2010 e 2022, chegando a 833.932 habitantes segundo o Censo Demográfico de 2022 (IBGE, 2023). O município de Santa Rita possui um dos maiores índices de crescimento no estado, no mesmo período atingiu 17,41%, tornando-se a terceira cidade mais populosa da Paraíba. Neste mesmo período, 46% dos municípios paraibanos tiveram índice de crescimento populacional negativo, incluindo a cidade de Bayeux, que encolheu em 10,41% de habitantes.

As áreas naturais ocupam em média 32,64% da área total das bacias hidrográficas analisadas, próximo do índice geral da área de estudo (29,67%). As bacias com maior área coberta por vegetação natural são as dos rios Camaratuba (43,37%) e Mamanguape (41,09%). A Bacia do Rio Paraíba possui o menor percentual de áreas conservadas (21,55%), sendo a vegetação florestal predominante nesse percentual.

As bacias com maior percentual de área conservada, são também as com maior área percentual de floresta: 33,76% na Bacia do Rio Camaratuba e 30,10% na Bacia do Rio Mamanguape. A Bacia do Rio Paraíba possui o menor recobrimento de vegetação florestal (17,78% da área total da bacia). Entretanto, em termos absolutos, essa é a bacia com maior área de floresta (365,5 km², cerca de 30% da área total de floresta na área de estudo). A Bacia do Rio Guaju tem a

menor área absoluta de vegetação florestal, 68,63 km², o que corresponde a 19,52% da bacia e 5,72% da área total do estudo.

A vegetação campestre ou herbácea representa menos de 10% da área total em todas as bacias hidrográficas analisadas. Da mesma forma, as áreas úmidas têm ocorrência em menos de 2% da área total de seis das sete bacias abrangidas pelo estudo. Destaca-se a Bacia do Rio Abiaí, na qual as áreas úmidas compõem 4,32% da área da bacia, o que corresponde a 25,41 km² e 47,67% de todas as áreas úmidas mapeadas na área de estudo.

As classes que ocupam os menores percentuais na área de estudo são as áreas de solo exposto e corpos hídricos, ambas de origem natural ou antrópica. A primeira tem ocorrência concentrada na faixa de até 6 km do litoral, onde estão localizadas cerca de 50% das áreas de solo exposto, dunas e areais mapeados. Quanto aos corpos hídricos, 59,76% ocorrem dentro dos limites da Bacia do Rio Paraíba, valor discrepante do restante das bacias hidrográficas, devido à presença da foz do Rio Paraíba.

Quadro 3.7 – Distribuição das classes de uso e ocupação do solo por bacia hidrográfica.

Bacia Hidrográfica	Classe	Área (km²)	Percentual na área da bacia (%)	Percentual na área de estudo (%)	Percentual na área total da classe na área de estudo (%)
Bacia do Rio Abiaí	Agricultura e pastagem	372,94	63,38	7,16	11,83
	Área úmida	25,41	4,32	0,49	47,67
	Área edificada	32,84	5,58	0,63	8,54
	Corpo d'água	4,62	0,79	0,09	4,07
	Solo exposto, duna e areal	2,56	0,43	0,05	16,23
	Vegetação campestre e herbácea	12,54	2,13	0,24	4,31
	Vegetação florestal	137,48	23,37	2,64	11,46
	Total Geral	**588,39**	**100**	**11,30**	**11,30**
Bacia do Rio Camaratuba	Agricultura e pastagem	252,67	54,49	4,85	8,02
	Área úmida	5,22	1,13	0,10	9,80
	Área edificada	8,40	1,81	0,16	2,18
	Corpo d'água	0,70	0,15	0,01	0,61
	Solo exposto, duna e areal	0,85	0,18	0,02	5,38
	Vegetação campestre e herbácea	39,33	8,48	0,76	13,53
	Vegetação florestal	156,57	33,76	3,01	13,05
	Total Geral	**463,74**	**100**	**8,90**	**8,90**
Bacia do Rio Gramame	Agricultura e pastagem	344,47	55,31	6,61	10,93
	Área úmida	0,76	0,12	0,01	1,42
	Área edificada	62,40	10,02	1,20	16,23
	Corpo d'água	10,30	1,65	0,20	9,06
	Solo exposto, duna e areal	0,95	0,15	0,02	6,00
	Vegetação campestre e herbácea	50,05	8,04	0,96	17,22
	Vegetação florestal	153,91	24,71	2,96	12,83
	Total Geral	**622,83**	**100**	**11,96**	**11,96**
Bacia do Rio Guaju	Agricultura e pastagem	235,61	67,03	4,52	7,48
	Área úmida	2,88	0,82	0,06	5,40
	Área edificada	5,02	1,43	0,10	1,31
	Corpo d'água	9,47	2,70	0,18	8,34
	Solo exposto, duna e areal	3,65	1,04	0,07	23,14
	Vegetação campestre e herbácea	26,23	7,46	0,50	9,02
	Vegetação florestal	68,63	19,52	1,32	5,72
	Total Geral	**351,48**	**100**	**6,75**	**6,75**
Bacia do Rio Mamanguape	Agricultura e pastagem	364,13	52,21	6,99	11,55
	Área úmida	9,15	1,31	0,18	17,17
	Área edificada	31,13	4,46	0,60	8,10
	Corpo d'água	14,98	2,15	0,29	13,18
	Solo exposto, duna e areal	0,57	0,08	0,01	3,58
	Vegetação campestre e herbácea	67,53	9,68	1,30	23,23
	Vegetação florestal	209,90	30,10	4,03	17,50
	Total Geral	**697,39**	**100**	**13,39**	**13,39**
Bacia do Rio Miriri	Agricultura e pastagem	278,16	64,92	5,34	8,83
	Área úmida	1,98	0,46	0,04	3,71
	Área edificada	6,93	1,62	0,13	1,80
	Corpo d'água	5,81	1,36	0,11	5,11
	Solo exposto, duna e areal	0,34	0,08	0,01	2,18
	Vegetação campestre e herbácea	26,45	6,17	0,51	9,10
	Vegetação florestal	108,79	25,39	2,09	9,07
	Total Geral	**428,45**	**100**	**8,23**	**8,23**

Bacia Hidrográfica	Classe	Área (km²)	Percentual na área da bacia (%)	Percentual na área de estudo (%)	Percentual na área total da classe na área de estudo (%)
Bacia do Rio Paraíba	Agricultura e pastagem	1303,83	63,41	25,03	41,37
	Área úmida	8,81	0,43	0,17	16,53
	Área edificada	236,10	11,48	4,53	61,42
	Corpo d'água	67,91	3,30	1,30	59,76
	Solo exposto, duna e areal	5,24	0,25	0,10	33,23
	Vegetação campestre e herbácea	68,68	3,34	1,32	23,63
	Vegetação florestal	365,50	17,78	7,02	30,47
	Total Geral	**2056,07**	**100**	**39,48**	**39,48**
Total Geral da área de estudo		**5208,36**		**100**	

3.3.2 *Potenciais fontes de contaminação*

Grande parte da água subterrânea origina-se a partir da infiltração direta ou indireta no solo. Portanto, atividades desenvolvidas na superfície ameaçam a qualidade da água subterrânea, como atividades urbanas, industriais, agrícolas e de mineração que são inadequadamente controladas. Certos componentes podem exceder a capacidade de atenuação natural das camadas de cobertura do solo (FOSTER et al., 2006).

Foster et al. (2006) classificam essas atividades potencialmente poluentes de acordo com sua distribuição espacial, como fontes de contaminação difusas e pontuais. As fontes de contaminação difusas não geram plumas de contaminação claramente definidas, ao contrário das fontes de contaminação pontuais, e podem afetar um volume muito maior do aquífero. Quando as atividades poluentes de origem pontual são pequenas e múltiplas, a identificação e o controle acabam se assemelhando aos de uma fonte difusa (FOSTER et al., 2006).

Para a área de estudo, foram identificadas potenciais fontes de contaminação antrópicas. Algumas dessas fontes de contaminação foram mapeadas com base no mapa de uso e ocupação do solo, incluindo áreas urbanas e áreas com atividades agrícolas.

As fontes potenciais de contaminação da área de estudo são apresentadas a seguir, juntamente com a fonte de obtenção dos dados:

- **Potenciais fontes de contaminação difusas:**
    1. Áreas urbanas: Utilizou-se as manchas urbanas do mapeamento de uso e ocupação do solo.

2. Áreas com atividades agrícolas: Foram consideradas as áreas de agricultura e pecuária do mapeamento de uso e ocupação do solo.

- **Potenciais fontes de contaminação pontuais:**
    1. Indústrias: Utilizaram-se os pontos de outorgas de captação e lançamento de indústrias do CNARH, outorgas com finalidade de uso industrial da AESA e poços com finalidade de uso industrial do SIAGAS.
    2. Aterros sanitários e lixões: A localização foi determinada por meio de consultas ao Google Earth.
    3. Postos de Gasolina: A localização foi determinada por meio de consultas ao Google Earth.
    4. Cemitérios: A localização foi determinada por meio de consultas ao Google Earth.
    5. Vias de Transporte (Estradas e Rodovias): Os dados foram obtidos do *OpenStreetMap* (2018);
    6. Lavras: Áreas com conceção de lavra para processos minerários (ANM, 2023).

A espacialização das fontes potenciais de contaminação da área de estudo é apresentada na Figura 3.18. Esse mapeamento servirá como base para a avaliação de risco potencial de contaminação que será desenvolvida nas próximas etapas do trabalho.

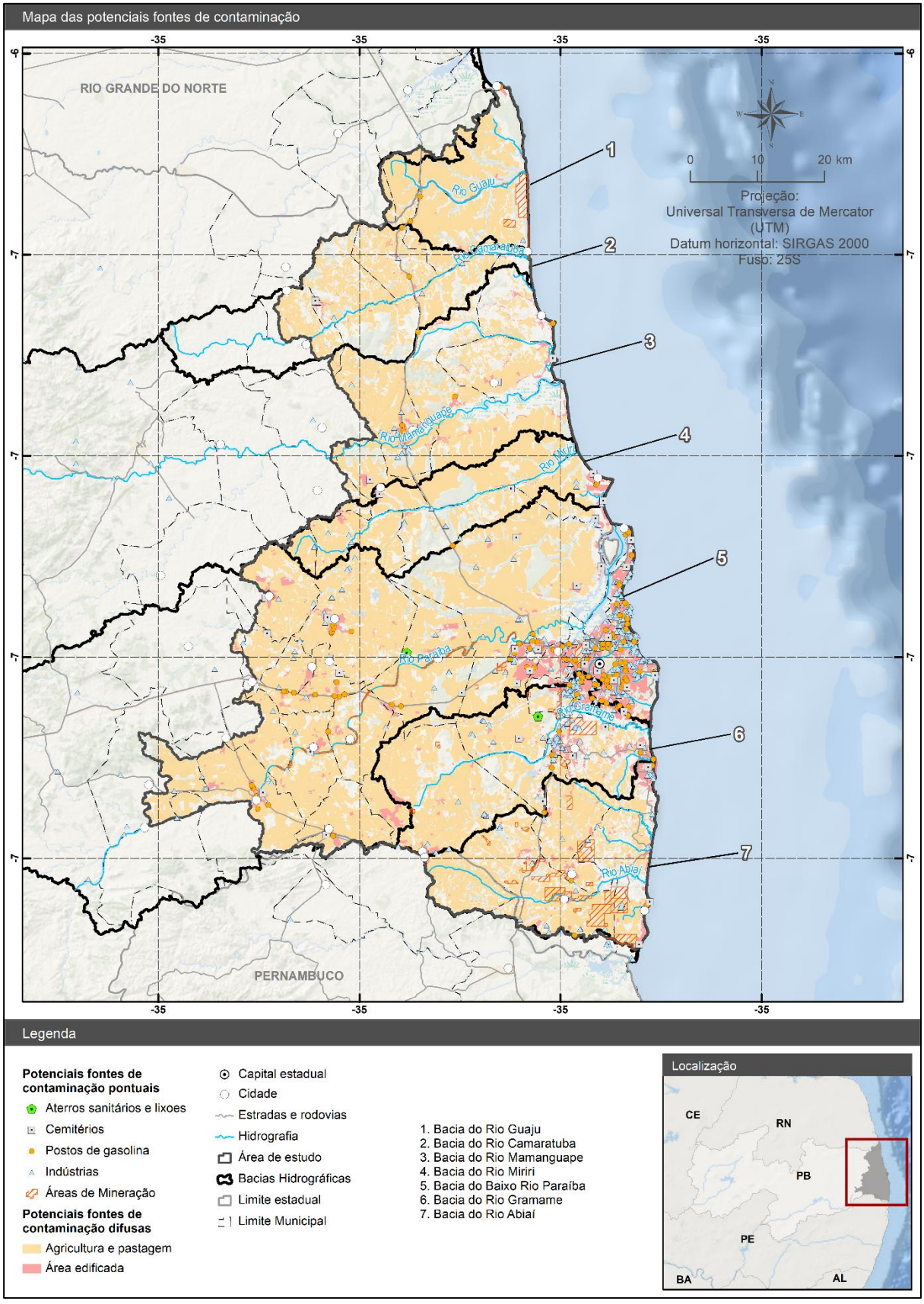


Figura 3.18 - Mapa de Fontes Potenciais de Contaminação.

3.3.3 *Conservação da Vegetação*

3.3.3.1 Unidades de conservação e áreas protegidas

Quase toda a área no domínio de interesse dos estudos hidrogeológicos do SAPP está inserida na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, conforme o espaço de ocorrência do bioma no estado da Paraíba, que incorpora a região da Zona da Mata Paraibana, domínio geográfico que ocupa toda a fachada leste do estado, desde as encostas da Borborema até o oceano Atlântico.

Todas as demais unidades de conservação ocorrentes neste domínio da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica constituem zonas nucleares e de transição desta unidade, de acordo com suas respectivas categorias de manejo dos recursos naturais e seus objetivos de proteção.

A Figura 3.19, a seguir, apresenta a distribuição espacial das unidades de conservação, constantes do banco de dados do Ministério do Meio Ambiente – MMA, do ano de 2019, em coleção de informações sobre áreas protegidas sob estas categorias de manejo em conjunto com Terras Indígenas e Quilombos territórios que apresentam condições especiais de regulação das formas de uso e ocupação do solo, reunidas e apresentadas pelo "Projeto MapBiomas – Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil.

As informações constantes da Figura 3.19 sobre Terras Indígenas são referências da FUNAI (2019) e os Quilombos, conforme o INCRA (2019).

A Reserva da Biosfera da Mata Atlântica é uma unidade de conservação Federal, de Uso Sustentável, que contém em seu domínio, no município de Rio Tinto, por exemplo, a Área de Proteção Ambiental – APA Barra do Rio Mamanguape e o Território Indígena Potiguara de Monte-Mor.

Merece destaque também, entre as unidades de conservação, em nível federal, na categoria de Proteção Integral, a Reserva Biológica Guaribas, no município de Mamanguape, reunindo, em três áreas disjuntas, alguns dos mais importantes fragmentos remanescentes de Mata Atlântica do Estado da Paraíba. O terceiro fragmento desta mesma UC é registrado no município de Rio Tinto. Todos constituem zonas nucleares da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica.

Conforme consta da Figura 3.19, da base de dados da Plataforma MapBiomas referida acima, no conjunto, a Zona da Mata Paraibana, no bioma Mata Atlântica, apresenta uma única terra Quilombola, Paratibe, três territórios Indígenas e 13 unidades de conservação, sendo a principal a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, que contém em sua abrangência todas as outras.

Entretanto, o Painel de Unidades de Conservação do Ministério do Meio Ambiente – MMA oferece uma atualização da base de dados para o Estado da Paraíba, que totaliza, para o bioma da Mata Atlântica, por grupo de categorias de manejo, a seguinte relação de unidades de conservação, federais, estaduais e municipais:

- **Grupo de Proteção Integral:**
    - Estação Ecológica do Pau Brasil (Estadual);
    - Reserva Biológica Guaribas (Federal);
    - Monumento Natural do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Federal);
    - Parque Estadual das Trilhas;
    - Parque Estadual do Poeta e Repentista Juvenal de Oliveira;
    - Parque Estadual Marinho de Areia Vermelha;
    - Parque Estadual Mata do Pau Ferro;
    - Parque Estadual Mata do Xem-Xém;
    - Parque Estadual Pico do Jabre;
    - Parque Natural Municipal do Cuiá – Parque Cuiá; e
    - Refúgio de Vida Silvestre Mata do Buraquinho.

A área total protegida pelas 11 unidades de conservação do Grupo de Proteção Integral, nas três esferas administrativas, perfaz uma superfície de 7.543 ha, ou 75,43 km².

- **Grupo de Uso Sustentável:**
    - Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Federal);
    - Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo;
    - Área de Proteção Ambiental – APA da Barra do Rio Mamanguape (Federal);
    - Área de Proteção Ambiental – APA de Tambaba (Estadual);
    - Área de Proteção Ambiental – APA do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Federal);
    - Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE Manguezais da Foz do Rio Mamanguape (Federal);
    - Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE da Barra do Rio Camaratuba (Municipal);
    - Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Mata Estrela.

Considerando-se entre as 8 unidades de conservação do Grupo de Uso Sustentável, apenas as APAs e as ARIEs, a área total protegida perfaz uma superfície de 20.558 ha ou 205,58 km².

O sistema de unidades de conservação do bioma Mata Atlântica no Estado da Paraíba é composto, portanto, por 10 diferentes categorias de manejo e proteção da natureza, sendo 11 delas do Grupo de Proteção Integral e 8 do Grupo de Uso Sustentável.

Contudo, há necessidade de verificação de algumas unidades de conservação que constam do banco de dados do MapBiomas, mas que estão ausentes do Painel de Unidades de Conservação do MMA, para o Estado da Paraíba. Este é o caso, por exemplo, da Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo e da RPPN Mata Estrela.

Assim, ocorre também que não foram encontradas as bases georreferenciadas de limites das áreas de constituição de algumas UCs, que não constam da base de dados do MapBiomas e, portanto, estão ausentes na representação espacial na Figura 3.19.

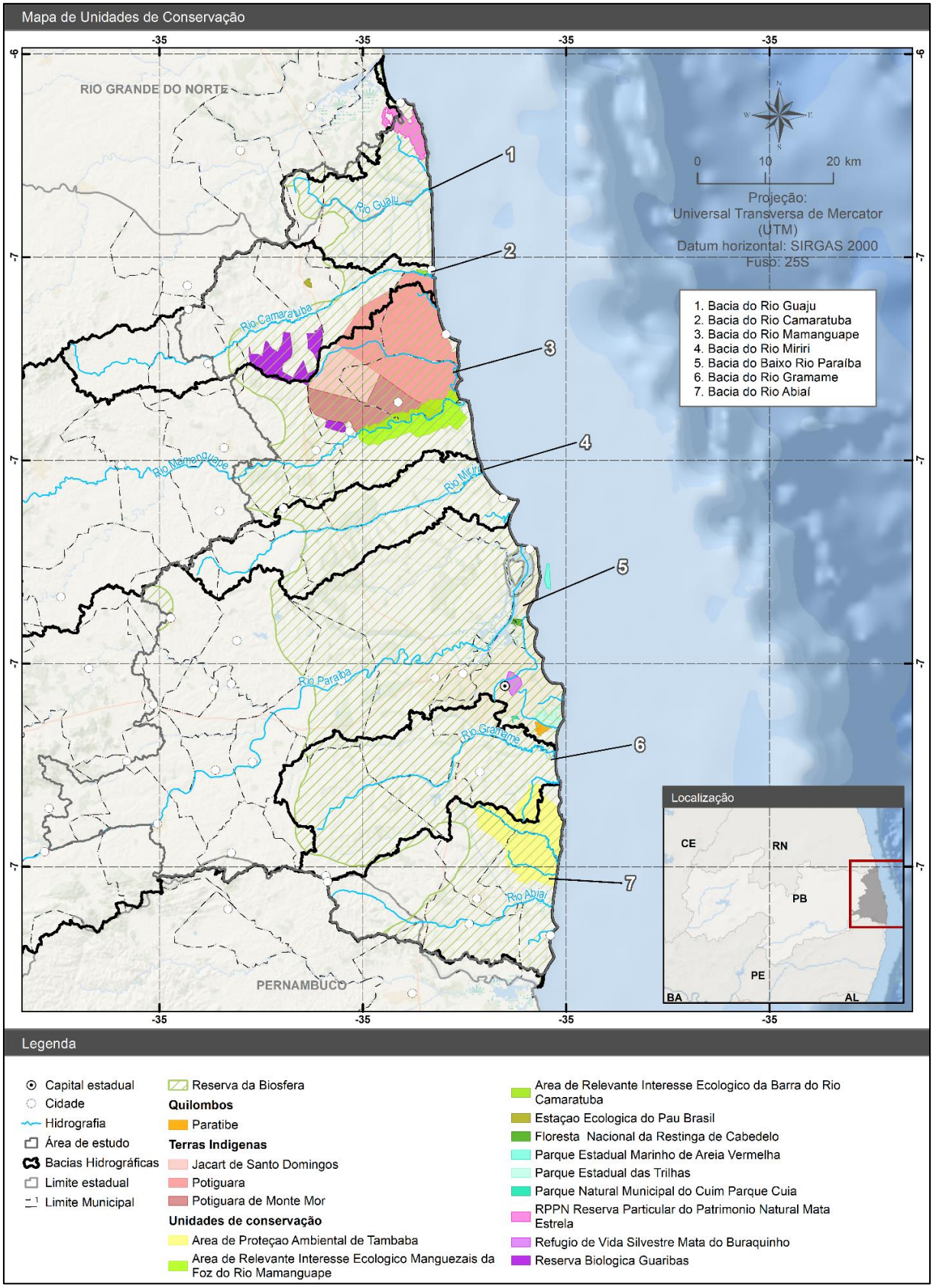


Figura 3.19 - Unidades de conservação, Terras Indígenas e Quilombos.

3.3.3.2 Áreas de Preservação Permanente (APPs)

Na área de estudo, há um total de aproximadamente 387,35 km² de áreas de preservação permanente, sendo que 302,81 km² são APPs de curso d'água, 74,88 km² APPs de manguezal, 0,12 km² APPs de restinga, 0,01 km² APPs de declive e 9,52 km² APPs de nascente. A Figura 3.20 apresenta a espacialização das APPs na área de estudo.

A Figura 3.21 apresenta os percentuais de áreas antropizadas e conservadas nas APPs dos municípios da área de estudo. Os municípios de Pedro Velho (RN), Curral de Cima e Baía da Traição se destacam na região por apresentarem os maiores percentuais de APPs preservadas, com 97,71%, 95,35% e 95,02%, respectivamente. Já os municípios de Sobrado, São José dos Ramos e Itatibaiana se destacam na região por apresentarem os maiores percentuais de APPs antropizadas, com 75,62%, 71,55% e 73,31%, respectivamente.

Por fim, o Quadro 3.8 apresenta o Uso do solo em APP por Bacia Hidrográfica. Destaca-se que a Bacia do Rio Abiaí e a Bacia do Rio Camaratuba possuem mais 30% de APPs ocupadas por agricultura e pastagem.

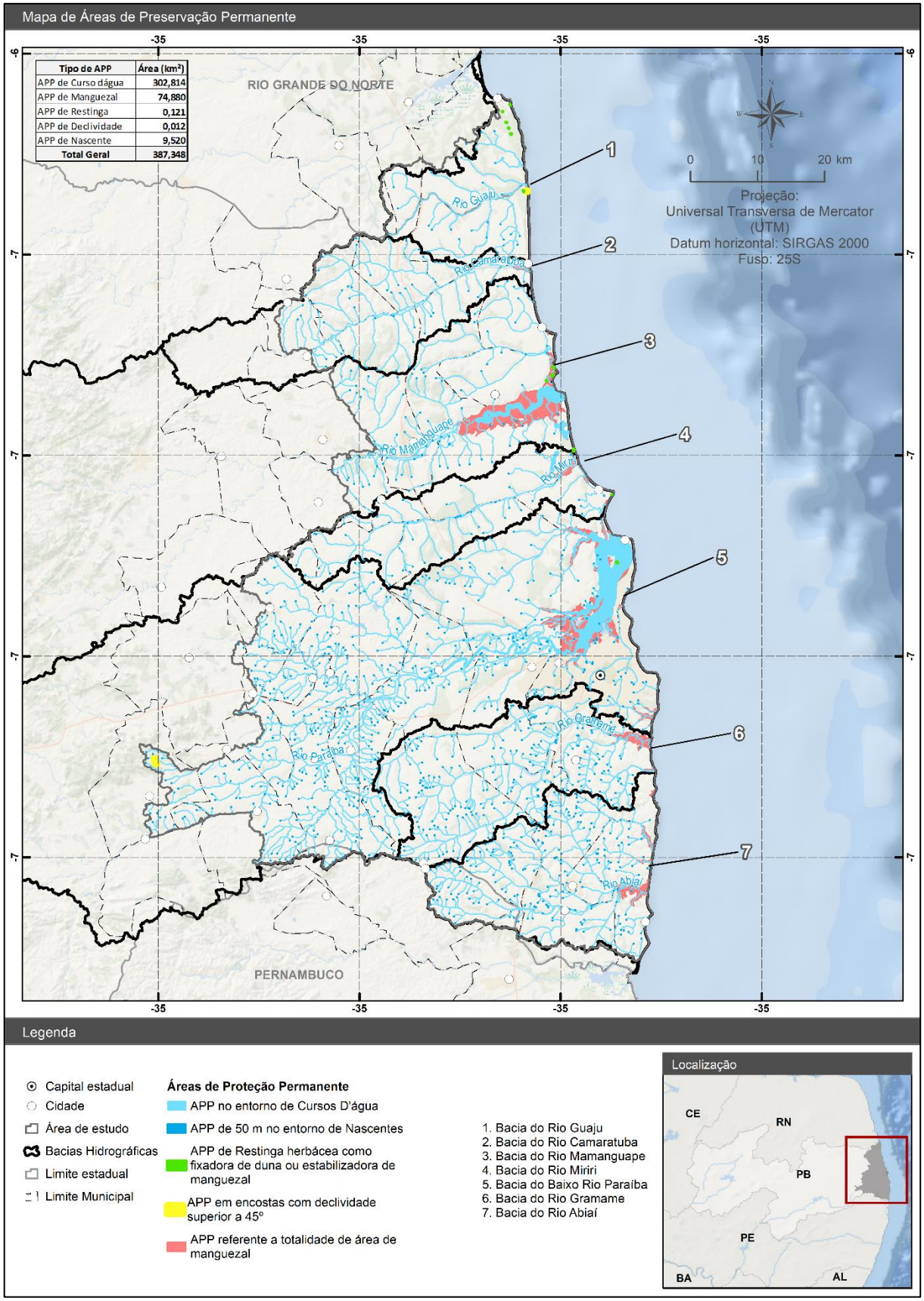


Figura 3.20 - Áreas de Preservação Permanente na área de estudo.

Quadro 3.8 – Uso do solo em APP por Bacia Hidrográfica.

Bacia Hidrográfica	Uso do solo em APP	Área (km²)	% da APP total	% da APP total da Bacia	% da Área de Estudo
Bacia do Rio Abiaí	Agricultura e pastagem	11,395	2,94	31,02	0,219
	Área úmida	4,483	1,16	12,20	0,086
	Área urbana	0,470	0,12	1,28	0,009
	Corpo d'água	0,978	0,25	2,66	0,019
	Solo exposto, duna e areal	0,032	0,01	0,09	0,001
	Vegetação campestre e herbácea	0,401	0,10	1,09	0,008
	Vegetação florestal	18,979	4,90	51,66	0,364
	Total	**36,737**	**9,48**	**100,00**	**0,705**
Bacia do Rio Camaratuba	Agricultura e pastagem	7,429	1,92	37,98	0,143
	Área úmida	1,899	0,49	9,71	0,036
	Área urbana	0,177	0,05	0,91	0,003
	Corpo d'água	0,205	0,05	1,05	0,004
	Solo exposto, duna e areal	0,024	0,01	0,12	0,0005
	Vegetação campestre e herbácea	1,384	0,36	7,08	0,027
	Vegetação florestal	8,443	2,18	43,16	0,162
	Total	**19,561**	**5,05**	**100,00**	**0,376**
Bacia do Rio Gramame	Agricultura e pastagem	9,682	2,50	26,27	0,186
	Área úmida	0,120	0,03	0,33	0,002
	Área urbana	0,805	0,21	2,18	0,015
	Corpo d'água	2,246	0,58	6,09	0,043
	Solo exposto, duna e areal	0,055	0,01	0,15	0,001
	Vegetação campestre e herbácea	2,647	0,68	7,18	0,051
	Vegetação florestal	21,297	5,50	57,79	0,409
	Total	**36,852**	**9,51**	**100,00**	**0,708**
Bacia do Rio Guaju	Agricultura e pastagem	1,830	0,47	19,64	0,035
	Área úmida	0,549	0,14	5,89	0,011
	Área urbana	0,042	0,01	0,45	0,001
	Corpo d'água	1,765	0,46	18,95	0,034
	Solo exposto, duna e areal	0,042	0,01	0,45	0,001
	Vegetação campestre e herbácea	0,782	0,20	8,39	0,015
	Vegetação florestal	4,306	1,11	46,23	0,083
	Total	**9,315**	**2,40**	**100,00**	**0,179**
Bacia do Rio Mamanguape	Agricultura e pastagem	9,078	2,34	11,81	0,174
	Área úmida	3,836	0,99	4,99	0,074
	Área urbana	1,064	0,27	1,38	0,020
	Corpo d'água	9,326	2,41	12,14	0,179
	Solo exposto, duna e areal	0,071	0,02	0,09	0,001

Bacia Hidrográfica	Uso do solo em APP	Área (km²)	% da APP total	% da APP total da Bacia	% da Área de Estudo
	Vegetação campestre e herbácea	3,362	0,87	4,37	0,065
	Vegetação florestal	50,106	12,94	65,21	0,962
	Total	**76,843**	**19,84**	**100,00**	**1,475**
Bacia do Rio Miriri	Agricultura e pastagem	4,690	1,21	25,56	0,090
	Área úmida	0,426	0,11	2,32	0,008
	Área urbana	0,310	0,08	1,69	0,006
	Corpo d'água	2,035	0,53	11,09	0,039
	Solo exposto, duna e areal	0,054	0,01	0,29	0,001
	Vegetação campestre e herbácea	2,031	0,52	11,07	0,039
	Vegetação florestal	8,806	2,27	47,99	0,169
	Total	**18,351**	**4,74**	**100,00**	**0,352**
Bacia do Rio Paraíba	Agricultura e pastagem	54,883	14,17	28,93	1,054
	Área úmida	2,323	0,60	1,22	0,045
	Área urbana	9,967	2,57	5,25	0,191
	Corpo d'água	40,092	10,35	21,14	0,770
	Solo exposto, duna e areal	0,494	0,13	0,26	0,009
	Vegetação campestre e herbácea	7,727	1,99	4,07	0,148
	Vegetação florestal	74,203	19,16	39,12	1,425
	Total	**189,689**	**48,97**	**100,00**	**3,642**
	Total geral	**387,348**	**100,00**		**7,437**

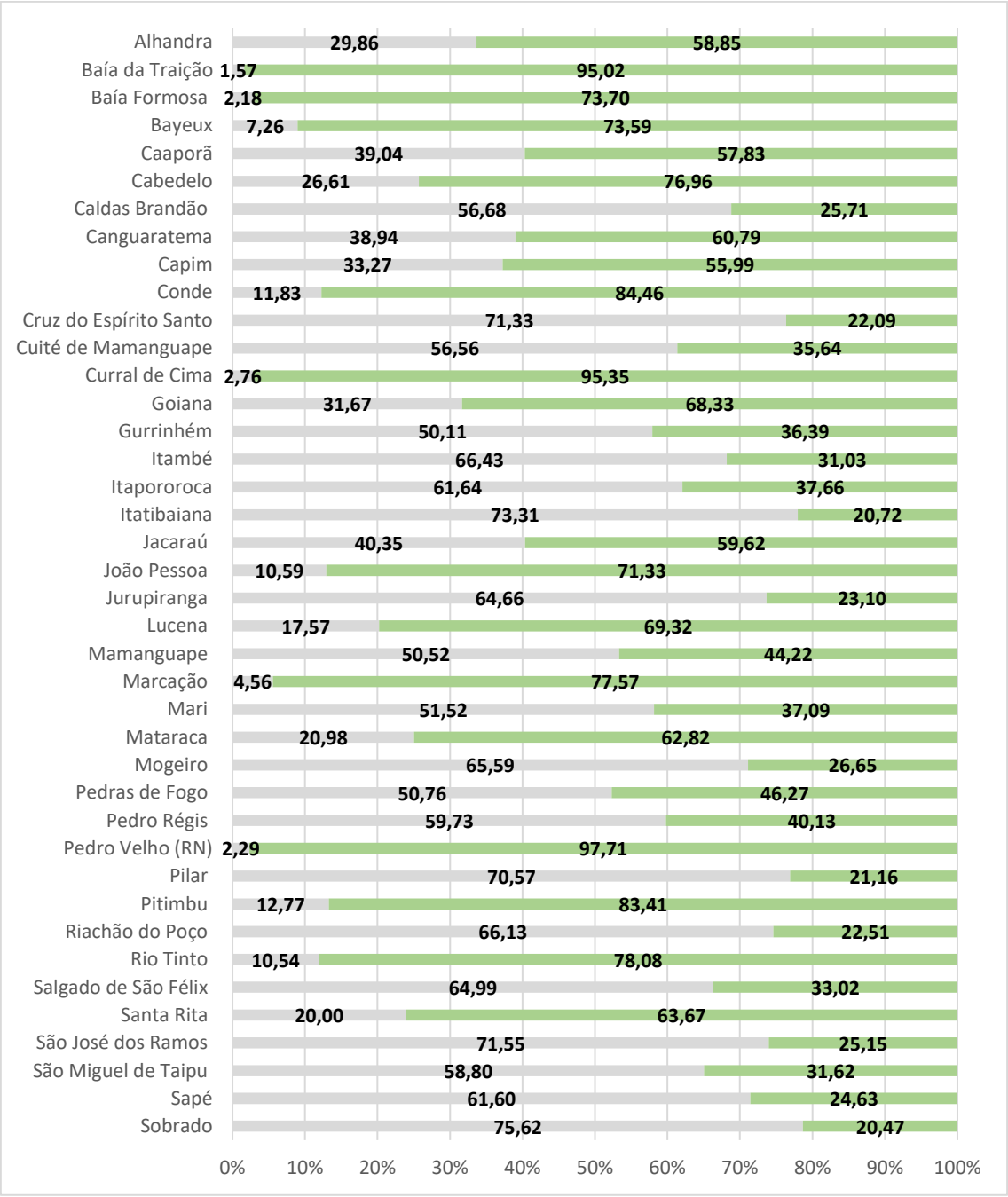


Figura 3.21 – APPs nos municípios (% antropizado em cinza e % conservação em verde).

3.4 POPULAÇÃO E INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

Este capítulo foi baseado nos seguintes levantamentos e processamentos de dados:

- **População e Indicadores Socioeconômicos:** Levantamento de dados do IBGE, do Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal e do Índice de Gestão Municipal Aquila.

Na região do estudo, o município de João Pessoa possui a maior população total em 2022, com 833.932 habitantes, enquanto Riachão do Poço tem a menor população total, com apenas 4.738 habitantes. Já quanto à densidade demográfica, João Pessoa apresenta a maior densidade demográfica em 2022, com 3.970,27 habitantes por km², enquanto Baía Formosa tem a menor densidade demográfica, com apenas 35,65 habitantes por km². O Quadro 3.9 apresenta a lista dos municípios com os dados de população e densidade demográfica para ano de 2022, enquanto a Figura 3.22 e a Figura 3.23 apresentam a espacialização desses dados.

Quadro 3.9 – População e densidade demográfica dos municípios.

Município	População total (hab) (2022)	Densidade demográfica (hab/km²) (2022)
Alhandra	21.713	118,02
Araçagi	16.646	71,7
Baía da Traição	9.224	89,77
Baía Formosa	82.742	35,65
Bayeux	82.742	2.986,54
Caaporã	21.193	140,33
Cabedelo	66.519	2.226,73
Caldas Brandão	5.753	102,8
Canguaretama	29.668	120,85
Capim	6.970	87,26
Conde	27.605	161,18
Cruz do Espírito Santo	17.095	88,8
Cuité de Mamanguape	6.251	58,05
Curral de Cima	5.244	60,79
Goiana	81.042	181,95
Gurinhém	13.766	40,44
Itabaiana	23.182	110,09
Itambé	34.935	114,92
Itapororoca	23.940	126,07
Jacaraú	14.302	55,68
João Pessoa	833.932	3.970,27
Juripiranga	10.012	127,21
Lucena	12.560	133,9

Município	População total (hab) (2022)	Densidade demográfica (hab/km²) (2022)
Mamanguape	44.599	132,17
Marcação	8.999	73,36
Mari	21.512	138,55
Mataraca	8.244	45,19
Mogeiro	13.899	64,92
Mulungu	8.791	46,95
Pedras de Fogo	29.662	72,93
Pedro Régis	5.766	77,69
Pedro Velho	13.824	71,74
Pilar	12.311	119,17
Pitimbu	16.751	123,35
Riachão do Poço	4.738	117,1
Rio Tinto	24.581	52,84
Salgado de São Félix	11.505	56,38
Santa Rita	149.910	208,62
São José dos Ramos	5.891	58,53
São Miguel de Taipu	7.066	76,46
Sapé	51.306	163,56
Sobrado	8.236	132,94

Fonte: IBGE

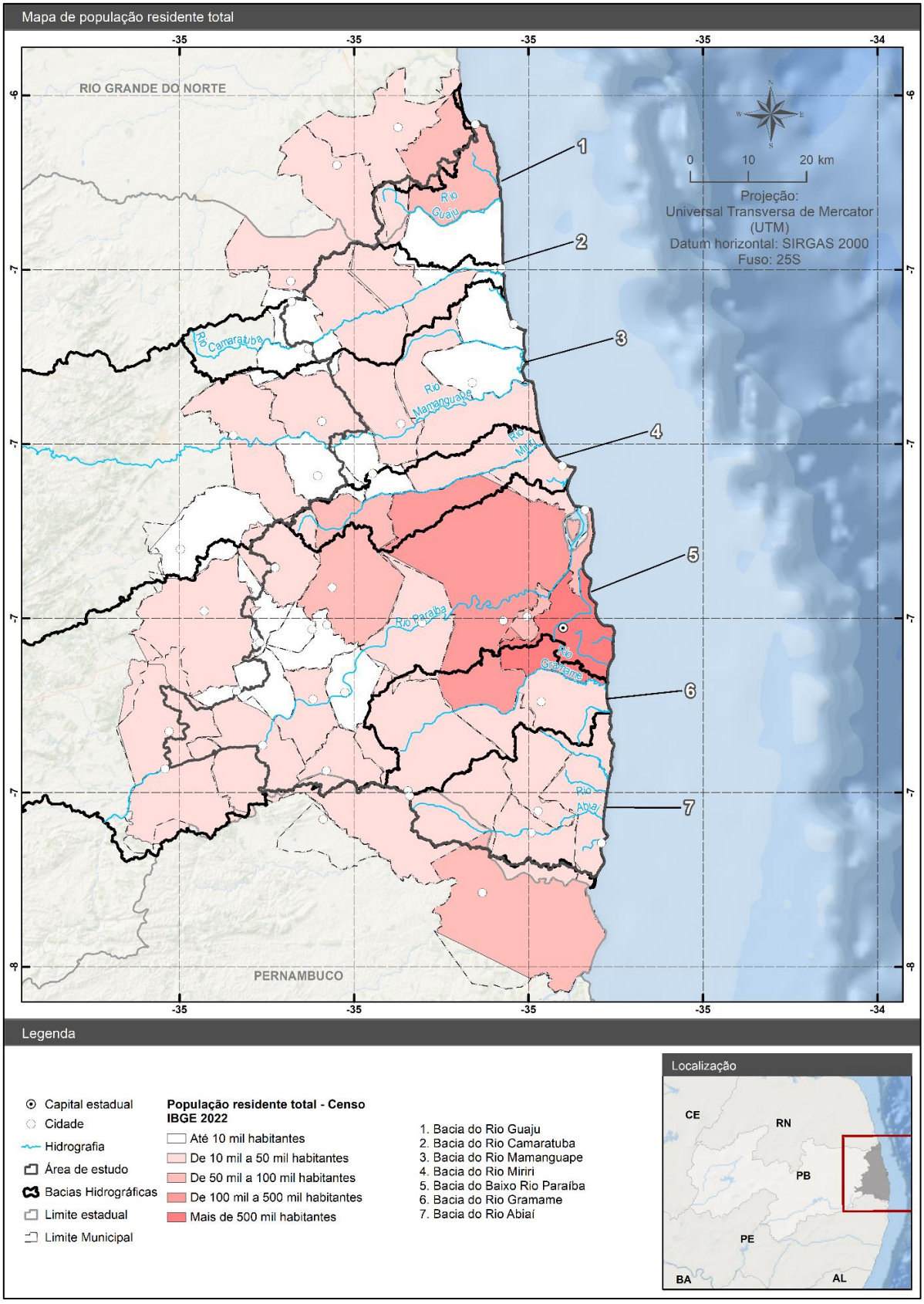


Figura 3.22 – População residente total.

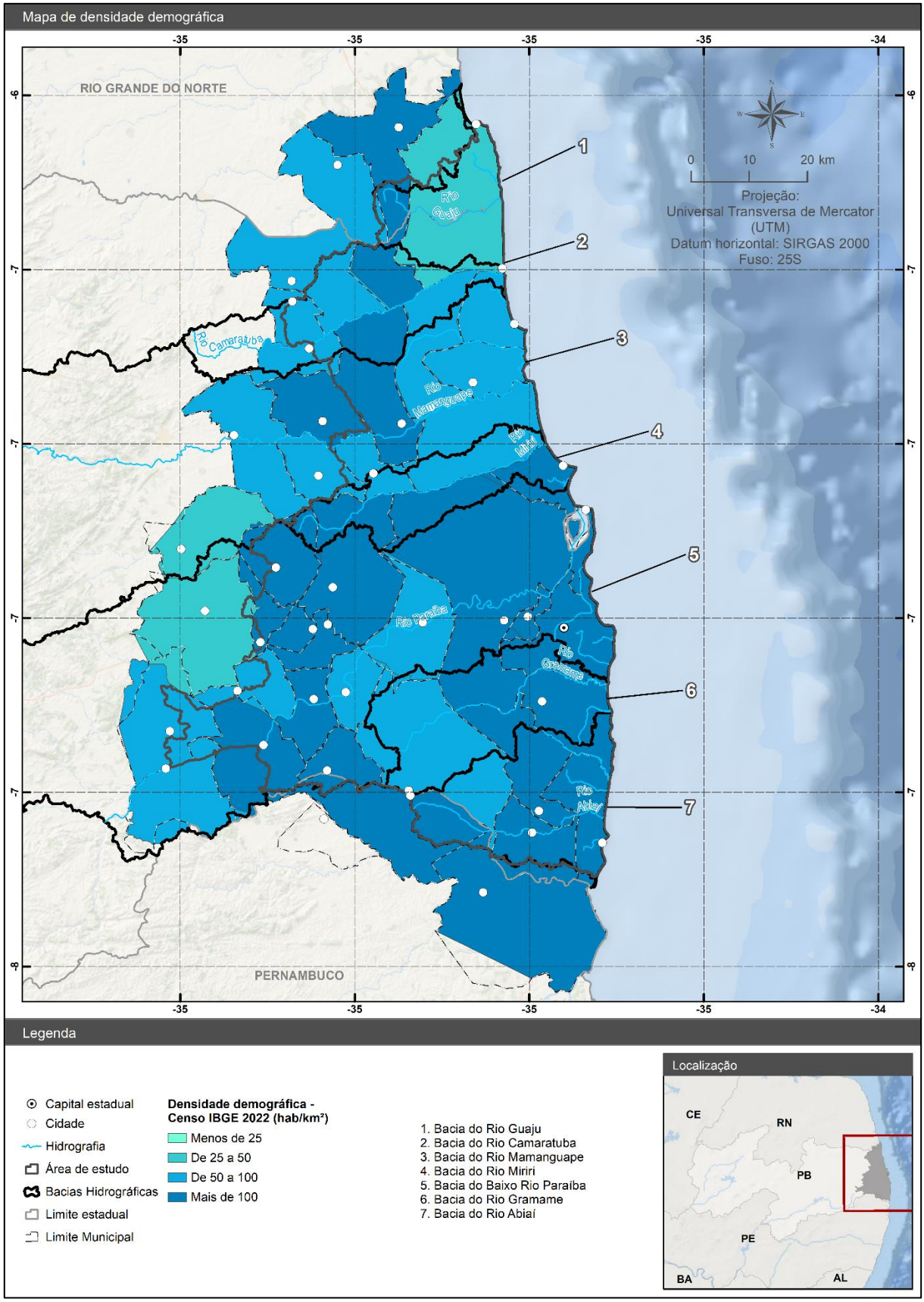


Figura 3.23 - Densidade demográfica.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) é uma medida utilizada para avaliar o desenvolvimento humano em nível municipal ou local dentro de um país. Ele é uma extensão do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) utilizado globalmente pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para avaliar o bem-estar e o desenvolvimento humano nos países.

O IDH-M é calculado com base em três principais indicadores:

- **Saúde:** Representado pela expectativa de vida ao nascer, que reflete a qualidade e a expectativa de vida da população local.
- **Educação:** Medido por dois indicadores: a taxa de alfabetização de adultos e a taxa de escolaridade da população em idade escolar. Esses indicadores buscam avaliar o acesso à educação e a qualidade do sistema educacional na região.
- **Renda:** Medida pelo PIB per capita local, que representa a renda média da população em um determinado município ou área. Cada um desses indicadores é normalizado e ponderado de acordo com a relevância atribuída a eles no cálculo do IDH-M. O resultado é um valor que varia de 0 a 1, onde 0 representa o desenvolvimento humano mais baixo e 1 representa o desenvolvimento humano mais alto.

O IDH-M é uma ferramenta valiosa para comparar o desenvolvimento entre diferentes áreas dentro de um país e identificar desigualdades regionais. Ele pode ser usado para orientar políticas públicas e investimentos, ajudando a melhorar a qualidade de vida das populações em nível local.

Na área de estudo, conforme o Quadro 3.10, o município de João Pessoa registra o maior IDH Municipal, com um valor de 0,763, enquanto Cuité de Mamanguape possui o menor IDH, com 0,524. A Figura 3.24 ilustra a espacialização do IDH-M dos municípios da região do estudo.

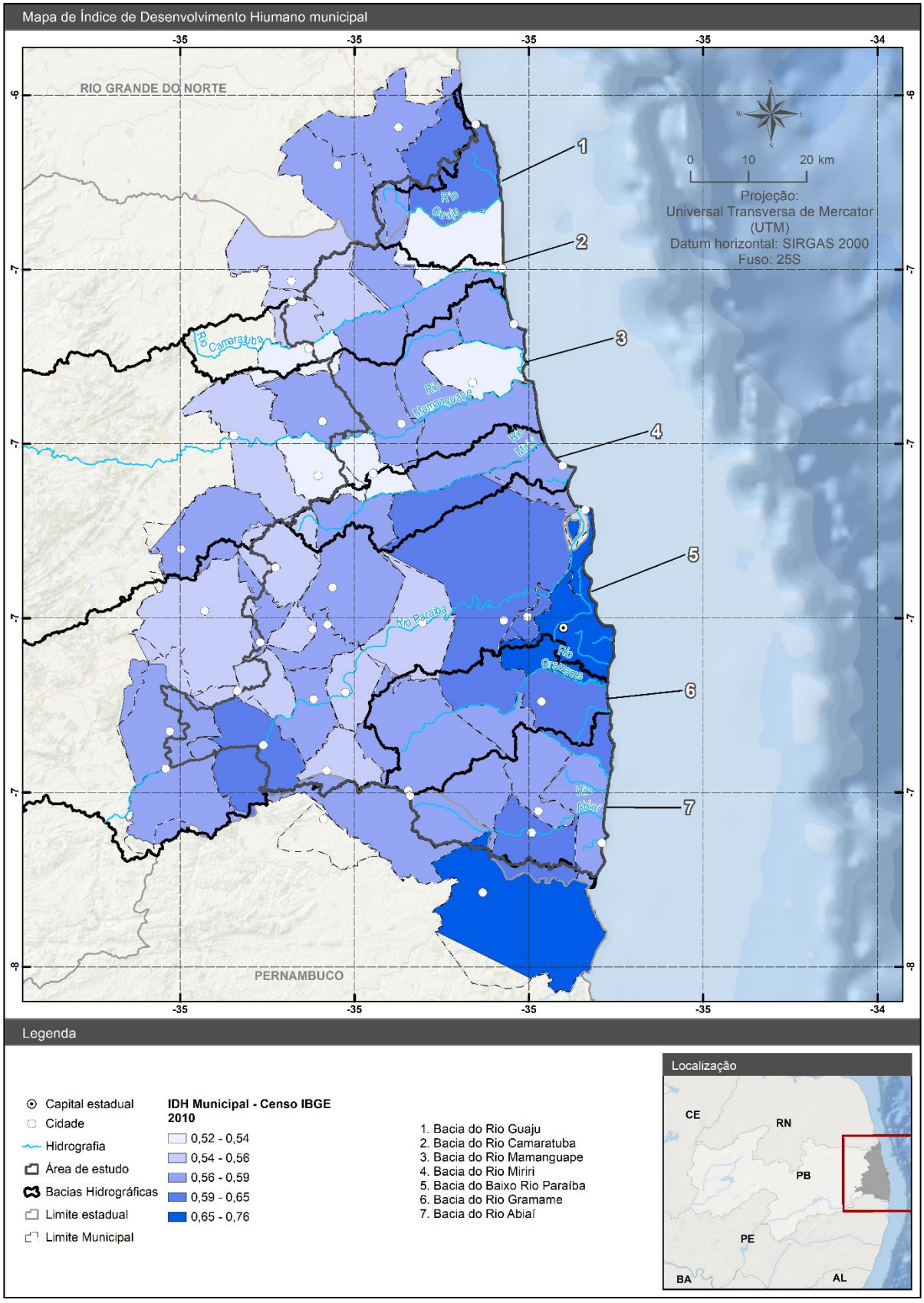


Figura 3.24 – IDH Municipal.

O Produto Interno Bruto per capita, geralmente abreviado como PIB per capita, é uma medida econômica que calcula o valor médio da produção econômica (ou renda) por pessoa em uma determinada região, como um país, estado, cidade ou mesmo uma área menor. É uma métrica importante para avaliar o padrão de vida e o nível de prosperidade econômica de uma população.

O cálculo do PIB per capita é o resultado da divisão do Produto Interno Bruto (PIB) pela população de uma determinada região:

- **Produto Interno Bruto (PIB**): O PIB é o valor total de todos os bens e serviços produzidos em uma determinada região durante um período específico, geralmente um ano. Ele inclui todos os setores da economia, como agricultura, indústria, serviços, comércio, entre outros.
- **População:** A população da área em questão é o número total de habitantes.

O PIB per capita é uma medida importante para comparar o padrão de vida entre diferentes regiões ou ao longo do tempo em uma mesma região. No entanto, é importante notar que o PIB per capita não leva em consideração a distribuição de renda dentro da população; portanto, ele pode não refletir de forma precisa a qualidade de vida de todos os indivíduos em uma determinada área. Desigualdades econômicas podem resultar em disparidades significativas entre o PIB per capita médio e a realidade vivida por diferentes grupos da população.

Na área de estudo, conforme o Quadro 3.10, o município de Alhandra possui o maior PIB per capita, com R$ 111.427,12, enquanto Pedro Régis registra o menor PIB per capita, com R$ 8.569,80. A Figura 3.25 ilustra a espacialização do PIB per capita dos municípios da região do estudo.

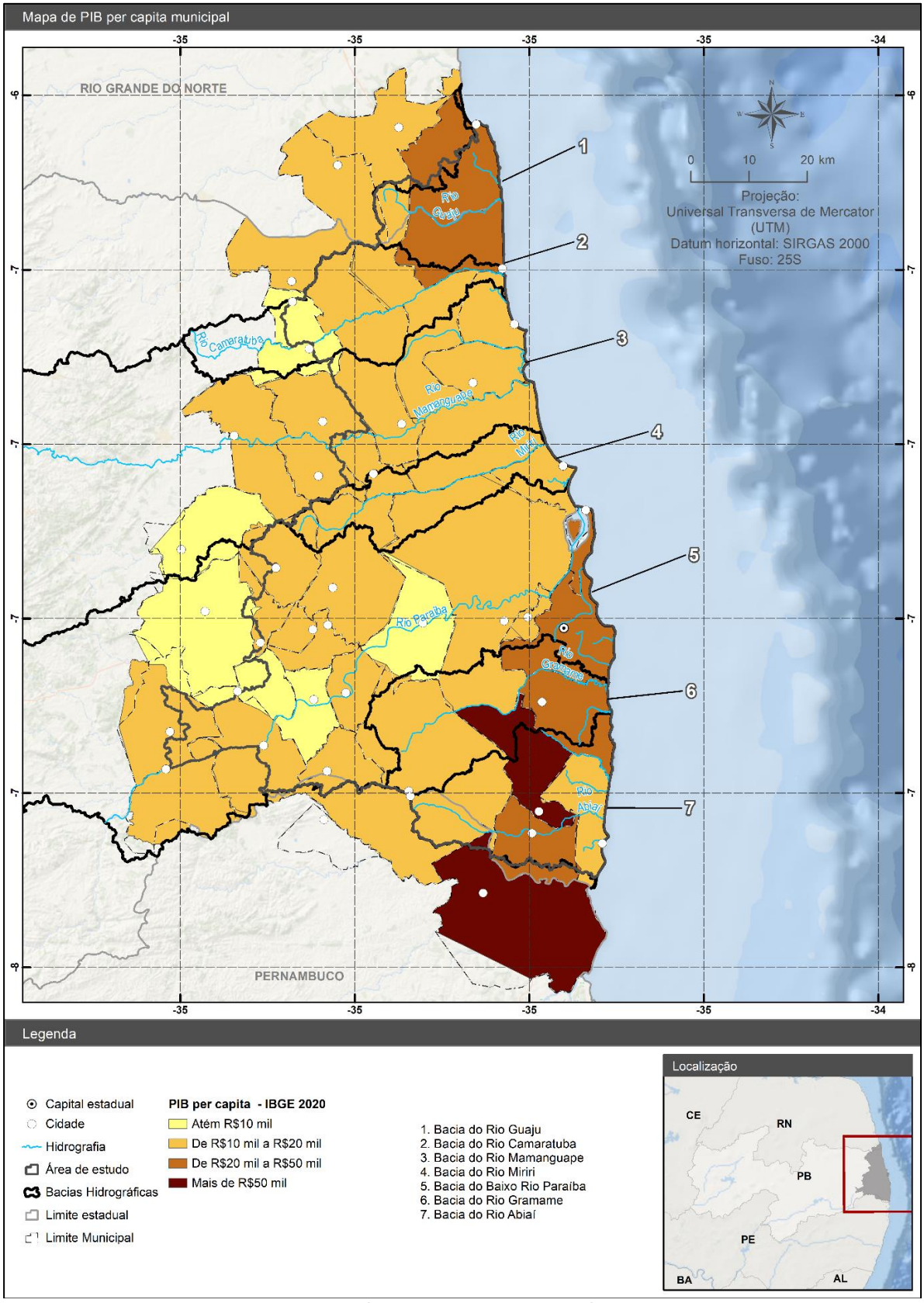


Figura 3.25 – PIB per capita.

O Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM é similar ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, que foi uma adaptação do Índice de Desenvolvimento Humano desenvolvido pelas Nações Unidas. A diferença entre eles é que o IDHM e o IDH se baseiam em dados censitários, enquanto o IFDM tem informações disponíveis a cada ano. Apesar de ser buscada uma similaridade, não é possível fazer uma comparação direta do IFDM com o IDHM. Diferenças como a utilização do PIB pelo IDH e estatísticas oficiais de renda e trabalho formal pelo IFDM geram resultados diferentes. O IFDM é mais adequado à realidade municipal brasileira e apresenta informações anuais sobre o desenvolvimento municipal. O IDH foi criado para países e o IDHM uma adaptação para ser elaborada a cada década, com base em informações censitárias.

O IFDM foi proposto e é calculado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN para todos os municípios brasileiros e a última avaliação disponível é de 2016, enquanto o IDHM se refere a 2010. Devido à sua maior atualidade, optou-se por sua utilização como métrica do desenvolvimento humano municipal em Pernambuco.

A Figura 3.26 ilustra os valores do IFDM para os municípios da região do estudo. A classificação adotada pela FIRJAN colocaria os municípios da região do estudo em apenas duas categorias: desenvolvimento moderado (0,4 a 0,6) e regular (0,6 a 0,8).

Na área de estudo, conforme o Quadro 3.10, o município de João Pessoa lidera com o maior IFDM, com 0,775261, enquanto Curral de Cima possui o menor IFDM, com 0,477113.

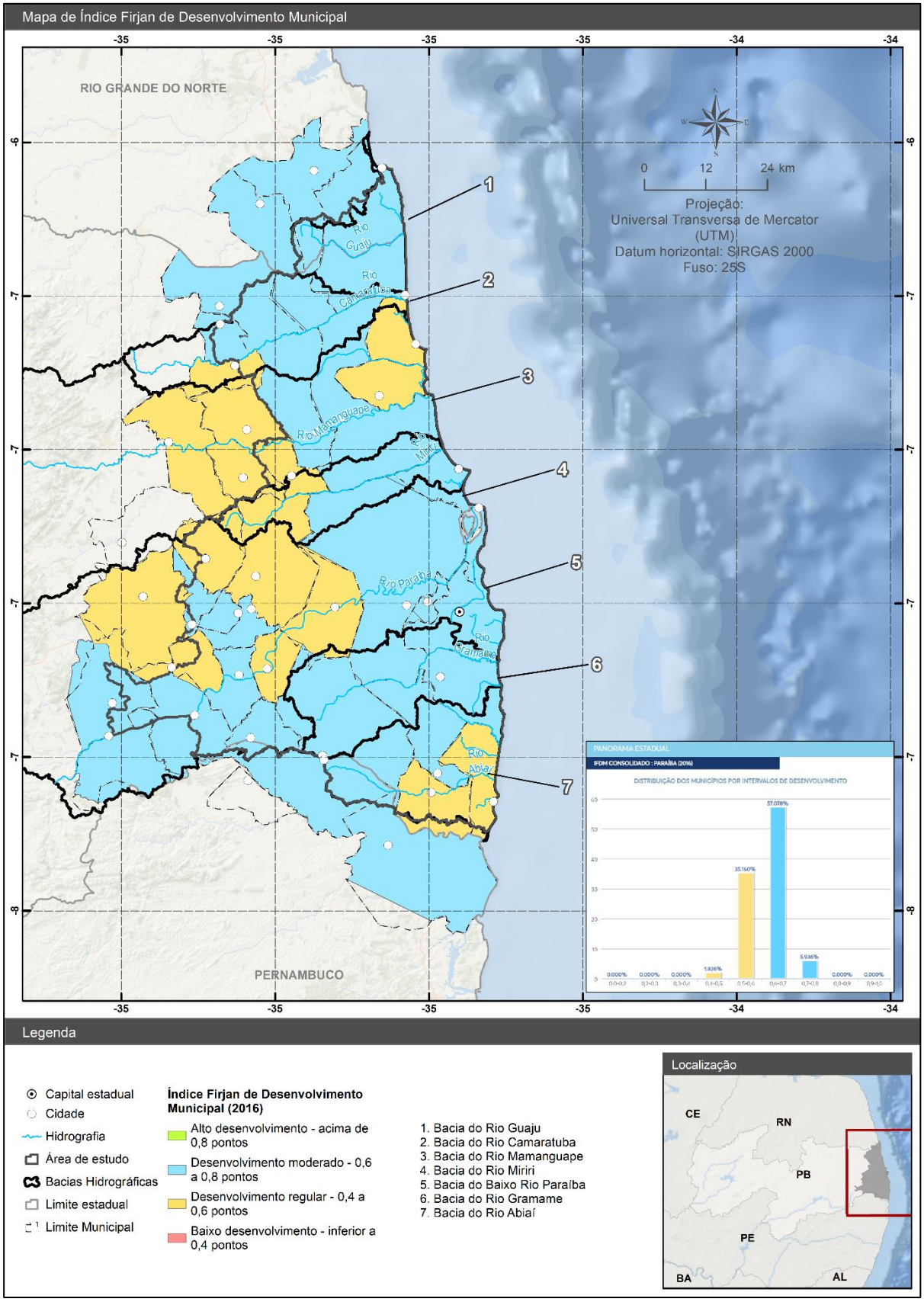


Figura 3.26 - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM.

O IGMA – Índice de Gestão Municipal Aquila é uma plataforma com o propósito de acompanhar o desenvolvimento das cidades brasileiras e fornecer conhecimentos valiosos aos gestores municipais sobre as melhores práticas. Baseado em 67 indicadores provenientes de fontes públicas primárias, o IGMA classifica os municípios em seis pilares: governança, eficiência fiscal e transparência; educação; saúde e bem-estar; infraestrutura e mobilidade urbana; sustentabilidade; desenvolvimento socioeconômico e ordem pública.

A Figura 3.27 ilustra os valores do IGMA para os municípios da região do estudo. A classificação adotada pela IGMA colocaria os municípios da região do estudo em apenas duas categorias: situação crítica (0 a 50 pontos) e em desenvolvimento (50 a 65 pontos).

Na área de estudo, conforme o Quadro 3.10, o município de João Pessoa se destaca com o maior IGMA, com 62,08, enquanto Marcação possui o menor IGMA, com 31,54.

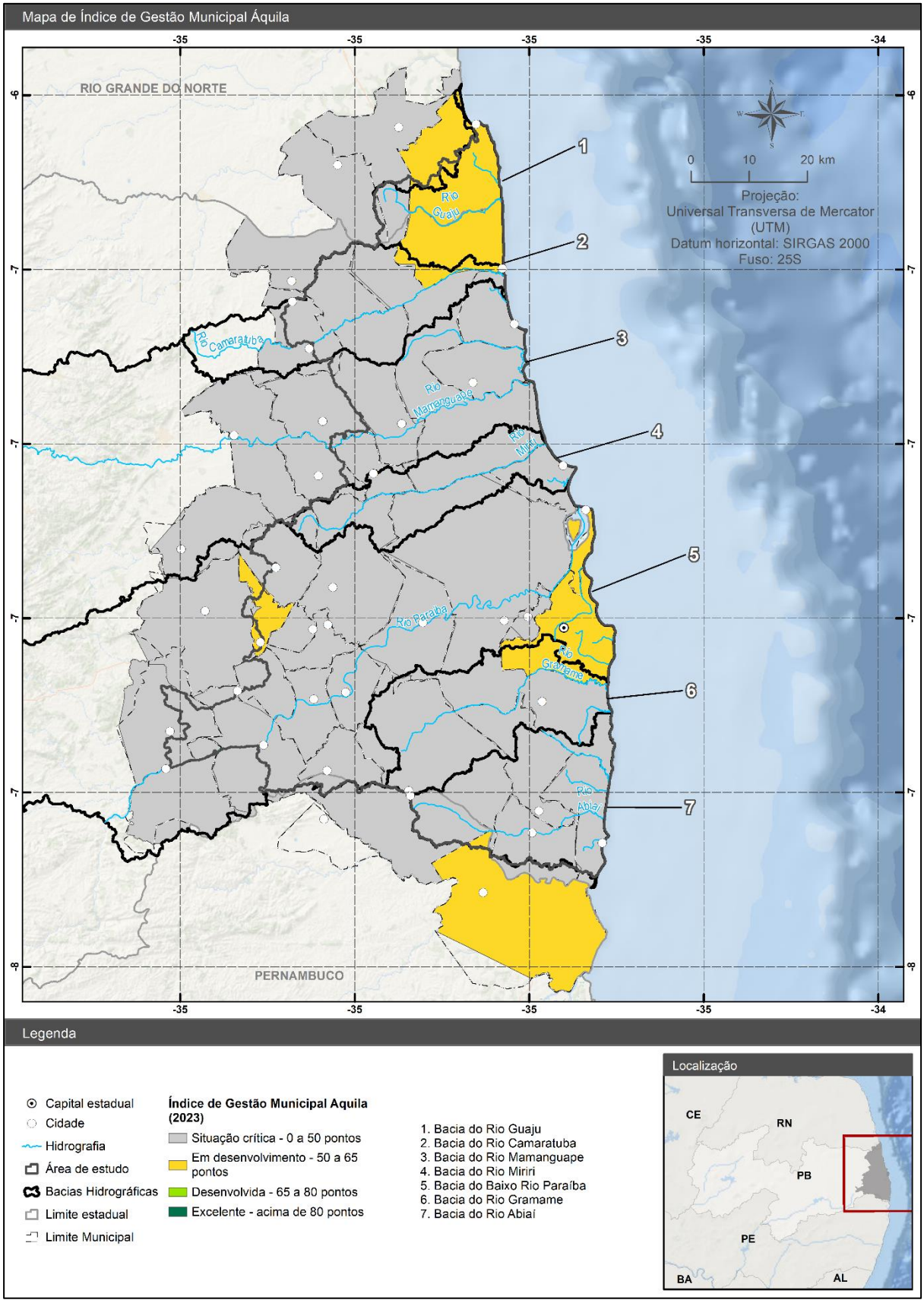


Figura 3.27 – Índice de Gestão Municipal Aquila.

Quadro 3.10 – Indicadores socioeconômicos dos municípios.

Município	IDH (2010)	PIB per capita (2020)	IFDM (2016)	IGMA (2023)
Alhandra	0,582	111.427,12	0,67743	41,74
Araçagi	0,549	10.050,25	0,571724	41,13
Baía da Traição	0,581	10.371,91	0,556433	35,92
Baía Formosa	0,609	29.782,91	0,696037	50,06
Bayeux	0,649	13.276,89	0,613503	41,14
Caaporã	0,602	21.648,78	0,59017	41,18
Cabedelo	0,748	39.869,90	0,765463	54,66
Caldas Brandão	0,568	11.434,45	0,672281	52,07
Canguaretama	0,579	17.280,94	0,6317	42,07
Capim	0,533	10.692,32	0,572252	40,66
Conde	0,618	35.695,96	0,676591	44,02
Cruz do Espírito Santo	0,552	9.477,04	0,533337	31,67
Cuité de Mamanguape	0,524	10.647,66	0,57556	35,46
Curral de Cima	0,529	9.840,21	0,477113	38,72
Goiana	0,651	93.304,73	0,757906	53,88
Gurinhém	0,556	9.778,81	0,580485	41,79
Itabaiana	0,613	13.002,99	0,602316	44,87
Itambé	0,575	13.649,54	0,652206	38,57
Itapororoca	0,564	10.063,87	0,599838	43,22
Jacaraú	0,558	10.200,90	0,667683	43,23
João Pessoa	0,763	25.402,17	0,775261	62,08
Juripiranga	0,548	10.298,26	0,656244	43,03
Lucena	0,583	15.197,92	0,661132	41,48
Mamanguape	0,585	15.320,26	0,656265	45,65
Marcação	0,529	10.121,85	0,575646	31,54
Mari	0,548	10.091,56	0,556592	45,05
Mataraca	0,536	26.426,36	0,643531	54,8
Mogeiro	0,574	12.382,68	0,631956	47,95
Mulungu	0,565	8.922,39	-	36,84
Pedras de Fogo	0,59	18.838,47	0,723047	46,63
Pedro Régis	0,542	8.569,80	0,62163	43,09
Pedro Velho	0,568	11.012,70	0,616341	43,27
Pilar	0,579	9.413,17	0,699173	45,77
Pitimbu	0,57	19.484,92	0,57224	35,67
Riachão do Poço	0,555	11.482,51	0,64693	36,75
Rio Tinto	0,585	11.883,20	0,629526	36,86
Salgado de São Félix	0,568	10.639,36	0,640577	44,51
Santa Rita	0,627	18.672,87	0,657076	42,13
São José dos Ramos	0,541	8.997,07	0,54447	38,32

Município	IDH (2010)	PIB per capita (2020)	IFDM (2016)	IGMA (2023)
São Miguel de Taipu	0,548	10.583,15	0,595024	39,82
Sapé	0,569	11.966,82	0,598885	41,42
Sobrado	0,573	12.380,66	0,620453	38,45

3.5 CLIMA E HIDROLOGIA

Para a caracterização do regime pluviométrico e fluviométrico do Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco (SAPP) foi realizado um levantamento dos dados de todas as redes de monitoramento existentes na área de estudo e cadastradas na base de dados da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) no Portal Hidroweb, que também apresenta um inventário das estações fluviométricas e pluviométricas existentes no país, reunindo dados de níveis, vazões, precipitação, clima, qualidade da água e sedimentos.

A AESA possui o maior número de estações pluviométricas localizadas na área do SAPP e a maioria com dados de precipitação disponíveis. No Hidroweb, os dados da AESA estão atualizados até 2018. Contudo, para a elaboração do presente estudo, foram fornecidos pela AESA dados de precipitação consistidos e atualizados até o ano de 2022 para 20 estações localizadas na área do SAPP. Os dados foram homogeneizados para o período entre 1994 e 2022 (29 anos), período esse utilizado para a elaboração dos mapas de isoietas e para a caracterização da precipitação nas bacias hidrográficas.

Para a análise do escoamento superficial dos rios das bacias foram utilizadas as estações fluviométricas da ANA, CPRM e AESA. Foram selecionadas 11 estações com dados de monitoramento adequados para as análises e localizadas nas bacias de influência da área do SAPP. Foram calculadas as vazões características em cada estação (Q_{mlp}, Q_{50}, Q_{90}, Q_{95}, Q_{98} e Q_{99}) e realizadas avaliações acerca do escoamento superficial e de base, através dos hidrogramas de escoamento. Realizou-se a separação dos escoamentos superficial e subterrâneo através da aplicação de filtros numéricos aos hidrogramas de escoamento para cada ano hidrológico. Foram utilizados filtros matemáticos desenvolvidos por Lyne e Hollick (1979), Chapman (1991), Chapman e Maxwell (1996), Eckhardt (2005; 2008), e Collischonn e Fan (2013).

3.5.1 *Dados de monitoramento pluviométrico*

Para a área do SAPP estão cadastradas no Hidroweb 90 estações pluviométricas, cuja distribuição, considerando seus operadores, é apresentada no Quadro 3.11. Conforme pode-se observar no Quadro 3.11 e Quadro 3.12, a AESA possui o maior número de estações localizadas na área do SAPP e a maioria com dados de precipitação pluviométrica disponíveis. No Hidroweb, os dados da AESA estão atualizados até 2018. Contudo, para a elaboração do presente estudo, foram disponibilizados os dados de precipitação consistidos e atualizados até o ano de 2022 para 20 estações localizadas na área do SAPP.

Quadro 3.11 – Estações pluviométricas localizadas na área do SAPP

Operador	Número de Estações	Estações com dados disponíveis
AESA-PB	36	35
CAGEPA	19	0
CEMADEN	18	5
DNOS	6	1
DNOCS	4	3
SUDENE	3	2
INMET	2	1
ANA/CPRM	1	1
EMPARN-RN	1	0
Total Geral	**90**	**48**

Quadro 3.12 – Estações pluviométricas da AESA localizadas na área do SAPP.

Nome	Código	Dados	Operando	Latitude	Longitude	Altitude	Município	Responsável	Operador	Bacia	Selecionada
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	1995-2022	Sim	-6,671	-34,954	0	BAÍA DA TRAIÇÃO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Sim
LUCENA	634001	1996-2022 (falhas)	Sim	-6,893	-34,883	0	LUCENA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Miriri	Não
CABEDELO/CAGEPA	634002	1998-2022	Sim	-6,971	-34,833	0	CABEDELO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	1995-2022	Sim	-6,561	-35,135	0	MAMANGUAPE	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Camaratuba	Sim
RIO TINTO/USINA AGICAM	635119	1994-2016 (falhas)	Sim	-6,611	-35,056	0	RIO TINTO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Camaratuba	Não
RIO TINTO	635127	1996-2022	Sim	-6,810	-35,075	0	RIO TINTO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Sim
CAPIM	635129	1994-2018	Sim	-6,923	-35,173	0	CAPIM	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Sim
MAMANGUAPE	635138	1994-2022	Sim	-6,836	-35,121	0	MAMANGUAPE	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Sim
MARCAÇÃO	635139	2010-2012 (falhas)	Sim	-6,772	-35,016	0	MARCAÇÃO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Não
MATARACA	635140	1996-2022	Sim	-6,601	-35,054	0	MATARACA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Camaratuba	Sim
CONDE	734000	1996-2022 (falhas)	Sim	-7,253	-34,922	100	CONDE	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Não
SANTA RITA	734001	1996-2022	Sim	-7,141	-34,983	16	SANTA RITA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	1994-2022	Sim	-7,083	-34,833	5	JOÃO PESSOA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
ALHANDRA	734008	1994-2022	Sim	-7,426	-34,911	49	ALHANDRA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Abiaí	Sim
BAYEUX	734036	1996-2022	Sim	-7,134	-34,938	0	BAYEUX	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
JOÃO PESSOA/MARES	734037	1996-2022	Sim	-7,156	-34,909	0	JOÃO PESSOA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	1996-2022	Sim	-7,197	-34,813	0	JOÃO PESSOA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
JOÃO PESSOA/CEDRES	734039	2007-2022	Sim	-7,217	-34,950	0	JOÃO PESSOA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Não
CONDE/AÇ.GRAMAME MAMUABA	734040	1995-2022	Sim	-7,253	-34,930	0	CONDE	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Sim
PITIMBU	734041	1996-2022	Sim	-7,454	-34,837	0	PITIMBU	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Abiaí	Sim
CABEDELO/EMATER	734042	2001-2018	Sim	-7,088	-34,850	0	CABEDELO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não

Nome	Código	Dados	Operando	Latitude	Longitude	Altitude	Município	Responsável	Operador	Bacia	Selecionada
CAAPORÃ	734043	1994-2022	Sim	-7,5156	-34,9172	0	CAAPORÃ	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Abiaí	Sim
SAPÉ	735006	1924-1993	Sim	-7,093	-35,223	125	SAPÉ	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
ITABAIANA	735015	1910-1994	Sim	-7,325	-35,345	45	ITABAIANA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	1995-2022	Sim	-7,141	-35,091	20	CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
CALDAS BRANÃO	735035	1962-1994	Sim	-7,103	-35,324	146	CALDAS BRANDÃO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
RIACHÃO DO POÇO	735192	2010-2018	Sim	-7,149	-35,263	0	RIACHÃO DO POÇO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
SOBRADO	735193	2010-2012	Sim	-7,146	-35,236	0	SOBRADO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
PONTE DA BATALHA	735194	Sem dados	Sim	-7,130	-35,048	0	SOBRADO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	1994-2018	Sim	-7,250	-35,209	0	SÃO MIGUEL DE TAIPU	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
SANTA RITA/INDAIÁ	735197	2007-2016	Sim	-7,225	-35,032	0	SANTA RITA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Não
PEDRAS DE FOGO/ENGENHO NOVO I	735198	2007-2010	Sim	-7,286	-35,154	0	PEDRAS DE FOGO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Não
PEDRAS DE FOGO/CAMPO VERDE	735199	2007-2010	Sim	-7,263	-35,117	0	PEDRAS DE FOGO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Não
PEDRAS DE FOGO/FAZ.BURACO FUNDO	735200	2007-2010	Sim	-7,322	-35,058	0	PEDRAS DE FOGO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Não
JURIPIRANGA	735202	1996-2018 (falhas)	Sim	-7,372	-35,241	0	JURIPIRANGA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
PEDRAS DE FOGO	735203	1994-2022	Sim	-7,401	-35,118	0	PEDRAS DE FOGO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Sim

Em relação aos dados de precipitação da CAGEPA, não existem dados disponíveis no Hidroweb (Quadro 3.13). Os dados de precipitação do CEMADEM estão disponíveis para cinco das 18 estações localizadas na área do SAPP, conforme apresentado no Quadro 3.14, sendo que das cinco, quatro possuem 100% dos dados disponíveis entre 1994 e 2018 e uma possui dados disponíveis entre 1999 e 2018 (sem falhas).

A disponibilidade de dados das estações do DNOCS, DNOS e SUDENE para a área do SAPP é apresentada no Quadro 3.15. É possível observar que os dados estão compreendidos no período entre 1910 e 1994. Dessas estações, foram selecionadas quatro (Mamanguape, Santa Rita, João Pessoa e Alhandra) para avaliar a evolução da precipitação pluviométrica na área do SAPP ao longo de três períodos distintos: 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022, sendo que para esse último período foram utilizadas as estações da AESA, de mesmo nome, localizadas próximas aos antigos postos do DNOCS, DNOS e SUDENE.

O Quadro 3.15 também apresenta a disponibilidade de dados das estações da ANA/CPRM e do INMET. A disponibilidade dos dados nessas estações compreende o período entre 1980 e 2022 para a estação Ponte da Batalha da ANA/CPRM e 1961 a 2019 para a estação João Pessoa do INMET. Tanto a estação da ANA/CPRM como a do INMET foram consideradas no estudo.

A partir das análises realizadas, observou-se que o período com maior quantidade de dados disponível, considerando anos completos de dados de precipitação, foi aquele compreendido entre 1994 e 2022. Esse período, portanto, foi considerado nas análises subsequentes e determinou a seleção das estações pluviométricas do presente estudo.

Para a elaboração do mapa de isoietas, foram consideradas as estações da AESA, INMET e da ANA/CPRM existentes na área do SAPP, com dados disponíveis entre 1994 e 2022, compreendendo ao todo 20 estações (18 da AESA, uma do INMET e uma da ANA/CPRM). Além dessas, foram selecionadas outras 14 estações externas à área de estudo e que possuem dados de monitoramento de precipitação nesse mesmo período, sendo 11 da AESA, uma da ANA/CPRM e duas do CEMADEN. No total, portanto, para a elaboração das isoietas de precipitação foram selecionadas 34 estações pluviométricas, cuja localização e informações podem ser visualizados na Figura 3.28 e Quadro 3.16, respectivamente.

Quadro 3.13 – Estações pluviométricas da CAGEPA localizadas na área do SAPP.

Nome	Código	Dados	Operando	Latitude	Longitude	Altitude	Município	Responsável	Operador	Bacia	Selecionada
ÁGUA MINERAL (04)	735128	ND	Sim	-7,183	-35,017	85	SANTA TERESINHA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
ENGENHO FAZENDINHA (09)	735131	ND	Sim	-7,3	-35,15	127	PEDRAS DE FOGO	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
FAZENDA BULHÕES (12)	735134	ND	Sim	-7,367	-35,05	99	PEDRAS DE FOGO	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
FAZENDA IMBE (08)	735130	ND	Sim	-7,25	-35,117	122	PEDRAS DE FOGO	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
FAZENDA MAMOABA DE CIMA (10)	735132	ND	Sim	-7,283	-35,083	136	PEDRAS DE FOGO	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
FAZENDA MUMBABA (06)	734026	ND	Sim	-7,2	-34,983	76	SANTA TERESINHA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
FAZENDA PRINCESA (07)	735129	ND	Sim	-7,217	-35,1	89	PEDRAS DE FOGO	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
FAZENDA SANTA EMÍLIA (11)	735133	ND	Sim	-7,367	-35,117	135	PEDRAS DE FOGO	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
FAZENDA SANTO ANTÔNIO (16)	734028	ND	Sim	-7,283	-34,95	72	ALHANDRA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
FAZENDA VENEZA (17)	734029	ND	Sim	-7,167	-34,9	55	JOÃO PESSOA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
IMBIRIBEIRA (15)	735136	ND	Sim	-7,267	-35,05	101	PEDRAS DE FOGO	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
JANGADA (03)	735127	ND	Sim	-7,333	-35,083	125	PEDRAS DE FOGO	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
MARACANÃ	734025	ND	Sim	-7,25	-34,983	71	SANTA TERESINHA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
MARES (01)	734024	ND	Sim	-7,15	-34,9	38	JOÃO PESSOA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
R-2 (21)	734031	ND	Sim	-7,083	-34,9	44	JOÃO PESSOA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
R-5 (22)	734032	ND	Sim	-7,083	-34,867	61	JOÃO PESSOA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
R-9 (19)	734030	ND	Sim	-7,1	-34,817	4	JOÃO PESSOA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
RIACHO DO SALTO (13)	735135	ND	Sim	-7,267	-35,033	110	ALHANDRA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não
VÁRZEA CERCADA (14)	734027	ND	Sim	-7,333	-34,983	76	ALHANDRA	CAGEPA	CAGEPA	SBH do Rio Gramame	Não

Quadro 3.14 – Estações pluviométricas do CEMADEN localizadas na área do SAPP.

Nome	Código	Dados	Operando	Latitude	Longitude	Altitude	Município	Responsável	Operador	Bacia	Selecionada
CABEDELO_Centro	634003	ND	Sim	-6,973	-34,836	5	CABEDELO	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
MATARACA_Mataraca Baixa	635135	1994-2018	Sim	-6,602	-35,051	16	MATARACA	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Rio Camaratuba	Não
BAYEUX_São Bento	734044	1994-2018	Sim	-7,122	-34,906	11	BAYEUX	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
BAYEUX_Alto da Boa Vista	734045	1994-2018	Sim	-7,133	-34,940	51	BAYEUX	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
BAYEUX_Jardim Planalto	734046	1999-2018	Sim	-7,148	-34,923	56	BAYEUX	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
CAAPORÃ_Centro	734047	ND	Sim	7,516	-34,916	64	CAAPORÃ	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Rio Abiaí	Não
CABEDELO_Praia do Jacaré	734048	ND	Sim	-7,037	-34,851	8	CABEDELO	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
CABEDELO_Renascer II	734049	ND	Sim	-7,076	-34,850	10	CABEDELO	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
JOÃO PESSOA_Bairro do Cristo	734050	ND	Sim	-7,166	-34,882	52	JOÃO PESSOA	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
JOÃO PESSOA_Cuiá	734051	ND	Sim	-7,184	-34,859	40	JOÃO PESSOA	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
JOÃO PESSOA_Grotão	734052	ND	Sim	-7,185	-34,880	54	JOÃO PESSOA	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
JOÃO PESSOA_Altiplano	734053	ND	Sim	-7,148	-34,798	22	JOÃO PESSOA	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
JOÃO PESSOA_Tambauzinho	734054	ND	Sim	-7,124	-34,847	33	JOÃO PESSOA	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
JOÃO PESSOA_Manaíra	734055	ND	Sim	-7,109	-34,837	8	JOÃO PESSOA	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
JOÃO PESSOA_Centro	734056	ND	Sim	-7,119	-34,886	39	JOÃO PESSOA	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
PITIMBU_Centro	734057	ND	Sim	-7,478	-34,813	20	PITIMBU	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Rio Abiaí	Não
MARI_Centro	735215	1994-2018	Sim	-7,061	-35,317	147	MARI	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
SAPÉ_Sapé	735217	ND	Sim	-7,098	-35,224	116	SAPÉ	CEMADEN	CEMADEN	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não

Quadro 3.15 – Estações pluviométricas da ANA/CPRM, INMET, DNOCS, DNOS e SUDENE localizadas na área do SAPP.

Nome	Código	Dados	Operando	Latitude	Longitude	Altitude	Município	Responsável	Operador	Bacia	Selecionada
CAPIM	635039	ND	Não	-6,950	-35,167	60	MAMANGUAPE	DNOS	DNOS	SBH do Rio Miriri	Não
JACARAU	635043	1962-1993	Não	-6,667	-35,283	140	JACARAÚ	SUDENE	SUDENE	SBH do Rio Camaratuba	Não
MAMANGUAPE	635044	1910-1993	Sim	-6,833	-35,117	54	MAMANGUAPE	DNOCS	DNOCS	SBH do Rio Mamanguape	Sim
MATARACA	635045	1962-1987	Não	-6,600	-35,050	35	MATARACA	SUDENE	SUDENE	SBH do Rio Camaratuba	Não

Nome	Código	Dados	Operando	Latitude	Longitude	Altitude	Município	Responsável	Operador	Bacia	Selecionada
RIO TINTO	635046	ND	Não	-6,817	-35,083	53	RIO TINTO	SUDENE	SUDENE	SBH do Rio Mamanguape	Não
CAMARATUBA	635051	ND	Não	-6,833	-35,117	53	MAMANGUAPE	DNOS	DNOS	SBH do Rio Mamanguape	Não
BAIA FORMOSA - PREFEITURA	635089	ND	Sim	-6,383	-35,000	25	BAÍA FORMOSA	EMPARN-RN	EMPARN-RN	SBH do Rio Guaju	Não
SANTA RITA	734001	1926-1989	Sim	-7,141	-34,983	16	SANTA RITA	SUDENE	SUDENE	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
JOÃO PESSOA	734003	1912-1971	Sim	-7,117	-34,883	5	JOÃO PESSOA	DNOCS	DNOCS	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
JOÃO PESSOA	734004	1977-1978	Não	-7,133	-34,883	37	JOÃO PESSOA	DNOS	DNOS	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
JOÃO PESSOA	734006	1961-2019 (clima)	Sim	-7,100	-34,867	44	JOÃO PESSOA	INMET	INMET	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
ALHANDRA	734007	1936-1994	Não	-7,400	-34,900	49	ALHANDRA	DNOS	DNOS	SBH do Rio Abiaí	Sim
MUSSU MAGRO	734014	ND	Não	-7,117	-34,883	10	JOÃO PESSOA	DNOS	DNOS	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
PILAR	735007	1922-1994	Sim	-7,100	-35,283	35	PILAR	DNOCS	DNOCS	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
PONTE DA BATALHA	735036	1980-2022	Sim	-7,130	-35,048	18	SANTA TERESINHA	ANA	CPRM	SBH do Baixo Rio Paraíba	Sim
ITAMBÉ	735093	ND	Não	-7,417	-35,100	190	ITAMBÉ (EX-TAMBÉ)	DNOS	DNOS	SBH do Rio Abiaí	Não
ALGODÃO DO MANSO	735098	ND	Não	-7,000	-35,000	380	FREI MIGUELINHO	DNOCS	DNOCS	SBH do Baixo Rio Paraíba	Não
MAGUARI (ESPÍRITO SANTO)	735101	ND	Não	-7,233	-35,117	600	CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	INMET	INMET	SBH do Rio Gramame	Não

Quadro 3.16 – Estações pluviométricas selecionadas para a elaboração dos mapas de isoietas na área do SAPP e seu entorno.

Nome	Código	Operando	Latitude	Longitude	Altitude	Município	Responsável	Operadora	Bacia	Area do SAPP
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	Sim	-6,6714	-34,9539	0	BAÍA DA TRAIÇÃO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Interna
CABEDELO/CAGEPA	634002	Sim	-6,9714	-34,8325	0	CABEDELO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
BELÉM	635066	Sim	-6,7167	-35,5000	150	GURINHÉM	AESA-PB	AESA-PB	-	Externa
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	Sim	-6,5611	-35,1350	0	MAMANGUAPE	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Camaratuba	Interna
DUAS ESTRADAS	635121	Sim	-6,6897	-35,4197	0	DUAS ESTRADAS	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Camaratuba	Externa
PIRPIRITUBA	635124	Sim	-6,7811	-35,4947	0	PIRPIRITUBA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Externa
RIO TINTO	635127	Sim	-6,8100	-35,0747	0	RIO TINTO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Interna
CAPIM	635129	Sim	-6,9228	-35,1731	0	CAPIM	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Interna
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	Sim	-6,3140	-35,0440	24	CANGUARETAMA	CEMADEN	CEMADEN	-	Externa

Nome	Código	Operando	Latitude	Longitude	Altitude	Município	Responsável	Operadora	Bacia	Area do SAPP
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	Sim	-6,2620	-35,2100	14	GOIANINHA	CEMADEN	CEMADEN	-	Externa
GUARABIRA	635136	Sim	-6,8453	-35,4964	0	GUARABIRA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Externa
JACARAÚ	635137	Sim	-6,6136	-35,2917	0	JACARAÚ	AESA-PB	AESA-PB	-	Externa
MAMANGUAPE	635138	Sim	-6,8356	-35,1214	0	MAMANGUAPE	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Mamanguape	Interna
MATARACA	635140	Sim	-6,6014	-35,0536	0	MATARACA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Camaratuba	Interna
SANTA RITA	734001	Sim	-7,1406	-34,9828	16	SANTA RITA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	Sim	-7,0833	-34,8333	5	JOÃO PESSOA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
JOÃO PESSOA	734006	Sim	-7,1000	-34,8667	44	JOÃO PESSOA	INMET	INMET	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
ALHANDRA	734008	Sim	-7,4256	-34,9106	49	ALHANDRA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Abiaí	Interna
BAYEUX	734036	Sim	-7,1336	-34,9383	0	BAYEUX	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
JOÃO PESSOA/MARES	734037	Sim	-7,1558	-34,9089	0	JOÃO PESSOA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	Sim	-7,1972	-34,8131	0	JOÃO PESSOA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	Sim	-7,2531	-34,9297	0	CONDE	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Interna
PITIMBU	734041	Sim	-7,4544	-34,8369	0	PITIMBU	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Abiaí	Interna
CAAPORÃ	734043	Sim	-7,5156	-34,9172	0	CAAPORÃ	AESA-PB	AESA-PB	-	Externa
MULUNGU	735009	Sim	-7,0294	-35,4681	100	MULUNGU	ANA	CPRM	SBH do Rio Mamanguape	Externa
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	Sim	-7,1408	-35,0911	20	CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
PONTE DA BATALHA	735036	Sim	-7,1300	-35,0475	18	SANTA TERESINHA	ANA	CPRM	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
MOGEIRO	735164	Sim	-7,3075	-35,4764	118	MOGEIRO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Externa
MARI	735190	Sim	-7,0536	-35,3200	0	MARI	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Externa
GURINHÉM	735191	Sim	-7,1261	-35,4250	0	GURINHÉM	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Externa
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	Sim	-7,2503	-35,2089	0	SÃO MIGUEL DE TAIPU	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Interna
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	Sim	-7,3558	-35,4344	0	SALGADO DE SÃO FÉLIX	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Baixo Rio Paraíba	Externa
PEDRAS DE FOGO	735203	Sim	-7,4014	-35,1175	0	PEDRAS DE FOGO	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Rio Gramame	Interna
NATUBA	735205	Sim	-7,6414	-35,5533	0	NATUBA	AESA-PB	AESA-PB	SBH do Médio Rio Paraíba	Externa

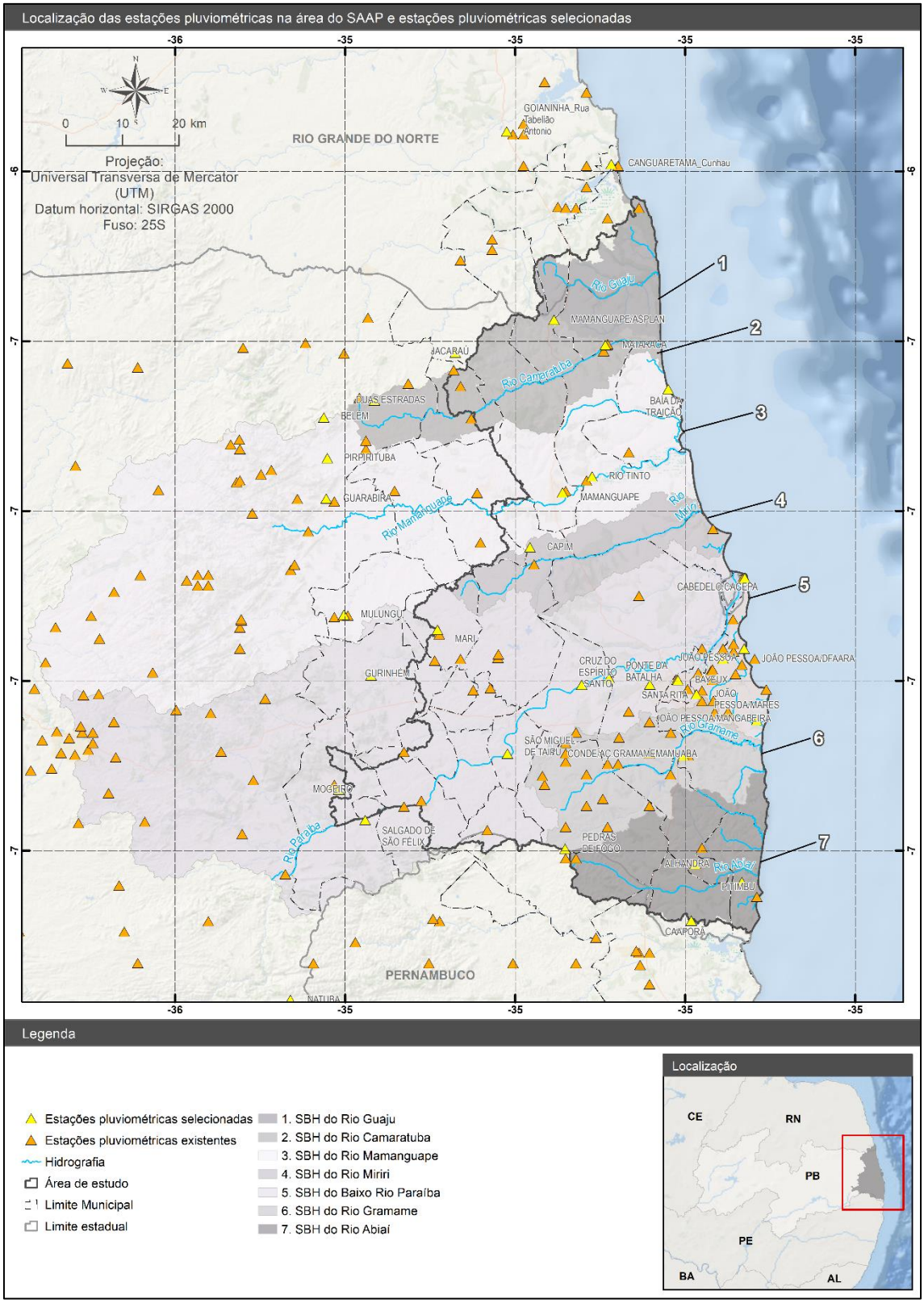


Figura 3.28 – Localização das estações pluviométricas na área do SAPP e estações pluviométricas selecionadas.

O Quadro 3.17 apresenta o diagrama de Gantt com a disponibilidade temporal dos dados de precipitação das estações pluviométricas selecionadas, onde pode-se visualizar o número de meses completos de cada ano.

Percebe-se que existem falhas nas estações, principalmente no período compreendido entre 1994 e 1998 e no período entre 2018 e 2022. Para garantia da qualidade dos dados foi realizada uma análise de consistência, seguida pelo preenchimento de falhas e extensão das séries de dados mensais.

Para o preenchimento das falhas e extensão das séries foi utilizado o método da ponderação regional por correlação em dados mensais. Esse método consiste em estabelecer regressões lineares entre o posto com dados a serem preenchidos ou estendidos (posto Y) e cada um dos postos vizinhos (postos X_i, i = 1, 2., N-1). Para cada mês do ano determina-se o correspondente vetor de correlação, baseado nos postos vizinho, compostos por N-1 valores determinados pela respectiva correlação linear (r_i) entre a série do posto Y com as correspondentes séries dos postos X_i. Obtêm-se, portanto, 12 vetores de correlação, um para cada mês do ano, de forma a levar em consideração os eventuais efeitos de sazonalidade da série em análise. Para um mês específico qualquer, o método é representado pela Equação 1.

$$y = \frac{s_y}{N-1}\left[r_1\frac{x_1 - \bar{x}_1}{s_{x_1}} + r_2\frac{x_2 - \bar{x}_2}{s_{x_2}} + \cdots + r_{N-1}\frac{x_{N-1} - \bar{x}_{N-1}}{s_{x_{N-1}}}\right] + \bar{y}$$

Onde, y é o total mensal precipitado estimado (preenchido ou estendido) para o posto Y, no referido mês; $\bar{y}$ é o total médio precipitado na estação Y, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação; s_y é o desvio padrão do total precipitado na estação Y, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação; x_i é o total mensal observado na estação X_i do grupo homogêneo, no mês em que o total de precipitação na estação Y deve ser preenchido ou estendido; $\bar{x}_i$ é o total médio precipitado na estação X_i, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação; s_{x_i} é o desvio padrão do total precipitado na estação X_i no mês em referência, correspondente ao período comum de observação; e r_i é a correlação linear entre a série de total precipitado na estação Y e a correspondente série na estação X_i, considerando o período comum de observações no mês em referência.

Para a seleção das estações a serem utilizadas no preenchimento em cada época o método calcula a matriz de distâncias entre as estações com base em suas coordenadas e uma matriz

de correlação entre as estações. Com essas duas matrizes calcula-se uma matriz de índices diretamente proporcionais a correlação e inversamente proporcional à distância, selecionando como estações de apoio para o preenchimento das falhas as estações com os índices mais elevados.

As séries mensais de dados de precipitação preenchidas para as 34 estações pluviométricas selecionadas são apresentadas no Anexo IV. O Quadro 3.18 apresenta alguns parâmetros estatísticos das séries como a precipitação total média anual, a precipitação total média do período seco, a precipitação total média do período úmido, o desvio padrão anual e o coeficiente de variação (CV) anual. O CV é uma medida da dispersão (ou variabilidade) de uma série de dados em relação à sua média. Para sua estimativa foi utilizado o total anual precipitado medido em cada estação pluviométrica e correlacionado com a média do período (1994-2022). Quanto menor for o seu valor, mais homogêneos são os dados, ou seja, menos variações interanuais são observadas. No Anexo V apresenta-se uma comparação entre as séries preenchidas e as séries sem preenchimentos, originais da AESA.

Quadro 3.17 – Diagrama de Gantt com a disponibilidade temporal dos dados das estações pluviométricas selecionadas.

Código	Nome	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
634000	BAÍA DA TRAIÇÃO	0	7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
634002	CABEDELO/CAGEPA	0	0	0	0	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	12	12
635066	BELÉM	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0
635117	MAMANGUAPE/ASPLAN	0	6	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0	8	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
635121	DUAS ESTRADAS	0	0	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	0	0	0
635124	PIRPIRITUBA	0	0	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	8	8	12	12	12	12	12	11	0	0	0	0
635127	RIO TINTO	0	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
635129	CAPIM	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	0	0	0	0
635131	CANGUARETAMA_Cunhau	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	0	0	0	0
635132	GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	7	0	0	0	0
635136	GUARABIRA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9	7	11	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	5	0	0	0	0
635137	JACARAÚ	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0
635138	MAMANGUAPE	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
635140	MATARACA	0	0	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734001	SANTA RITA	0	0	2	0	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734002	JOÃO PESSOA/DFAARA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734006	JOÃO PESSOA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	6	0	0	0
734008	ALHANDRA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734036	BAYEUX	0	0	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734037	JOÃO PESSOA/MARES	0	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734038	JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	0	0	3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734040	CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	0	7	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734041	PITIMBU	0	0	9	6	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
734043	CAAPORÃ	0	0	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
735009	MULUNGU	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9
735019	CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	0	3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
735036	PONTE DA BATALHA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12
735164	MOGEIRO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	8	11	10	11	0	0	0	0
735190	MARI	0	0	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0
735191	GURINHÉM	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	9	0	0	0	0
735196	SÃO MIGUEL DE TAIPU	12	12	2	12	12	12	12	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0	0	0	0

Código	Nome	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
735201	SALGADO DE SÃO FÉLIX	0	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	0	0	0	0
735203	PEDRAS DE FOGO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
735205	NATUBA	0	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	12	12	0	0	0	0

Quadro 3.18 – Parâmetros estatísticos das séries mensais de precipitação preenchidas (1994 a 2022).

Código	Nome	Média Mensal (mm)												Total Médio Anual (mm)	Total Médio do período (mm)		Desvio Padrão	CV (%)
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		Seco	Chuvoso		
634000	BAÍA DA TRAIÇÃO	90,0	96,0	194,1	238,9	249,9	327,4	251,4	123,4	67,5	20,8	19,9	37,5	1.716,9	331,7	1.385,2	434,37	25%
634002	CABEDELO/CAGEPA	72,4	95,4	144,1	218,0	277,6	338,5	250,9	124,0	64,9	21,0	15,7	29,7	1.652,1	299,1	1.353,0	451,42	27%
635066	BELÉM	72,3	73,3	110,9	102,1	123,2	145,4	131,7	62,4	33,4	7,7	11,4	28,1	901,8	226,2	675,7	289,98	32%
635117	MAMANGUAPE/ASPLAN	96,2	121,5	169,1	180,3	196,0	244,2	207,3	93,2	66,6	23,9	24,8	46,8	1.469,8	379,7	1.090,0	353,01	24%
635121	DUAS ESTRADAS	62,5	77,4	104,7	113,4	125,4	148,1	141,7	58,0	31,4	9,4	8,4	21,2	901,7	210,4	691,3	247,61	27%
635124	PIRPIRITUBA	79,5	83,1	122,3	124,7	138,6	155,4	146,4	65,9	38,7	15,9	14,2	33,9	1.018,6	265,4	753,2	308,33	30%
635127	RIO TINTO	85,7	111,8	163,8	177,5	199,7	252,1	185,9	85,4	51,6	20,9	19,5	43,2	1.397,0	332,7	1.064,2	374,68	27%
635129	CAPIM	67,3	75,7	115,7	109,6	133,1	162,9	139,5	61,7	31,1	11,4	15,4	34,9	958,1	235,8	722,4	289,76	30%
635131	CANGUARETAMA_Cunhau	85,6	97,0	142,3	150,2	174,9	205,3	208,5	118,1	60,8	28,2	28,0	48,0	1.347,1	347,7	999,3	310,11	23%
635132	GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	94,7	105,5	150,7	152,1	158,3	193,2	189,6	106,9	54,9	22,2	23,4	40,3	1.291,8	341,0	950,8	332,74	26%
635136	GUARABIRA	83,6	90,7	123,2	126,4	141,5	169,0	159,6	78,7	37,4	17,3	16,8	40,0	1.084,3	285,9	798,4	314,48	29%
635137	JACARAÚ	84,8	81,8	116,0	144,8	152,0	189,3	170,6	72,6	42,3	15,7	14,9	30,3	1.115,0	269,7	845,3	279,96	25%
635138	MAMANGUAPE	80,4	96,9	146,7	149,2	177,1	223,6	176,5	77,0	44,5	17,7	16,0	36,0	1.241,6	291,4	950,1	373,93	30%
635140	MATARACA	97,8	115,7	169,5	178,3	208,1	246,0	208,1	92,1	54,9	21,3	17,5	35,6	1.444,9	342,8	1.102,1	382,41	26%
734001	SANTA RITA	82,2	98,7	140,1	171,6	209,4	249,3	178,1	91,3	54,5	24,0	19,4	37,3	1.356,0	316,2	1.039,8	376,25	28%
734002	JOÃO PESSOA/DFAARA	91,0	115,9	177,6	234,4	321,4	366,4	281,4	140,4	73,6	29,2	23,9	38,0	1.893,1	371,5	1.521,5	472,58	25%
734006	JOÃO PESSOA	92,3	108,6	173,5	237,3	313,5	365,1	274,9	142,9	74,4	29,5	24,1	38,1	1.874,2	367,0	1.507,2	463,86	25%
734008	ALHANDRA	94,3	122,9	183,6	221,6	292,6	349,6	265,1	152,3	81,6	37,5	27,4	55,6	1.884,1	419,3	1.464,9	449,00	24%
734036	BAYEUX	91,9	107,3	146,6	205,3	243,1	278,2	207,5	111,8	62,3	30,7	22,0	41,4	1.548,1	355,6	1.192,4	371,23	24%
734037	JOÃO PESSOA/MARES	102,9	115,3	161,1	216,5	266,2	312,5	233,7	123,5	71,2	28,7	25,3	44,9	1.701,7	388,3	1.313,5	407,13	24%
734038	JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	81,0	113,9	163,8	207,7	297,3	359,6	264,0	138,3	69,8	24,5	20,6	36,2	1.776,8	346,0	1.430,8	458,15	26%

Código	Nome	Média Mensal (mm)												Total Médio Anual (mm)	Total Médio do período (mm)		Desvio Padrão	CV (%)
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		Seco	Chuvoso		
734040	CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	86,1	105,3	144,3	176,7	217,9	288,6	219,5	114,0	66,2	25,2	20,0	39,6	1.503,4	342,4	1.161,0	434,37	29%
734041	PITIMBU	77,9	94,1	157,4	234,5	288,4	335,7	271,8	122,1	63,1	27,2	20,9	46,2	1.739,4	329,6	1.409,8	425,60	24%
734043	CAAPORÃ	100,9	121,5	168,5	225,5	269,6	315,5	255,9	132,5	72,7	35,8	29,0	48,5	1.775,8	408,4	1.367,4	424,08	24%
735009	MULUNGU	67,7	71,0	100,8	95,5	128,9	139,1	118,9	54,0	25,2	8,9	10,0	24,9	844,7	207,5	637,2	305,96	36%
735019	CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	78,1	90,0	132,1	145,5	194,3	228,2	163,2	82,9	41,1	17,9	14,4	30,2	1.217,8	271,7	946,1	312,71	26%
735036	PONTE DA BATALHA	77,9	95,9	130,0	151,0	184,0	253,8	210,6	91,7	49,6	19,4	14,8	35,8	1.314,6	293,4	1.021,2	392,41	30%
735164	MOGEIRO	57,2	53,1	72,4	84,8	96,0	117,1	96,8	49,0	23,6	7,8	11,5	21,8	691,1	175,1	516,1	225,56	33%
735190	MARI	74,9	86,0	102,6	109,4	140,5	172,7	139,2	73,5	37,9	15,7	12,7	30,1	995,1	257,2	737,9	275,57	28%
735191	GURINHÉM	64,6	63,3	89,6	103,4	118,5	138,5	111,3	50,3	26,0	8,6	9,1	23,3	806,6	195,0	611,6	245,44	30%
735196	SÃO MIGUEL DE TAIPU	53,4	74,4	85,7	104,8	127,5	169,1	129,0	58,0	29,9	6,5	9,7	24,9	872,9	198,7	674,1	304,60	35%
735201	SALGADO DE SÃO FÉLIX	54,4	58,5	74,6	92,2	96,7	115,6	93,9	35,8	15,5	6,1	9,0	21,2	673,6	164,8	508,8	214,35	32%
735203	PEDRAS DE FOGO	81,0	98,3	115,3	165,8	192,8	256,0	207,9	107,3	53,1	24,5	22,1	41,1	1.365,2	320,1	1.045,1	384,23	28%
735205	NATUBA	61,5	75,4	105,1	122,3	147,4	181,8	157,8	88,9	49,2	23,4	24,8	33,5	1.071,2	268,0	803,3	283,00	26%

3.5.2 *Caracterização da precipitação*

Analisando-se os dados mensais das estações pluviométricas selecionadas, identifica-se que o período chuvoso ocorre entre os meses de março e agosto e o período seco entre os meses de setembro e fevereiro. Durante os meses de março a agosto, as precipitações são mais frequentes e intensas, sendo junho o mês em que ocorrem os maiores índices pluviométricos.

Da Figura 3.29 até Figura 3.35 são apresentados os dados pluviométricos mensais de estações selecionadas, representativas do regime pluviométrico de cada bacia hidrográfica da área de estudo. Para a bacia do Rio Guaju, utilizou-se como estação representativa das precipitações a Mamanguape/Asplan (635117); para a bacia do Rio Camaratuba, a estação Mataraca (635140); para a bacia do Rio Mamanguape, a estação Mamanguape (635138); para a bacia do Rio Miriri, a estação Capim (635129); para a bacia do Baixo Paraíba, a estação Ponte da Batalha (735036); para bacia do rio Gramame, a estação Conde/Aç.GramameMamuaba (734040); e para a bacia do Rio Abiaí, a estação Alhandra (734008).

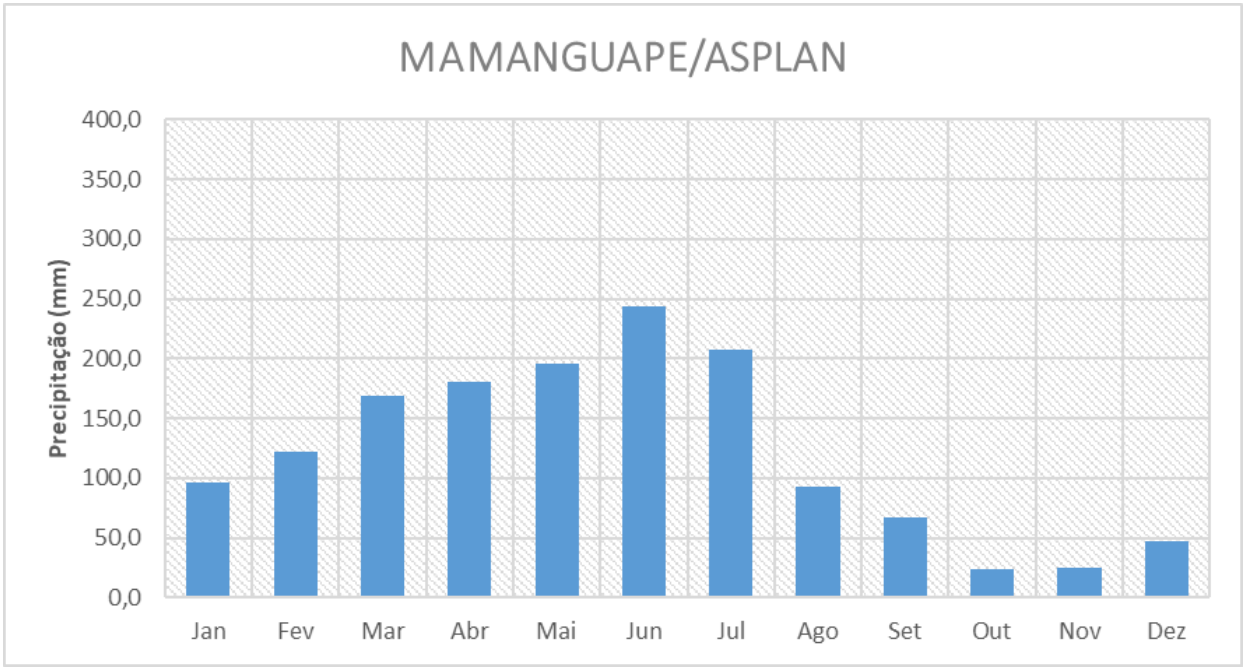


Figura 3.29 – Média mensal de precipitação na estação Mamanguape/Asplan (635117), localizada próxima a bacia do rio Guaju.

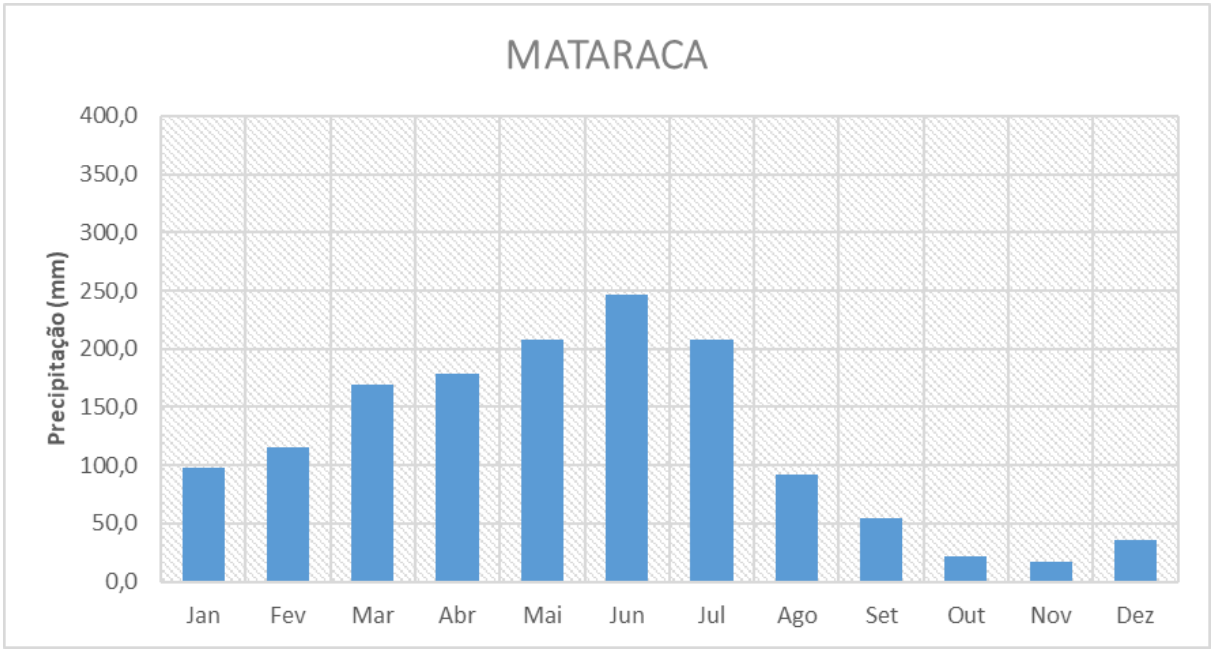


Figura 3.30 – Média mensal de precipitação na estação Mataraca (635140), localizada na bacia do Rio Camaratuba

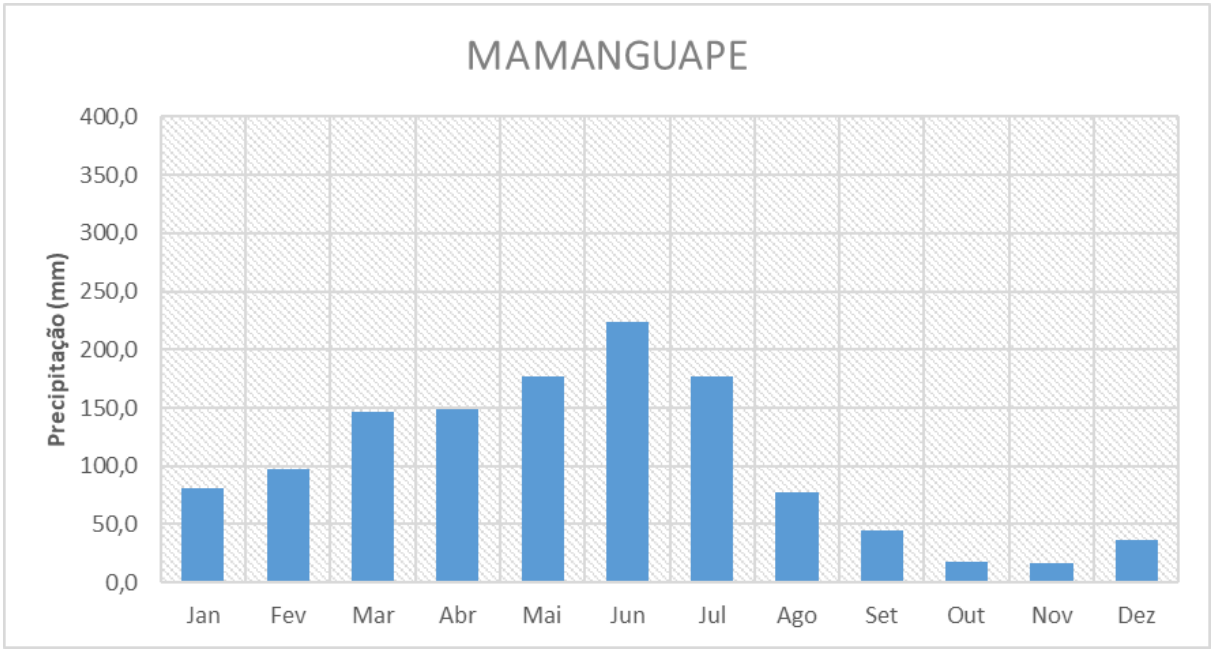


Figura 3.31 – Média mensal de precipitação na estação Mamanguape (635138), localizada na bacia do Rio Mamanguape

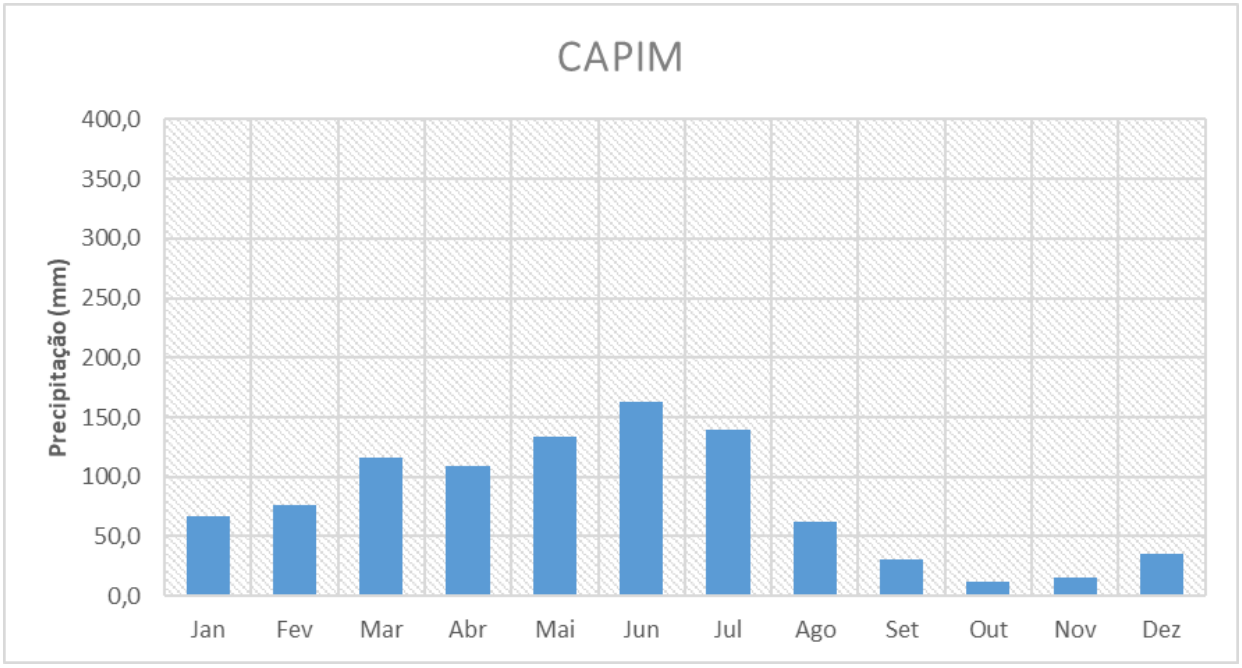


Figura 3.32 – Média mensal de precipitação na estação Capim (635129), localizada na bacia do Rio Miriri

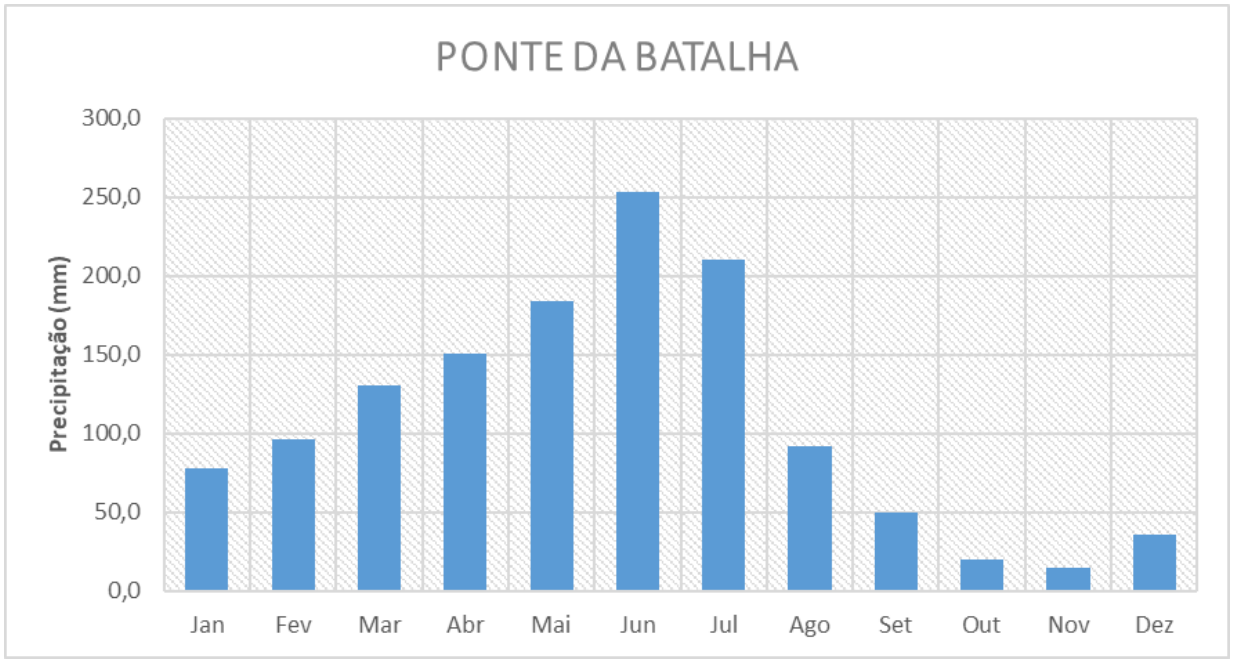


Figura 3.33 – Média mensal de precipitação na estação Ponte da Batalha (735036), localizada na bacia do Baixo Rio Paraíba.

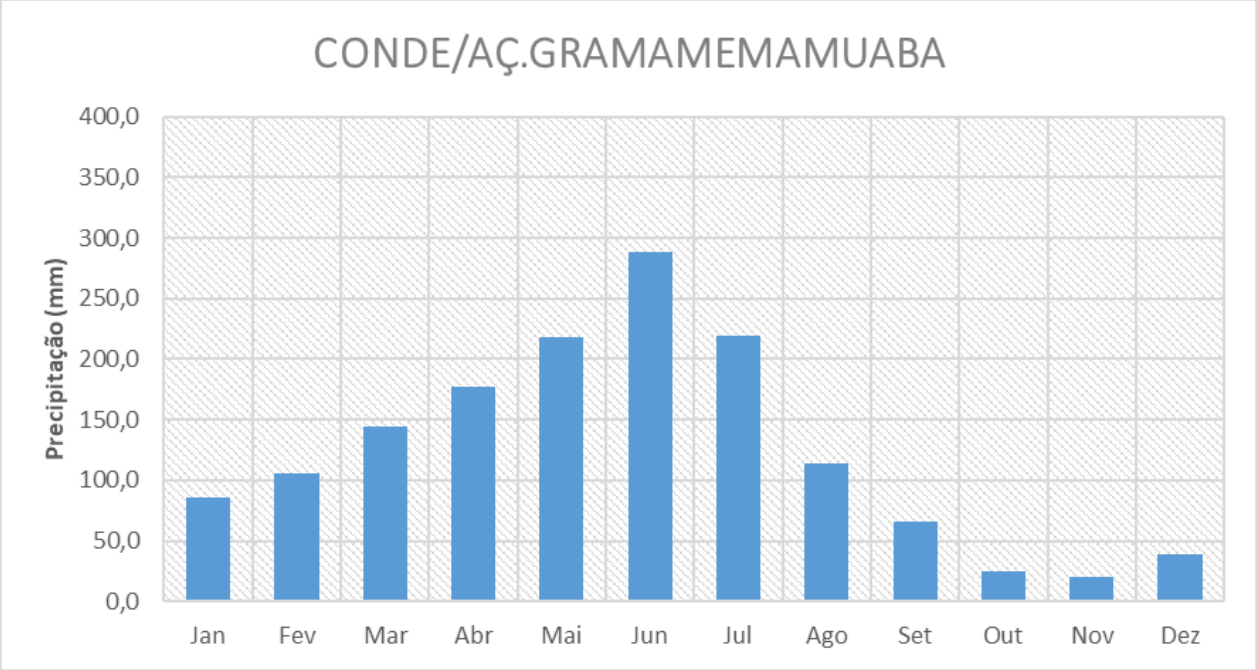


Figura 3.34 – Média mensal de precipitação na estação Conde/Aç.GramameMamuaba (734040), localizada na bacia do Rio Gramame.

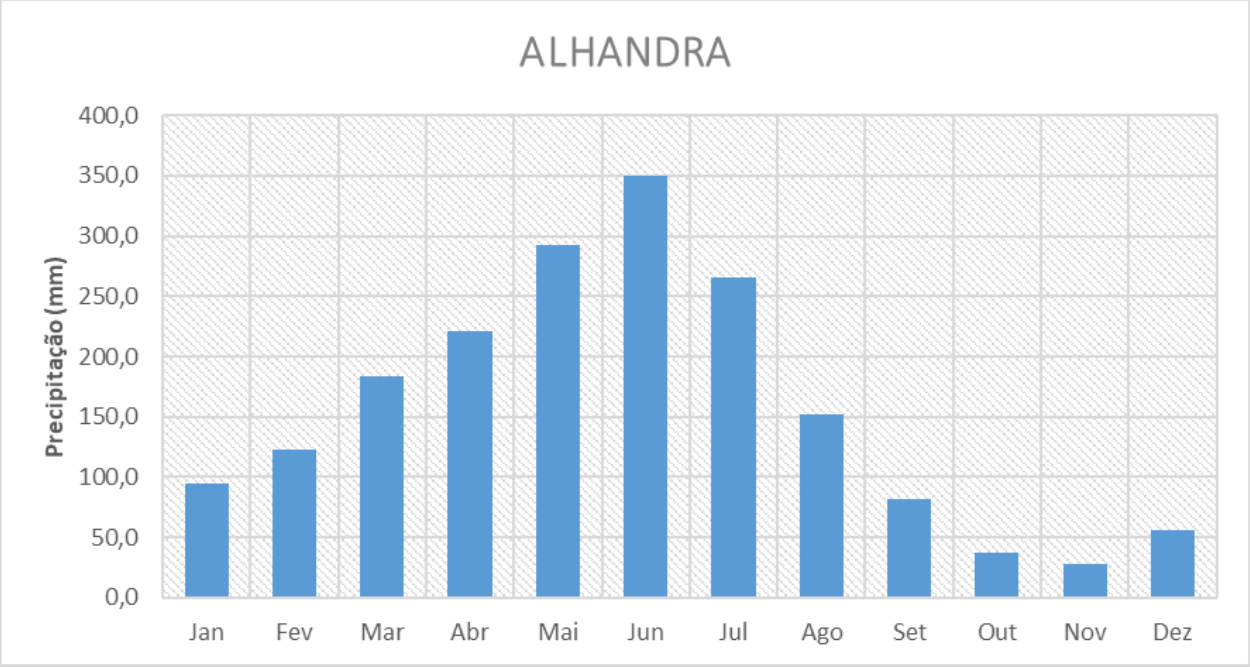


Figura 3.35 – Média mensal de precipitação na estação Alhandra (734008), localizada na bacia do Rio Abiaí.

Percebe-se que as precipitações são maiores nas bacias dos Rios Gramame e Abiaí, com volumes próximos ou superiores a 300 mm no mês mais chuvoso (junho). Nas bacias dos rios Guaju, Camaratuba, Mamanguape e Baixo Paraíba, em junho, as precipitações alcançam em média 250 mm, já na bacia do rio Miriri, registram-se volumes de precipitação inferiores a 200 mm

no mês de junho. Outubro e novembro são os meses mais secos, sendo que nesses meses a precipitação acumulada média não supera os 50 mm em nenhuma bacia da área do SAPP.

Na bacia do Baixo Paraíba, devido a grande quantidade de estações pluviométricas, pode-se comparar o comportamento anual das precipitações de oeste para leste. Na figura são apresentadas as estações Mogeiro (735164), São Miguel de Taipu (735196), Ponte da Batalha (735036), Santa Rita (734001), Bayeux (734036) e João Pessoa (734006) seguindo a ordem de oeste para leste, sendo Mogeiro a estação mais a oeste da bacia e João Pessoa a estação mais a leste. Percebe-se que a precipitação, principalmente na estação chuvosa, aumenta de oeste para leste, sendo maior no litoral do que no interior da bacia. Na estação seca essa diferença diminui, apesar de ainda ser maior no litoral do que no interior. Essa análise será aprofundada posteriormente, em conjunto com o mapa de isoietas e mapa hipsométrico da área do SAPP.

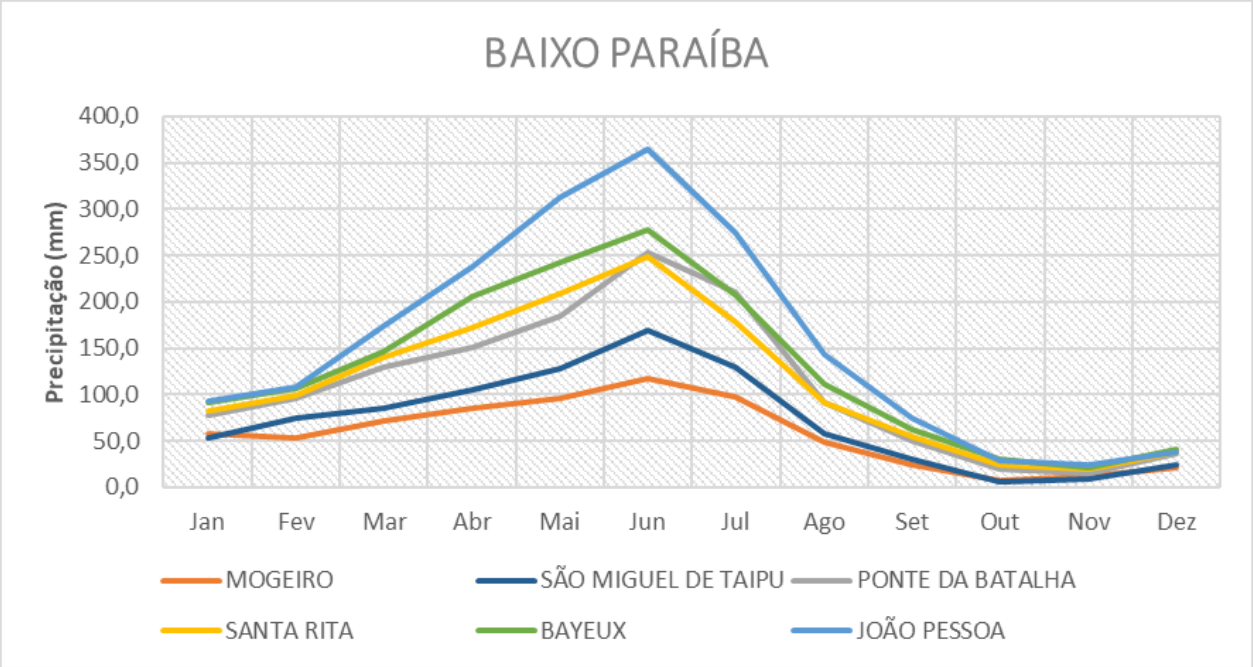


Figura 3.36 – Média mensal de precipitação nas estações localizadas na bacia do Baixo Paraíba.

Analisando-se os dados em escala anual, o Quadro 3.19 apresenta uma comparação entre a precipitação total registrada em cada ano em relação à média do período (1994 a 2022) para cada estação. É possível observar que os anos de 1998, 1999, 2001, 2006, 2010, 2012 e 2021 foram anos mais secos, com totais precipitados no ano abaixo da média do período. Já os anos de 1994, 2000, 2004, 2009, 2011 e 2022 foram anos mais úmidos. O Quadro 3.19 evidencia ainda um número maior de anos mais secos no período recente, com precipitações abaixo da média em sete anos consecutivos entre 2012 e 2018, com os anos de 2013 e 2017 um pouco mais úmido do que os demais.

Quadro 3.19 – Anomalias de precipitação anual em relação à média do período (1994-2022).

Código	Nome	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
634000	BAÍA DA TRAIÇÃO	41%	-9%	27%	-21%	-24%	-45%	44%	-31%	-3%	28%	41%	-9%	-32%	4%	14%	30%	-22%	34%	-22%	16%	4%	-11%	-30%	0%	-19%	-6%	13%	-24%	13%
634002	CABEDELO/CAGEPA	40%	-16%	8%	-20%	-36%	-52%	51%	-44%	8%	21%	16%	-14%	-38%	11%	14%	55%	-14%	17%	-19%	8%	-14%	-32%	-11%	13%	-17%	12%	5%	11%	36%
635066	BELÉM	40%	-16%	9%	10%	-27%	-16%	55%	-49%	15%	-2%	75%	-1%	-44%	5%	6%	49%	-41%	51%	-51%	-27%	-9%	-1%	-10%	-16%	-14%	6%	0%	-28%	33%
635117	MAMANGUAPE/ASPLAN	38%	-22%	-7%	-19%	-18%	-35%	51%	-28%	3%	9%	30%	-7%	-26%	2%	8%	29%	-26%	43%	-35%	17%	-4%	-1%	-17%	1%	-6%	3%	10%	-25%	33%
635121	DUAS ESTRADAS	43%	-10%	2%	-12%	-24%	-34%	44%	-36%	14%	12%	39%	-21%	-23%	6%	11%	61%	-41%	41%	-37%	-16%	-6%	-1%	0%	10%	-19%	-6%	0%	-29%	32%
635124	PIRPIRITUBA	35%	3%	-7%	-3%	-45%	-22%	49%	-46%	-1%	-49%	41%	2%	-27%	17%	26%	58%	-38%	59%	-35%	-7%	2%	-1%	1%	-16%	-8%	5%	0%	-26%	31%
635127	RIO TINTO	37%	-14%	-11%	-8%	-30%	-43%	56%	-39%	2%	16%	16%	-5%	-28%	11%	16%	47%	-25%	43%	-31%	-6%	-8%	-4%	-9%	-2%	-9%	27%	-7%	-31%	39%
635129	CAPIM	44%	-18%	-17%	-2%	-37%	-31%	65%	-48%	-3%	10%	42%	-9%	-32%	13%	22%	43%	-53%	50%	-32%	-5%	-16%	-1%	-8%	-4%	-6%	14%	6%	-21%	35%
635131	CANGUARETAMA_Cunhau	34%	-8%	6%	-3%	-29%	-30%	53%	-17%	2%	1%	53%	-11%	-22%	10%	16%	21%	-24%	35%	-24%	-5%	-12%	-15%	-10%	-7%	-24%	4%	3%	-19%	24%
635132	GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	42%	-16%	-14%	1%	-41%	-21%	60%	-22%	5%	-6%	48%	0%	-22%	17%	24%	28%	-37%	32%	-34%	-14%	5%	-16%	-9%	-20%	-6%	5%	4%	-19%	26%
635136	GUARABIRA	31%	19%	1%	-11%	-34%	-12%	71%	-15%	-5%	12%	69%	3%	-43%	-16%	14%	26%	-54%	34%	-24%	-14%	-15%	-15%	-11%	-16%	-15%	7%	5%	-24%	33%
635137	JACARAÚ	55%	-11%	-3%	-15%	-24%	-38%	36%	-38%	3%	9%	34%	-18%	-19%	10%	17%	42%	-30%	38%	-35%	-6%	-6%	-3%	-11%	1%	-7%	8%	3%	-24%	31%
635138	MAMANGUAPE	64%	-18%	-6%	-8%	-30%	-41%	55%	-52%	-6%	24%	27%	2%	-26%	24%	7%	54%	-27%	33%	-28%	0%	-20%	-9%	-11%	-4%	-22%	14%	-7%	-32%	43%
635140	MATARACA	39%	-11%	-3%	-6%	-16%	-43%	41%	-26%	-10%	9%	47%	-19%	-36%	-25%	1%	11%	-36%	66%	-24%	15%	-11%	20%	-12%	11%	-3%	4%	6%	-19%	31%
734001	SANTA RITA	41%	-12%	11%	-14%	-38%	-33%	50%	-44%	4%	19%	-6%	-32%	-49%	17%	11%	42%	-32%	40%	-9%	15%	-8%	-12%	-2%	11%	-24%	8%	7%	-10%	49%
734002	JOÃO PESSOA/DFAARA	48%	-9%	17%	-13%	-33%	-49%	29%	-38%	5%	8%	19%	2%	-41%	6%	18%	35%	-30%	24%	-13%	14%	-21%	-15%	-17%	10%	-19%	13%	12%	-3%	40%
734006	JOÃO PESSOA	45%	-10%	25%	-16%	-32%	-46%	30%	-37%	7%	15%	19%	4%	-37%	7%	20%	36%	-30%	29%	-11%	-2%	-21%	-21%	-16%	9%	-17%	14%	5%	-6%	36%
734008	ALHANDRA	51%	-9%	15%	-11%	-32%	-36%	51%	-38%	-8%	5%	19%	-3%	-21%	4%	6%	26%	-29%	41%	-20%	16%	-5%	-10%	-19%	6%	-20%	8%	-6%	-6%	24%
734036	BAYEUX	38%	-13%	4%	-19%	-31%	-38%	33%	-45%	-12%	9%	4%	-16%	-37%	22%	21%	17%	-24%	43%	-10%	0%	-10%	-7%	5%	24%	-15%	9%	11%	-7%	43%
734037	JOÃO PESSOA/MARES	36%	-15%	13%	-15%	-29%	-36%	61%	-34%	-1%	9%	2%	-8%	-25%	20%	18%	23%	-26%	34%	-15%	5%	-14%	-20%	-19%	9%	-16%	19%	-4%	-7%	35%
734038	JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	39%	-14%	20%	-22%	-26%	-44%	51%	-37%	14%	31%	21%	-6%	-18%	29%	30%	16%	-46%	19%	-14%	-9%	-24%	-26%	-22%	15%	-7%	12%	1%	-6%	23%
734040	CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	38%	-16%	0%	-21%	-65%	-35%	63%	-39%	-15%	13%	22%	-16%	-30%	15%	18%	23%	-28%	44%	-11%	14%	-11%	-17%	-6%	26%	-12%	14%	18%	-24%	41%
734041	PITIMBU	40%	-10%	9%	-23%	-43%	-41%	51%	-25%	-2%	13%	21%	-14%	-30%	-2%	-8%	31%	-31%	38%	-29%	1%	-17%	-1%	2%	14%	-6%	12%	24%	5%	22%
734043	CAAPORÃ	37%	-11%	5%	-25%	-48%	-41%	54%	-27%	-9%	11%	27%	-10%	-13%	7%	5%	30%	-29%	37%	-17%	18%	-14%	-4%	-9%	-5%	-13%	2%	12%	6%	24%
735009	MULUNGU	47%	15%	6%	-11%	-48%	-25%	51%	-39%	-20%	24%	94%	-13%	-47%	13%	3%	35%	-40%	81%	-17%	-12%	-13%	-17%	-16%	-10%	-15%	-9%	-3%	-50%	35%
735019	CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	42%	-18%	10%	5%	-36%	-38%	56%	-43%	-3%	21%	6%	-10%	-22%	8%	5%	27%	-44%	37%	-14%	6%	-14%	-9%	-3%	8%	-22%	11%	23%	-21%	33%
735036	PONTE DA BATALHA	5%	-24%	-22%	-29%	-43%	-38%	49%	-54%	-1%	31%	10%	-23%	-20%	14%	-2%	65%	-36%	46%	-5%	6%	-14%	-11%	-1%	19%	-3%	27%	30%	-19%	43%
735164	MOGEIRO	42%	-11%	32%	-9%	-50%	-48%	43%	-31%	-12%	1%	65%	9%	-28%	6%	12%	12%	-21%	93%	-19%	-12%	-8%	-40%	-10%	-10%	-26%	9%	10%	-25%	28%
735190	MARI	32%	-5%	6%	-12%	-39%	-27%	50%	-50%	-3%	42%	61%	-12%	-35%	5%	7%	26%	-38%	41%	-14%	3%	-5%	-22%	-10%	0%	-16%	6%	6%	-24%	26%
735191	GURINHÉM	37%	-24%	-6%	-9%	-51%	-27%	52%	-39%	-9%	6%	60%	-12%	-28%	-6%	15%	36%	-29%	81%	-8%	-1%	-19%	-28%	2%	3%	-11%	7%	7%	-25%	28%
735196	SÃO MIGUEL DE TAIPU	82%	-2%	6%	18%	-44%	-50%	59%	-40%	-23%	4%	20%	-17%	-30%	-4%	11%	34%	-37%	74%	-10%	17%	-24%	-22%	10%	-11%	-61%	13%	12%	-21%	33%
735201	SALGADO DE SÃO FÉLIX	47%	-8%	-3%	-16%	-62%	-40%	51%	-18%	-13%	-7%	44%	-15%	-27%	-5%	12%	28%	-17%	99%	-11%	11%	-1%	-21%	-6%	-28%	-7%	7%	8%	-29%	26%
735203	PEDRAS DE FOGO	63%	-10%	23%	-9%	-41%	-38%	55%	-25%	1%	18%	38%	-16%	-30%	4%	-1%	18%	-32%	65%	-9%	13%	-10%	-19%	-13%	-5%	-16%	10%	-10%	-29%	6%
735205	NATUBA	37%	-8%	16%	-13%	-45%	-39%	47%	-15%	5%	-9%	37%	-8%	-25%	16%	-13%	6%	11%	82%	-29%	-1%	-11%	-20%	-9%	-6%	-11%	2%	1%	-17%	17%

A seguir é apresentada uma comparação das precipitações médias mensais em três períodos distintos (1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022) em quatro estações pluviométricas diferentes. Essa avaliação considera as séries históricas de monitoramento pluviométrico dos extintos órgãos DNOCS e DNOS, além de dados da SUDENE, INMET e da AESA. No Quadro 3.20 são apresentados as estações analisadas e o número de anos sem falhas nos períodos.

Quadro 3.20 – Estações pluviométricas utilizadas para a análise das precipitações em três períodos distintos (1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022).

Código	Nome da Estação	Operador	Anos sem falhas nos períodos		
			1934-1963	1964-1993	1994-2022
635044/ 635138	MAMANGUAPE	DNOCS/ AESA	27	15	29
734001 / 734001	SANTA RITA	SUDENE/ AESA	28	17	29
734003/ 734006	JOÃO PESSOA	DNOCS/ INMET	27	20	29
734007/ 734008	ALHANDRA	DNOS/ AESA	26	26	29

Percebe-se que para o período 1964-1993, o número de anos com falhas é maior do que nos demais períodos, principalmente na estação Mamanguape e Santa Rita.

As figuras a seguir apresentam uma comparação da precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 nas estações Mamanguape (Figura 3.37), Santa Rita (Figura 3.38), João Pessoa (Figura 3.39) e Alhandra (Figura 3.40).

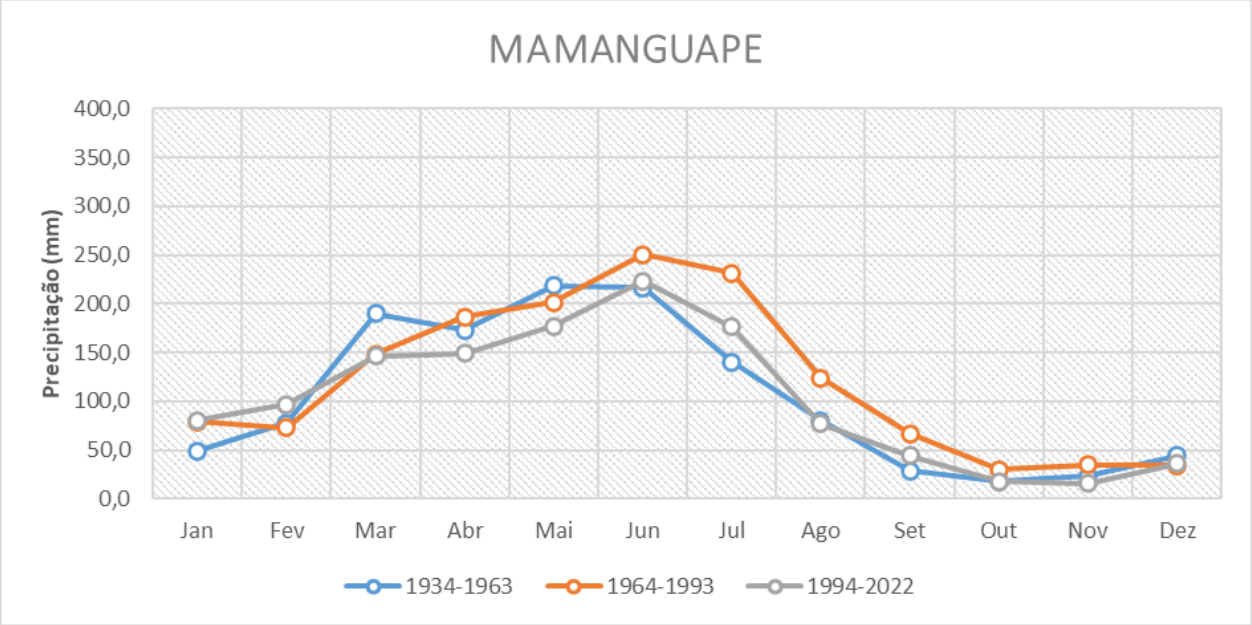


Figura 3.37 – Precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 na estação Mamanguape (635044/ 635138).

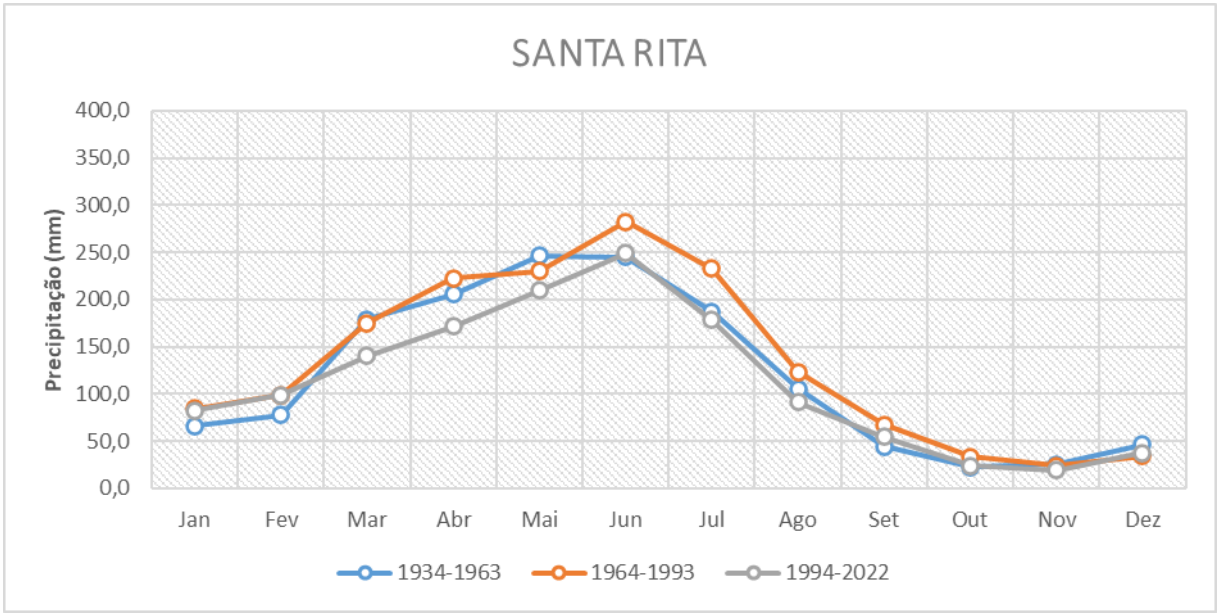


Figura 3.38 – Precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 na estação Santa Rita (734001).

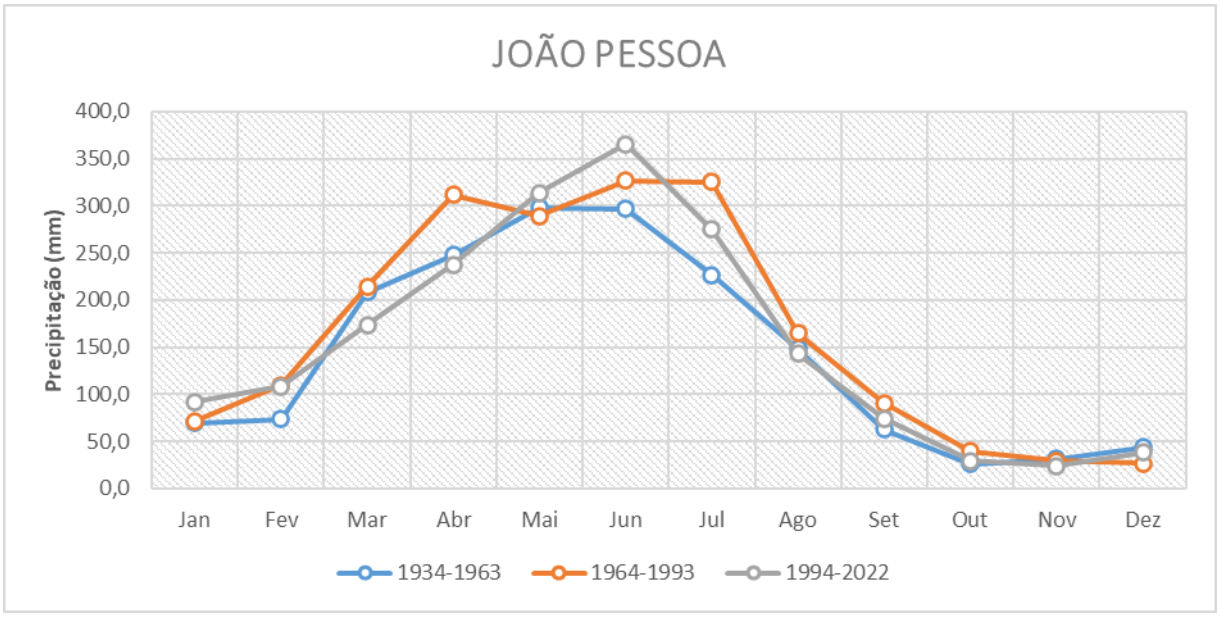


Figura 3.39 – Precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 na estação João Pessoa (734003/ 734006).

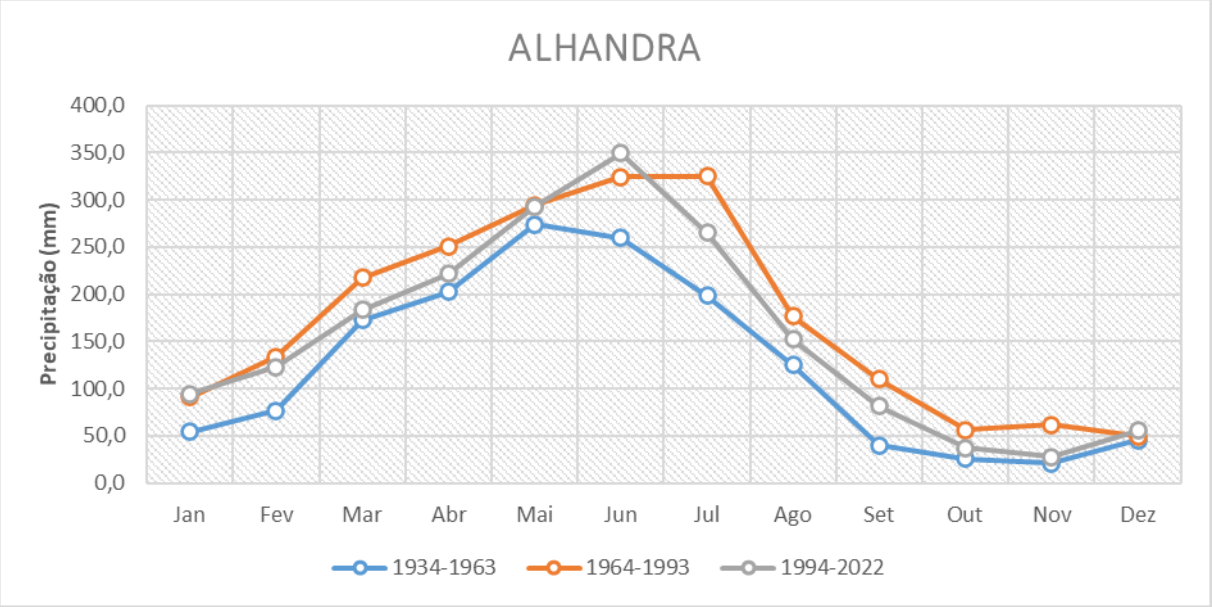


Figura 3.40 – Precipitação média mensal acumulada nos períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 na estação Alhandra (734007/ 734008).

Em todas as estações observa-se que, de forma geral, as precipitações médias do período 1964-1993 foram superiores às médias dos demais períodos. Nas estações João Pessoa e Alhandra, contudo, a média de junho (mês mais úmido) foi superior no período mais recente (1994-2022), podendo-se verificar um aumento das precipitações a cada período.

Em todas as estações, nos meses mais secos (outubro e novembro) não se observa diferenças significativas entre as precipitações médias de cada período, com exceção da estação Alhandra, situada à sudeste da área de estudo, próxima ao litoral, onde as precipitações no período seco ocorrem com maior frequência e intensidade.

Na Figura 3.41 são apresentados os gráficos climatológicos do INMET para os períodos oficiais de referência 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020 na estação João Pessoa (código ANA 734006 ou código INMET 82798), sendo possível compará-los com os períodos 1934-1963, 1964-1993 e 1994-2022 analisados no presente estudo. Percebe-se um comportamento muito semelhante entre os dados de precipitação da estação João Pessoa analisados no presente estudo com os gráficos climatológicos do INMET, com o mês de junho sendo mais úmido no período mais recente e os demais meses sendo mais úmidos no período 1961-1990. Nos meses compreendidos no período seco não se observa diferenças significativas entre as precipitações médias de cada período.

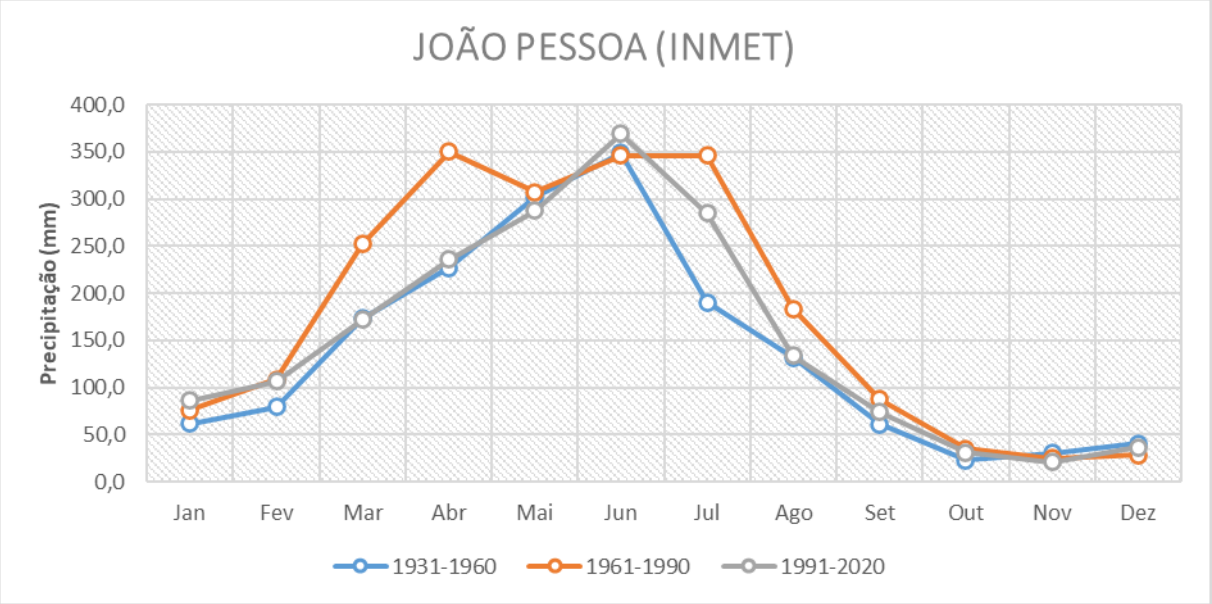


Figura 3.41 – Gráfico climatológico da precipitação média mensal dos períodos oficiais de referência do INMET.

3.5.3 *Distribuição espacial das precipitações*

Para visualizar a distribuição espacial das precipitações na área do SAPP, foram elaborados mapas de isoietas a partir dos dados de precipitação das 34 estações pluviométricas apresentadas no Quadro 3.18. Conforme exposto anteriormente, com base na disponibilidade de dados de precipitação, definiu-se um intervalo de tempo como referência entre 1994 e 2022 para a área de interesse, totalizando 29 anos de observação em cada estação pluviométrica.

Foram elaborados os mapas de isoietas da precipitação total anual média (Figura 3.42), assim como mapas específicos para representar o período seco (Figura 3.43) e o período úmido (Figura 3.44). O mapa de isoietas do período seco destaca as áreas onde ocorrem menores precipitações, identificando regiões mais suscetíveis à escassez hídrica. Já o mapa de isoietas do período úmido destaca as áreas onde as precipitações são maiores, indicando as regiões com maior potencial para recarga de aquíferos, geração de escoamento superficial e formação de reservas hídricas. Essas informações são cruciais para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

A técnica de interpolação matemática utilizada na geração das isoietas foi o de Kriging, na qual os valores medidos circundantes são ponderados para derivar um valor previsto para um local não medido e criar um modelo raster contínuo a partir de dados pontuais de precipitação.

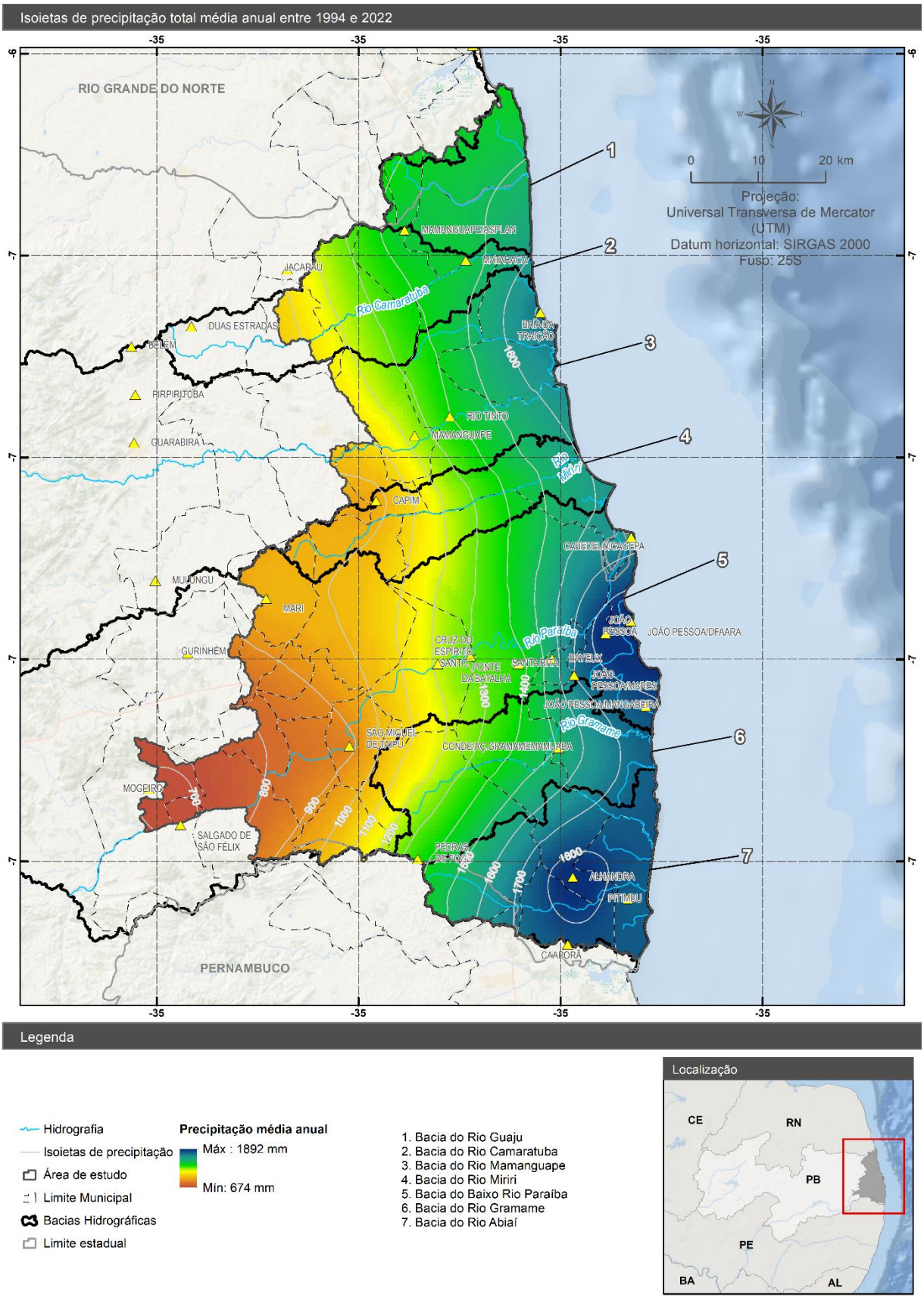


Figura 3.42 – Isoietas de precipitação total média anual entre 1994 e 2022.

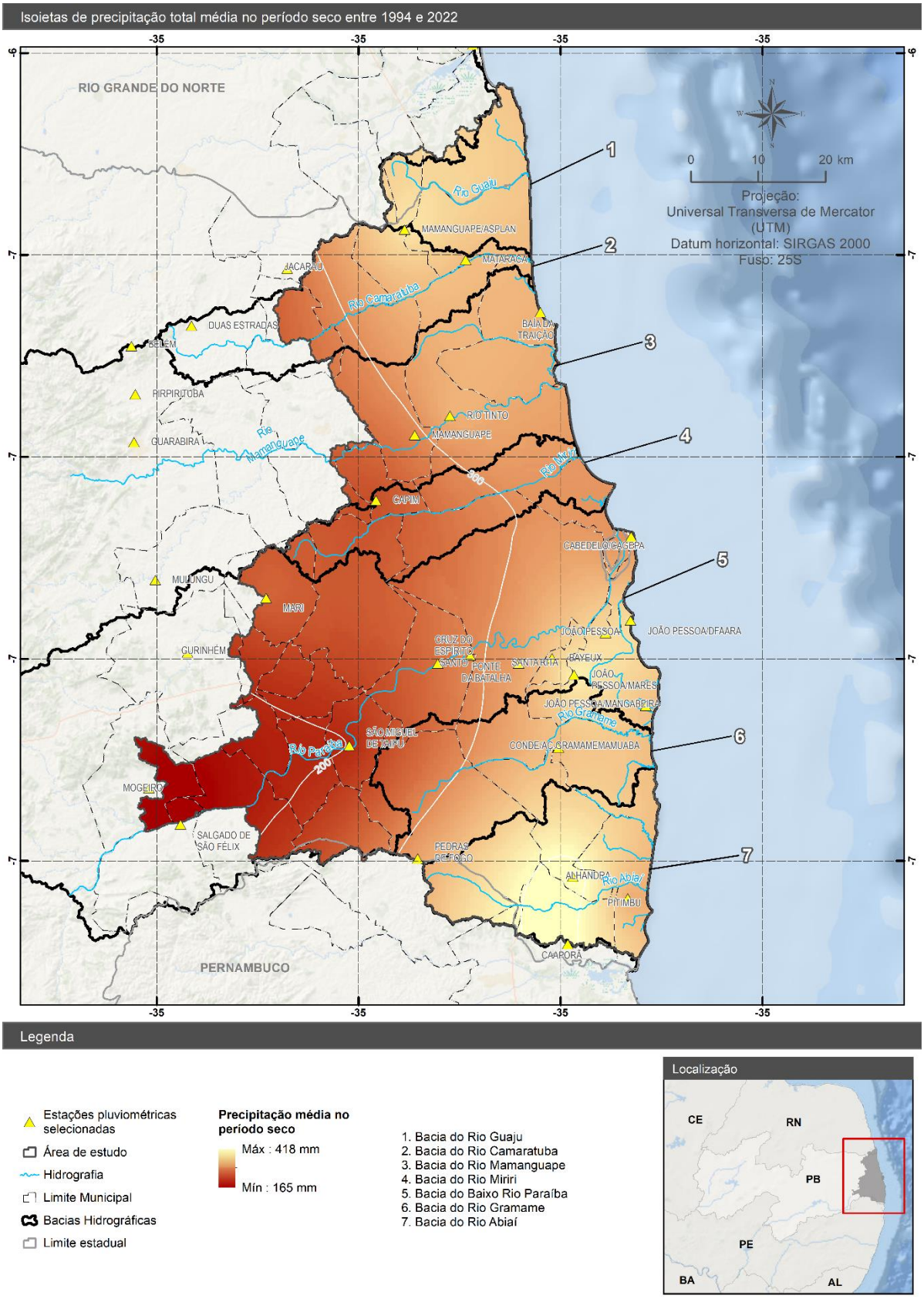


Figura 3.43 – Isoietas de precipitação total média no período seco entre 1994 e 2022.

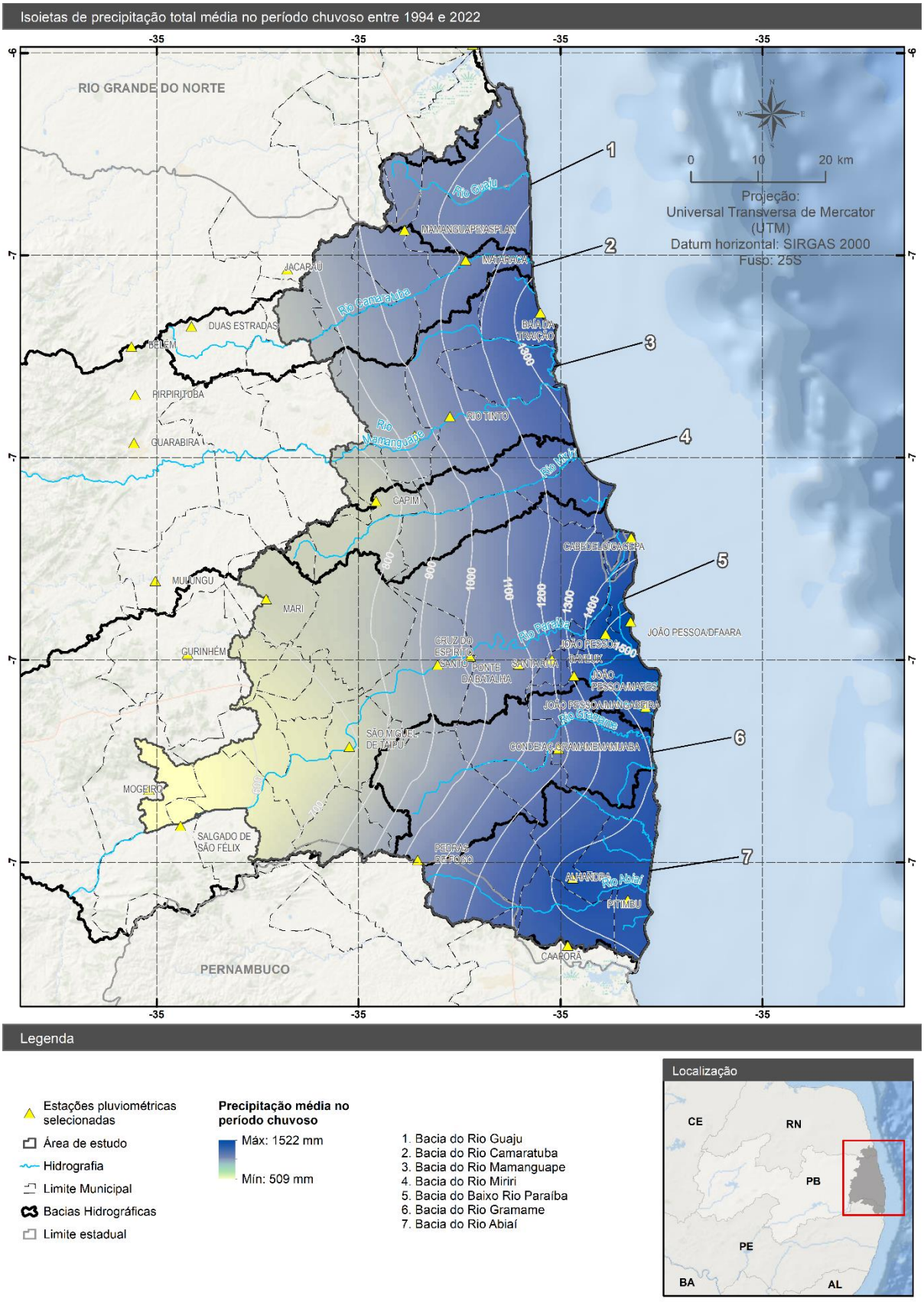


Figura 3.44 – Isoietas de precipitação total média no período chuvoso entre 1994 e 2022.

De acordo com a Figura 3.42 que ilustra a espacialização das precipitações totais anuais ao longo do SAPP, as maiores precipitação ocorrem nas porções sul e sudeste da área, na foz das bacias dos rios Abiaí, Gramame e Paraíba, conforme já havia sido constatado nos gráficos das Figura 3.33, Figura 3.34 e Figura 3.35, enquanto as menores precipitações anuais são registradas nas porções oeste e sudoeste, que abarca a mesorregião do agreste paraibano, inserida na bacia do rio Paraíba, conforme foi observado na Figura 3.36.

A Figura 3.45 apresenta uma comparação entre as isoietas geradas no presente estudo com as isoietas definidas pela CPRM no projeto Atlas Pluviométrico do Brasil (CPRM, 2011). Inicialmente, cabe destacar que o período das séries históricas de precipitação utilizados são diferentes nos dois estudos, sendo as isoietas anuais do presente estudo geradas a partir de dados de precipitação do período entre 1994 e 2022 e as isoietas anuais da CPRM geradas com dados de precipitação do período entre 1977 e 2006. Outra informação que merece destaque é a diferença entre a escala dos dois trabalhos, sendo a escala do presente estudo 1:650.000 e a do estudo da CPRM 1:5.000.000, destacando o nível de detalhamento do presente estudo.

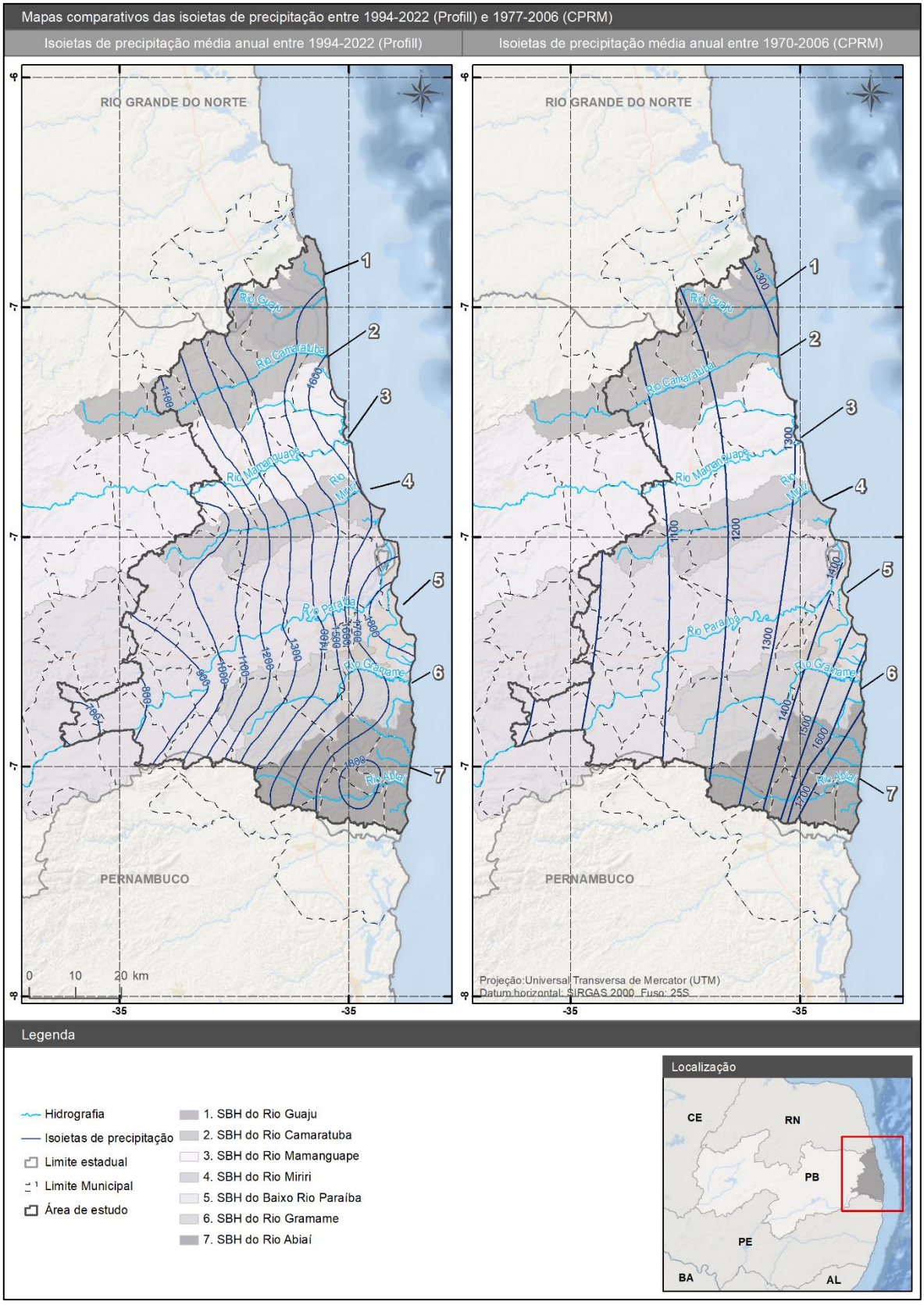


Figura 3.45 – Comparação entre as isoietas de precipitações médias anuais geradas no presente estudo com as isoietas do Atlas Pluviométrico (CPRM, 2011).

A Figura 3.46 apresenta uma análise conjugada da hipsometria da região e das isoietas de precipitações médias anuais, demonstrando o efeito orográfico do planalto da Borborema na formação das precipitações na zona da Mata Paraibana, decorrentes da obstaculização da livre circulação das massas de ar carregadas de umidade trazida do oceano para o interior, provocada pela retenção orográfica da nebulosidade, seguida de ascensão, resfriamento, saturação e precipitação.

É possível observar que nas áreas costeiras, onde o relevo é predominantemente plano, a influência da orografia na precipitação tende a ser menos significativa. Nessas regiões, a brisa marítima é um fator importante na formação de nuvens, pois o ar quente e úmido do oceano encontra a massa de ar mais fria sobre a terra, o que pode levar à formação de nuvens e precipitação.

A distribuição das curvas de precipitação traçadas pelas isoietas sobre o mapa hipsométrico do relevo desde a escarpa oriental do planalto da Borborema até o litoral demonstram a elevação das alturas médias de precipitação de oeste para leste em gradientes pluviométricos ascendentes para o litoral, em sentido inverso à ascensão altimétrica das cotas topográficas do relevo, sobretudo quando alcança as elevações abruptas do maciço da Borborema.

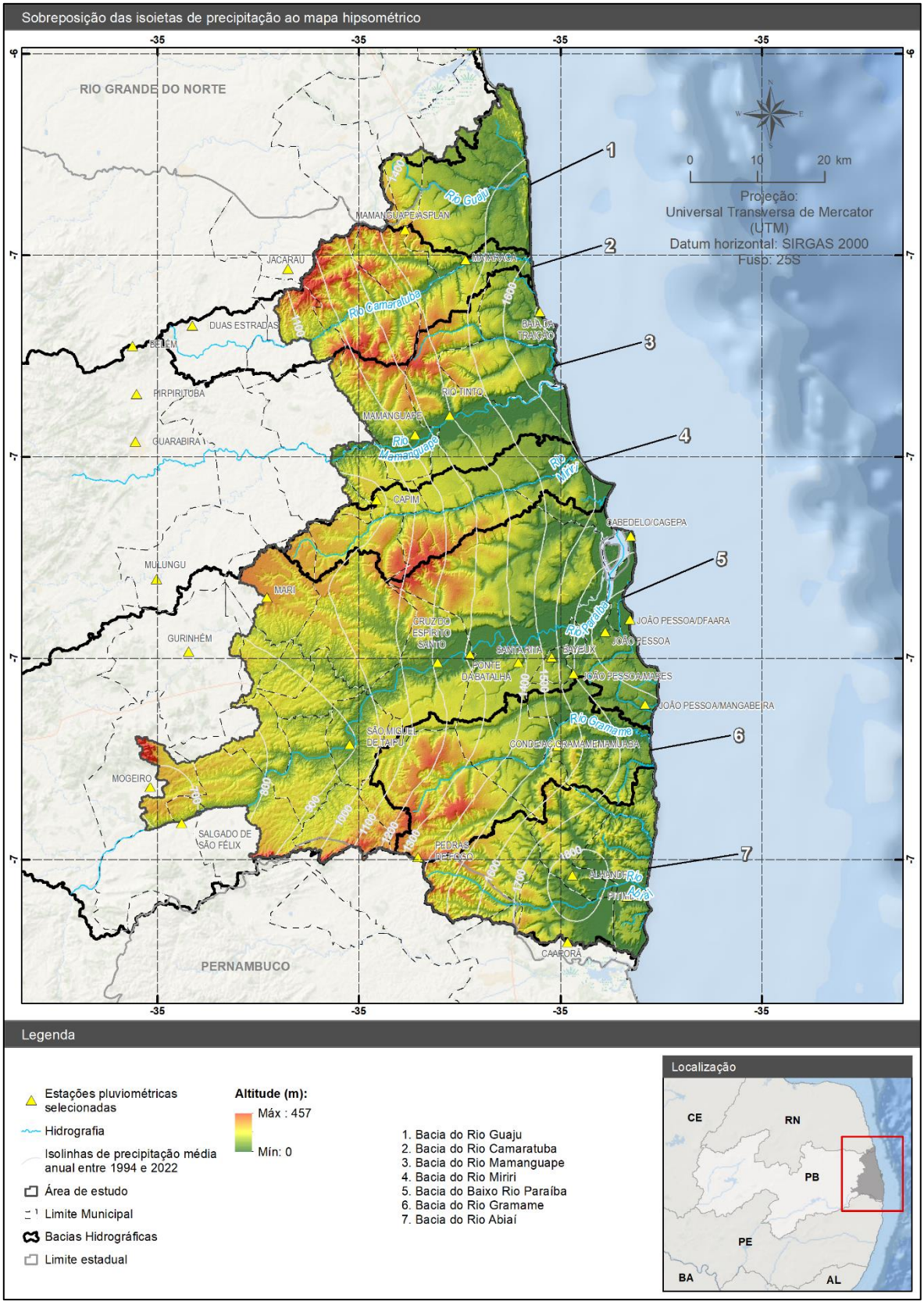


Figura 3.46 – Sobreposição das isoietas de precipitação ao mapa hipsométrico.

3.5.4 *Dados de monitoramento fluviométrico*

Conforme pode-se observar na Figura 3.47 e no Quadro 3.21, são sete as bacias hidrográficas que drenam para a área do SAPP, sendo a maior delas a bacia hidrográfica do Rio Paraíba (dividida em Alto, Médio e Baixo Rio Paraíba e Rio Taperoá), cujos rios drenam uma área de 20.200 km², sendo que somente a porção final da bacia, já denominada de Baixo Rio Paraíba, encontra-se inserida na área do SAPP.

Quadro 3.21 – Bacias hidrográficas influentes na área do SAPP

Bacia	Área total	Dentro da área do SAPP	
	(km²)	(km²)	(%)
Rio Guaju	353	353	100%
Rio Camaratuba	630	463	73,5%
Rio Mamanguape	3.517	697	19,8%
Rio Miriri	428	428	100%
Rio Paraíba	20.200 (4.024 do Baixo Rio Paraíba)	2.049	10,1% (50,9% do Baixo Rio Paraíba)
Rio Gramame	622	622	100%
Rio Abiaí	589	589	100%

Para cada bacia de influência do SAPP foram levantadas as estações fluviométricas existentes na base de dados da ANA, através do Portal Hidroweb e verificada a disponibilidade de dados das estações (cota, vazão, curva de descarga, perfil transversal, sedimento, qualidade, etc).

Nas bacias de influência do SAPP constam no Hidroweb 141 estações fluviométricas, cuja distribuição, considerando sua localização nas bacias hidrográficas e seus operadores, é apresentada no Quadro 3.22.

Quadro 3.22 – Estações fluviométricas localizadas nas bacias influentes da área do SAPP

Bacias	AESA-PB	ANA	APAC-PE	CPRM	DNOCS	DNOS	HOBECO	IGARN-RN	SUDENE	Total Geral
SBH do Rio Guaju		1		1				1		3
SBH do Rio Camaratuba	2									2
SBH do Rio Mamanguape	25	1		3	1	3				33
SBH do Rio Miriri	1									1
SBH do Alto Rio Paraíba	29	2	1	1	2		1		3	39
SBH do Médio Rio Paraíba	9	1		3	1				2	16
SBH do Baixo Rio Paraíba	12			4	1				1	18
SBH do Rio Teperoá	16			3	1				1	21
SBH do Rio Gramame	6									6
SBH do Rio Abiaí	2									2
Total Geral	**102**	**5**	**1**	**15**	**6**	**3**	**1**	**1**	**7**	**141**

Conforme pode-se observar no Quadro 3.22, a AESA possui o maior número de estações localizadas nas bacias hidrográficas de influência do SAPP, contudo a maioria refere-se ao monitoramento de cotas dos açudes e reservatórios ou a amostragem de qualidade da água que podem conter ou não dados de descarga líquida, mas com periodicidade trimestral, o que não possibilita sua utilização para a caracterização do escoamento superficial e das vazões características das bacias hidrográficas. Os dados das estações da APAC-PE, IGARN-RN, HOBECO, DNOCS, DNOS e SUDENE também são referentes a cotas e qualidade da água ou não estão disponíveis no Hidroweb. Resta, portanto, para a análise do escoamento superficial as estações da ANA, CPRM e aquelas da AESA com monitoramento diário de vazão.

Do Quadro 3.23 até o Quadro 3.29 são apresentadas as estações fluviométricas localizadas em cada bacia hidrográfica de influência do SAPP, assim como o dado que está disponível no Hidroweb para cada estação. Nos casos em que existem dados de monitoramento de vazão diária disponíveis (estações indicadas como dados completos), o período compreendido do monitoramento é apresentado. É apresentado ainda o rio onde a estação está localizada, área de drenagem, responsáveis e operadores.

Após as análises dos dados disponíveis constatou-se que séries longas de monitoramento de vazão (necessárias para os estudos hidrológicos) estão disponíveis apenas para as bacias do Rio Guaju, Rio Mamanguape e Rio Paraíba. Conforme comentado anteriormente, nas demais bacias existe medição de vazão com periodicidade trimestral, realizadas junto com as coletas de qualidade da água. Esses dados foram disponibilizados pela AESA para o período compreendido entre 2018 e 2022 e foram utilizados para fins de comparação de resultados.

A partir das análises realizadas foram selecionadas as estações com mais de 15 anos de dados de monitoramento de vazão disponível e que estão atualmente em operação, sendo elas apresentadas no Quadro 3.30 e na Figura 3.47, totalizando 11 estações fluviométricas.

Quadro 3.23 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Guaju.

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
38648001	CANGUARETAMA	Qualidade			Sim	ND	RIO GUAJU	IGARN-RN	IGARN-RN
38660000	FAZENDA ALMAS	Perfil Transversal			Não	52	RIO GUAJU	ANA	ANA
38690000	FAZENDA ALMAS	Completa	01/12/2007	01/04/2023	Sim	52	RIO GUAJU	ANA	CPRM

Quadro 3.24 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Camaratuba

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
38653000	AÇUDE DUAS ESTRADAS	Cota			Sim	3	RIO CAMARATUBA	ANA	AESA-PB
38700000	RIO TINTO	Qualidade			Sim	ND	RIO CAMARATUBA	AESA-PB	AESA-PB

Quadro 3.25 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Mamanguape

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
38737000	AÇUDE CHUPADOURO II	Cotas			Sim	2	RIACHO RIACHÃO	ANA	AESA-PB
38735000	AÇUDE MASSARANDUBA	Cotas			Sim	1	RIO CACHOEIRA	ANA	AESA-PB
38734000	AÇUDE SINDÔ RIBEIRO	Cotas			Sim	26	RIACHO RIBEIRO	ANA	AESA-PB
38740000	AÇUDE BREJINHO	ND			Sim	ND	RIACHO RIACHÃO	AESA-PB	AESA-PB
38600000	AÇUDE SÃO SEBASTIÃO	Cotas			Sim	2	RIACHO SÃO SEBASTIÃO	ANA	AESA-PB
38599000	AÇUDE EMÍDIO	Cotas			Sim	9	RIACHO DO EMÍDIO	ANA	AESA-PB
38599500	AÇUDE MANGUAPE	Cotas			Sim	37	RIO MAMANGUAPE	ANA	AESA-PB
38720000	AÇUDE CAMARÁ	Cotas			Sim	134	RIO RIACHÃO	ANA	AESA-PB
38710900	BARRAGEM NOVA CAMARÁ	Qualidade			Sim	ND	RIO RIACHÃO	AESA-PB	AESA-PB
38710000	AÇUDE COVÃO	Cotas			Sim	19	RIACHO COVÃO	ANA	AESA-PB
38750000	MULUNGU	Completa	01/01/1973	01/03/2023	Sim	875	RIO MAMANGUAPE	ANA	CPRM
38750001	MULUNGU	Qualidade			Sim	ND	RIO MAMANGUAPE	AESA-PB	AESA-PB
38730000	AÇUDE PITOMBEIRAS	ND			Não	18	RIACHO PITOMBEIRA	ANA	AESA-PB

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
38610000	AÇUDE VACA BRAVA	Cotas			Sim	14	RIACHO VACA BRAVA	ANA	AESA-PB
38615000	AÇUDE SAULO MAIA	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIACHO AREIA	AESA-PB	AESA-PB
38620000	AÇUDE TAUÁ	Cotas			Sim	58	RIO TAUÁ	ANA	AESA-PB
38760000	MULUNGUZINHO	ND			Não	1090	RIO MAMANGUAPE	DNOS	DNOS
38770000	TAINHA	ND			Não	1270	RIO ARACAJÍ	DNOS	DNOS
38771000	SÍTIO PASSAGEM	Completa	01/01/2000	01/04/2023	Sim	908	RIO ARACAJÍ	ANA	CPRM
38774900	AÇUDE ARAÇAGI MONTANTE	Cotas			Não	1230	RIO MAMANGUAPE	ANA	AESA-PB
38775100	AÇUDE ARAÇAGI JUSANTE	ND			Não	2550	RIO MAMANGUAPE	ANA	AESA-PB
38775000	AÇUDE ARAÇAGI	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIO MAMANGUAPE	AESA-PB	AESA-PB
38790000	PONTE DO LEITÃO	Completa	01/12/1969	01/03/2023	Sim	2950	RIO MAMANGUAPE	ANA	CPRM
38791000	MAMANGUAPE	Resumo Descarga			Não	2980	RIO MAMANGUAPE	DNOCS	DNOCS
38792000	PONTE DO LEITÃO - JUSANTE	Cotas e Vazão	01/12/1969	01/09/1970	Não	2990	RIO MAMANGUAPE	ANA	ANA
38780000	CURRALINHO	ND			Não	145	RIO GUANDU	DNOS	DNOS
38795000	RIO MAMANGUAPE	Qualidade			Sim	ND	RIO MAMANGUAPE	AESA-PB	AESA-PB
38794000	AÇUDE JANGADA	Cotas			Sim	ND	RIO TINTO	AESA-PB	AESA-PB
38630000	AÇUDE PIRPIRITUBA	Cotas			Sim	42	RIO PIRPIRITUBA	ANA	AESA-PB
38625000	AÇUDE CANAFÍSTULA II	Cotas			Sim	19	RIO PIRPIRITUBA	ANA	AESA-PB
38647900	AÇUDE LAGOA DO MATIAS MONTANTE	ND			Não	13	RIO BANANEIRAS	ANA	AESA-PB
38648000	AÇUDE LAGOA DO MATIAS	Cotas			Sim	13	RIO BANANEIRAS	ANA	AESA-PB
38640000	AÇUDE SUSPIRO	Cotas			Sim	6	RIACHO DO SUSPIRO	ANA	AESA-PB

Quadro 3.26 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Miriri.

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
RIO TINTO	38796000	Qualidade			Sim	ND	RIO MIRIRI	AESA-PB	AESA-PB

Quadro 3.27 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Paraíba.

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
38870000	AÇUDE ACAUÃ	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38871000	AÇUDE ACAUÃ JUSANTE	ND			Não	16100	RIO PARAÍBA	ANA	AESA-PB
38869900	AÇUDE ACAUÃ MONTANTE	ND			Não	15300	RIO PARAÍBA	ANA	AESA-PB
38883000	AÇUDE BICHINHO	Cotas			Sim	ND	RIACHO DO BAIXINHO	ANA	AESA-PB
38860500	AÇUDE BODOCONGÓ	Qualidade			Sim	ND	RIO BODOCONGO	AESA-PB	AESA-PB
38855000	AÇUDE BOQUEIRÃO	Cotas			Não	12400	RIO PARAÍBA	SUDENE	SUDENE
38855001	AÇUDE BOQUEIRÃO	Qualidade			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
48831000	AÇUDE BREJINHO	ND			Sim	ND	RIACHO DO BREJO	CPRH-PE	APAC-PE
38880500	AÇUDE CAMALAÚ	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIO MONTEIRO	AESA-PB	AESA-PB
38882000	AÇUDE CAMPOS	Cotas			Sim	ND	RIACHO VELHA ANTÔNIA	ANA	AESA-PB
38742000	AÇUDE CHÃ DOS PEREIRAS	Cotas			Sim	19	RIO GURINHEM	ANA	AESA-PB
38881000	AÇUDE CORDEIRO	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38844700	AÇUDE CORONEL JUECA	ND			Sim	ND	RIACHO DA QUIXABÁ	AESA-PB	AESA-PB
38855100	AÇUDE EPITÁCIO PESSOA (BOQUEIRÃO)	Cotas			Sim	12400	RIO PARAÍBA	ANA	AESA-PB
38855150	AÇUDE EPITÁCIO PESSOA JUSANTE	Completa	01/06/2022	01/05/2023	Sim	12391	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
38855050	AÇUDE EPITÁCIO PESSOA MONTANTE	Cotas, Qualidade, Resumo Descarga			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38855160	AÇUDE EPITÁRIO PESSOA - ULTRASSOM	ND			Sim	ND	RIO PARAÍBA	ANA	ANA
38876000	AÇUDE GAVIÃO	Cotas			Sim	2	RIACHO QUATI	ANA	AESA-PB
38847000	AÇUDE GURJÃO	Cotas			Sim	ND	RIACHO DAS COBRAS	ANA	AESA-PB
38844500	AÇUDE JEREMIAS	Cotas			Sim	ND	RIACHO DESTERRO	ANA	AESA-PB
38748000	AÇUDE JOSÉ RODRIGUES	Cotas			Sim	52	RIO SURRÃO	ANA	AESA-PB
38747000	AÇUDE JOSÉ RODRIGUES	Qualidade			Sim	ND	RIO SURRÃO	AESA-PB	AESA-PB
38845000	AÇUDE LAGOA DO MEIO	Cotas			Sim	93	RIACHO MANIÇOBA	ANA	AESA-PB
38842000	AÇUDE LIVRAMENTO (RUSSOS)	Cotas			Sim	ND	RIACHO DO LIVRAMENTO	ANA	AESA-PB
39084050	AÇUDE MARÉS	Cotas			Sim	28	RIO MARÉS	ANA	AESA-PB
38605000	AÇUDE MILHÃ (E. Gonçalves)	Cotas			Sim	27	RIACHO PUXINANÃ	ANA	AESA-PB
38846000	AÇUDE MUCUTÚ	Qualidade			Sim	ND	RIACHO MUCUTU	AESA-PB	AESA-PB
38848000	AÇUDE NAMORADO	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIACHO NAMORADO	AESA-PB	AESA-PB
38885500	AÇUDE OLHO D'ÁGUA	Cotas			Sim	10	RIACHO SÃO SALVADOR	ANA	AESA-PB

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
37562700	AÇUDE OLIVEDOS	Cotas			Sim	116	RIACHO DO PADRE	ANA	AESA-PB
38851000	AÇUDE OURO VELHO	Cotas			Sim	ND	RIACHO OLHOS D'ÁGUA	ANA	AESA-PB
38352800	AÇUDE POÇINHOS	Cotas			Sim	ND	RIACHO DA JABITACA	ANA	AESA-PB
38801000	AÇUDE POÇÕES	Cotas			Não	651	RIO PARAÍBA	ANA	HOBECO
38354000	AÇUDE POÇÕES	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIO MONTEIRO	AESA-PB	AESA-PB
38851400	AÇUDE PRATA II	Cotas			Sim	ND	RIO DA PRATA	ANA	AESA-PB
38861000	AÇUDE RIACHO SANTO ANTÔNIO	Cotas			Sim	ND	RIACHO SANTO ANTÔNIO	ANA	AESA-PB
38384600	AÇUDE SANTO ANTÔNIO	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIO DO UMBUZEIRO	AESA-PB	AESA-PB
38851900	AÇUDE SÃO DOMINGOS	Cotas			Sim	ND	RIACHO GRAVATÁ	ANA	AESA-PB
38426000	AÇUDE SÃO JOSÉ II	Qualidade			Sim	ND	RIACHO DO FRADINHO	AESA-PB	AESA-PB
38843000	AÇUDE SÃO JOSÉ III	Cotas			Sim	ND	RIACHO SÃO GONÇALO	ANA	AESA-PB
38851500	AÇUDE SÃO PAULO	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIACHO DE ACAUÃ	AESA-PB	AESA-PB
38886000	AÇUDE SÃO SALVADOR	Cotas			Sim	100	RIACHO SÃO SALVADOR	ANA	AESA-PB
38844000	AÇUDE SERRA BRANCA I	Cotas			Sim	ND	RIACHO SÃO JOÃO DO CARIRÍ	ANA	AESA-PB
38843900	AÇUDE SERRA BRANCA II	Cotas			Sim	ND	RIACHO JATOBÁ	ANA	AESA-PB
38353500	AÇUDE SERROTE	Cotas			Sim	ND	RIACHO SERROTE	ANA	AESA-PB
38852000	AÇUDE SOLEDADE	Cotas e Qualidade			Sim	316	RIACHO DO PADRE	ANA	AESA-PB
38851800	AÇUDE SUMÉ	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIO SUCURU	AESA-PB	AESA-PB
38820000	AÇUDE SUMÉ	Resumo Descarga			Não	772	RIO SUCURU	SUDENE	SUDENE
38851820	AÇUDE SUMÉ JUSANTE	ND			Sim	ND	RIO SUCURU	AESA-PB	AESA-PB
38851700	AÇUDE SUMÉ MONTANTE	ND			Não	543	RIO SUCURU	ANA	AESA-PB
38839000	AÇUDE TAPEROÁ II (Manoel Marcionilo)	Cotas			Sim	ND	RIO TAPEROÁ	ANA	AESA-PB
38868001	AROEIRAS	Qualidade			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38865000	BARRA DE JOÃO LEITE	Completa	01/06/2018	01/09/2022	Sim	235	RIO PARAIBINHA	ANA	CPRM
38860001	BARRA DE SANTANA	Qualidade			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38896000	BAYEUX	Qualidade			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38860000	BODOCONGO	Completa com Sedimentos	01/12/1969	01/11/2022	Sim	13700	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
38855300	BOQUEIRÃO DE CABACEIRAS	Cotas			Não	12400	RIO PARAÍBA	DNOCS	DNOCS
38800500	CAMALAÚ - MONTANTE	Completa com Sedimentos	01/01/2015	01/10/2022	Sim	1500	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
38830000	CARAÚBAS	Completa com Sedimentos	01/03/1970	01/07/2022	Sim	5030	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38888000	ENGENHO SANTANA	Completa	01/12/2002	01/11/2022	Sim	18900	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
38865001	FAGUNDES	Qualidade			Não	ND	RIO PARAIBINHA	AESA-PB	AESA-PB
38880000	GUARITA	Completa	01/01/1970	01/05/2023	Sim	17400	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
38880001	GUARITA (LAURO MULLER)	Cotas			Não	17400	RIO PARAÍBA	DNOCS	DNOCS
38880002	ITABAIANA	Qualidade			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
38810000	MONTEIRO	Cotas			Sim	326	RIO MONTEIRO	DNOCS	DNOCS
38841800	PARARI	Qualidade			Não	ND	RIO TAPEROÁ	AESA-PB	AESA-PB
38868000	PICADAS	Cotas			Não	15100	RIO PARAÍBA	SUDENE	SUDENE
38885000	PILAR	Cotas			Não	17500	RIO PARAÍBA	SUDENE	SUDENE
38353000	PISF AÇUDE SÃO JOSÉ II	Cotas, Curva de Descarga, Resumo Descarga			Sim	ND	RIACHO MULUNGU	AESA-PB	AESA-PB
38811000	PISF MONTEIRO	Curva de Descarga, Resumo Descarga			Sim	ND	RIO MONTEIRO	AESA-PB	AESA-PB
38895001	PISF PONTE DA BATALHA	Qualidade			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38831000	PISF SÍTIO PORTEIRAS	Resumo Descarga			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38811500	PISF SÍTIO QUEIMAÇÃO	Resumo Descarga			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38855020	PISF SÍTIO RIACHO FUNDO	ND			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38850000	POÇO DE PEDRAS	Completa	01/01/1970	01/04/2023	Sim	3180	RIO TAPEROÁ	ANA	CPRM
38895000	PONTE DA BATALHA	Completa com Sedimentos	01/12/1969	01/03/2023	Sim	19000	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
38860800	QUEIMADAS	Qualidade			Sim	ND	RIO SÃO PEDRO	AESA-PB	AESA-PB
38853000	RIO TAPEROÁ JUSANTE CABACEIRAS	Qualidade			Sim	ND	RIO TAPEROÁ	AESA-PB	AESA-PB
38849000	SÃO JOÃO DO CARIRI	Completa	01/06/2018	01/11/2022	Sim	3093	RIO TAPEROÁ	ANA	CPRM
38850001	SÃO JOÃO DO CARIRI	Qualidade			Sim	ND	RIO TAPEROÁ	AESA-PB	AESA-PB
38800300	SÃO JOSÉ II	ND			Sim	ND	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
38815000	SÍTIO BOM NOME DOS DOMINGOS	Cotas			Sim	676	RIO MULUNGU	DNOCS	DNOCS
38800000	SÍTIO CONCEIÇÃO	Perfil Transversal			Não	1240	RIO MONTEIRO	ANA	ANA
38812000	SÍTIO CONCEIÇÃO	Completa com Sedimentos	01/04/2017	01/07/2021	Sim	1240	RIO MONTEIRO	AESA-PB	AESA-PB
38887000	SOBRADO	Completa	01/01/2000	01/04/2023	Sim	728	RIO GURINHEM	ANA	CPRM
38851950	SOLEDADE	Qualidade			Sim	ND	RIACHO DO PADRE	AESA-PB	AESPB
38800001	SUMÉ	Qualidade			Sim	ND	RIO MONTEIRO	AESA-PB	AA-PB
38821000	SUMÉ - CANAL DE IRRIGAÇÃO	ND			Não	772	RIO SUCURU (BRAÇO)	SUDENE	UDENE
38820100	SUMÉ - JUSANTE	ND			Sim	770	RIO SUCURU	ANA	AESA-PB
38822000	SUMÉ - SANGRADOURO	Cotas, Perfil Transversal, Resumo Descarga			Não	772	RIO SUCURU	ANA	ANA
38857000	TABOADO BOQUEIRÃO	ND			Não	12500	RIO PARAÍBA	SUDENE	SUDENE
38841500	TAPEROÁ	Cotas			Não	625	RIO TAPEROÁ	DNOCS	DNOCS
38840000	TAPEROÁ I - MONTANTE	Cotas			Não	599	RIO TAPEROÁ	SUDENE	SUDENE
38841000	TAPEROÁ II - JUSANTE	Completa	01/01/2015	01/11/2022	Não	599	RIO TAPEROÁ	ANA	CPRM

Quadro 3.28 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Gramame.

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
39081070	AÇUDE GRAMAME/GRAMAME MONTANTE	ND			Não	87	RIO GRAMAME	ANA	AESA-PB
39081072	PEDRAS DE FOGO	Qualidade			Sim	ND	RIO GRAMAME	AESA-PB	AESA-PB

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
39084080	AÇUDE GRAMAME/MAMUABA	Cotas e Qualidade			Sim	ND	RIO GRAMAME	AESA-PB	AESA-PB
39081080	SANTA RITA	Qualidade			Sim	ND	RIO MAMUABA	AESA-PB	AESA-PB
39081090	AÇUDE GRAMAME/MAMUABA JUSANTE	ND			Não	259	RIO GRAMAME	ANA	AESA-PB
39081075	AÇUDE GRAMAME/MAMUABA MONTANTE	ND			Não	80	RIO MAMUABA	ANA	AESA-PB

Quadro 3.29 – Estações fluviométricas localizadas na bacia do Rio Abiaí.

Código	Nome	Dados Disponíveis	Início	Fim	Operando	Área de Drenagem (km²)	Rio	Responsável	Operador
39081150	PITIMBU	Qualidade			Sim	ND	RIACHO PITIMBU	AESA-PB	AESA-PB
39081120	PITIMBU	Qualidade			Sim	ND	RIO ABIAÍ	AESA-PB	AESA-PB

Quadro 3.30 – Estações fluviométricas selecionadas para a caracterização do escoamento superficial das bacias de influência da área do SAPP

Bacia	Código	Nome	Dados	Início	Fim	Área de Drenagem	Rio	Responsável	Operador
Rio Guaju	38690000	FAZENDA ALMAS	Completa	01/12/2007	01/04/2023	52	RIO GUAJU	ANA	CPRM
Rio Mamanguape	38750000	MULUNGU	Completa	01/01/1973	01/03/2023	875	RIO MAMANGUAPE	ANA	CPRM
Rio Mamanguape	38771000	SÍTIO PASSAGEM	Completa	01/01/2000	01/04/2023	908	RIO ARACAJÍ	ANA	CPRM
Rio Mamanguape	38790000	PONTE DO LEITÃO	Completa	01/12/1969	01/03/2023	2950	RIO MAMANGUAPE	ANA	CPRM
Alto Rio Paraíba	38830000	CARAÚBAS	Completa	01/03/1970	01/07/2022	5030	RIO PARAÍBA	AESA-PB	AESA-PB
Rio Teperoá	38850000	POÇO DE PEDRAS	Completa	01/01/1970	01/04/2023	3180	RIO TAPEROÁ	ANA	CPRM
Médio Rio Paraíba	38860000	BODOCONGO	Completa	01/12/1969	01/11/2022	13700	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
Baixo Rio Paraíba	38888000	ENGENHO SANTANA	Completa	01/12/2002	01/11/2022	18900	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
Baixo Rio Paraíba	38880000	GUARITA	Completa	01/01/1970	01/05/2023	17400	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
Baixo Rio Paraíba	38895000	PONTE DA BATALHA	Completa	01/12/1969	01/03/2023	19000	RIO PARAÍBA	ANA	CPRM
Baixo Rio Paraíba	38887000	SOBRADO	Completa	01/01/2000	01/04/2023	728	RIO GURINHEM	ANA	CPRM

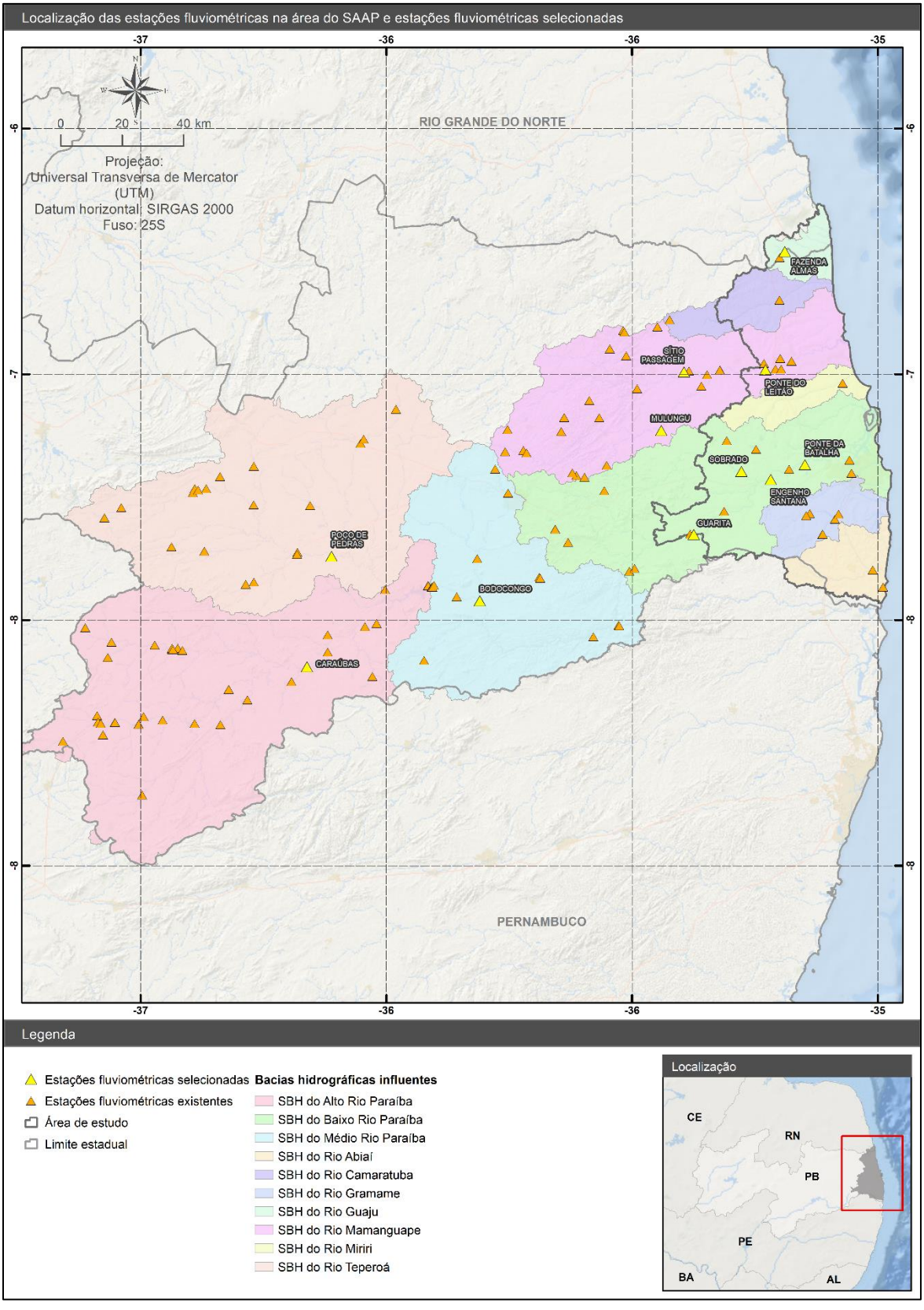


Figura 3.47 – Localização das estações fluviométricas nas bacias de influência do SAPP e estações fluviométricas selecionadas.

3.5.5 *Caracterização do escoamento superficial*

Para a caracterização do escoamento superficial das bacias foram analisados os hidrogramas de escoamento no local das estações fluviométricas e comparados com dados de precipitação de estações pluviométricas próximas buscando-se estabelecer relações entre o escoamento superficial, a precipitação e possíveis interferências relacionadas a transposição e/ou regularização de vazões.

A Figura 3.48 apresenta o hidrograma de escoamento das vazões médias mensais da estação Fazenda Almas (38690000) localizada na bacia do rio Guaju, comparado com a precipitação do mesmo período registrada na estação Mamanguape/Asplan (635117), mais próxima. Percebe-se que as vazões no rio acompanham as precipitações na região, ocorrendo picos de vazão nos meses mais úmidos. Pode-se observar ainda a importância da vazão de base nessa bacia, que mantém o escoamento no rio Guaju nos períodos mais secos. Não foram identificados reservatórios de regularização de vazão localizados a montante dessa estação.

A Figura 3.49 apresenta os hidrogramas de escoamento das estações localizadas na bacia do Rio Mamanguape. Já a Figura 3.50 apresenta uma comparação do hidrograma de escoamento da estação Ponte do Leitão (38790000) com as precipitações registradas no mesmo período na estação pluviométrica Mulungu (735009), logo a montante. Percebe-se que em determinados meses mais chuvosos, a vazão no rio Mamanguape não acompanha os picos de precipitação registradas na estação pluviométrica, principalmente no período mais recente. Esse comportamento ocorre justamente nos anos que foram registradas precipitações abaixo da média, conforme apresentado no Quadro 3.19. Dessa forma, pode-se concluir que a resposta da bacia do rio Mamanguape aos eventos de precipitação é diferente em anos mais secos comparados a anos mais úmidos. Em anos mais secos, a água tende a infiltrar em vez de escoar superficialmente, recarregando os aquíferos e reservatórios localizados na bacia; já em anos mais chuvosos, com o solo mais úmido e um escoamento de base mais constante, é gerado maior escoamento superficial.

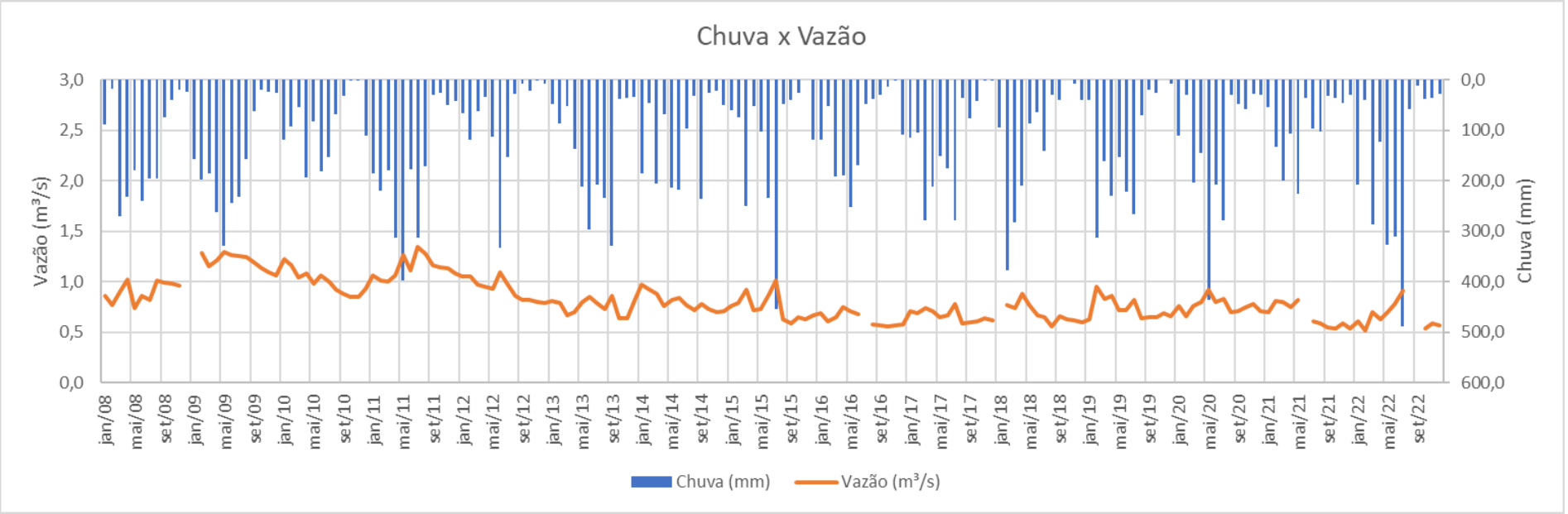


Figura 3.48 – Comparação entre a vazão média mensal na estação Fazenda Almas (38690000) e a precipitação pluviométrica registrada no mesmo período na estação Mamanguape/Asplan (635117).

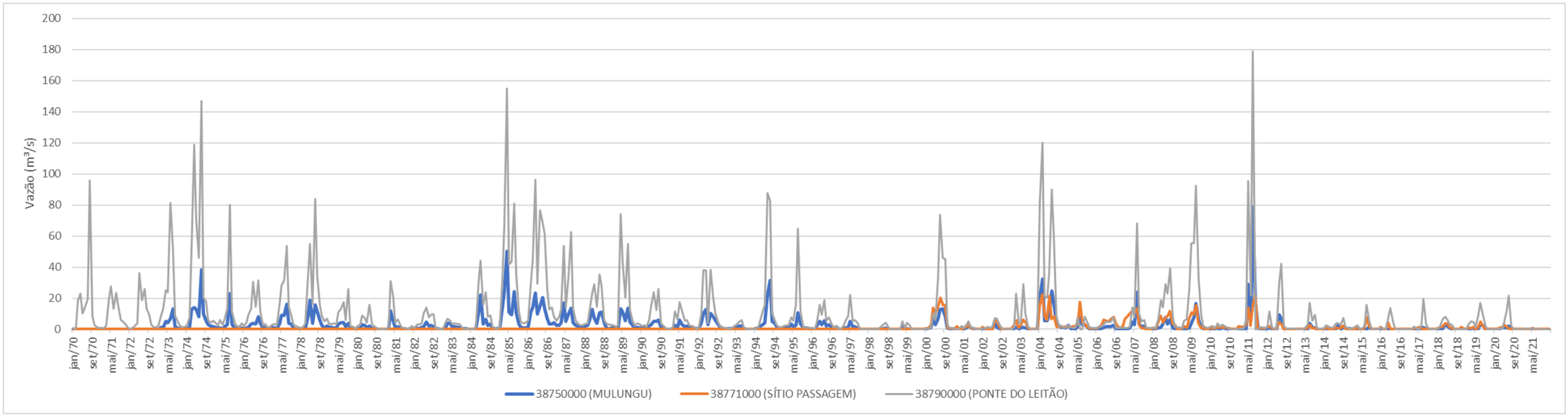


Figura 3.49 – Hidrogramas de escoamento das estações localizadas na bacia do rio Mamanguape.

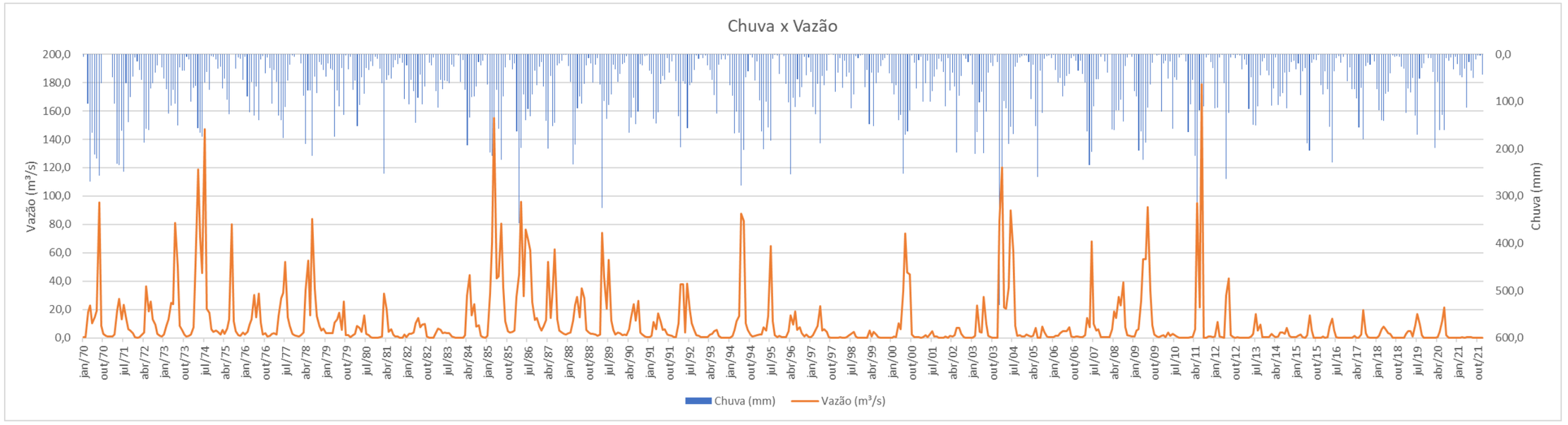


Figura 3.50 – Comparação entre a vazão média mensal na estação Ponte do Leitão (38790000) e a precipitação pluviométrica registrada no mesmo período na estação Mulungu (735009).

A seguir, a Figura 3.51 e a Figura 3.52 apresentam os hidrogramas de escoamento das estações localizadas na bacia do Rio Paraíba. A vazão que escoa no Rio Paraíba é fortemente influenciada pelo volume dos açudes e reservatórios localizados na bacia, além do sistema de transposição do Rio Francisco.

No Alto Rio Paraíba está localizado o segundo maior reservatório de água do Estado, o açude Epitácio Pessoa, conhecido como Boqueirão, que armazena a maior parte da água da transposição no Estado da Paraíba. Percebe-se que os picos de vazão registrados nas estações fluviométricas do Alto e Médio Rio Paraíba (Figura 3.51) ocorreram nos mesmos anos em que o açude Boqueirão verteu água. O manancial sangrou nos anos de 1967, 1968, 1973, 1974, 1975, 1977, 1978, 1981, 1984, 1985, 1986, 1989, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009 e 2011.

Outro reservatório de grande volume e que influencia o escoamento superficial do Baixo Rio Paraíba é o açude Acauã. Esse açude está mais próximo da área do SAPP e, portanto, a água que flui pelo Rio Paraíba na área do SAPP depende, principalmente, das precipitações pluviométricas na região litorânea e da vazão regularizada pelo açude Acauã. Pode-se observar ainda que em boa parte do tempo, principalmente no Alto e Médio Paraíba, há meses em que o rio está seco, caracterizando a dinâmica natural de intermitência desse rio.

A Figura 3.53 apresenta uma comparação do hidrograma de escoamento da estação Ponte da Batalha (38895000), localizada na área do SAPP, com as precipitações registradas no mesmo período na estação pluviométrica de mesmo nome Ponte da Batalha (735036). Percebe-se que as precipitações pouco influenciam o escoamento superficial do Rio Paraíba na área de estudo, que, conforme exposto anteriormente, é mais fortemente influenciado pelas vazões regularizadas ou que vertem dos reservatórios localizados a montante. Esse comportamento fica evidente no período compreendido entre 2012 e 2021, onde observa-se no Quadro 3.19 volumes acumulado de precipitação em torno da média na estação Ponte da Batalha (735036), mas com baixa geração de escoamento superficial na bacia do Rio Paraíba.

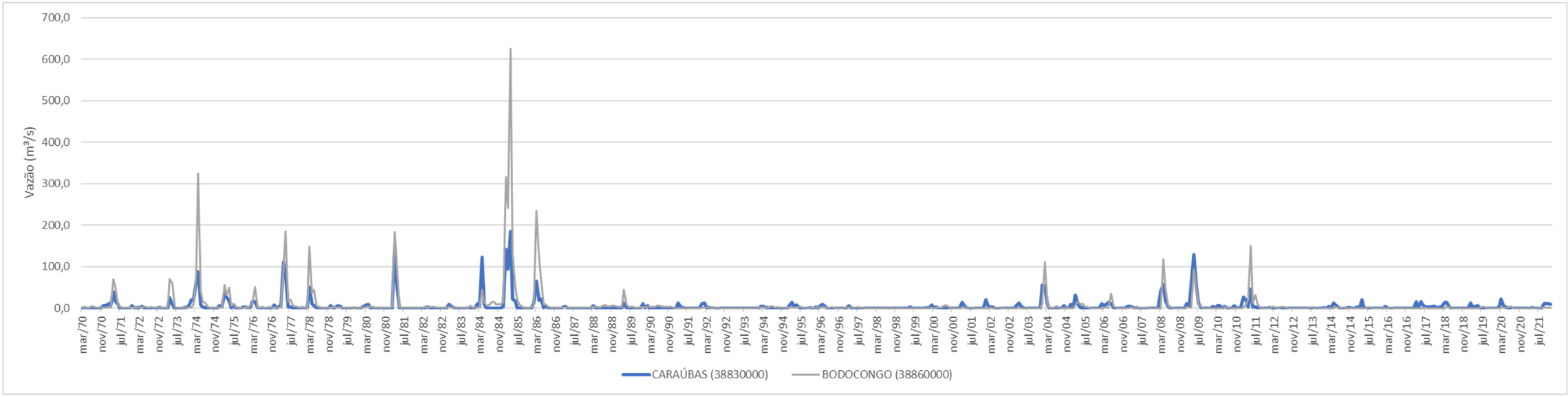


Figura 3.51 – Hidrogramas de escoamento das estações Caraúbas (38830000) e Bodocongo (38860000) localizadas no Alto e Médio Rio Paraíba, respectivamente.

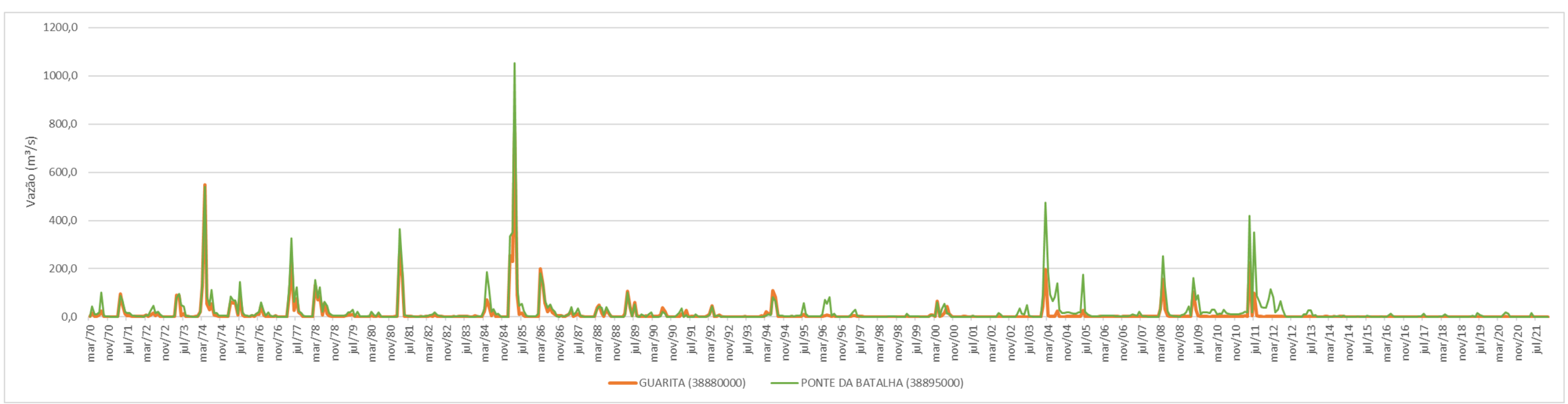


Figura 3.52 – Hidrogramas de escoamento das estações Guarita (38880000) e Ponte da Batalha (38895000), localizadas no Baixo Rio Paraíba.

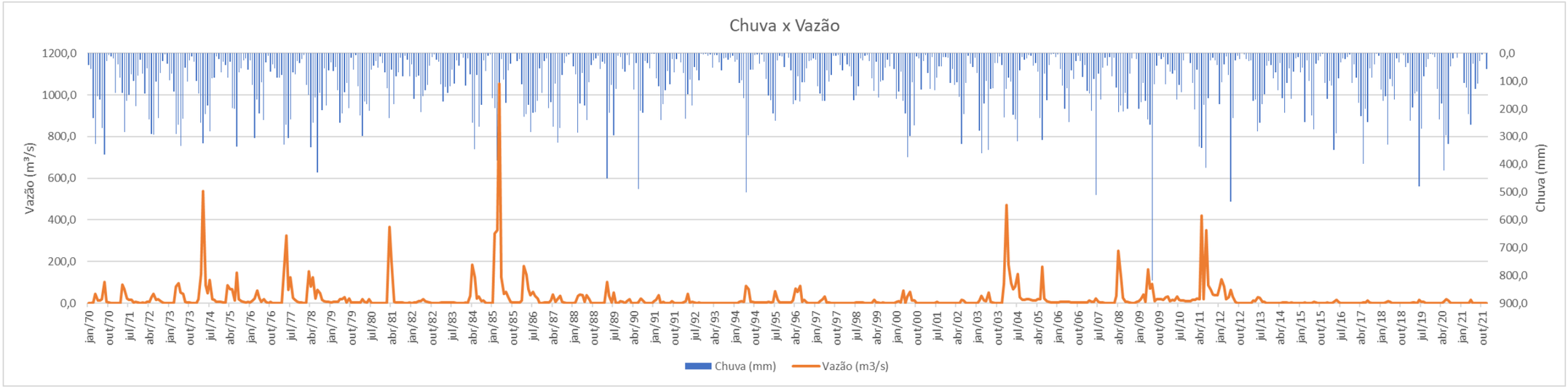


Figura 3.53 – Comparação entre a vazão média mensal na estação Ponte da Batalha (38895000) e a precipitação registrada no mesmo período na estação pluviométrica de mesmo nome Ponte da Batalha (735036).

Além da avaliação do escoamento superficial das bacias, foram calculadas as vazões características média de longo período (Q_{mlp}), vazões da curva de permanência (Q_{50}, Q_{90}, Q_{95}, Q_{98} e Q_{99}) e a vazão $Q_{7,10}$, que representa a semana mais seca registrada, com tempo de retorno de 10 anos.

Foram estimadas as vazões características para a série completa de dados de cada estação e utilizando-se um período comum de dados entre as estações de uma mesma bacia. Para a bacia do Rio Mamanguape o período comum de dados entre as estações é de 2000 a 2021, sendo que dentro desse período, a estação Mulungu (38750000), apresenta dois anos de falhas (2015 e 2016). Já, para a bacia do Rio Paraíba, o período comum de dados entre as estações utilizado foi de 2003 a 2021, sendo que dentro desse período, a estação Sobrado (38887000), apresentou grande número de falhas e, portanto, foi desconsiderada das análises.

Da Figura 3.54 a Figura 3.63 são apresentadas as curvas de permanência de vazão no local das estações fluviométricas localizadas próximas ou internas a área do SAPP, para a série completa de dados da estação e para os períodos comum de dados entre as estações de uma mesma bacia.

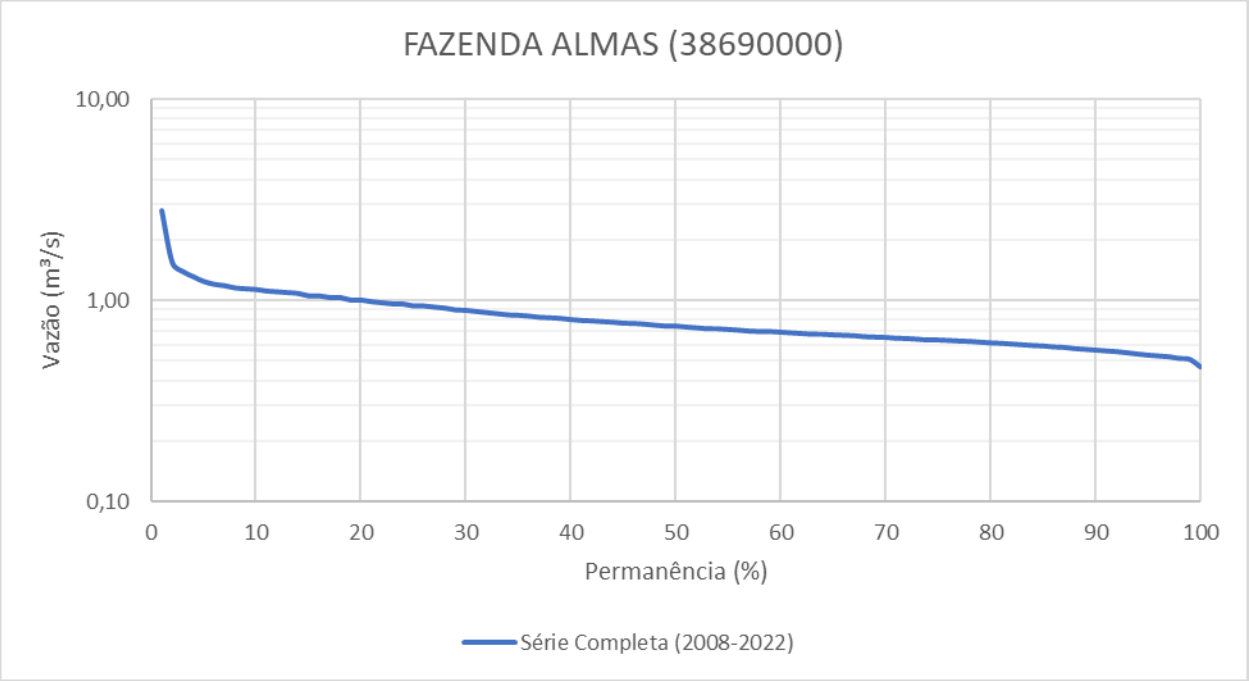


Figura 3.54 – Curva de permanência de vazões da estação Fazenda Almas (38690000) localizada no Rio Guaju, na bacia do Rio Guaju.

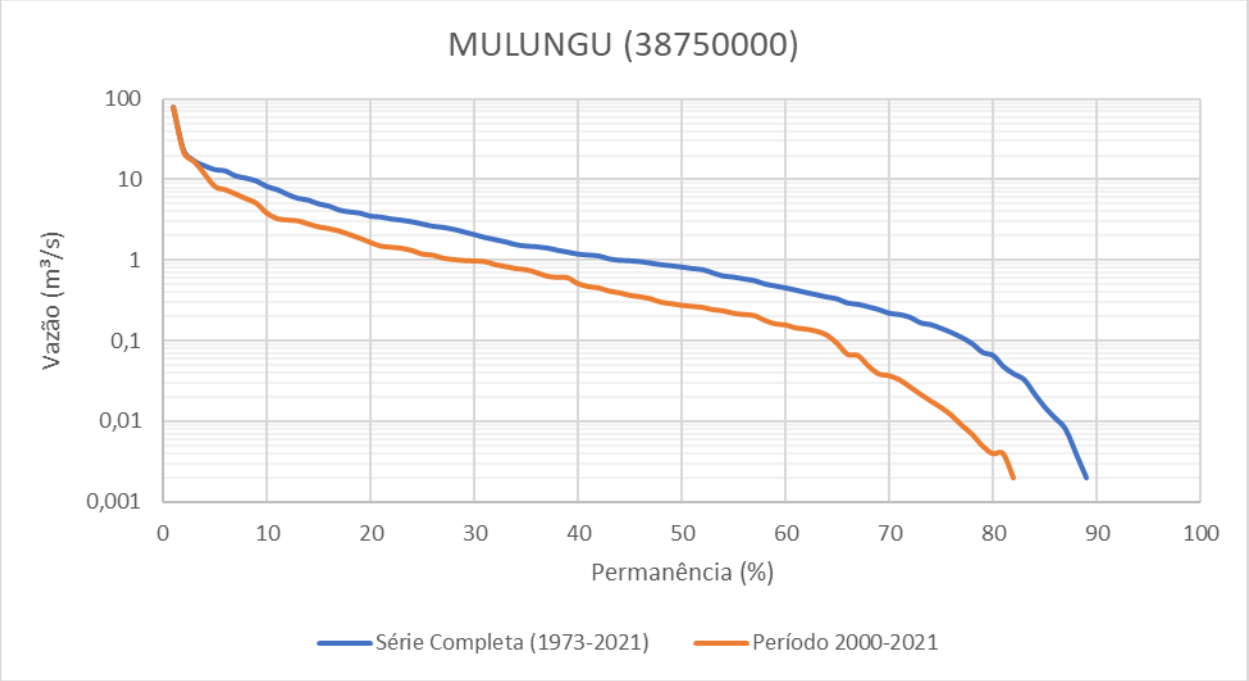


Figura 3.55 – Curva de permanência de vazões da estação Mulungu (38750000) localizada no Rio Mamanguape, na bacia do Rio Mamanguape.

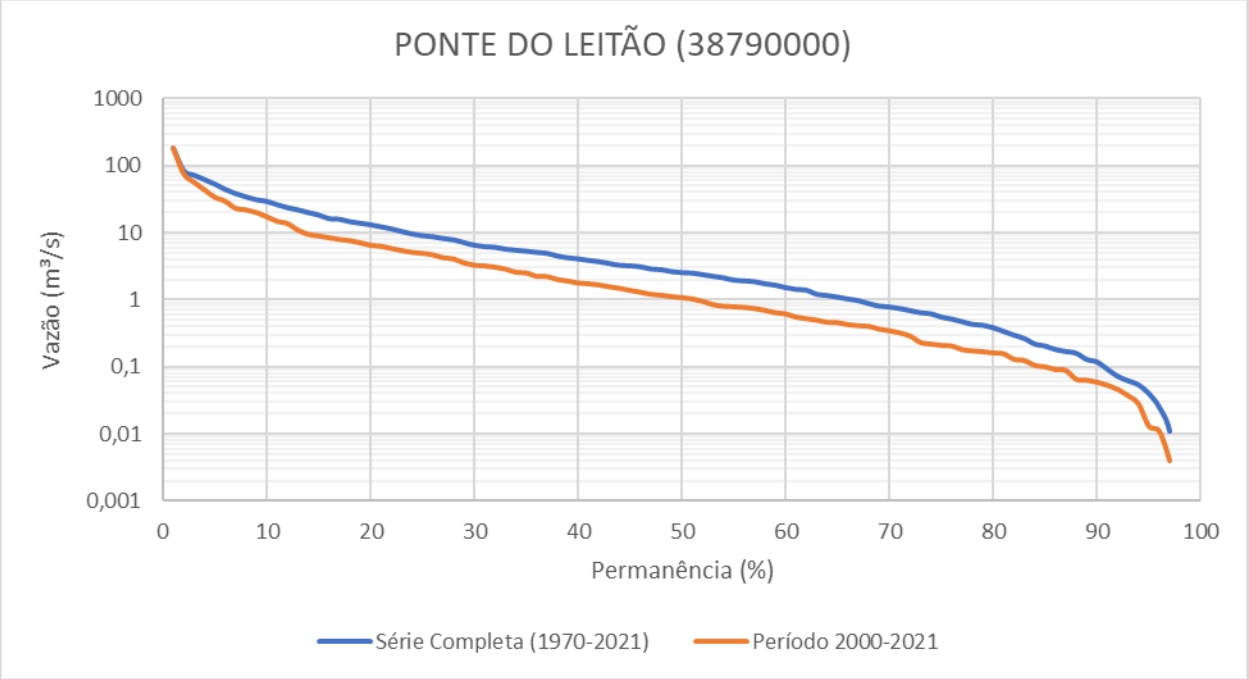


Figura 3.56 – Curva de permanência de vazões da estação Ponte do Leitão (38790000) localizada no Rio Mamanguape, na bacia do Rio Mamanguape.

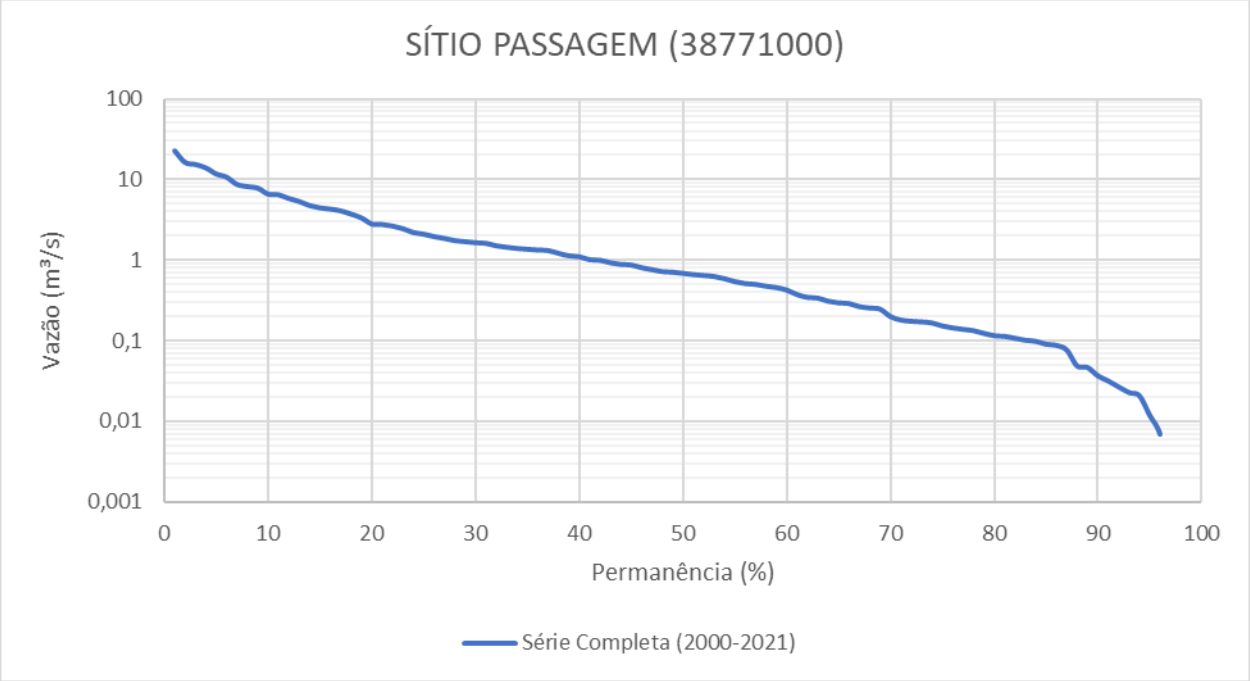


Figura 3.57 – Curva de permanência de vazões da estação Sítio Passagem (38771000) localizada no Rio Aracají, na bacia do Rio Mamanguape.

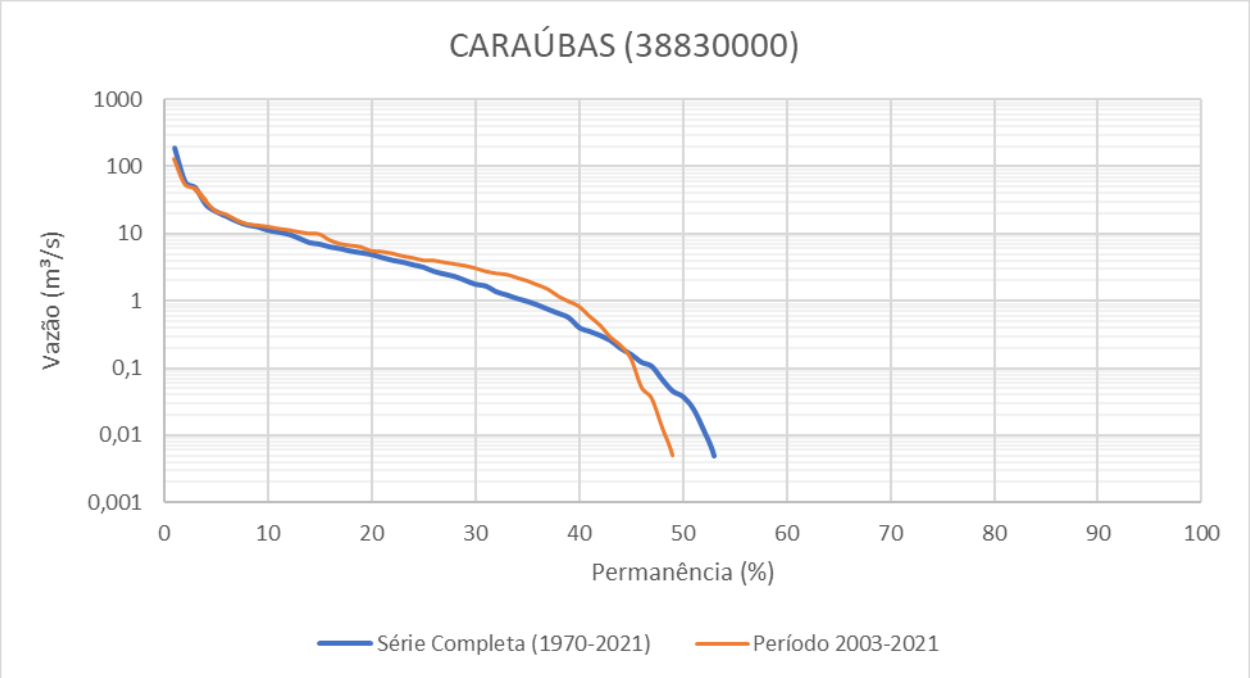


Figura 3.58 – Curva de permanência de vazões da estação Caraúbas (38830000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Alto Rio Paraíba.

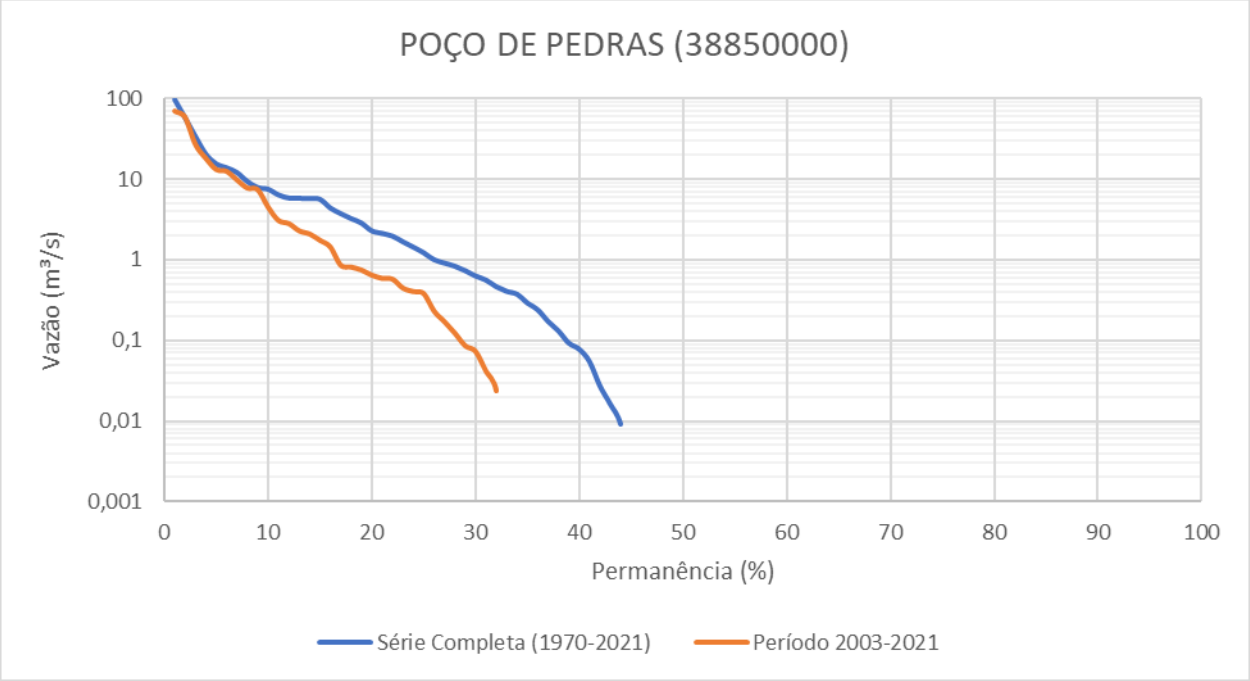


Figura 3.59 – Curva de permanência de vazões da estação Poço de Pedras (38850000) localizada no Rio Taperoá, na bacia do Rio Taperoá, região do Alto Rio Paraíba.

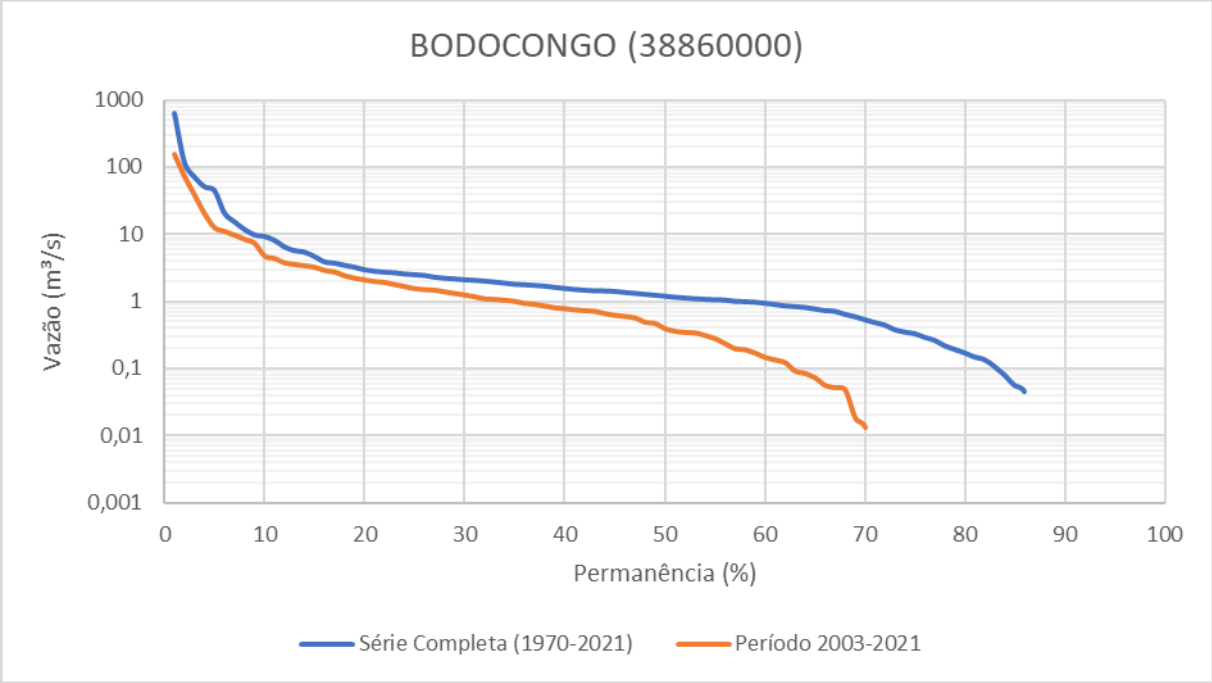


Figura 3.60 – Curva de permanência de vazões da estação Bodocongo (38860000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Médio Rio Paraíba.

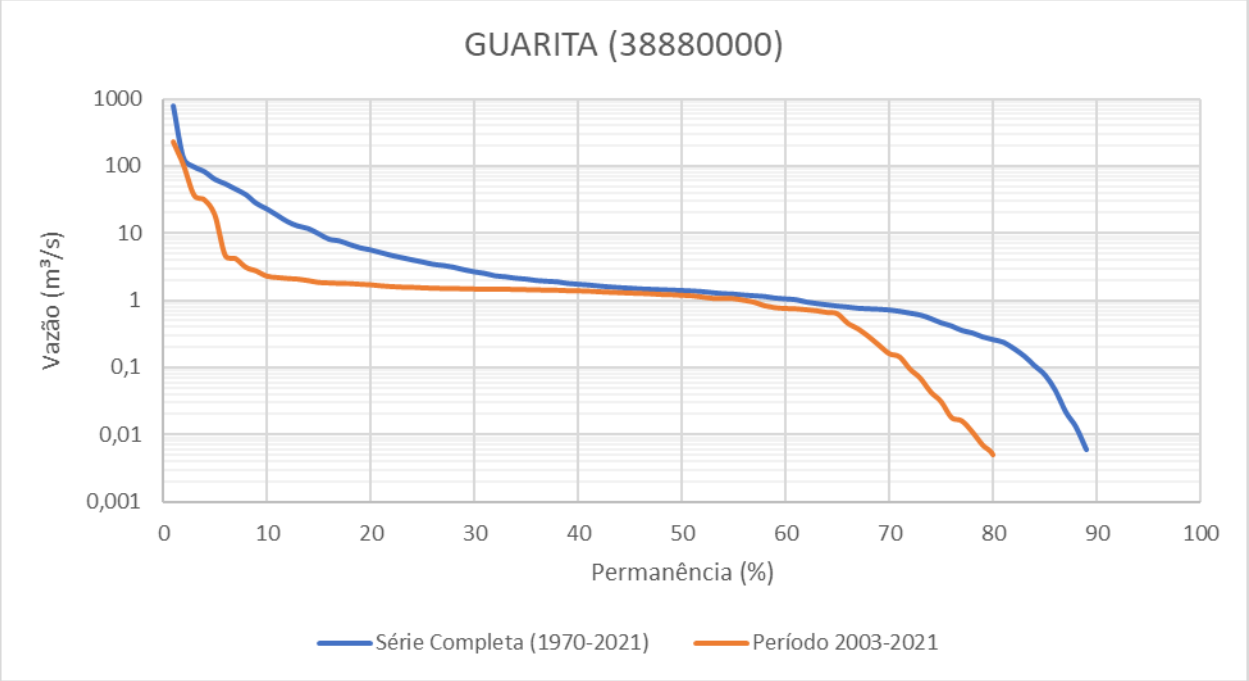


Figura 3.61 – Curva de permanência de vazões da estação Guarita (38880000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Baixo Rio Paraíba.

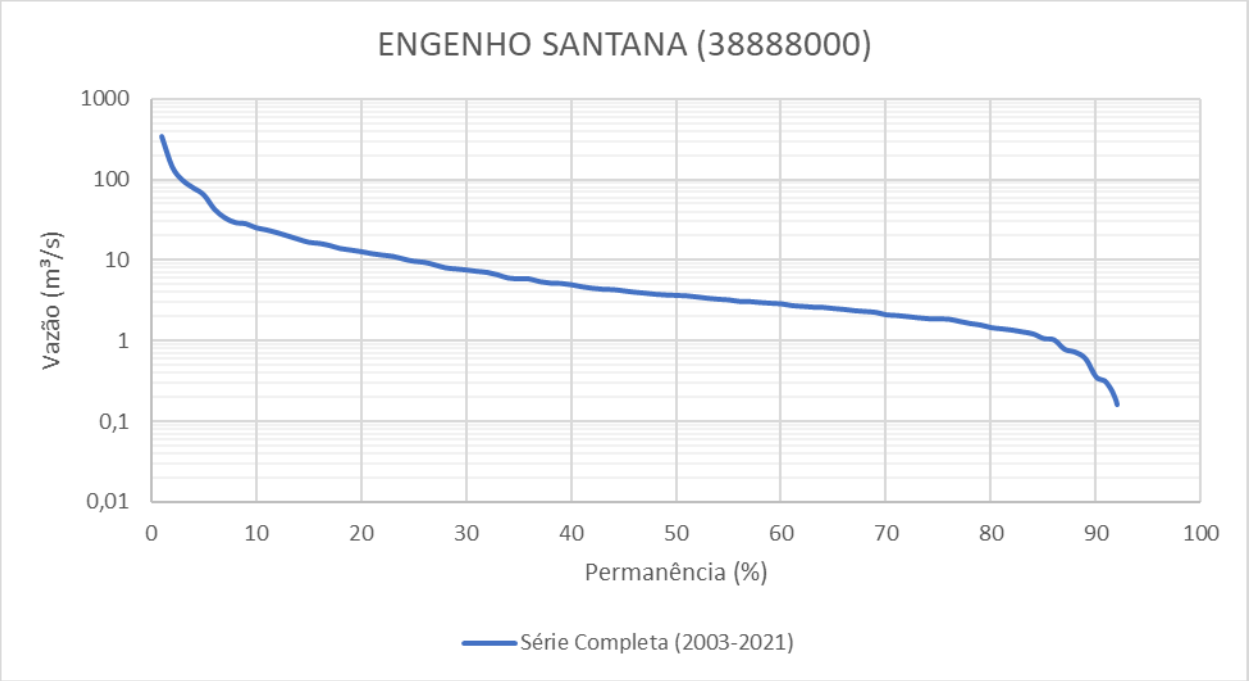


Figura 3.62 – Curva de permanência de vazões da estação Engenho Santana (38888000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Baixo Rio Paraíba.

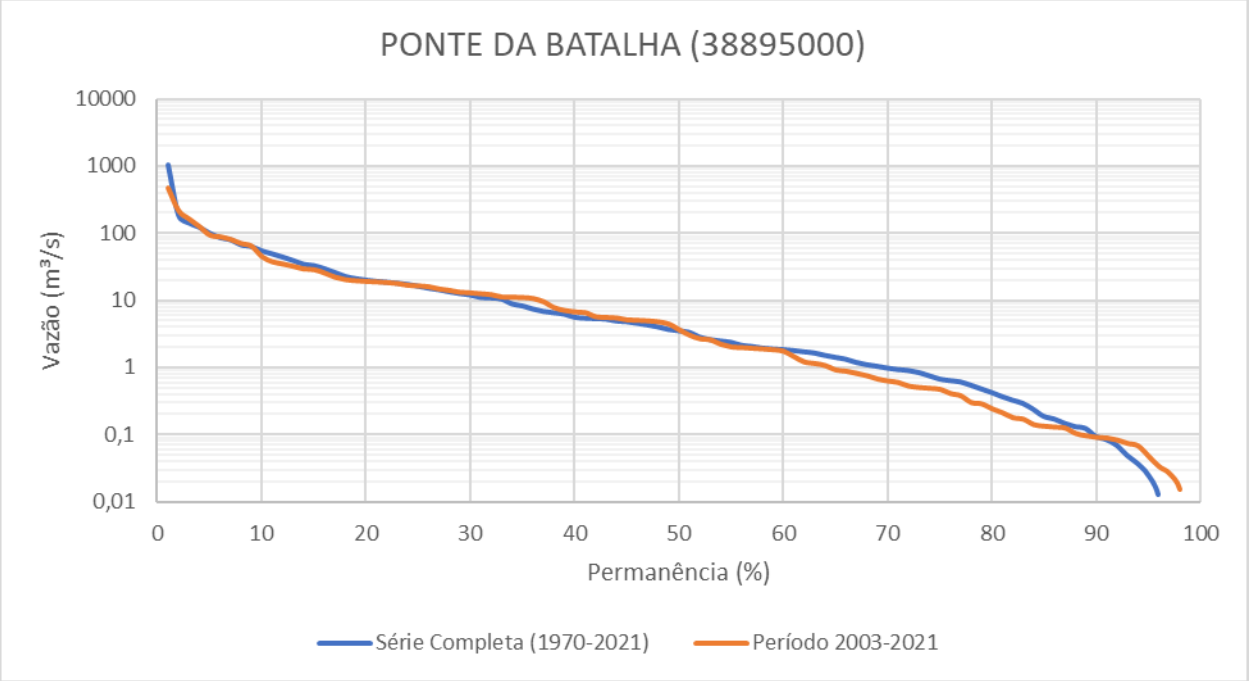


Figura 3.63 – Curva de permanência de vazões da estação Ponte da Batalha (38895000) localizada no Rio Paraíba, na bacia do Baixo Rio Paraíba.

O Quadro 3.31 e o Quadro 3.32 apresentam um resumo das vazões características no local das estações fluviométricas analisadas. O primeiro quadro apresenta as vazões características calculadas para as estações com dados disponíveis entre 1970 e 2021; e o segundo quadro apresenta as vazões características calculadas para todas as estações, considerando um período mais recente de dados (2000 a 2021).

Quadro 3.31 – Vazões características no local das estações fluviométricas, considerando o período de dados entre 1970 e 2021.

Estação	Rio	Área (km²)	Período	Unidade	Qmlp	Q50	Q90	Q95	Q98	Q99	Q7,10
MULUNGU (38750000)	Rio Mamanguape	875	1973-2021	m³/s	3,584	0,822	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
				L/s.km²	4,096	0,939	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
PONTE DO LEITÃO (38790000)	Rio Mamanguape	2950	1973-2021	m³/s	11,628	2,490	0,101	0,038	0,001	0,000	0,020
				L/s.km²	3,942	0,844	0,034	0,013	0,000	0,000	0,007
CARAÚBAS (38830000)	Rio Paraíba	5030	1970-2021	m³/s	5,219	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
				L/s.km²	1,037	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
POÇO DE PEDRAS (38850000)	Rio Taperoá	3180	1970-2021	m³/s	3,289	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
				L/s.km²	1,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BODOCONGO (38860000)	Rio Paraíba	13700	1970-2021	m³/s	9,206	1,190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022
				L/s.km²	0,672	0,087	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
GUARITA (38880000)	Rio Paraíba	17400	1970-2021	m³/s	13,481	1,410	0,003	0,000	0,000	0,000	0,014
				L/s.km²	0,775	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
PONTE DA BATALHA (38895000)	Rio Paraíba	19000	1970-2021	m³/s	23,499	3,570	0,096	0,026	0,000	0,000	0,003
				L/s.km²	1,237	0,188	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000

Quadro 3.32 - Vazões características no local das estações fluviométricas, considerando o período de dados entre 2000 e 2021.

Estação	Rio	Área (km²)	Período	Unidade	Qmlp	Q50	Q90	Q95	Q98	Q99	Q7,10
FAZENDA ALMAS (38690000)	Rio Guaju	52	2008-2022	m³/s	0,836	0,750	0,570	0,538	0,518	0,512	0,447
				L/s.km²	16,077	14,423	10,962	10,346	9,962	9,846	8,596
MULUNGU (38750000)	Rio Mamanguape	875	2000-2021	m³/s	3,053	0,276	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
				L/s.km²	3,490	0,315	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SÍTIO PASSAGEM (38771000)	Rio Aracají	908	2000-2021	m³/s	3,100	0,686	0,037	0,012	0,000	0,000	0,002
				L/s.km²	3,415	0,756	0,041	0,013	0,000	0,000	0,002
PONTE DO LEITÃO (38790000)	Rio Mamanguape	2950	2000-2021	m³/s	8,148	1,070	0,059	0,013	0,001	0,000	0,026
				L/s.km²	2,762	0,363	0,020	0,004	0,000	0,000	0,009
CARAÚBAS (38830000)	Rio Paraíba	5030	2003-2021	m³/s	4,774	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
				L/s.km²	0,949	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
POÇO DE PEDRAS (38850000)	Rio Taperoá	3180	2003-2021	m³/s	2,404	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
				L/s.km²	0,756	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BODOCONGO (38860000)	Rio Paraíba	13700	2003-2021	m³/s	3,814	0,385	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
				L/s.km²	0,278	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
GUARITA (38880000)	Rio Paraíba	17400	2003-2021	m³/s	6,169	1,180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,061
				L/s.km²	0,355	0,068	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
ENGENHO SANTANA (38888000)	Rio Paraíba	18900	2003-2021	m³/s	14,950	3,640	0,353	0,000	0,000	0,000	0,179
				L/s.km²	0,791	0,193	0,019	0,000	0,000	0,000	0,009
PONTE DA BATALHA (38895000)	Rio Paraíba	19000	2003-2021	m³/s	23,123	3,620	0,090	0,047	0,015	0,002	0,009
				L/s.km²	1,217	0,191	0,005	0,002	0,001	0,000	0,000

A partir dos resultados obtidos para as estações fluviométricas, foi estimado o potencial de geração de escoamento (L/s.km²) das bacias hidrográficas em termos de vazão média (Q_{mlp}) e vazão mínima (Q_{95}).

Para as bacias dos rios Mamanguape e Paraíba, realizou-se uma tentativa de criar curvas de regionalização de vazão, uma vez que essas bacias possuem mais de duas estações fluviométricas com dados de vazão disponível. Contudo, os ajustes realizados para as vazões mínimas não foram satisfatórios devido a dinâmica hidrológica caracterizada pela intermitência do escoamento desses rios. Dessa forma, para essas bacias foram atribuídas as vazões específicas da estação fluviométrica localizada mais a jusante, ou seja, mais próxima da foz da bacia e dentro da área do SAPP, sendo para a bacia do Rio Mamanguape a estação Ponte do Leitão (38790000) e para a bacia do Rio Paraíba, a estação Ponte da Batalha (38895000). Para a bacia do rio Guaju foram atribuídas as vazões específicas da estação Fazendas Almas (38690000).

Para as bacias sem dados de monitoramento disponíveis foi realizada a transferência de informação de bacias vizinhas, considerando-se características fisiográficas e regime pluviométrico semelhantes. As bacias dos rios Camaratuba e Miriri, por exemplo, detém as mesmas características da porção baixa da sua bacia vizinha, o Rio Mamanguape. São bacias de característica alongada e de mesma declividade média, além de estarem sujeitas ao mesmo regime pluviométrico na sua porção inserida no SAPP. Dessa forma, atribuiu-se para essas bacias as mesmas vazões específicas da bacia do Rio Mamanguape.

Já, as bacias dos rios Gramame e Abiaí, caracterizam-se por serem bacias de menor área de drenagem, localizadas totalmente na área litorânea, sujeitas a volumes maiores de precipitação anual. Dessa forma, para essas bacias, atribuiu-se as mesmas vazões específicas da bacia do Rio Guaju.

As vazões específicas das bacias hidrográficas na área do SAPP são apresentadas no Quadro 3.33 e na Figura 3.64, para a Q_{mlp} e Q_{95}. A bacia do rio Guaju, representada pela estação Fazenda Almas (38690000), destacou-se com os maiores valores de vazões específicas, indicando uma maior capacidade de produção de escoamento por unidade de área nessa bacia. Já, a sub-bacia do rio Paraíba, representada pela estação Ponte da Batalha (38895000), apresentou baixas vazões específicas, indicando uma baixa capacidade de produção de escoamento da bacia.

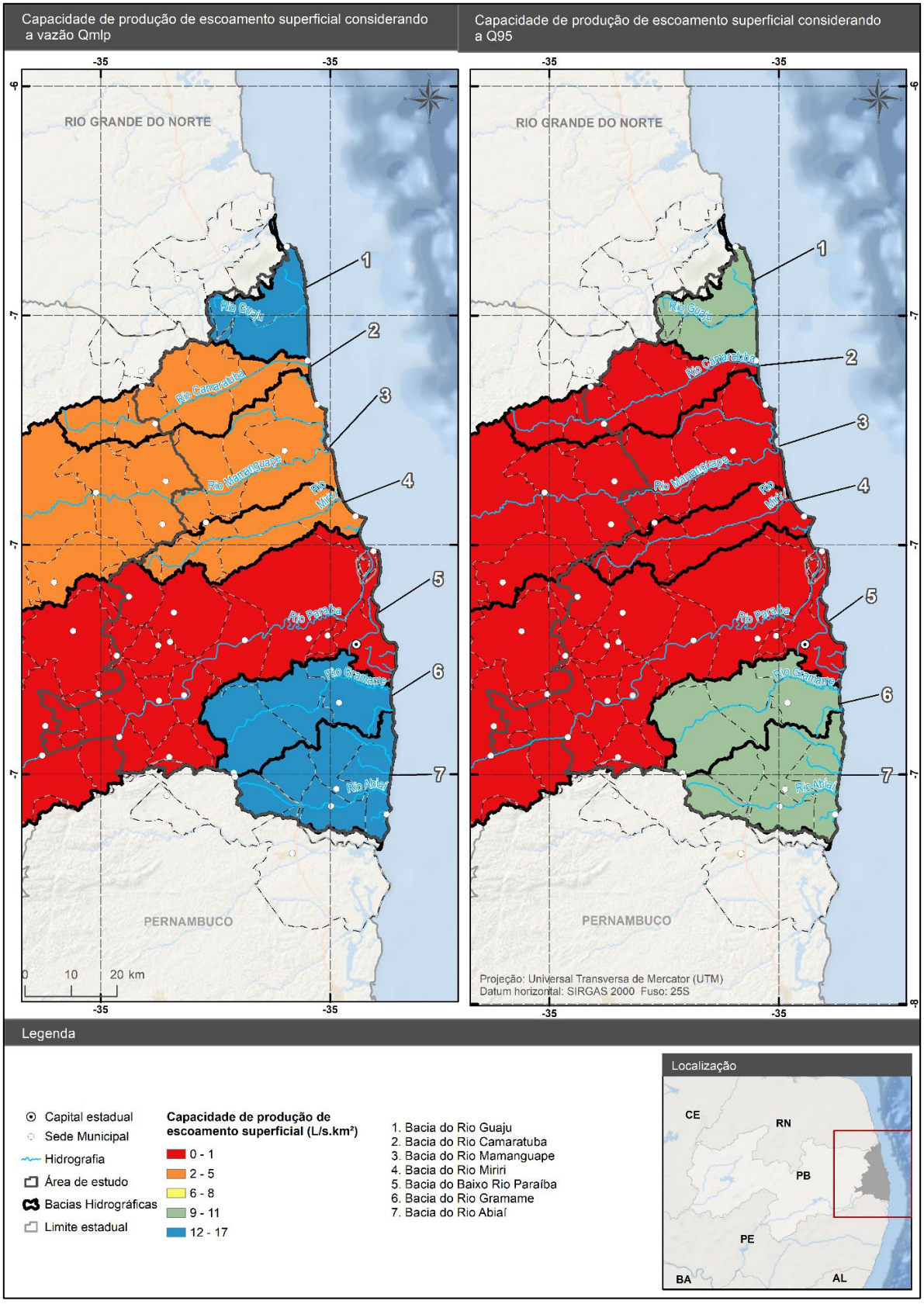


Figura 3.64 – Vazões específicas das bacias hidrográficas do SAPP.

Quadro 3.33 – Vazões específicas das bacias hidrográficas do SAPP.

Bacia	Vazão específica (L/s.km²)						
	Q_{mlp}	Q_{50}	Q_{90}	Q_{95}	Q_{98}	Q_{99}	$Q_{7,10}$
Rio Guaju	16,08	14,42	10,96	10,35	9,96	9,85	8,60
Rio Camaratuba	3,94	0,84	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
Rio Mamanguape	3,94	0,84	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
Rio Miriri	3,94	0,84	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
Rio Paraíba	1,24	0,19	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Gramame	16,08	14,42	10,96	10,35	9,96	9,85	8,60
Rio Abiaí	16,08	14,42	10,96	10,35	9,96	9,85	8,60

Por fim, foi analisada a evolução temporal dos perfis transversais dos rios com dados disponíveis. Foi identificada a existência de perfil transversal para os rios Guaju, Mamanguape e Paraíba, sendo uma seção para o Rio Guaju, duas para o Rio Mamanguape e cinco para o Rio Paraíba.

A Figura 3.65 apresenta a evolução do perfil transversal do Rio Guaju, no local da estação Fazenda Almas (38690000). Percebe-se uma evolução da deposição de sedimentos na sua margem esquerda e de erosão da sua margem direita com o avanço do tempo.

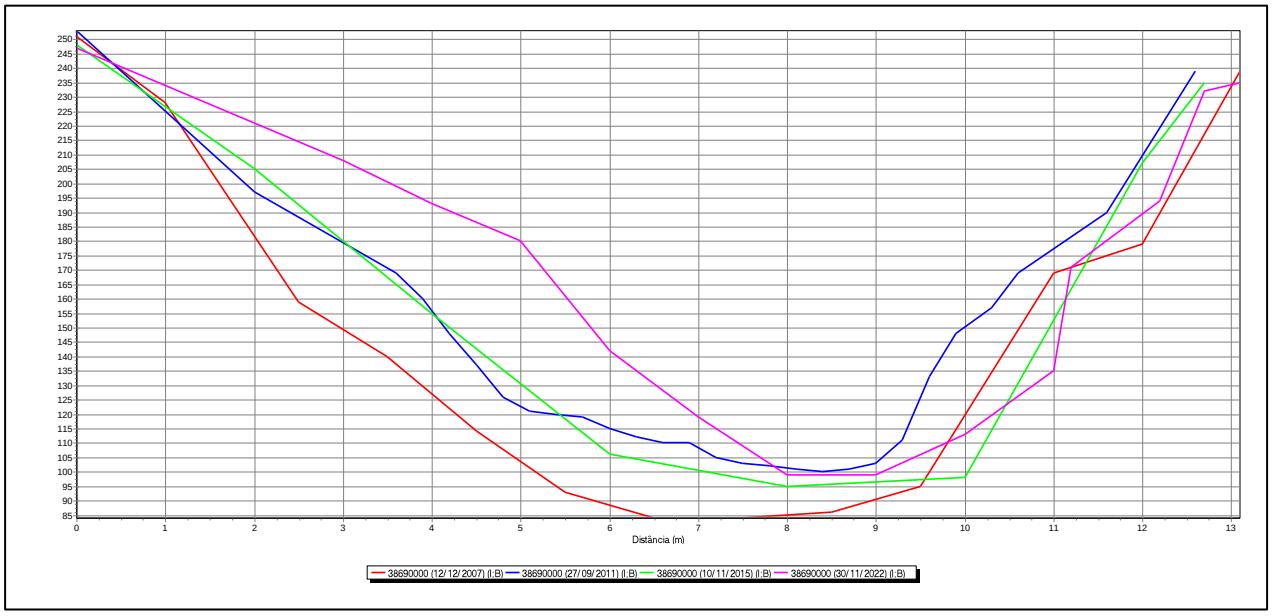


Figura 3.65 – Evolução temporal do perfil transversal do Rio Guaju, no local da estação Fazenda Almas (38690000).

A Figura 3.66 apresenta o perfil transversal de duas seções distintas do rio Mamanguape, a primeira em vermelho no local da estação Mulungu (38750000) e a segunda em azul no local da estação Ponte do Leitão (38790000). Percebe-se que o Rio Mamanguape, no local da estação Mulungu (38750000), a montante da área de estudo, apresenta um perfil mais aberto enquanto

no local da estação Ponte do Leitão (38790000), já dentro da área de estudo, o rio apresenta um perfil mais encaixado.

Além disso, conforme pode-se verificar na Figura 3.67, a seção transversal a montante da área de estudo apresenta alteração constante do seu perfil relacionada a deposição de sedimentos. No último ano com dados disponível é possível perceber a formação de uma ilha no meio da seção. Já na Figura 3.68 percebe-se que a seção a jusante, dentro da área de estudo do SAPP não apresenta alteração significativa do seu perfil transversal ao longo dos anos.

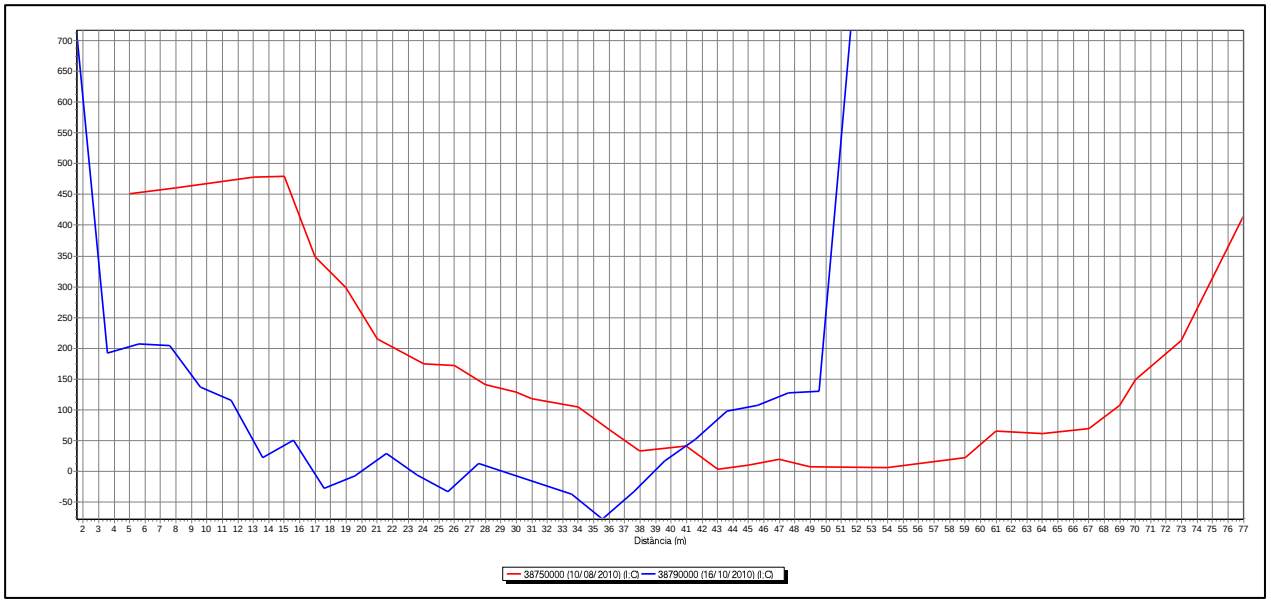


Figura 3.66 – Comparação entre duas seções transversais distintas do Rio Mamanguape.

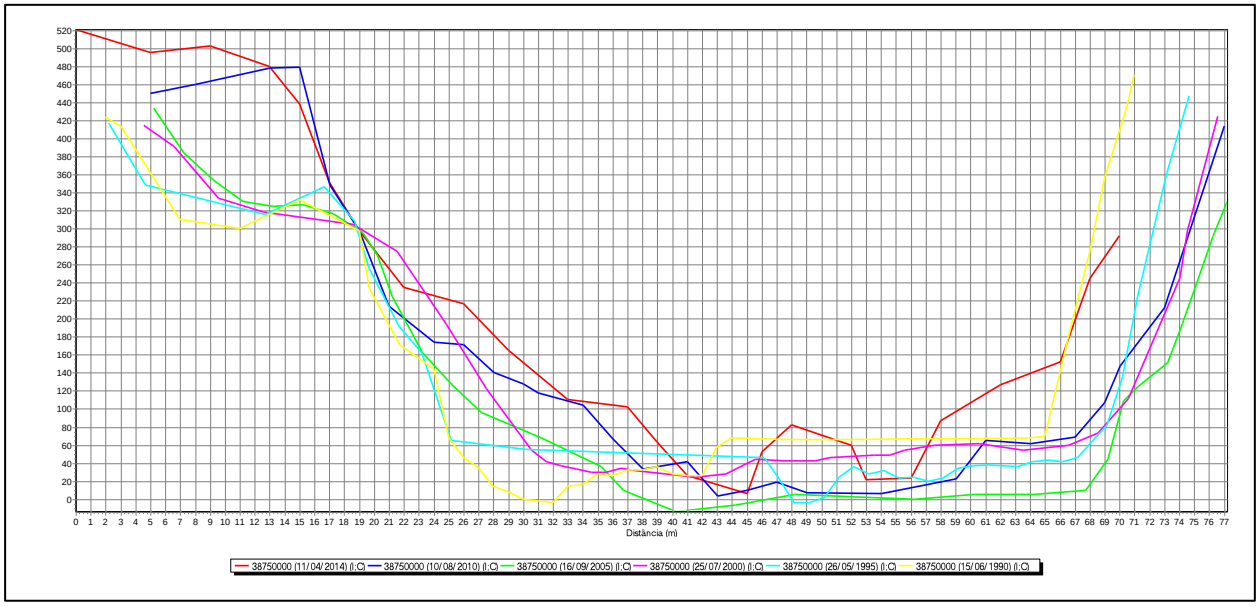


Figura 3.67 – Evolução temporal do perfil transversal do Rio Mamanguape, no local da estação Mulungu (38750000).

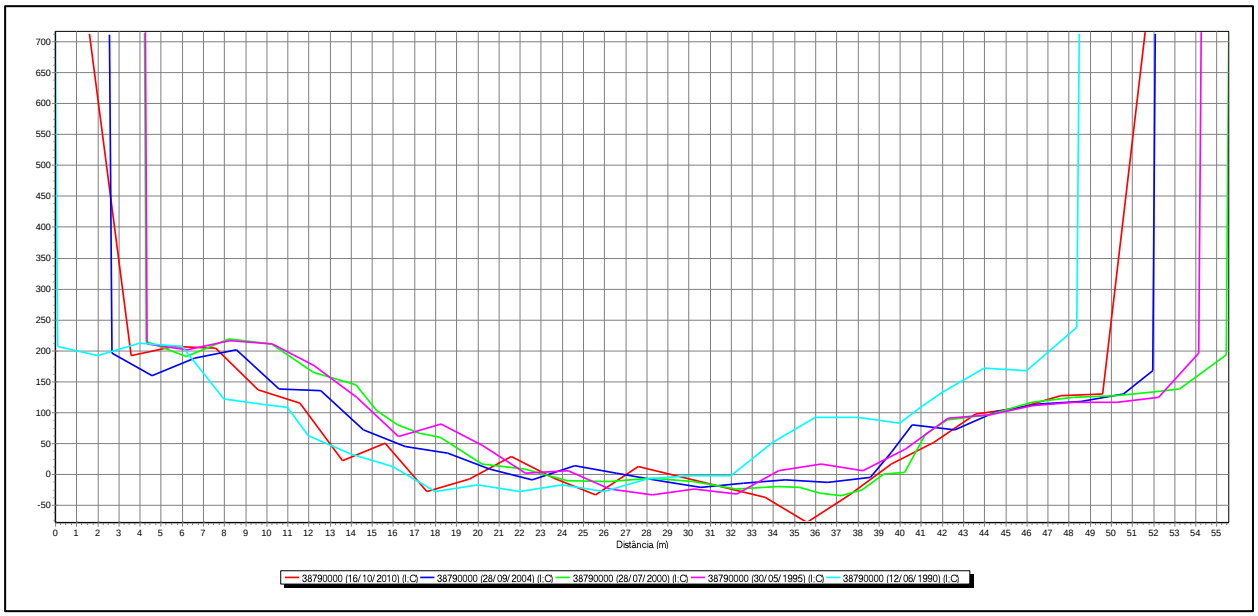


Figura 3.68 – Evolução temporal do perfil transversal do Rio Mamanguape, no local da estação Ponte do Leitão (38790000).

A Figura 3.69 apresenta o perfil transversal de cinco seções distintas do rio Paraíba. Em vermelho a seção localizada no Alto Rio Paraíba, no local da estação Caraúbas (38830000) e em ciano a seção no Baixo Rio Paraíba, no local da estação Ponte da Batalha (38895000), já dentro da área do SAPP. Assim como para a bacia do Rio Mamanguape, percebe-se que na parte alta da bacia, as seções apresentam um perfil mais aberto enquanto na parte mais baixa da bacia, o rio apresenta um perfil mais encaixado.

Conforme pode-se observar na Figura 3.70 e na Figura 3.71 nas porções Alta e Média do Rio Paraíba, a seção transversal não aparenta sofrer grandes modificações ao longo do tempo. Esse comportamento pode estar relacionado a baixa vazão que passa em sua calha principal, condicionada pelas defluências dos açudes e reservatórios localizados na bacia. Já na porção Baixa da bacia do Rio Paraíba (Figura 3.71), percebe-se entre 1990 e 2002 a deposição de sedimentos no interior do leito do rio, mas que a partir de 2007 passa a não existir mais, possivelmente devido a precipitação acumulada entre 2002 e 2004 e ao pico de vazão registrado na estação em 2004.

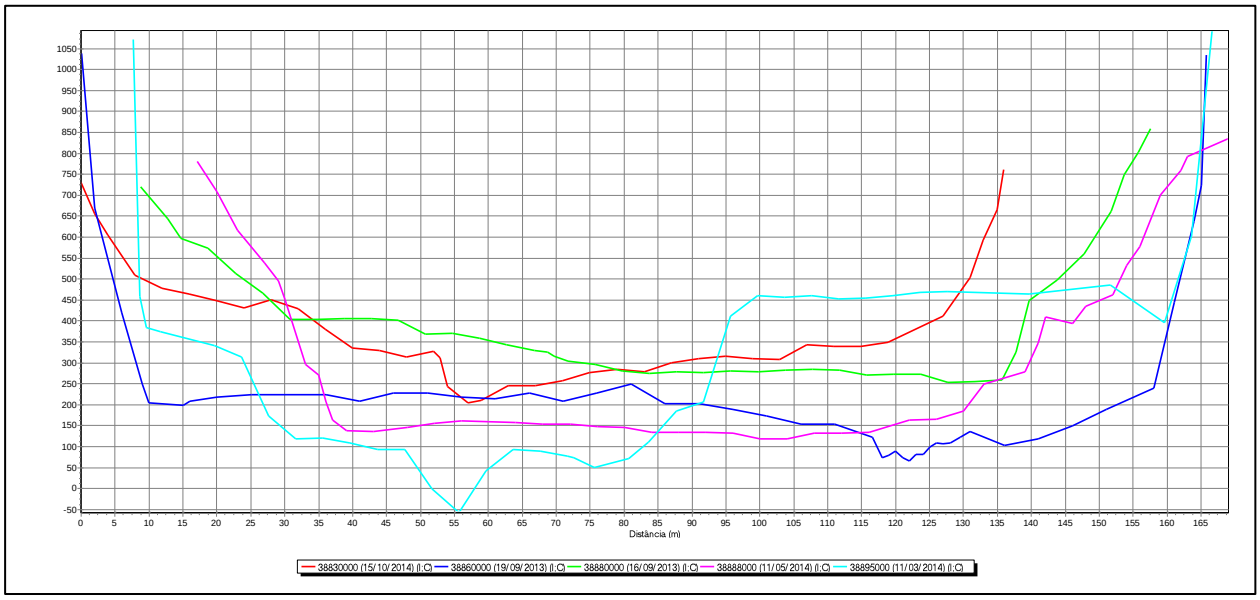


Figura 3.69 – Comparação entre cinco seções transversais distintas do Rio Paraíba.

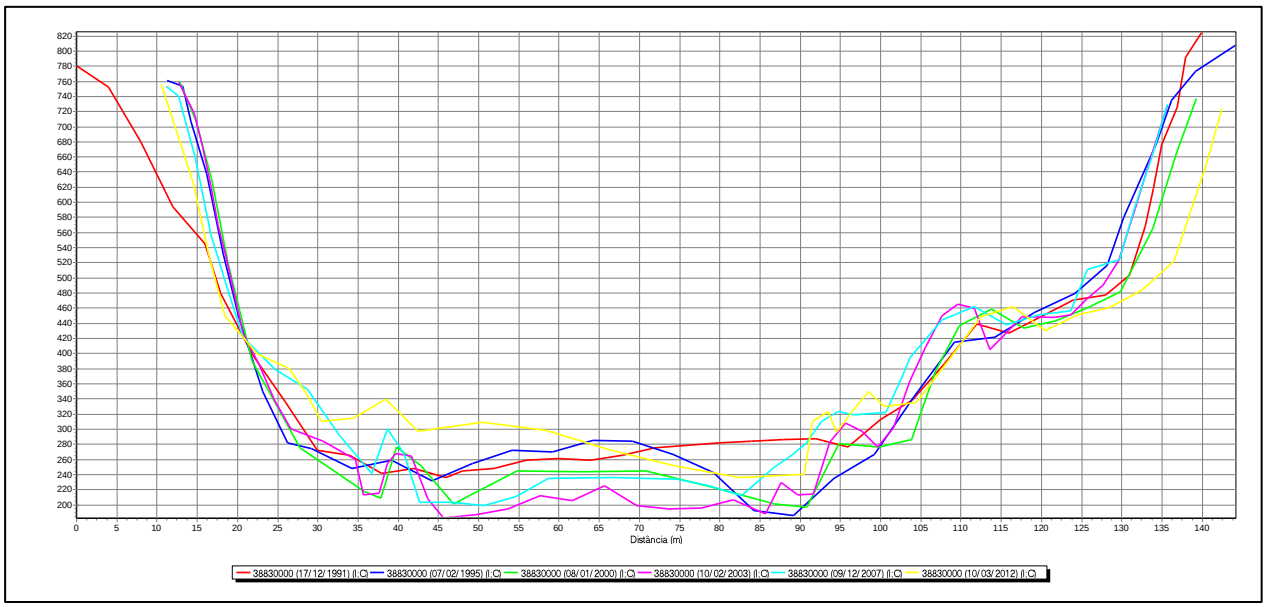


Figura 3.70 – Evolução temporal do perfil transversal no Alto Rio Paraíba, no local da estação Caraúbas (38830000).

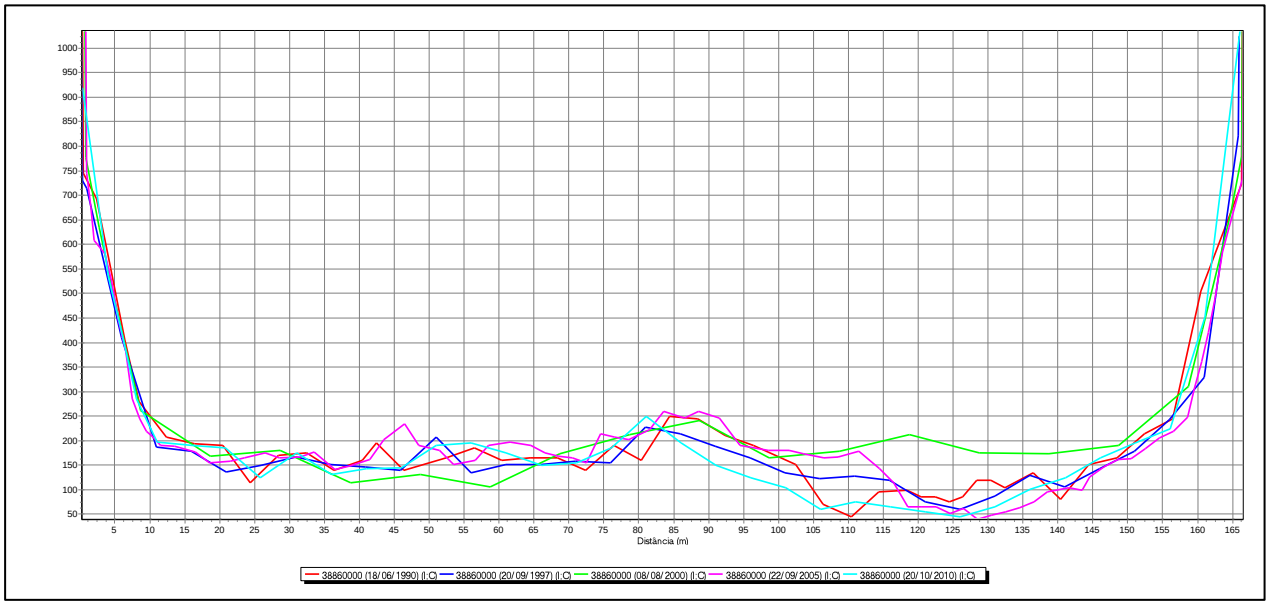


Figura 3.71 – Evolução temporal do perfil transversal no Médio Rio Paraíba, no local da estação Bodocongo (38860000).

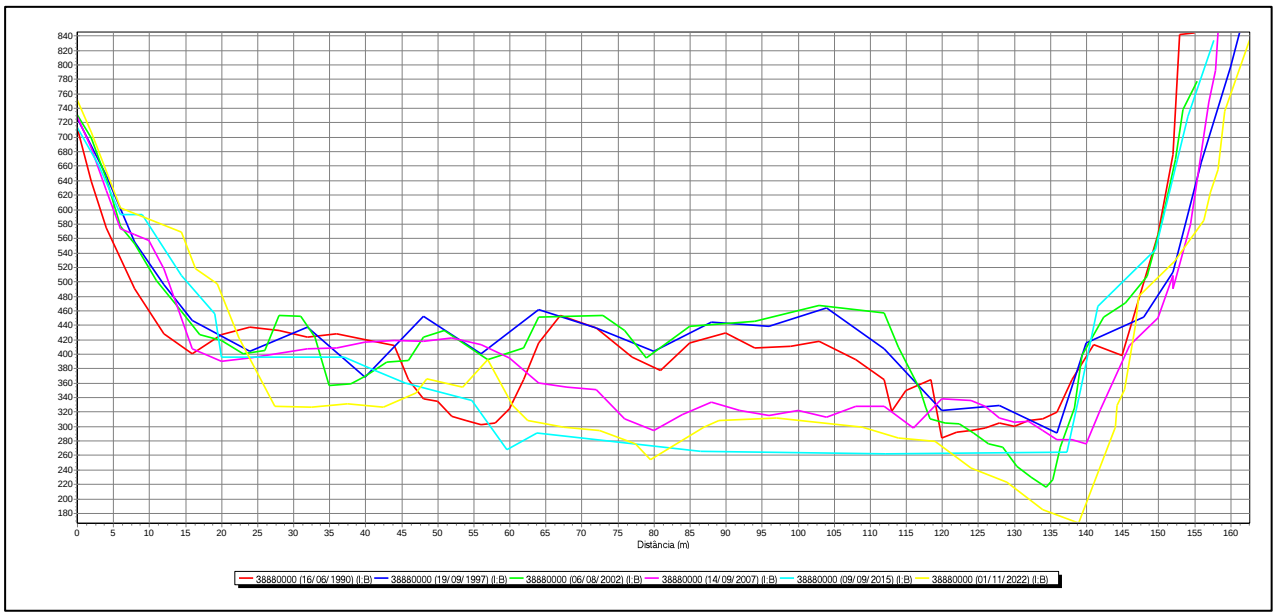


Figura 3.72 – Evolução temporal do perfil transversal no Baixo Rio Paraíba, no local da estação Guarita (38880000)

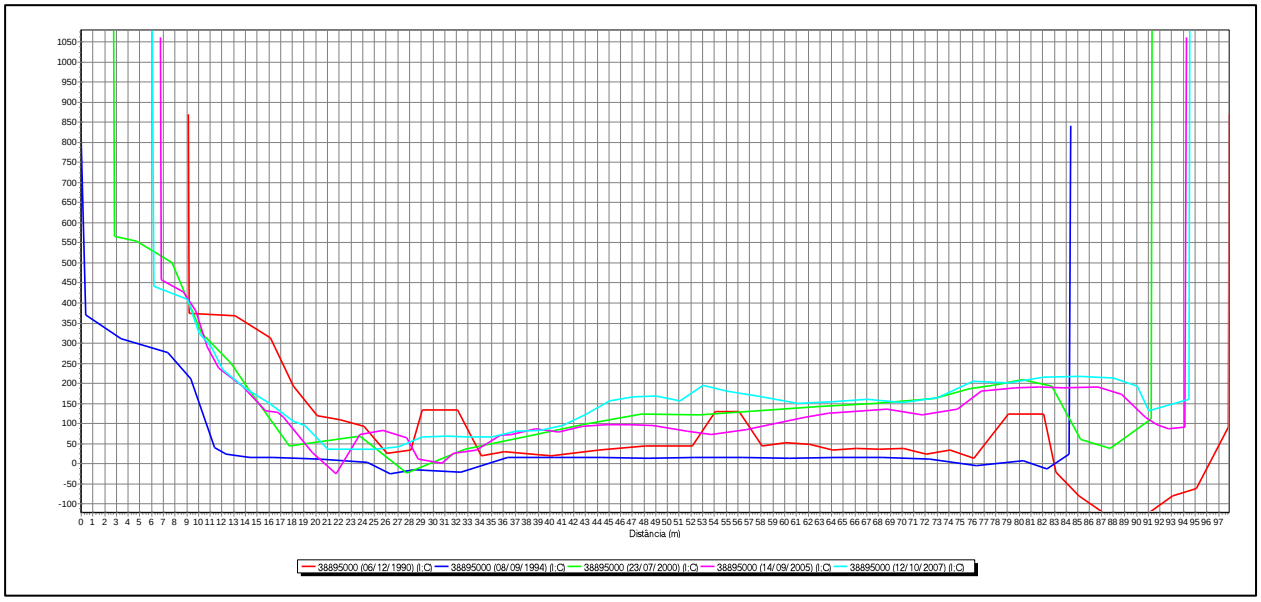


Figura 3.73 – Evolução temporal do perfil transversal no Baixo Rio Paraíba, no local da estação Ponte da Batalha (38895000).

3.5.6 *Caracterização do escoamento subterrâneo*

Além da estimativa das vazões da curva de permanência, que podem ser utilizadas para distinguir e quantificar a contribuição do escoamento subterrâneo em períodos de estiagem com base nas séries históricas das estações fluviométricas, foi realizado o procedimento de separação dos escoamentos de hidrogramas através da aplicação de filtros numéricos.

O procedimento de separação dos escoamentos superficial e subterrâneo consiste, essencialmente, na estruturação de um algoritmo, a partir da qual é possível construir um hidrograma com aplicação de filtros numéricos para cada ano hidrológico, utilizando-se os registros das descargas. São identificados os períodos de recessão para as estações e calculado o melhor valor para as constantes de ajustamento dos tipos de materiais existentes na bacia em análise e, por fim, realizada a separação dos escoamentos subterrâneo e superficial.

A interpretação do período de recessão utilizando técnicas gráficas foi introduzida por Barnes (1939), sendo aplicada para a separação entre os diferentes componentes do fluxo. Atualmente são utilizados filtros matemáticos para análise de hidrogramas mais extensos, que registram um ano ou mais de monitoramento da vazão. Nesse estudo foram utilizados filtros matemáticos utilizando os estudos apresentados por Lyne e Hollick (1979), Chapman (1991), Chapman e Maxwell (1996), Eckhardt (2005; 2008), e Collischonn e Fan (2013).

De modo geral, é possível identificar três regiões principais em um hidrograma (Figura 3.74), a saber: curva de concentração ou acumulação (de B para C), resultante da pluviosidade e porção onde se verifica o aumento da vazão em função do escoamento superficial; ii) vazão máxima ou pico de cheia (C), que reflete a maior concentração da precipitação na bacia e iii) a curva de recessão ou depleção (de C para E), que assinala o fim do escoamento superficial e marca o instante em que o escoamento subterrâneo passa a responder pela totalidade da vazão do curso d'água.

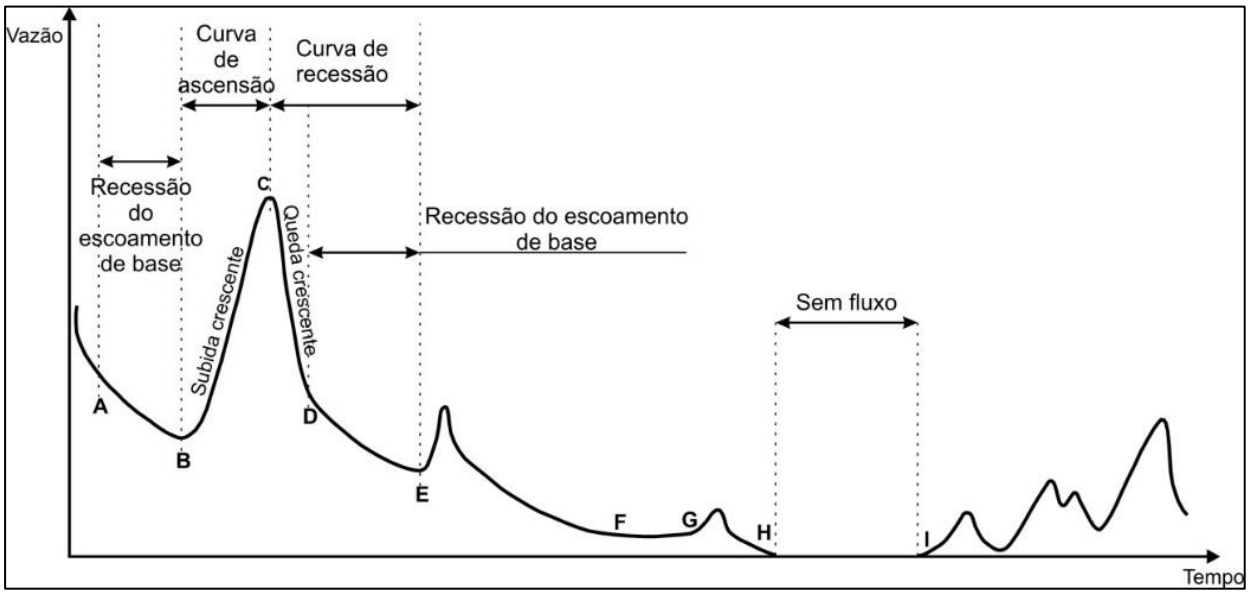


Figura 3.74 –Hidrograma com períodos representativos de sazonalidades e padrões comportamentais

A associação do fluxo subterrâneo calculado a partir do hidrograma com a recarga é uma aproximação decorrente do princípio que a descarga do aquífero é linearmente proporcional ao seu armazenamento, o que se mostra válido para condições de estiagem na maior parte dos rios do mundo. Nos períodos de estiagem, a curva de recessão pode ser aproximada para uma exponencial decrescente, sendo representada pela seguinte equação:

$$Q_{(t)} = Q_0 \times e^{\frac{-t}{k}} \qquad \text{(Equação 1)}$$

onde t é o tempo, Q0 representa a vazão em um instante t0, Q(t) é a vazão no instante t, e é a base dos logaritmos naturais e k é a constante, em unidade de tempo (FREEZE e CHERRY, 1979; COLLISCHON e TASSI, 2008).

Para cada ano hidrológico, portanto, foi calculado um valor para -1/k. Este cálculo foi realizado a partir da aproximação da curva no período de recessão com uma curva de tendência exponencial, conforme pode ser visto abaixo (Figura 3.75).

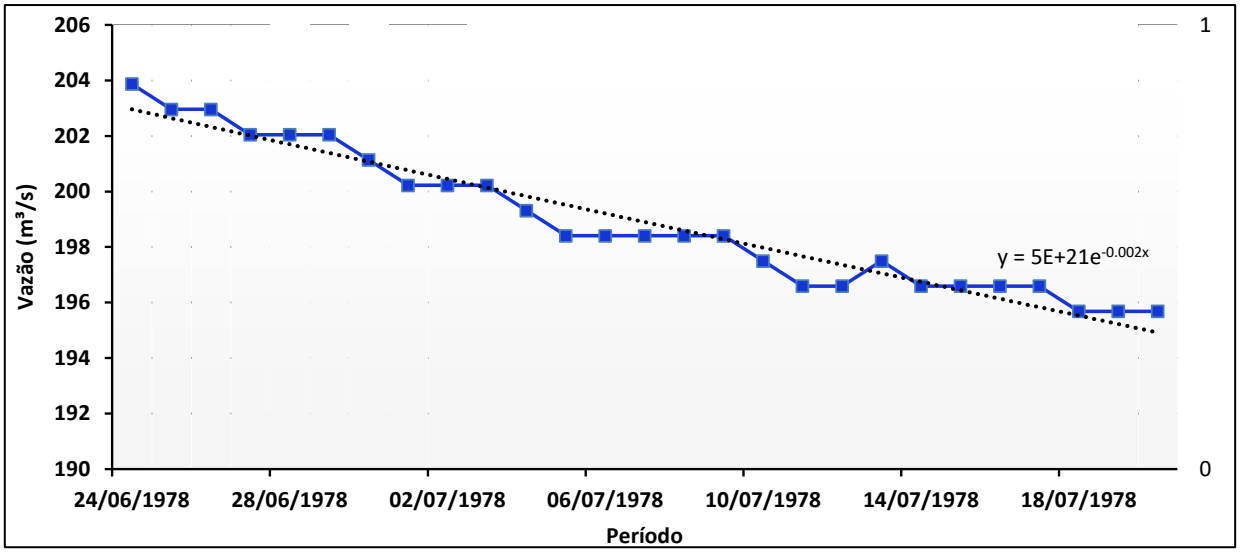


Figura 3.75 –Valor de -1/k a partir da curva exponencial referente ao período de recessão (constante y) do hidrograma

Os filtros numéricos permitem separar, de modo aproximado, as componentes superficial e subterrânea de um hidrograma. Para tanto, supõe-se que a vazão total de um hidrograma (y) em um intervalo de tempo (i) é formada pelas componentes escoamento superficial (f) e escoamento subterrâneo (b):

$$y_i = f_i + b_i \qquad \text{(Equação 2)}$$

onde i representa o intervalo de tempo adotado.

Considerando a existência de uma relação linear em períodos de estiagem entre o armazenamento de água nos aquíferos e a vazão, pode-se adotar para os períodos sem recarga do aquífero a seguinte equação:

$$b_{i+1} = b_i \times e^{\frac{-\Delta t}{k}} \qquad \text{(Equação 3)}$$

onde que k é a constante e Δt é o tamanho do intervalo de tempo entre i e i+1. Esta mesma equação também pode ser expressa por:

$$b_{i+1} = b_i \times a \qquad \text{(Equação 4)}$$

onde,

$$a = e^{\frac{-\Delta t}{k}} \qquad \text{(Equação 5)}$$

Uma forma de estimar o valor de bi para cada intervalo de tempo i foi proposta por Lyne e Hollick (1979) e posteriormente modificada por Chapman (1991) e simplificada em 1996 por Chapman e Maxwell (e.g., ECKHARDT, 2005):

$$b_i = \frac{a}{2-a} \times b_{i-1} + \frac{1-a}{2-a} \times y_i \qquad \text{(Equação 6)}$$

Se a aplicação desta equação resultar em um valor bi > yi, então bi = yi.

O filtro acima foi denominado neste estudo como “Filtro A”. Eckhardt (2005), a partir da equação 6, formulou um filtro com dois parâmetros, a e BFimax (“Filtro B”):

$$b_i = \frac{(1 - BFi_{max}) \times a \times b_{i-1} + (1-a) \times BFi_{max} \times y_i}{1 - a \times BFi_{max}} \qquad \text{(Equação 7)}$$

Como no caso anterior, limitado a valores bi menores ou iguais a yi.

BFimax é o máximo percentual de escoamento subterrâneo que o filtro permite calcular, e pode ser estimado ao se estender a curva de recessão, de trás para frente no tempo:

$$b_i = \frac{b_{i+1}}{a} \qquad \text{(Equação 8)}$$

Limitado a valores bi menores ou iguais a yi, como nos casos anteriores. A partir da aplicação da recessão inversa (COLLISCHONN e FAN, 2013), obtém-se um hidrograma “r” cujos valores são utilizados para o cálculo do BFimax, pela fórmula:

$$BFi_{max} \approx \frac{\sum_{i=1}^{N} r_i}{\sum_{i=1}^{N} y_i} \qquad \text{(Equação 9)}$$

onde N representa o número de intervalos de tempo do hidrograma.

Os filtros A e B se igualam caso BFimax corresponda a 0,5. Entretanto, o filtro B permite uma análise mais detalhada do hidrograma, especialmente quando é utilizada a metodologia de Collischonn & Fan (2013) para a determinação de BFimax.

No presente estudo, foi utilizado o Filtro B para o cálculo da parcela do escoamento subterrâneo devido à sua maior aderência ao hidrograma nos períodos de recessão. No Quadro 3.34, são apresentados os valores de k e BFImax utilizados para aplicação dos filtros matemáticos de separação dos escoamentos e determinados por meio de calibração e a proporção do fluxo de base obtido em relação à vazão total monitorada para as estações fluviométricas próximas a área do SAPP.

Quadro 3.34 – Valores de k e BFImax utilizados para aplicação dos filtros matemáticos de separação dos escoamentos e proporção do fluxo de base obtido em relação à vazão total monitorada

Estação fluviométrica	Área (km²)	k	BFImax	Percentual médio (%) de água subterrânea em relação à vazão total monitorada
Fazenda Almas (38690000)	52	0,80	0,9	82%
Mulungu (38750000)	875	0,65	0,9	58%
Sítio Passagem (38771000)	908	0,65	0,9	57%
Ponte do Leitão (38790000)	2.950	0,65	0,9	64%
Guarita (38880000)	17.400	0,70	0,9	62%
Engenho Santana (38888000)	18.900	0,70	0,9	67%
Ponte da Batalha (38895000)	19.000	0,70	0,9	69%

De acordo com os resultados médios da análise dos hidrogramas (Figura 3.76 até a Figura 3.82), os valores de escoamento subterrâneo variam em média entre 57% e 82% em relação à vazão medida nos pontos de monitoramento. O maior aporte subterrâneo (em relação à vazão total monitorada) ocorre junto a sub-bacia do rio Guaju, conforme indicam os valores estimados pela estação Fazenda Almas (82%). Os menores percentuais de escoamento de base ocorrem nas sub-bacias do rio Mamanguape, estação Sítio Passagem (57%) e estação Mulungu (58%), localizadas a montante da área do SAPP. Dentre as sete estações avaliadas, seis delas apresentam valores de escoamento subterrâneo variando no intervalo de 55% e 70% em relação à vazão total. A média percentual da descarga de base encontrada dentre todas as sete estações analisadas corresponde a 66% das vazões totais monitoradas nos cursos d'água, evidenciando a importância do escoamento de base na formação da vazão total dos cursos d'água.

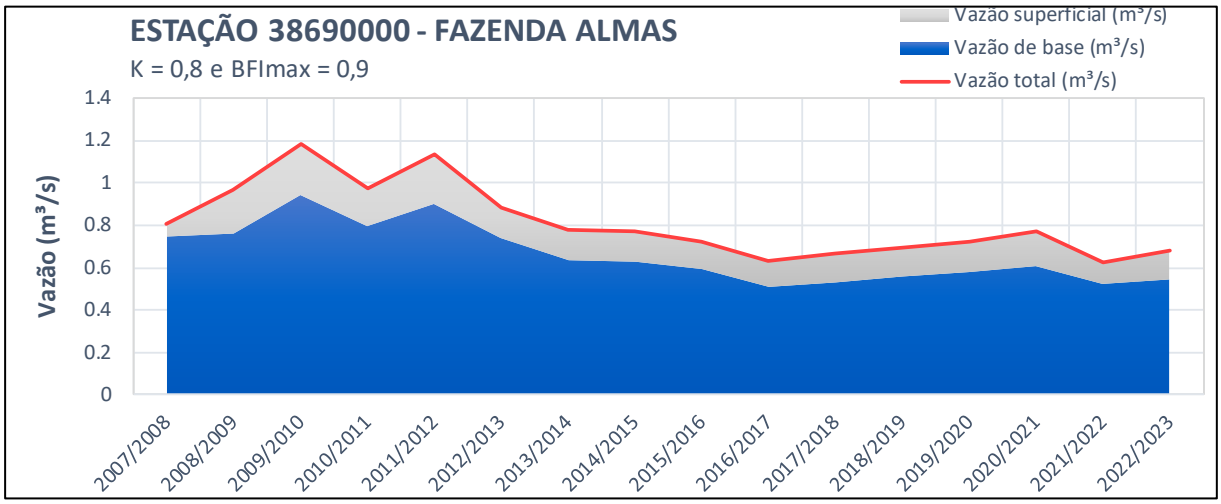


Figura 3.76 –Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Fazenda Almas (38690000)

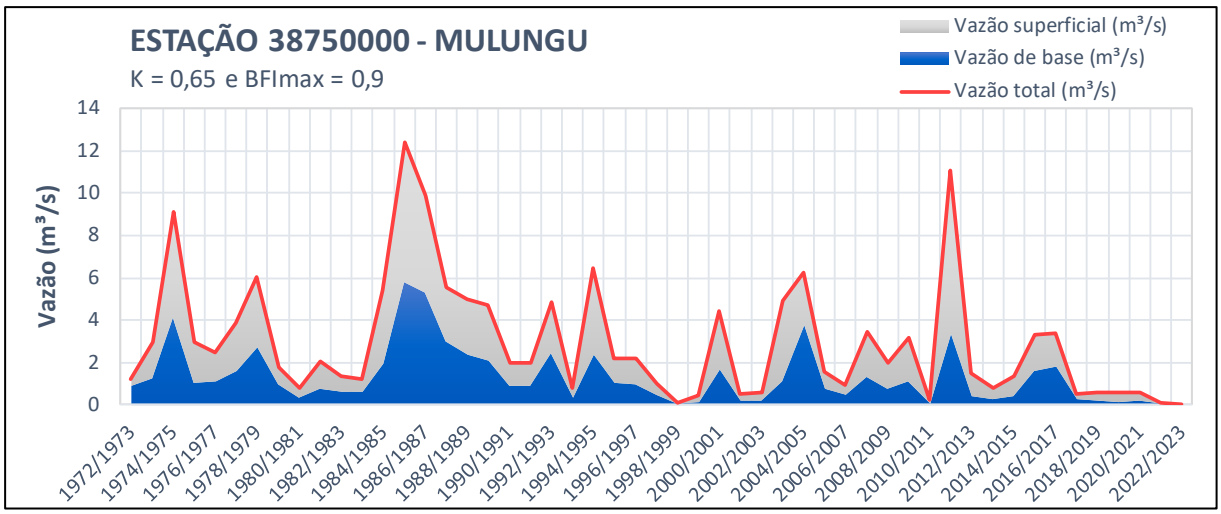


Figura 3.77 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Mulungu (38750000)

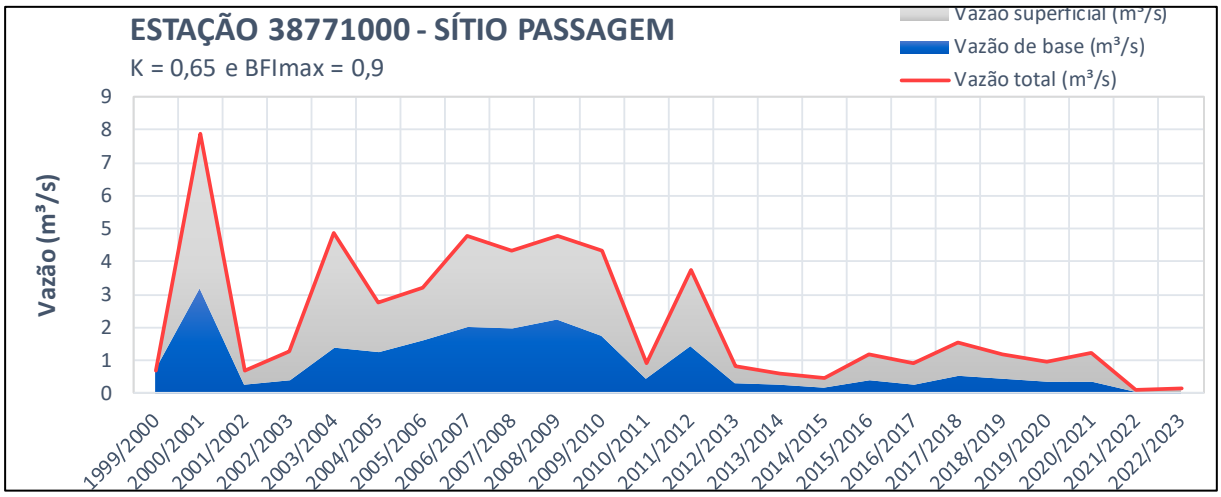


Figura 3.78 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Sítio Passagem (38771000)

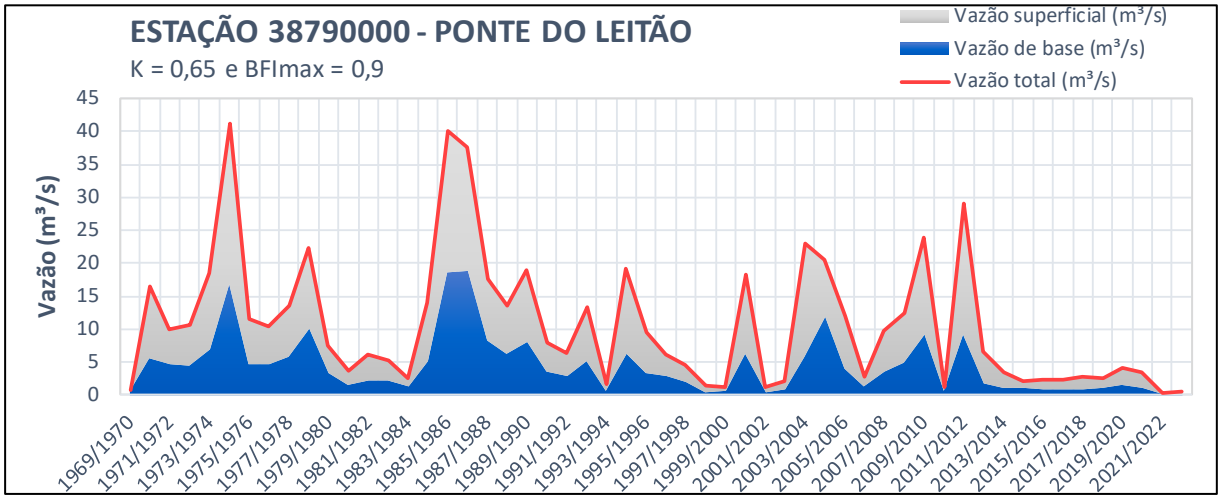


Figura 3.79 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Ponte do Leitão (38790000)

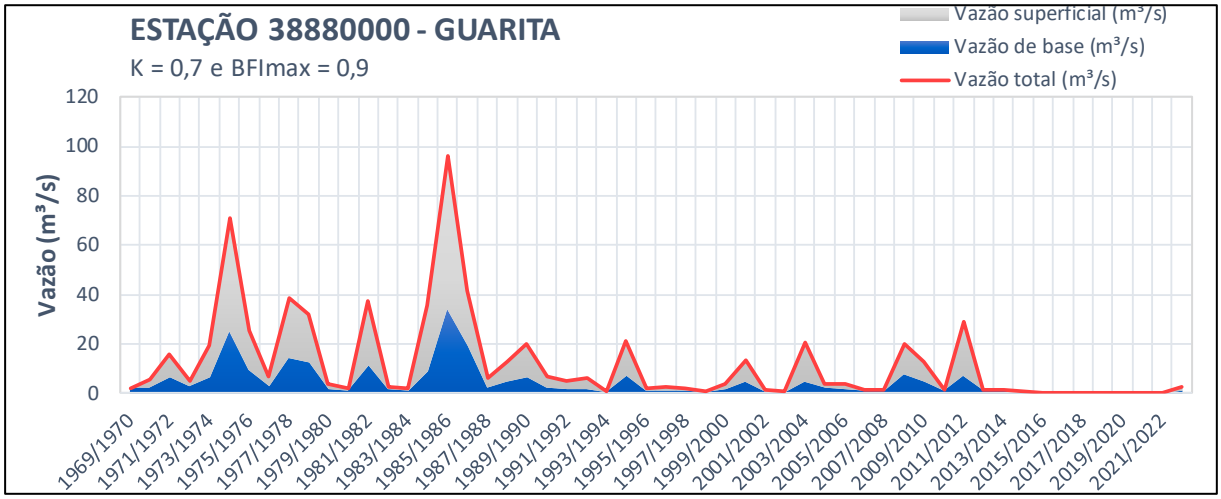


Figura 3.80 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Guarita (38880000)

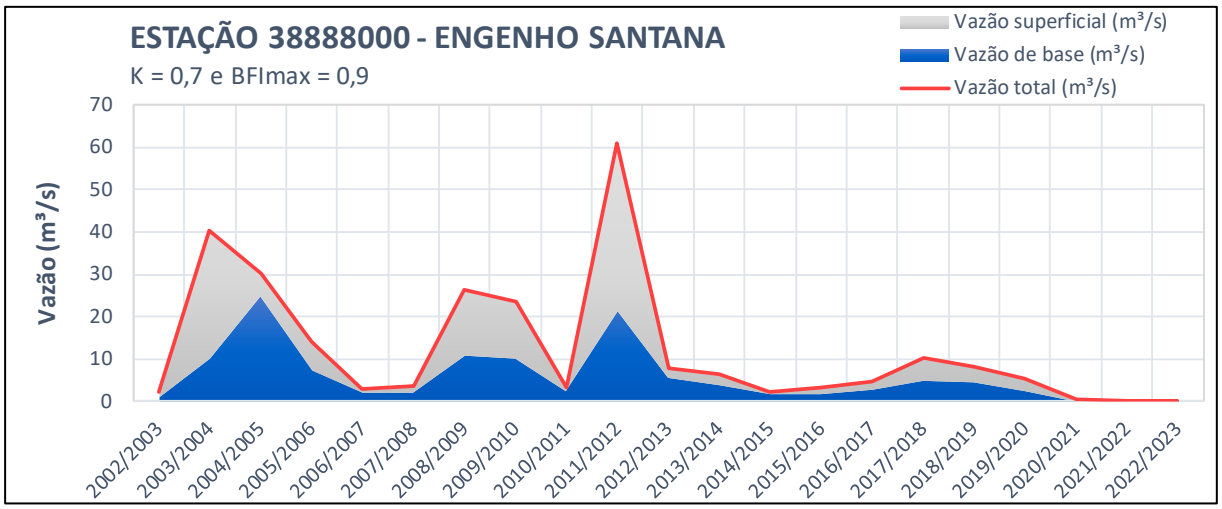


Figura 3.81 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Engenho Santana (38888000)

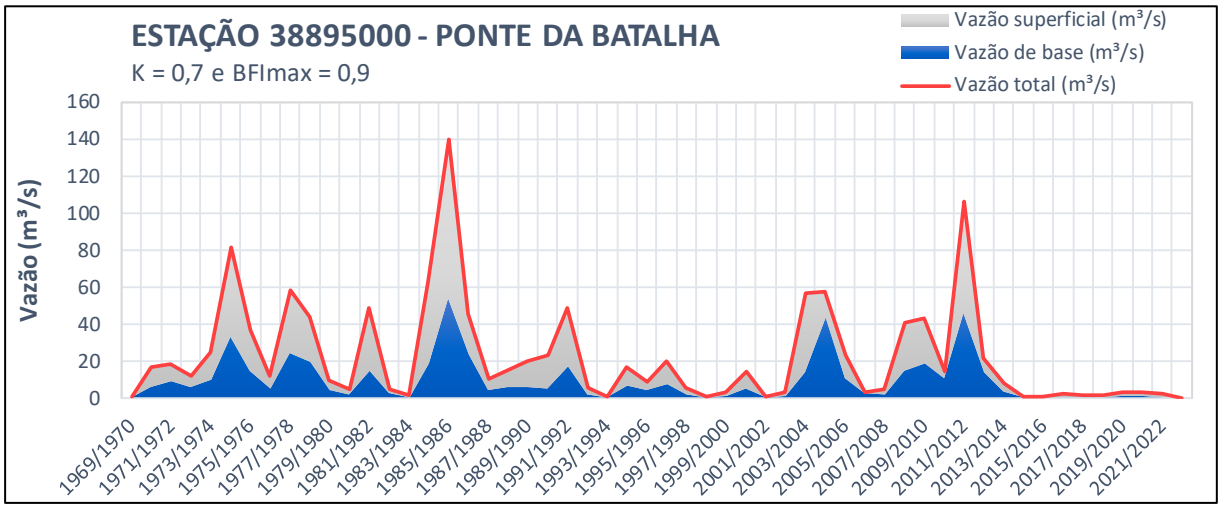


Figura 3.82 – Parcelas do escoamento subterrâneo e superficial da estação Ponte da Batalha (38895000)

Com base nos valores de escoamento de base, obtidos a partir da análise dos hidrogramas, e na área de drenagem a montante das estações fluviométricas, é possível estimar a quantidade de água que flui por unidade de área no SAPP. Esse parâmetro, conhecido como vazão específica subterrânea ou de base, é um indicador comparativo do nível de produção hídrica subterrânea das bacias hidrográficas e permite avaliar a eficiência com que a água é armazenada e liberada pelos aquíferos em relação à área de drenagem da bacia. Quanto maior a vazão específica subterrânea, maior a produtividade hídrica da bacia em termos proporcionais.

É importante ressaltar que a vazão específica subterrânea calculada a partir dos dados de vazão dos cursos d'água é uma estimativa e pode ser influenciada por diversos fatores, como as características geológicas, a permeabilidade do solo e as condições climáticas da região.

Portanto, é fundamental considerar outras fontes de dados e realizar estudos mais detalhados para uma avaliação mais precisa da produção hídrica subterrânea em uma bacia específica.

Para se comparar as vazões específicas subterrâneas das bacias é importante considerar a mesma janela temporal de monitoramento. Assim, foi escolhido o intervalo compreendido entre 2008 e 2022. Essa escolha foi feita devido à disponibilidade de uma maior amostragem de dados durante esse período. O Quadro 3.35 apresenta a vazão subterrânea média calculada em cada estação fluviométrica e a vazão específica subterrânea, calculada pela razão entre o escoamento total medido pelo posto fluviométrico e a área a montante do dispositivo.

Quadro 3.35 – Vazões subterrâneas e vazões específicas subterrâneas médias no local das estações fluviométricas, para o período compreendido entre 2008 e 2022.

Bacia	Estação fluviométrica	Área (km²)	Qsub (m³/s)	Qsub (L/s.km²)
Rio Guaju	Fazenda Almas (38690000)	52	0,665	12,79
Rio Mamanguape	Mulungu (38750000)	875	0,758	0,87
	Sítio Passagem (38771000)	908	0,637	0,70
	Ponte do Leitão (38790000)	2.950	2,404	0,81
Baixo Rio Paraíba	Guarita (38880000)	17.400	1,671	0,10
	Engenho Santana (38888000)	18.900	5,101	0,27
	Ponte da Batalha (38895000)	19.000	8,146	0,43

Conforme indicado pelos resultados, o maior valor de escoamento específico subterrâneo foi obtido na bacia do rio Guaju, estação Fazenda Almas (38690000), com valor de 12,8 L/s/km². Já os menores valores de escoamento específico subterrâneo foram obtidos para as sub-bacias do rio Paraíba, estação fluviométrica Guarita (38880000), com apenas 0,10 L/s/km², e estação Engenho Santana (38888000), com 0,27 L/s/km². Essas informações ressaltam as diferenças significativas nos padrões de escoamento subterrâneo entre as diferentes bacias hidrográficas estudadas.

A bacia do rio Guaju, representada pela estação Fazenda Almas (38690000), destacou-se com o maior valor de escoamento específico subterrâneo, indicando uma maior capacidade de armazenamento e liberação de água subterrânea. Por outro lado, as sub-bacias do rio Paraíba e do rio Mamanguape apresentaram os menores valores de escoamento específico subterrâneo, sugerindo uma menor contribuição do fluxo subterrâneo nessas regiões.

A partir dos resultados de escoamento subterrâneo obtidos para as estações fluviométricas, foi estimado o potencial de geração de escoamento de base das bacias hidrográficas. Da mesma forma como foi realizado para escoamento superficial, para as bacias hidrográficas sem dados de monitoramento foi realizada a transferência de informação de bacias vizinhas, considerando-

se características fisiográficas e regime pluviométrico semelhantes. Para as bacias dos rios Camaratuba e Miriri atribuiu-se as mesmas vazões específicas da bacia do Rio Mamanguape; e para as bacias dos rios Gramame e Abiaí atribuiu-se as mesmas vazões específicas da bacia do Rio Guaju. O potencial do escoamento subterrâneo das bacias hidrográficas na área do SAPP é apresentado no Quadro 3.36 e na Figura 3.83.

Quadro 3.36 – Vazões específica subterrâneas das bacias hidrográficas do SAPP

Bacia Hidrográfica	Vazão específica subterrânea (L/s.km²)
Rio Guaju	12,79
Rio Camaratuba	0,81
Rio Mamanguape	0,81
Rio Miriri	0,81
Rio Paraíba	0,43
Rio Gramame	12,79
Rio Abiaí	12,79

No Plano Diretor da Bacia do Rio Gramame (SEMARH, 2000), foi estimado o escoamento de base dessa bacia a partir de dados fluviométricos de apenas três anos de medições (1972, 1973 e 1974). O escoamento de base foi estimado a partir da separação do escoamento do hidrograma observado nesses três anos, resultando em uma vazão específica subterrânea do Rio Gramame de 5,47 L/s.km² e uma vazão específica total de 14,51 L/s.km². O resultado referente ao escoamento específico total da bacia estimado no PDRH Rio Gramame vai ao encontro do resultado do presente estudo, estimado em 16,08 L/s.km². Já a vazão específica subterrânea estimada no PDRH Rio Gramame é menor do que a definida no presente estudo (12,79 L/s.km²), podendo estar relacionada ao curto período de dados utilizados no PDRH Rio Gramame. Contudo, os dois trabalhos reforçam a importância do escoamento de base na formação da vazão dos cursos d'água desta bacia.

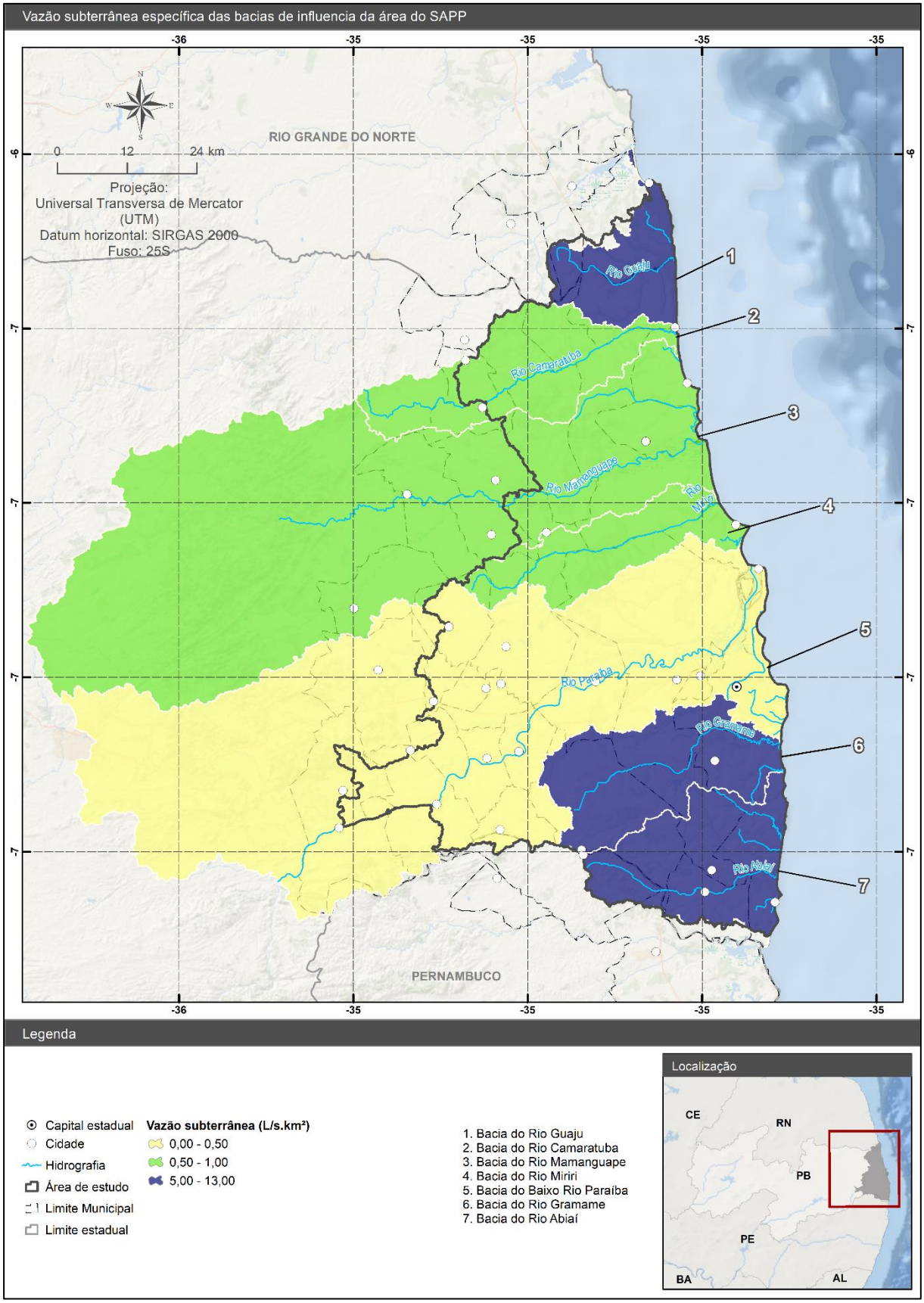


Figura 3.83 – Vazão específica subterrânea das bacias hidrográficas do SAPP.

3.6 REDE DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

3.6.1 *Coleta de dados*

A coleta de dados foi realizada com base em dissertações, teses e artigos publicados por professores e pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba (PPGEUA/UFPB), atual Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM). Na etapa de coleta de dados foram considerados ainda dois grandes projetos de pesquisa e cooperação internacional: i) O projeto BRAMAR (vigente de 2014 a 2018), fruto de uma cooperação entre Brasil e Alemanha, e que tinha dois sub-projetos relacionados às águas subterrâneas, e que para desenvolvimento desses sub-projetos foi instalada uma rede de monitoramento quantitativa de águas subterrâneas; ii) O SMART-Control, vigente do final de 2019 a março de 2022, fruto de uma cooperação entre Brasil, Alemanha, Chipre e França, que tratou da Recarga Gerenciada de Aquífero e criou, juntamente com recursos financeiros do projeto BRAMAR, o Laboratório de Estudos Avançados sobre Recarga Gerenciada de Aquíferos e Hidrogeologia (LEMARH). Nesse laboratório há um piezômetro com 130 metros instalado no aquífero confinado Beberibe, para monitoramento de seu nível de água.

Dessa coleta foi possível identificar os documentos listados na tabela seguinte com informações sobre o monitoramento quali-quantitativo de águas subterrâneas na região litorânea sul do Estado da Paraíba.

Quadro 3.37 – Estudos realizados pelo grupo de recursos hídricos da UFPB sobre águas subterrâneas.

Índ.	Documento	Ano de publicação	Observações
1	Dissertação de mestrado de Victor H. R. Coelho defendida no PPGEUA/UFPB	2011	Cadastrou 27 poços para criação de uma rede monitoramento do nível da água subterrânea na bacia hidrográfica do Rio Gramame (Período de monitoramento: Nov/2009 a Out/2010).
2	Dissertação de mestrado de Diego F. Targino defendida no PPGEUA/UFPB	2012	Deu continuidade ao monitoramento quantitativo realizado por Victor Coelho e realizou o monitoramento quantitativo dos 27 poços, sendo este possivelmente o único trabalho com dados de qualidade das águas subterrâneas no litoral da Paraíba (Período de monitoramento: Out/2010 a Jul/2011).
3	Relatório interno sobre a instalação da rede de monitoramento do projeto BRAMAR	2016	Cadastrou 42 poços para criação de uma rede de monitoramento nível da água subterrânea nas bacias hidrográficas do Rio Gramame e parte do baixo Paraíba. Uma parte dos poços utilizados nesse projeto foi tomada do mestrado de Victor Coelho.
4	Dissertação de mestrado de Lucila A. Fernandes defendida no PPGECAM/UFPB	2017	Operou a rede de monitoramento quantitativo no âmbito do projeto BRAMAR (Período de monitoramento: Out/2015 ou Fev/2016 a Abr/2019).
5	Dissertação de mestrado de Victor S. G. Baptista defendida no PPGECAM/UFPB	2020	Deu suporte ao desenvolvimento do projeto SMART-Control e iniciou o monitoramento do aquífero confinado.

Por meio da coleta de dados inicial foram identificados 42 poços de monitoramento do aquífero livre, porém parte dos poços dessa rede de monitoramento foi excluída pelos seguintes motivos: i) período curto de monitoramento; ii) ausência de informações suficientes para inclusão neste estudo. Assim, foram selecionados dados de 32 poços de monitoramento do aquífero livre (Quadro 3.38 e Figura 3.84), os quais estão distribuídos na área de estudo. Esses poços têm profundidade média de 15,60 m, variando de 4,00 a 39,00 metros, e foram perfurados no aquífero livre. A maioria desses poços são utilizados para o abastecimento de moradores da zona rural e são do tipo amazonas, com diâmetro variando em 1 e 2 metros. As informações destes poços também constam no BD Poços entregue no Anexo I.

Quadro 3.38 – Poços de monitoramento do aquífero livre levantados na fase de coleta de dados.

Código	UTM L (m)	UTM S (m)	Altitude (m)	Profundidade (m)	Referência	Monitoramento Qualidade	Obs.
P01	271.868	9.200.823	57,21	5,65	P01 de Victor (Cleide)	Sim	
P02	268.670	9.198.581	68,54	9,20	P02 de Victor	Sim	
P03	267.056	9.200.729	67,47	6,20	das bananeiras	Sim	
P04	266.336	9.196.776	133,82	19,80	de Campo Verde	Sim	
P05	264.560	9.186.535	175,52	11,10	do balneário	Sim	
P06	264.458	9.184.209	137,84	10,90	do lajedo	Sim	
P08	268.467	9.182.638	113,48	8,05	Bar de Carlinhos	Sim	
P09	269.231	9.187.134	121,52	11,70	da mulher "braba"	Sim	
P10	269.233	9.188.520	111,78	12,95	de seu Zé Novo	Sim	
P11	265.010	9.205.480	89,06	18,00	do pastor	Não	
P12	264.904	9.203.561	81,11	6,74	do sogro de Geraldo	Não	
P14	277.764	9.200.633	25,51	7,00	da porteira	Sim	
P15	278.777	9.201.104	42,00	12,10	Poço da escola	Sim	
P16	280.884	9.198.748	75,14	10,37	de Jiraia	Sim	
P17	266.506	9.203.393	92,33	26,00	da vaquejada	Não	
P18a	283.894	9.197.739	34,00	12,00	Águas Turvas	Sim	Alt. estimada a partir do Google Earth
P18b	264.650	9.181.968	155,79	19,65	da escola de Pedras de Fogo	Não	
P20	274.261	9.194.613	46,95	7,30	Poço do riacho do Salto	Não	
P21	283.879	9.188.960	34,00	4,00	da tampa que caiu	Sim	
P22	283.802	9.189.991	51,89	16,00	Poço de Rosa	Sim	
P23	292.357	9.202.840	49,00	39,00	de Valentina	Não	Alt. estimada a partir do Google Earth
P24	297.590	9.199.182	5,00	28,00	de seu Manoel Suica	Não	Alt. estimada a partir do Google Earth
P25	288.390	9.193.703	42,00	9,70	de Utinga	Sim	

Código	UTM L (m)	UTM S (m)	Altitude (m)	Profundidade (m)	Referência	Monitoramento Qualidade	Obs.
P27	296.066	9.218.927	1,85	13,00	de Dra. Nanci	Não	
P29	289.557	9.208.029	32,00		Ary Guinchos	Não	Alt. estimada a partir do Google Earth
P31	296.202	9.218.758	1,66	8,89	Igreja do Bessa (GW1)	Não	
P32	295.840	9.215.550	1,21	12,59	Interpa (GW2)	Não	
P33	295.003	9.218.883	-0,55	14,66	ICMBio (GW3)	Não	
P36	294.911	9.210.745	9,00	22,94	SUDEMA (GW6)	Não	Alt. estimada a partir do Google Earth
P37	300.771	9.205.328	23,00	32,00	Centro de Convenções (GW7)	Não	Alt. estimada a partir do Google Earth
P38	299.203	9.205.453	40,00	33,22	R32 - CAGEPA (GW8)	Não	Alt. estimada a partir do Google Earth
P39	297.159	9.204.966	38,00	35,17	ETE Mangabeira (GW9)	Não	Alt. estimada a partir do Google Earth

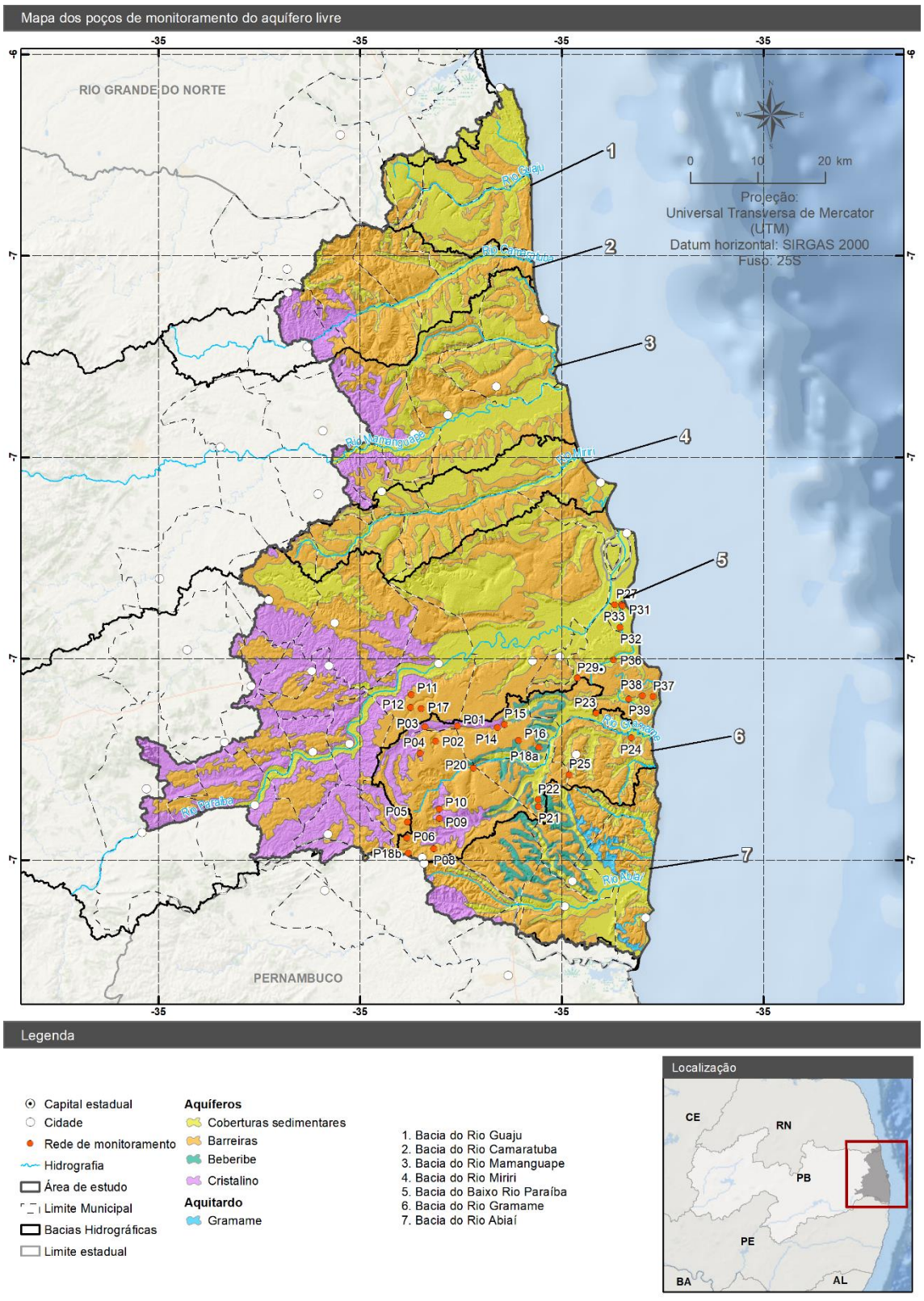


Figura 3.84 – Localização dos poços de monitoramento do aquífero livre encontrados na coleta de dados.

Já em relação ao monitoramento do nível de água do aquífero confinado, a coleta de dados foi feita no RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas) do Serviço Geológico do Brasil e em informações do projeto SMART-Control. No RIMAS foram encontrados 4 poços de monitoramento, já no projeto SMART-Control foi encontrado um piezômetro, PZ 08. São também apresentados os poços utilizados no projeto BRAMAR, sendo que dois deles são também da rede RIMAS. As informações sobre esses poços de monitoramento encontram-se no Quadro 3.39, Quadro 3.40 e Figura 3.85.

Quadro 3.39 – Informações sobre os poços utilizados para monitoramento do aquífero confinado.

Poço	Município/ Localidade	UTM L (m)	UTM S (m)	Início do monit.	Fim do monit.	Observações
2600008444*	Cabedelo/ Praia Formosa	297.560	9.228.985	Nov/2011	Set/2022	Poços do RIMAS.
2600047480*	Bayeux/Alto da Boa Vista	285.866	9.211.010	Nov/2011	Jul/2013	Poços do RIMAS. Interrupção do monitoramento de set/2012 a fev/2013
2600047476*	João Pessoa/Mangabeira II	296.460	9.205.720	Nov/2011	Set/2022	Poços do RIMAS. Interrupção do monitoramento de fev/2013 a dez/2014
2600047473*	João Pessoa/Conjunto Viera Diniz	288.944	9.206.534	Nov/2011	Set/2022	Poços do RIMAS. Há 2 períodos de interrupção do monitoramento: i)fev/2013 a dez/2014; ii)mar/2020 a out/2020
PZ-08	João Pessoa/LEMARH/UFPB	295.699	9.210.127	Dez/2020	Em operação	Poço do Laboratório de Estudos Avançados sobre Recarga Gerenciada de Aquíferos e Hidrogeologia (LEMARH) da Universidade Federal da Paraíba

* Obs.: Informações coletadas no RIMAS (Rede Integrada de Monitoramento de Águas Subterrâneas) em agosto de 2023.

Quadro 3.40 – Informações sobre os poços utilizados para monitoramento do aquífero confinado utilizados no projeto BRAMAR.

Código	SIAGAS	NOME	UTM E	UTM N	ALT	H_POÇO
PC1001		Fábrica de Reciclagem	286531,44	9198323,86	80,00	0,47
PC1002		Condomínio Residencial	286698,16	9196431,69	27,00	0,47
PC1003		Autoposto Ronaldão	293588,26	9207041,30	51,00	0,20
PC1004	2600047479	Pavilhão do Chá	291778,88	9212240,12	49,00	0,80
PC1005		Anatólia	296281,98	9209063,46	35,00	0,25
PC1006	2600008448	Funcionários II	292089,19	9206268,50	37,00	0,50
PC1007		Funcionários I	291167,37	9206135,68	36,00	0,00
PC1008		Valentina	296594,61	9202786,26	38,00	0,90
PC1009	2600047475	Conjunto Mangabeira	296685,41	9206829,74	43,00	0,25
PC1010		Cristo	293135,75	9208656,66	49,00	0,95

Código	SIAGAS	NOME	UTM E	UTM N	ALT	H_POÇO
PC1011		Cidade Verde	297546,44	9228983,02	53,00	0,24
PC2001	2600008444	SIAGAS - 2600008444	288944,00	9206534,00	3,10	0,72
PC2002	2600047473	SIAGAS - 2600047473	296460,00	9205720,00	42,21	0,92
PC2003	2600047476	SIAGAS - 2600047476	287398,75	9206359,64	40,94	0,65

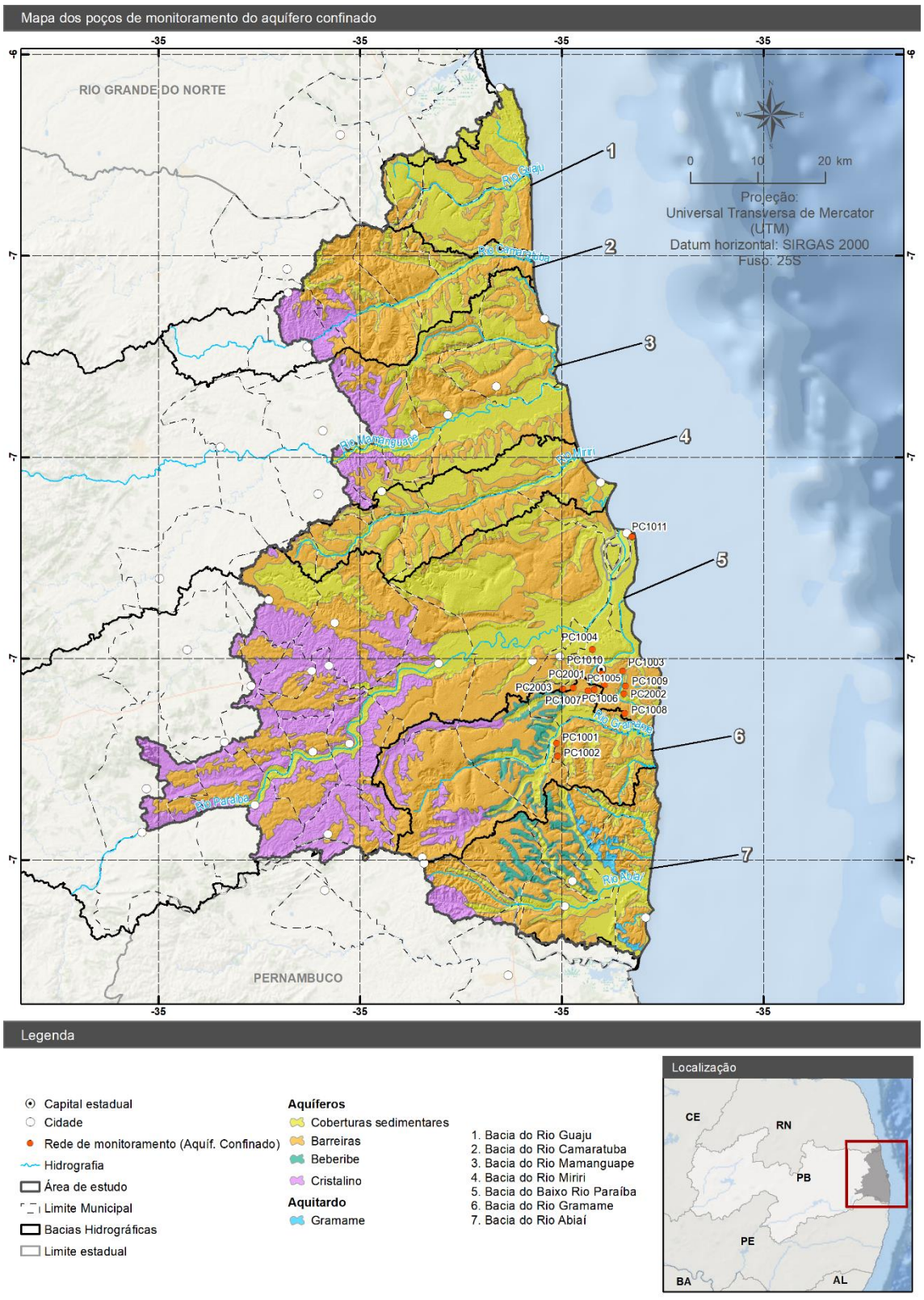


Figura 3.85 – Localização dos poços de monitoramento do aquífero confinado encontrados na coleta de dados.

Em relação ao monitoramento de qualidade das águas subterrâneas foram selecionados 16 poços, dos 27 encontrados no trabalho de Targino (2012), que tratou do monitoramento de qualidade por meio de poços localizados na bacia hidrográfica do rio Gramame. Essa rede de monitoramento qualitativo encontra-se na figura seguinte (Figura 3.86).

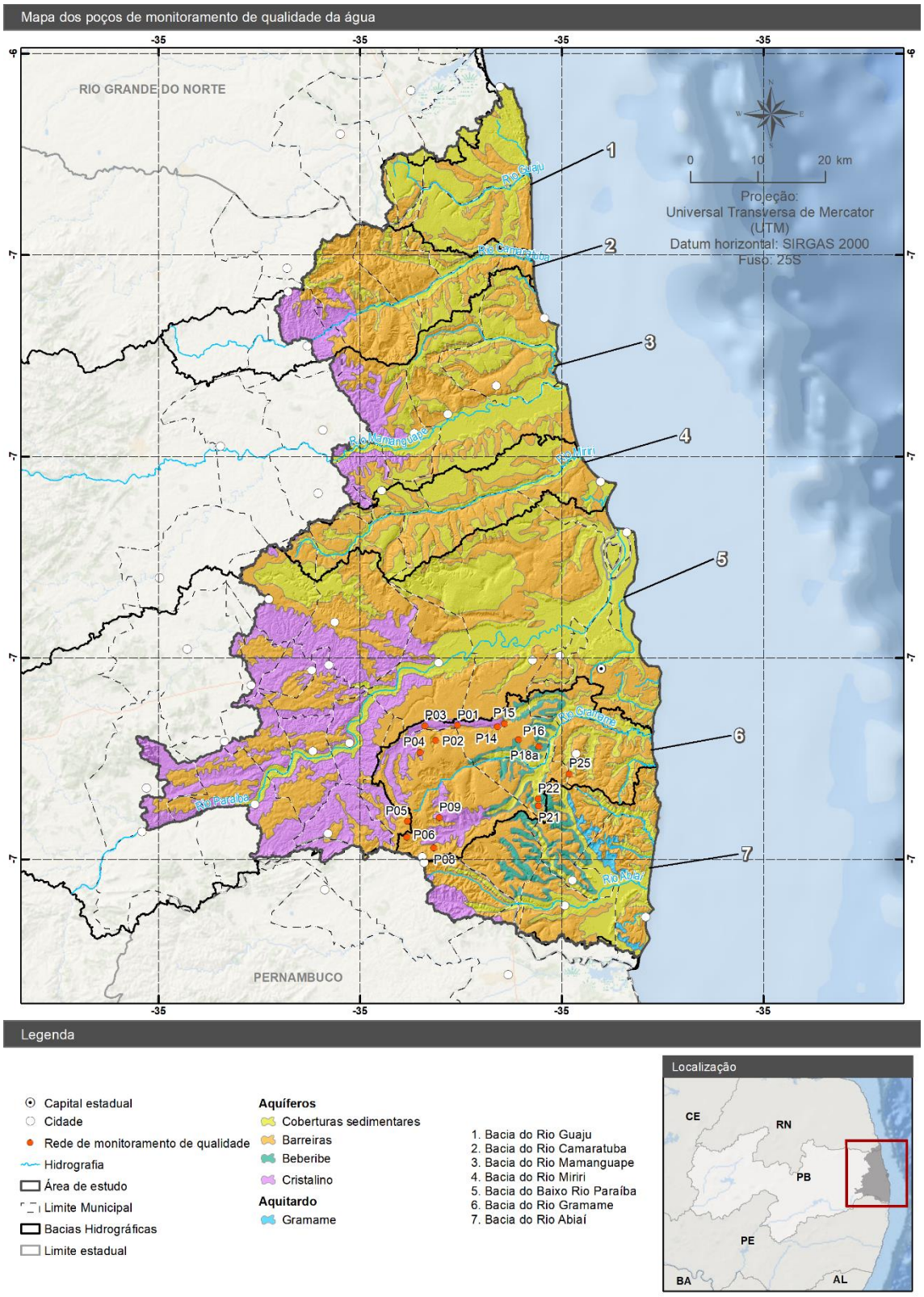


Figura 3.86 – Localização dos poços de monitoramento de qualidade da água encontrados na coleta de dados.

3.6.2 *Organização, processamento e análise dos dados coletados*

Os dados coletados foram então organizados, para posterior processamento e análise. A evolução dessa rede de monitoramento foi agrupada nos quatro períodos listados a seguir assim como apresentado na linha do tempo da Figura 3.87.

1. Nov-2009 a Out-2010 – Cadastro de poços para criação da primeira rede de monitoramento quantitativa de águas subterrâneas na bacia hidrográfica do Rio Gramame com 27 poços, para monitoramento com mensal com medição manual, usando medidor de nível de água da Brasbailer;
2. Out-2010 a Jul-2011 – Continuação do monitoramento quantitativo de águas subterrâneas na bacia do Rio Gramame com implantação de rede de monitoramento qualitativo. Treze parâmetros de qualidade foram monitorados nesse período: temperatura, cor, turbidez, pH (Potencial Hidrogeniônico), acidez, alcalinidade, dureza, cloretos (Cl^-), condutividade elétrica (CE), STD (Sólidos Totais Dissolvidos), nitrato (NO_3), oxigênio consumido (OC) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Ao todo foram feitas análises desses parâmetros de qualidade em 10 meses dentro de quase um ano;
3. Fev-2016 a Abr-2019 (com alguns poços com medição em Out-2015) – Retorno das medições de nível da água subterrânea para o projeto BRAMAR, com extensão dessa rede para uma porção do baixo Paraíba. Nessa fase, foram cadastrados mais 15 poços, chegando a um total de 42 poços de monitoramento. Nesse período foi realizado um trabalho de campo para obtenção das altitudes dos poços de monitoramento usando GPS de precisão em grande parte dos poços;
4. Dez-2020 a Mar-2023 – Instalação do Laboratório de Estudos Avançados em Recarga Gerenciada de Aquíferos e Hidrogeologia (LEMARH) no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba com instalação de um piezômetro (o PZ 08) na aquífero confinado.

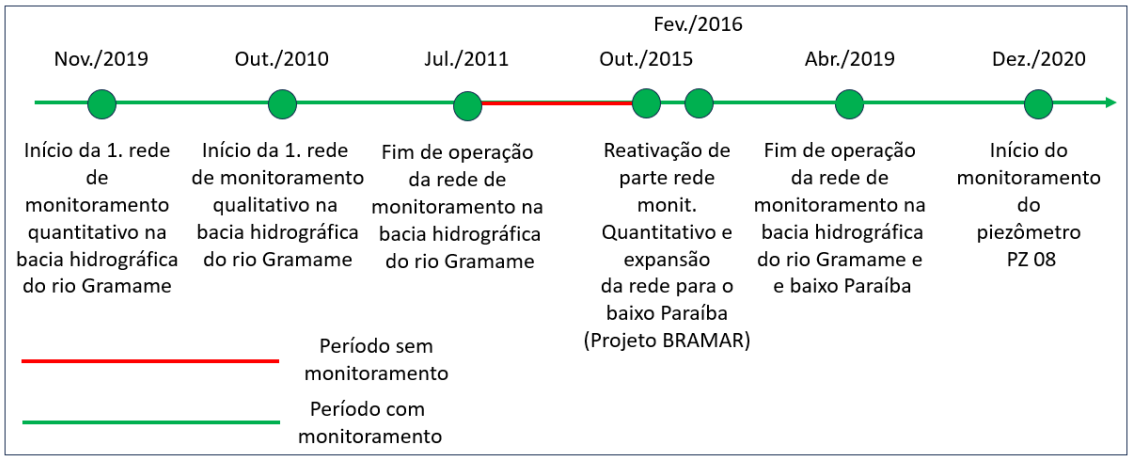


Figura 3.87 – Linha do tempo do monitoramento de águas subterrâneas executado pelo grupo da UFPB.

3.6.3 *Níveis monitorados no aquífero livre*

Com as informações dos níveis estáticos monitorados e altitudes foram calculadas as cotas potenciométricas. As figuras seguintes apresentam as variações temporais das cotas potenciométricas da água nos 32 poços selecionados. Os níveis monitorados em cada poço encontram-se no Anexo VI deste relatório.

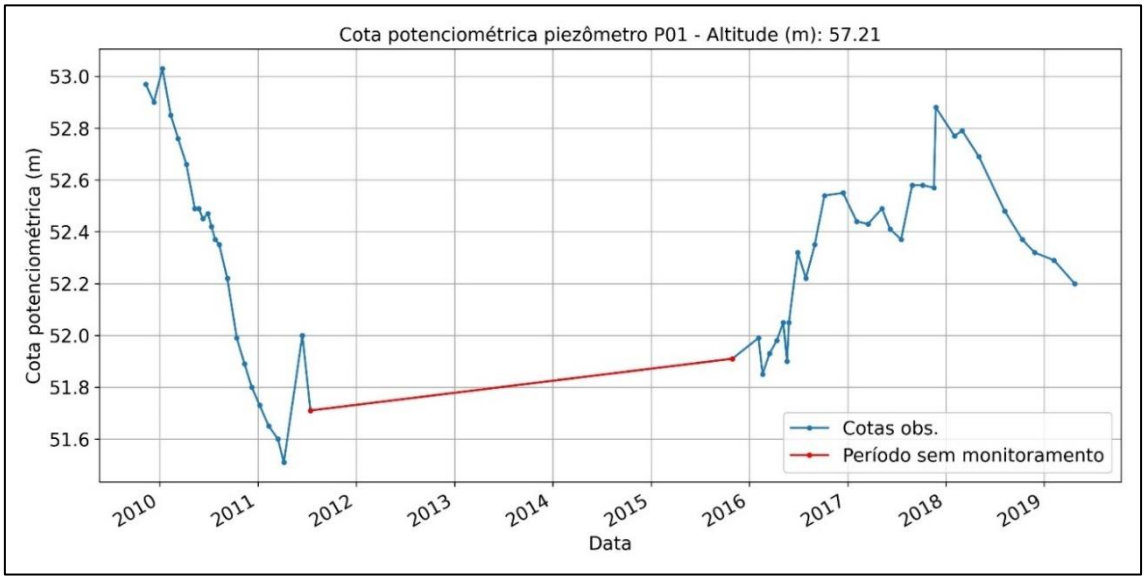


Figura 3.88 – Cota do nível de água do piezômetro P01.

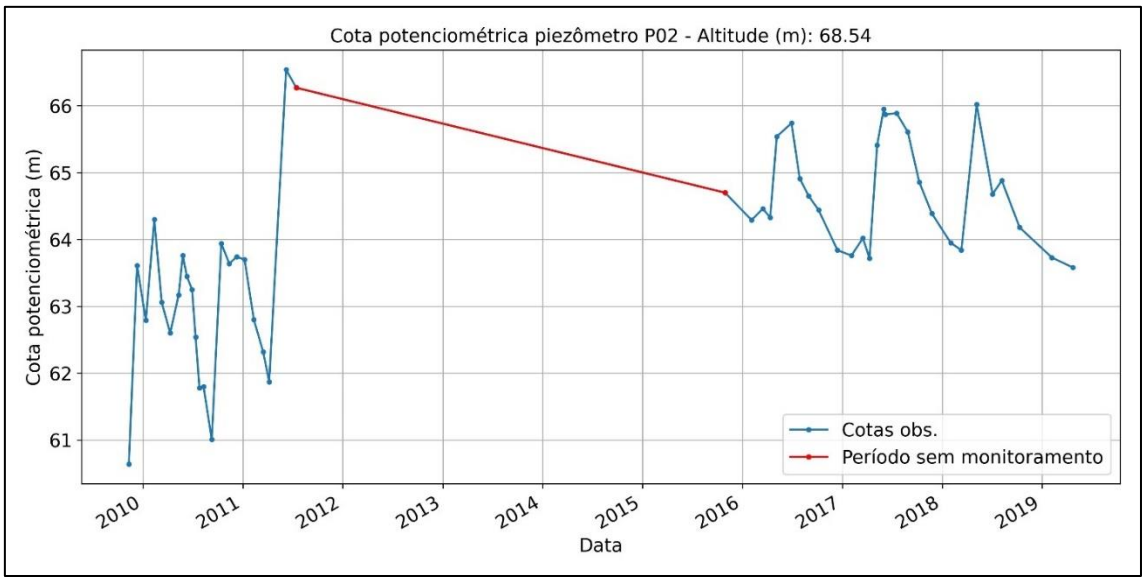


Figura 3.89 – Cota do nível de água do piezômetro P02.

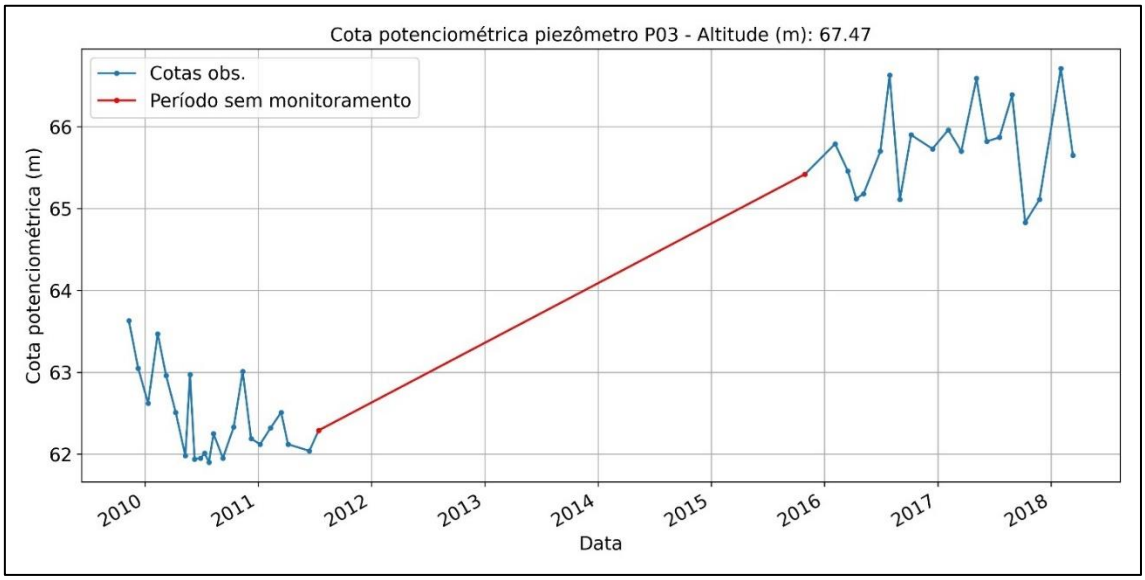


Figura 3.90 – Cota do nível de água do piezômetro P03.

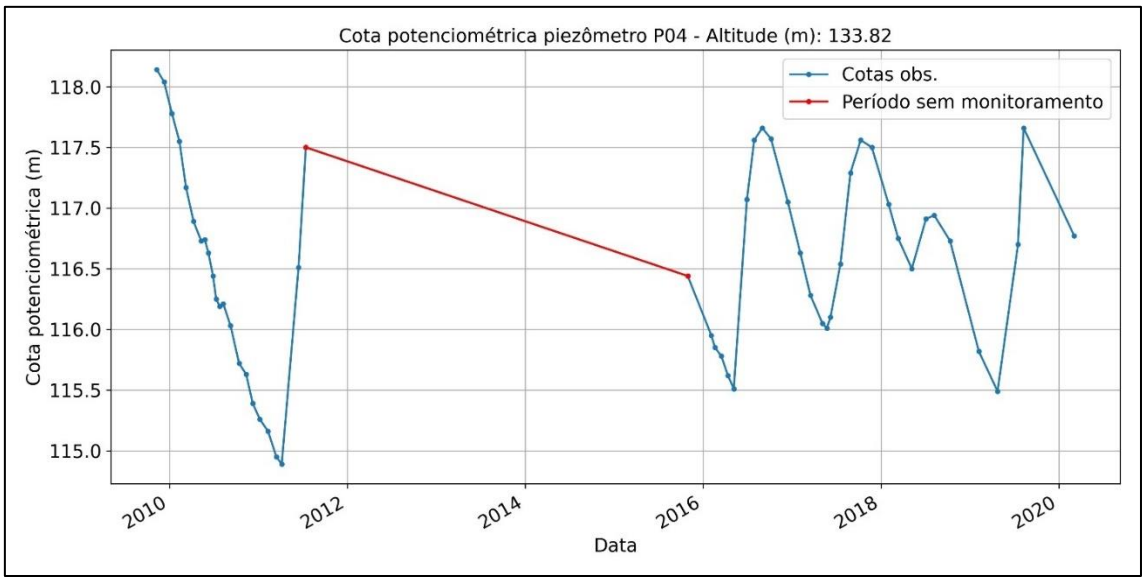


Figura 3.91 – Cota do nível de água do piezômetro P04.

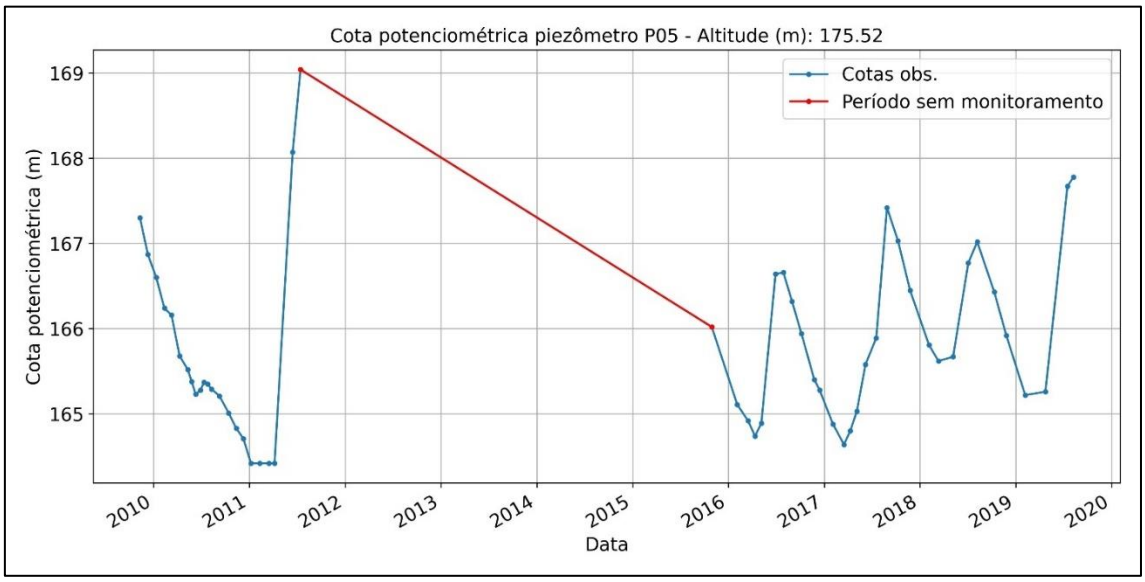


Figura 3.92 – Cota do nível de água do piezômetro P05.

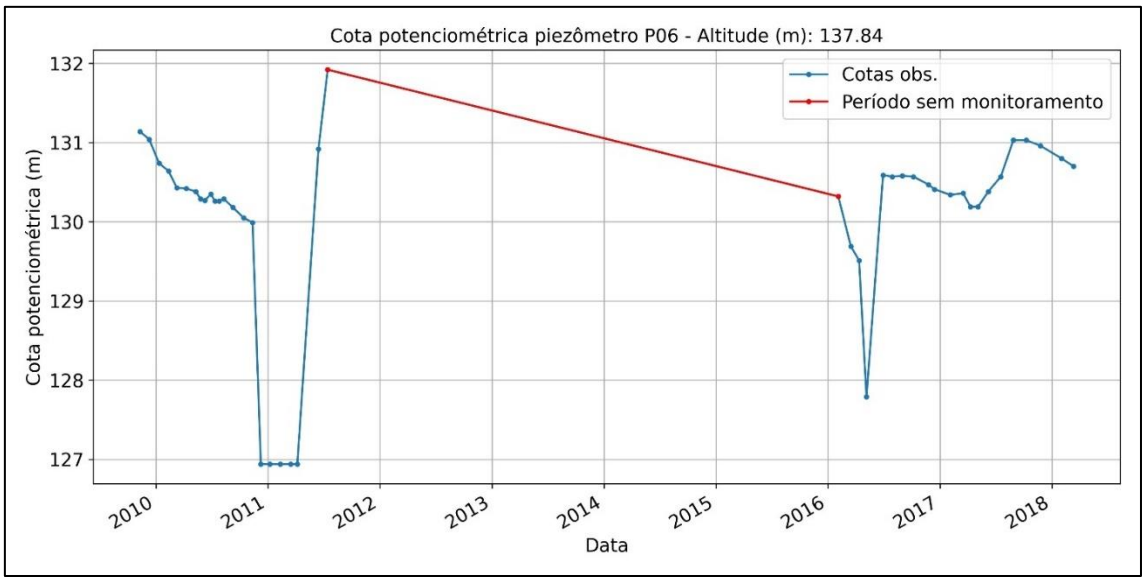


Figura 3.93 – Cota do nível de água do piezômetro P06.

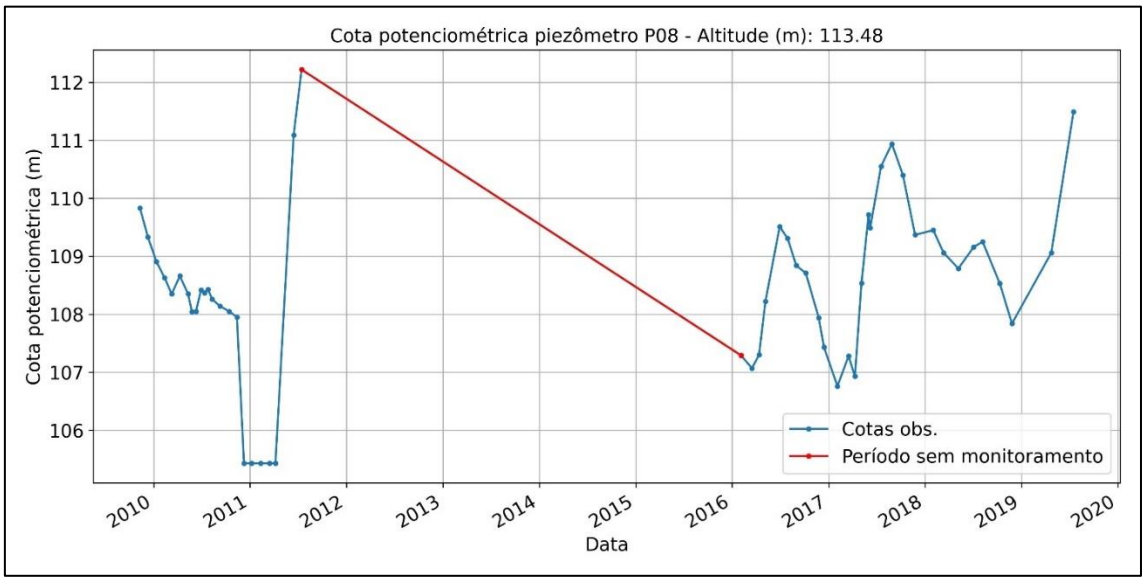


Figura 3.94 – Cota do nível de água do piezômetro P08.

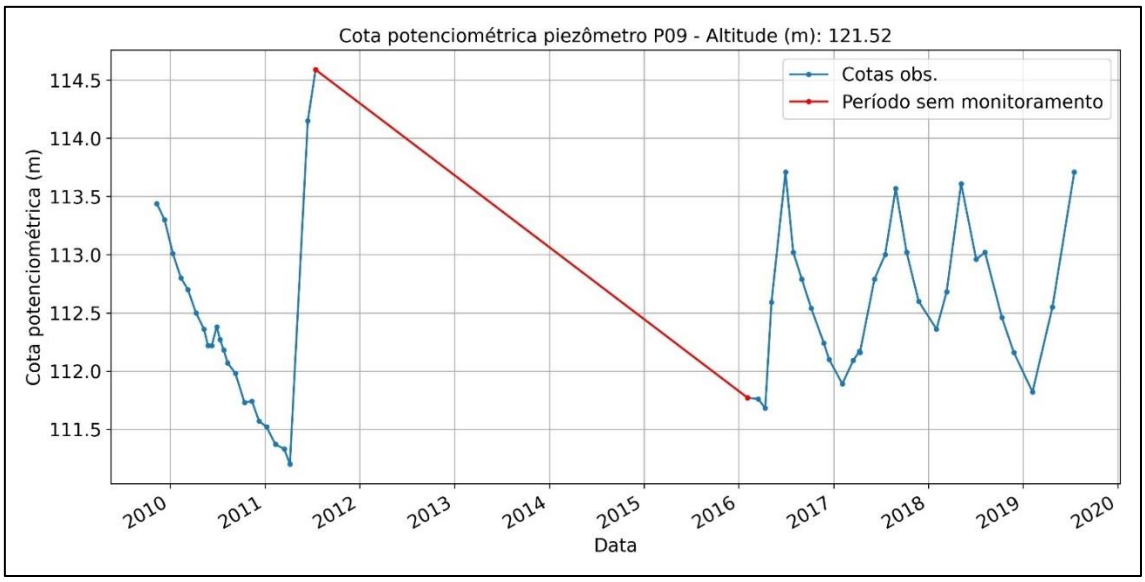


Figura 3.95 – Cota do nível de água do piezômetro P09.

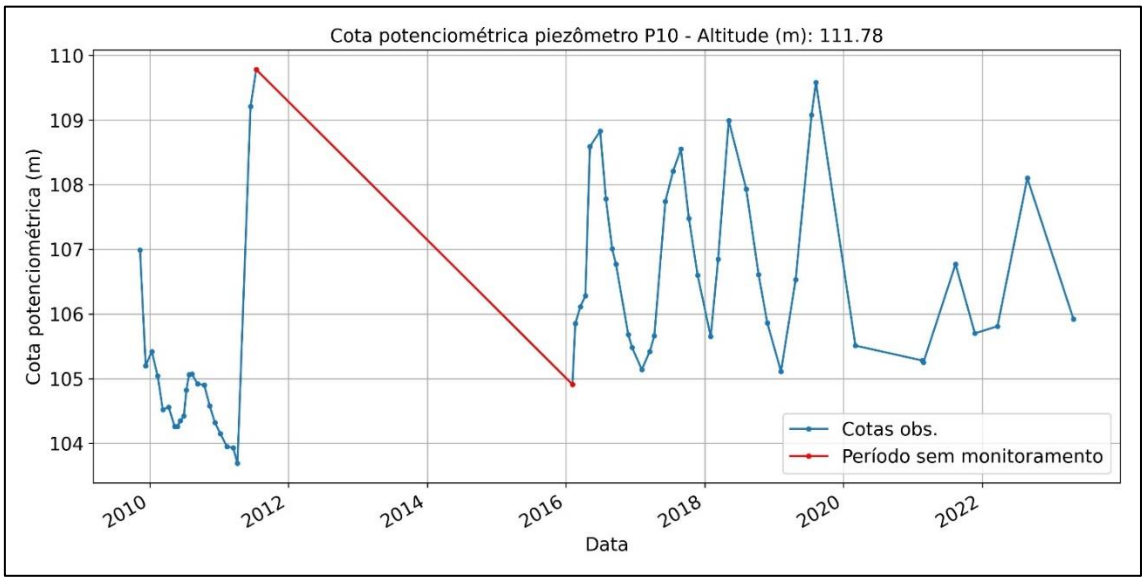


Figura 3.96 – Cota do nível de água do piezômetro P10.

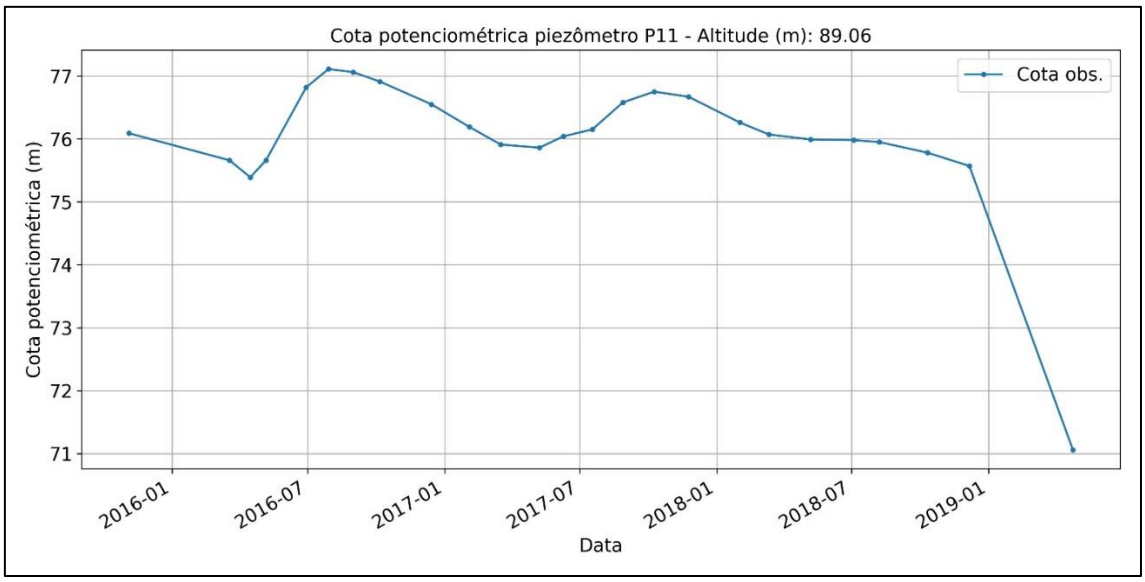


Figura 3.97 – Cota do nível de água do piezômetro P11.

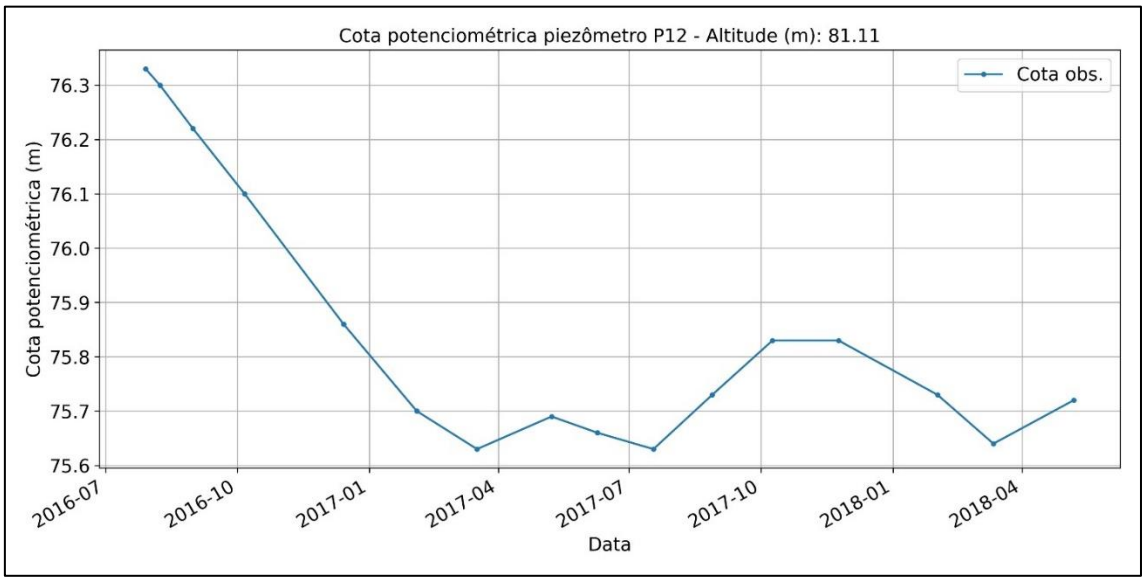


Figura 3.98 – Cota do nível de água do piezômetro P12.

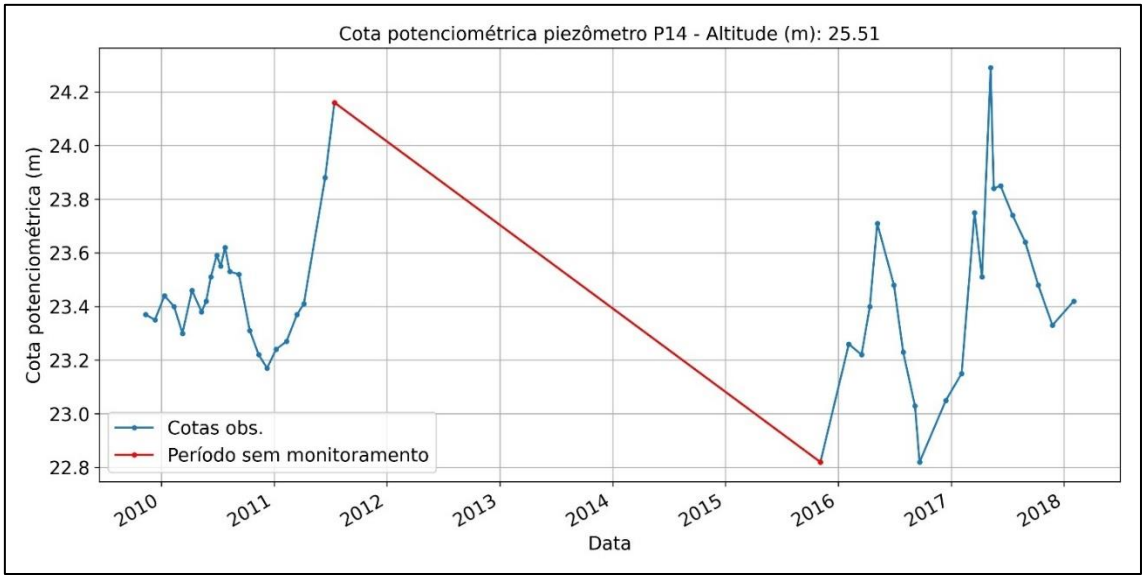


Figura 3.99 – Cota do nível de água do piezômetro P14.

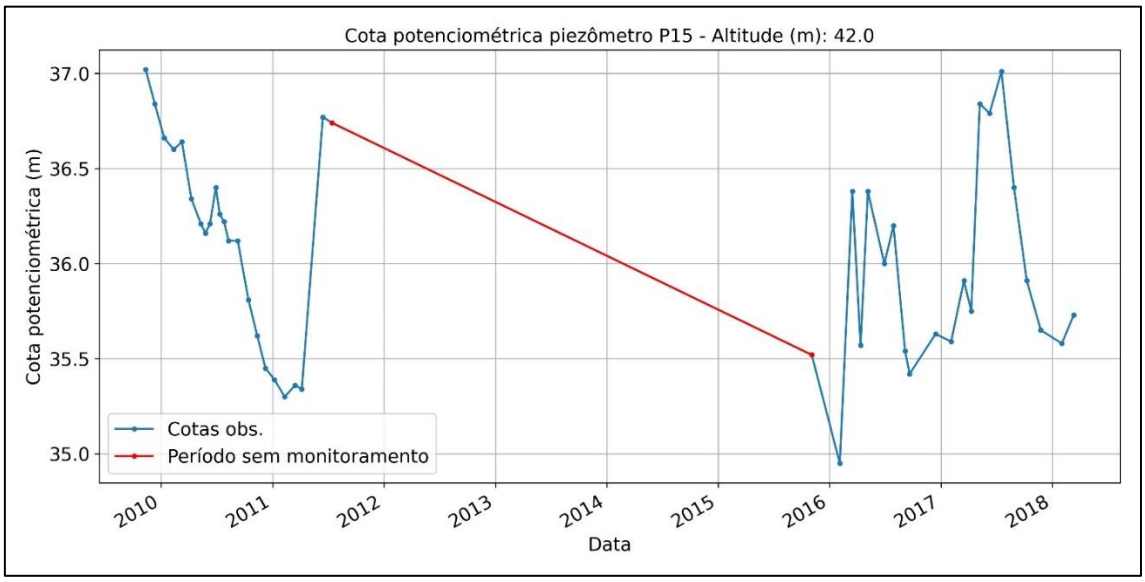


Figura 3.100 – Cota do nível de água do piezômetro P15.

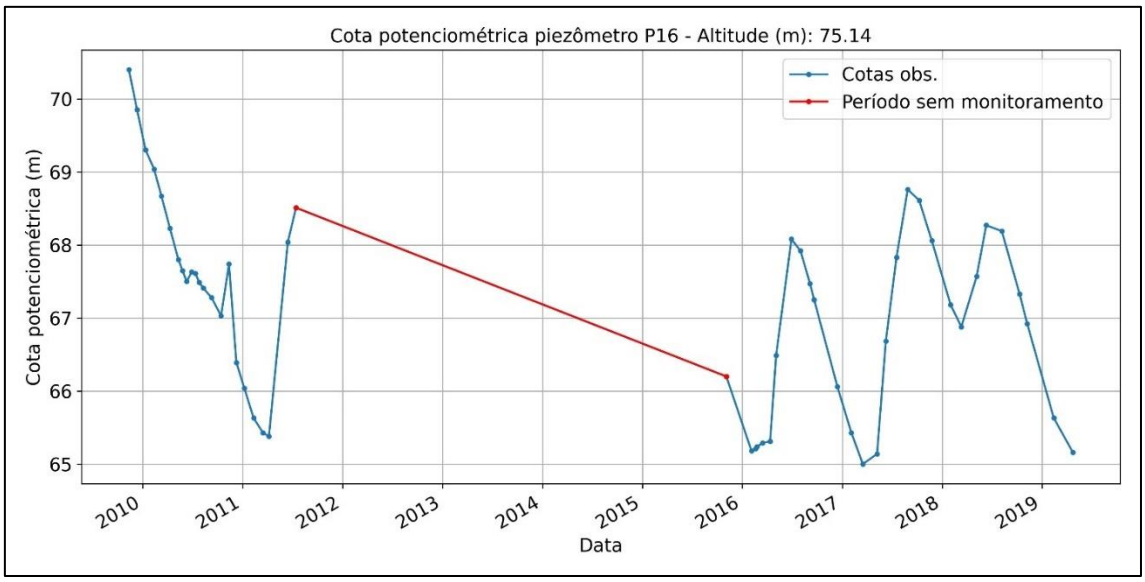


Figura 3.101 – Cota do nível de água do piezômetro P16.

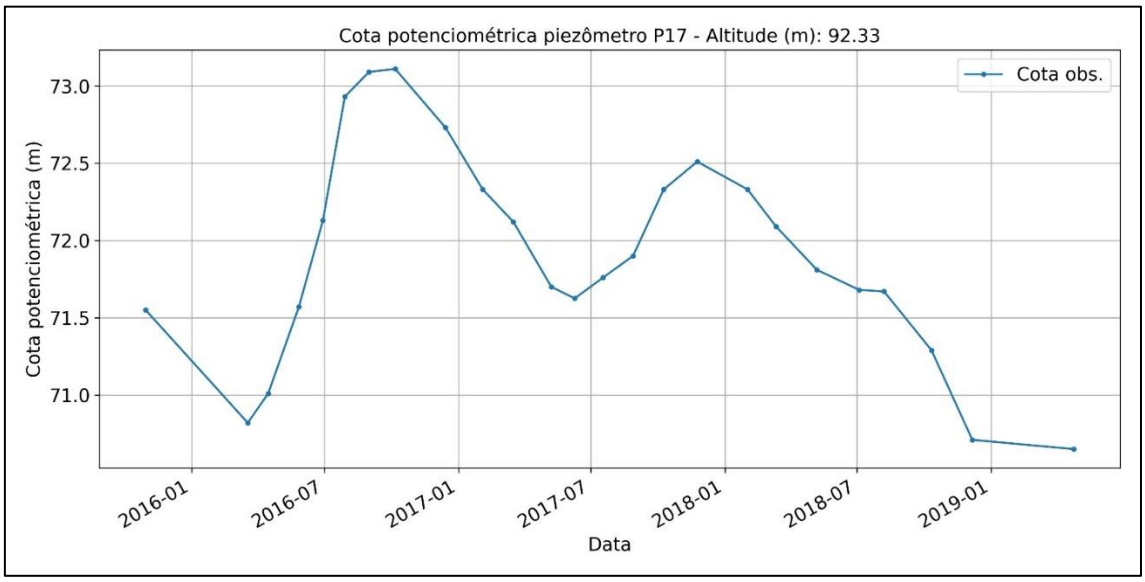


Figura 3.102 – Cota do nível de água do piezômetro P17.

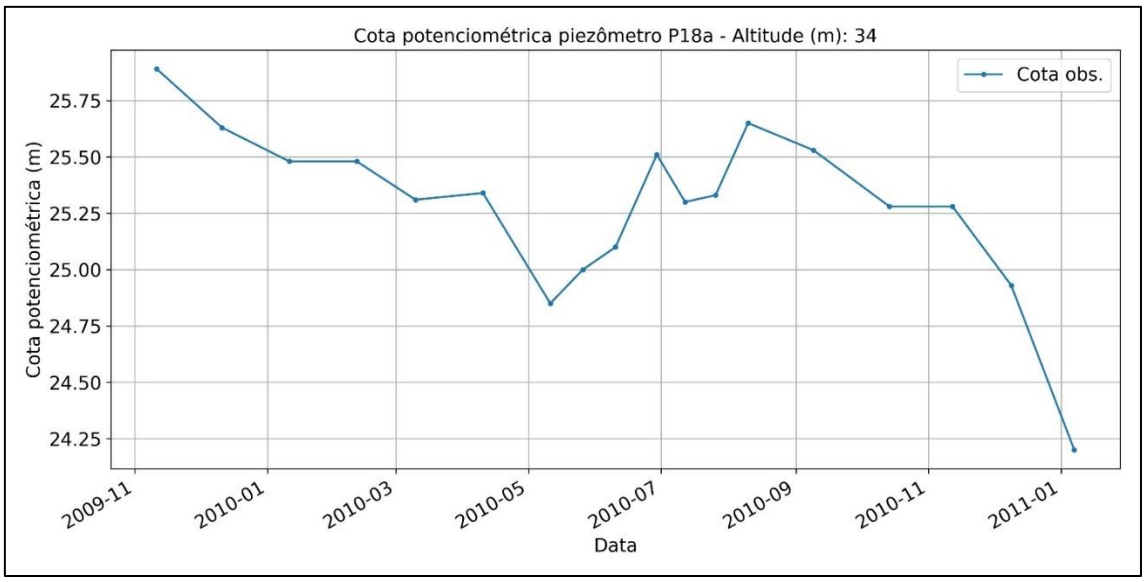


Figura 3.103 – Cota do nível de água do piezômetro P18a.

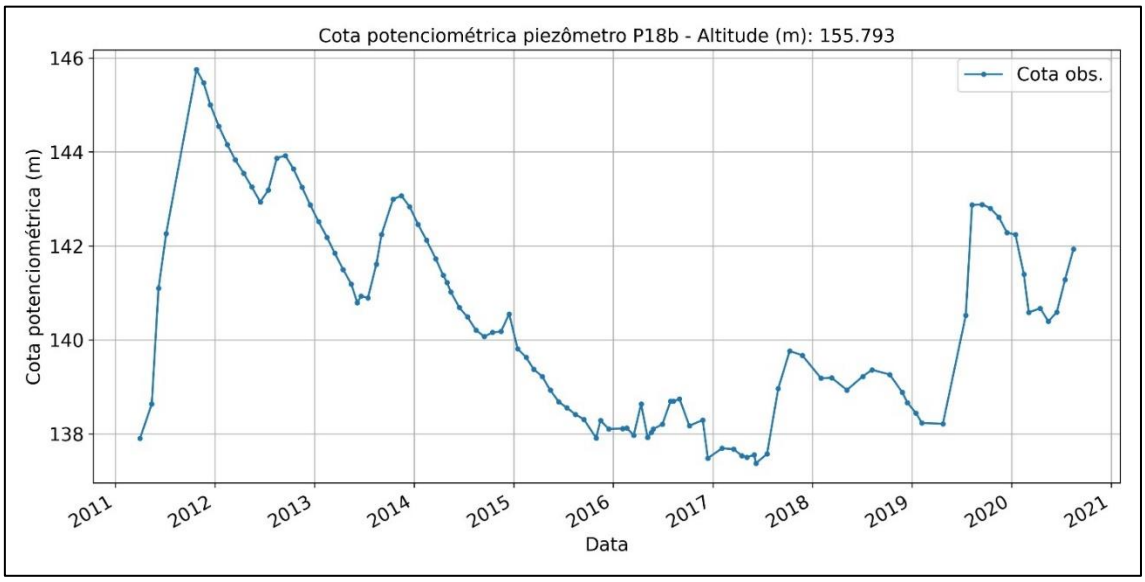


Figura 3.104 – Cota do nível de água do piezômetro P18b.

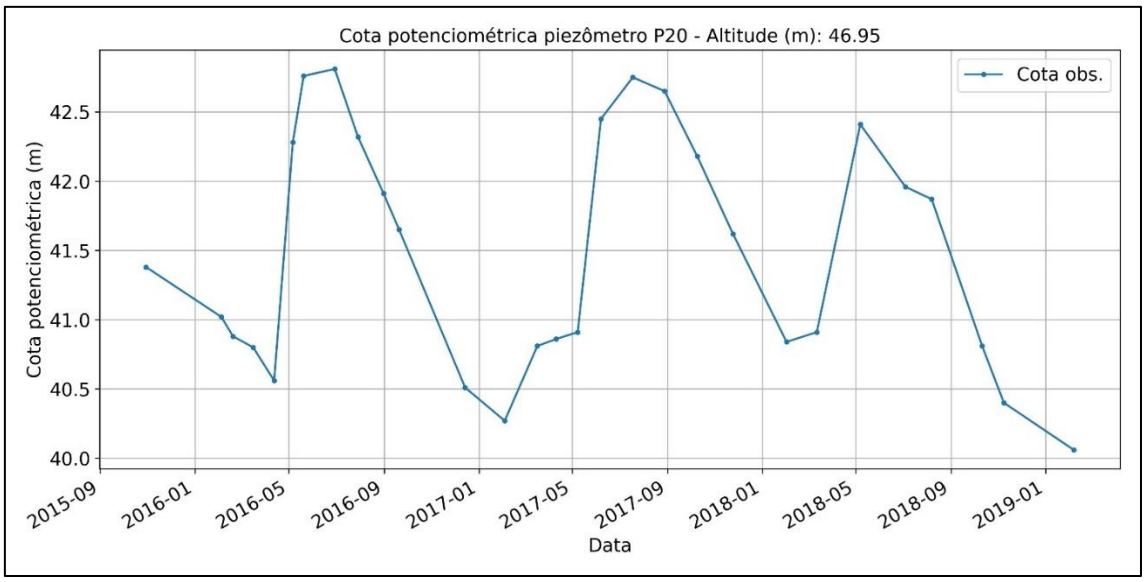


Figura 3.105 – Cota do nível de água do piezômetro P20.

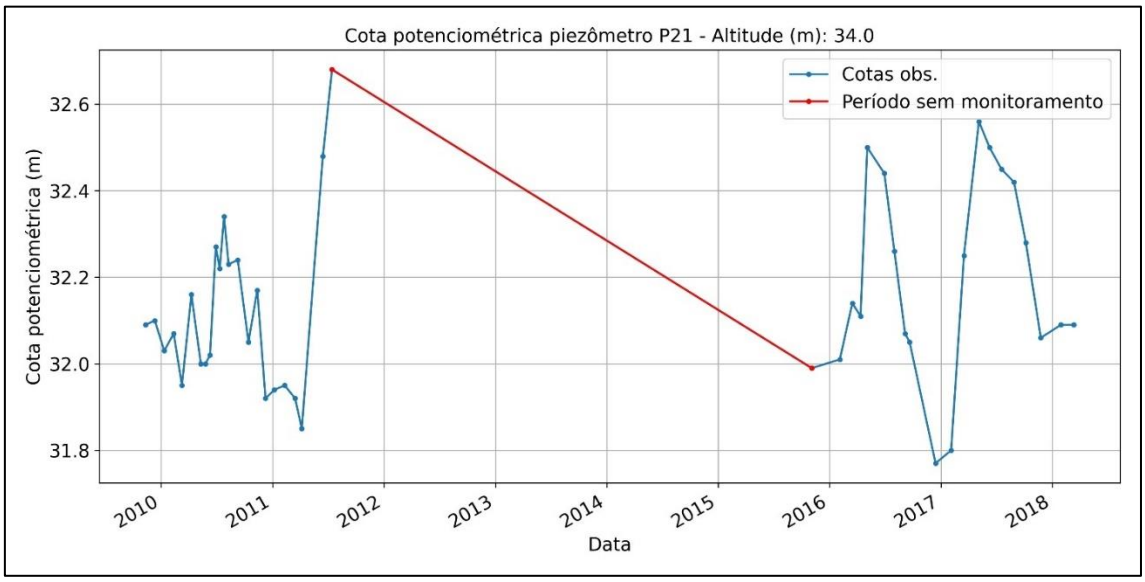


Figura 3.106 – Cota do nível de água do piezômetro P21.

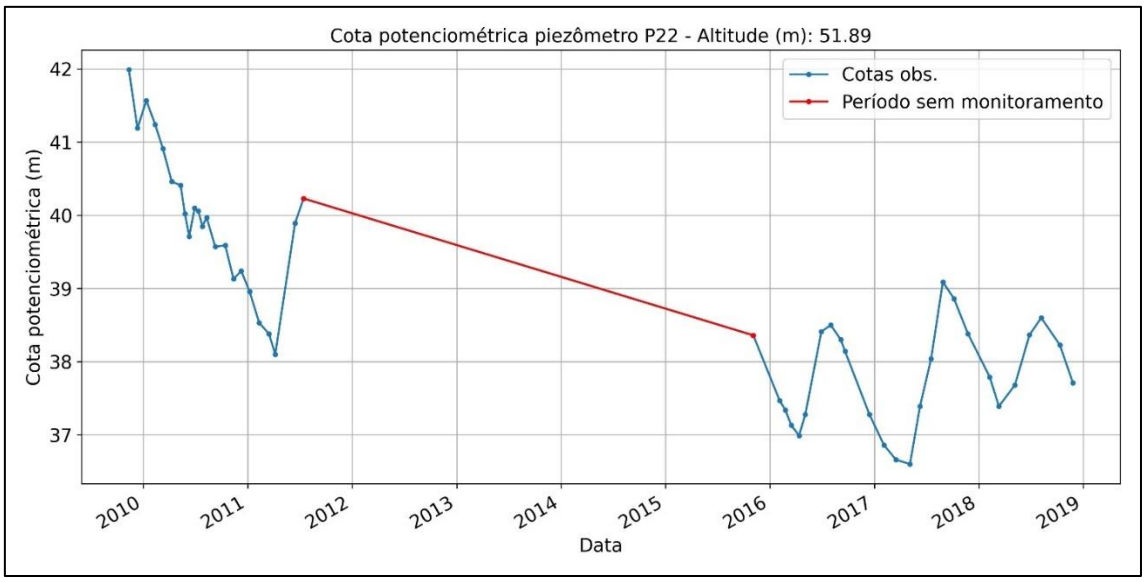


Figura 3.107 – Cota do nível de água do piezômetro P22.

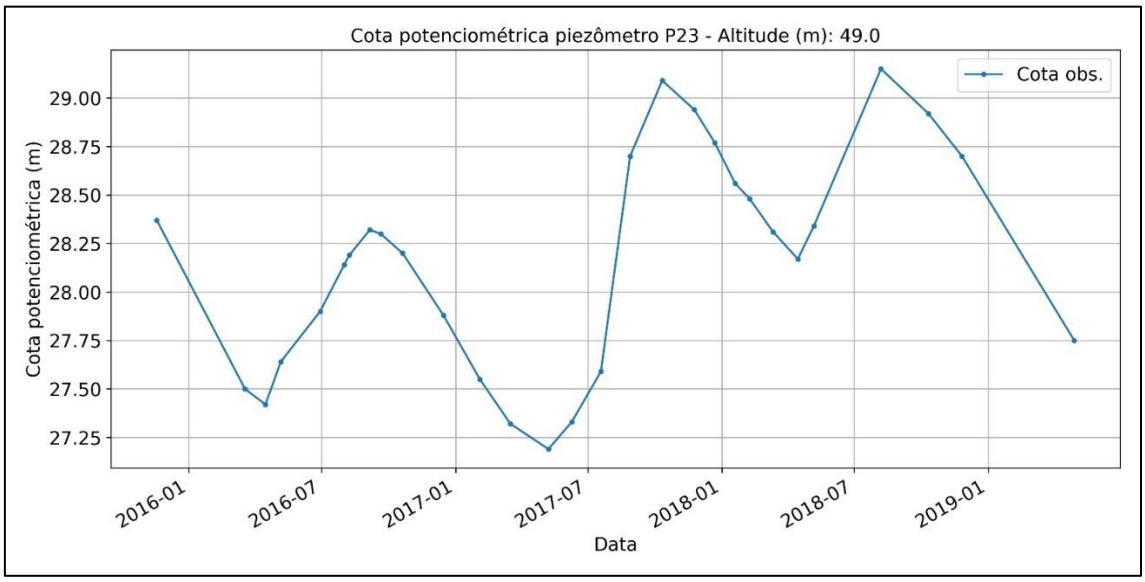


Figura 3.108 – Cota do nível de água do piezômetro P23.

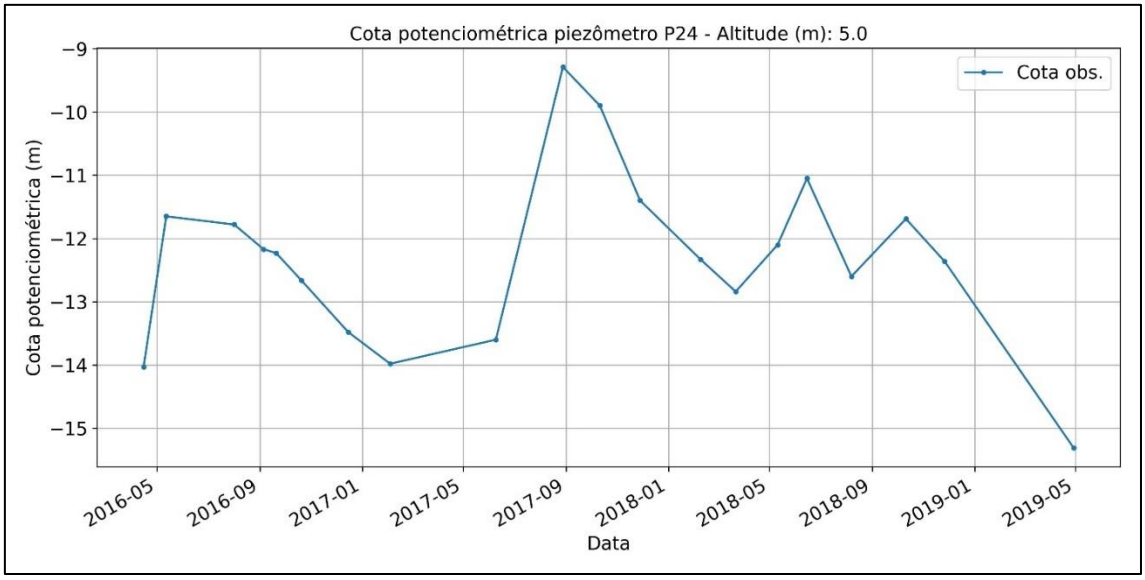


Figura 3.109 – Cota do nível de água do piezômetro P24.

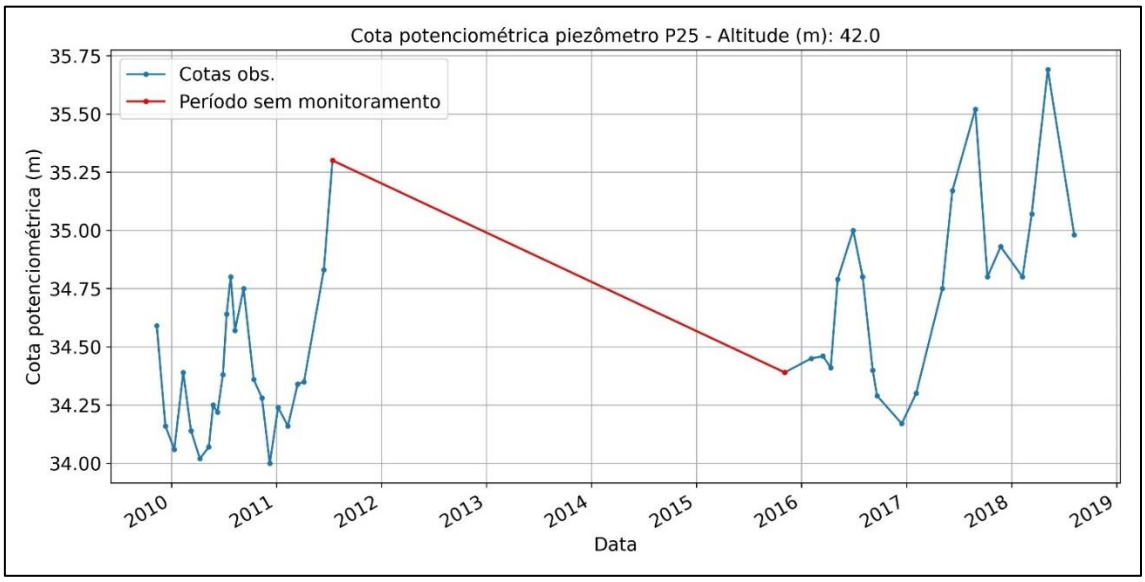


Figura 3.110 – Cota do nível de água do piezômetro P25.

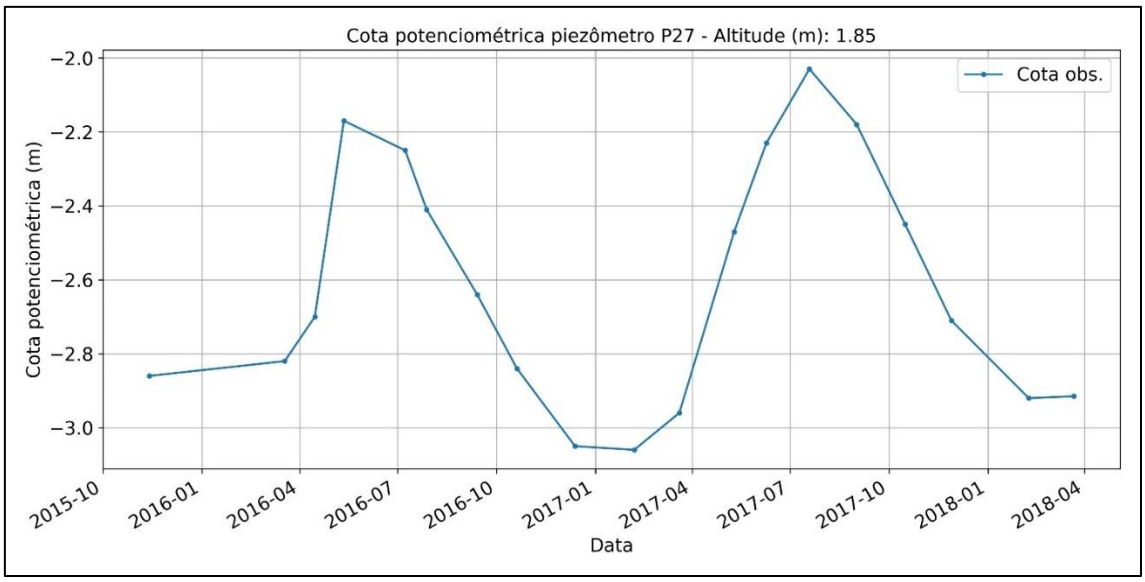


Figura 3.111 – Cota do nível de água do piezômetro P27.

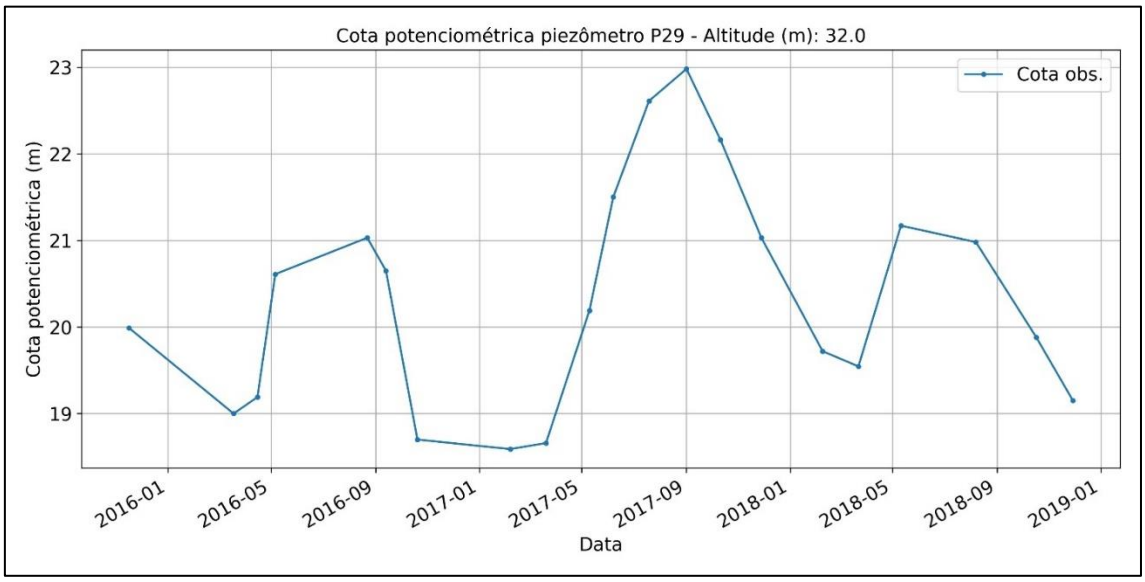


Figura 3.112 – Cota do nível de água do piezômetro P29.

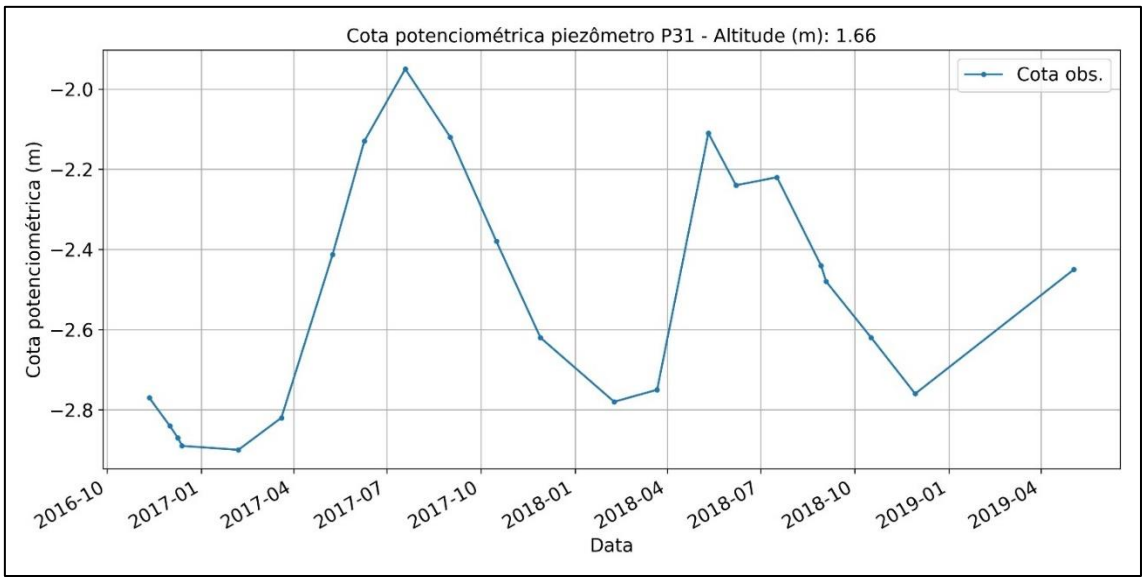


Figura 3.113 – Cota do nível de água do piezômetro P31.

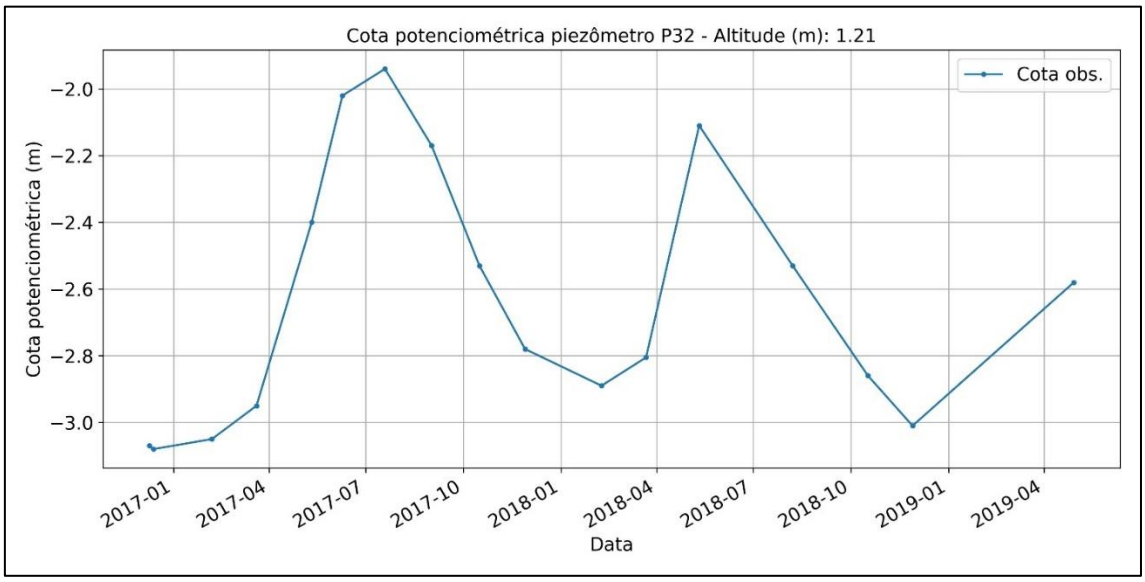


Figura 3.114 – Cota do nível de água do piezômetro P32.

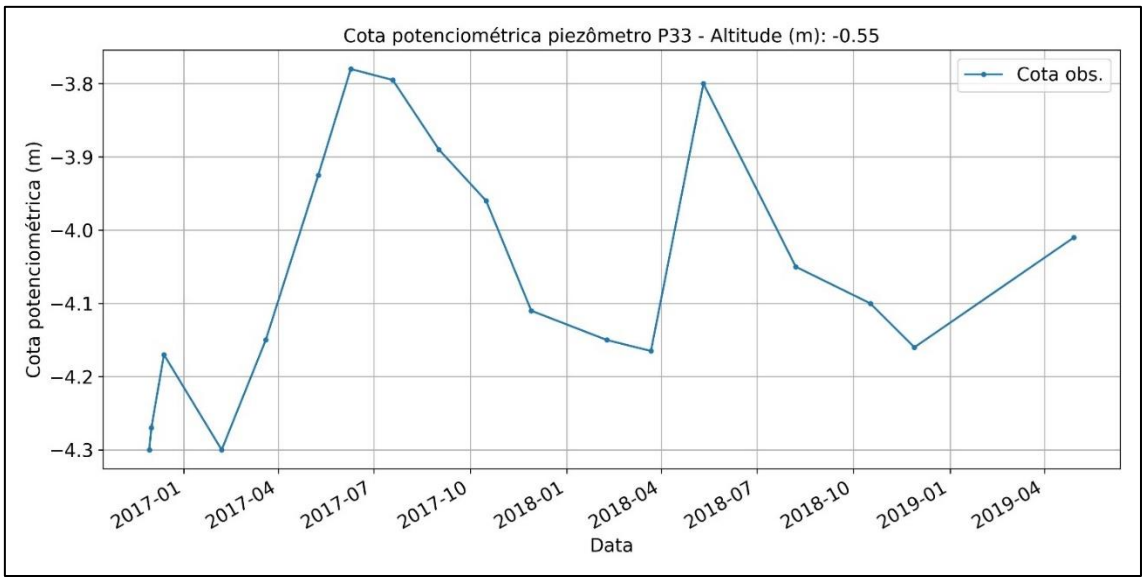


Figura 3.115 – Cota do nível de água do piezômetro P33.

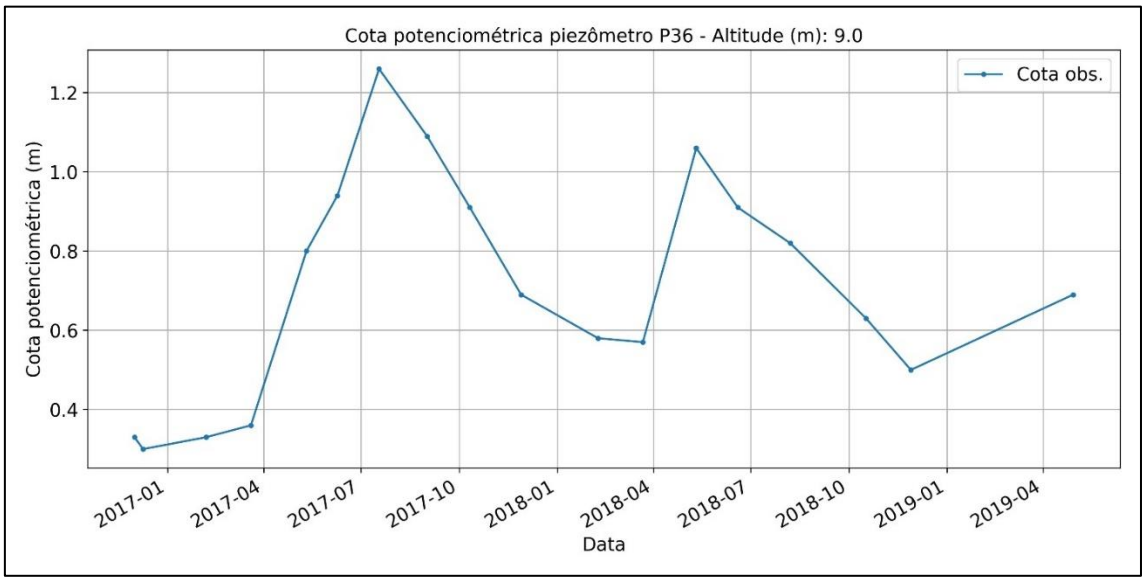


Figura 3.116 – Cota do nível de água do piezômetro P36.

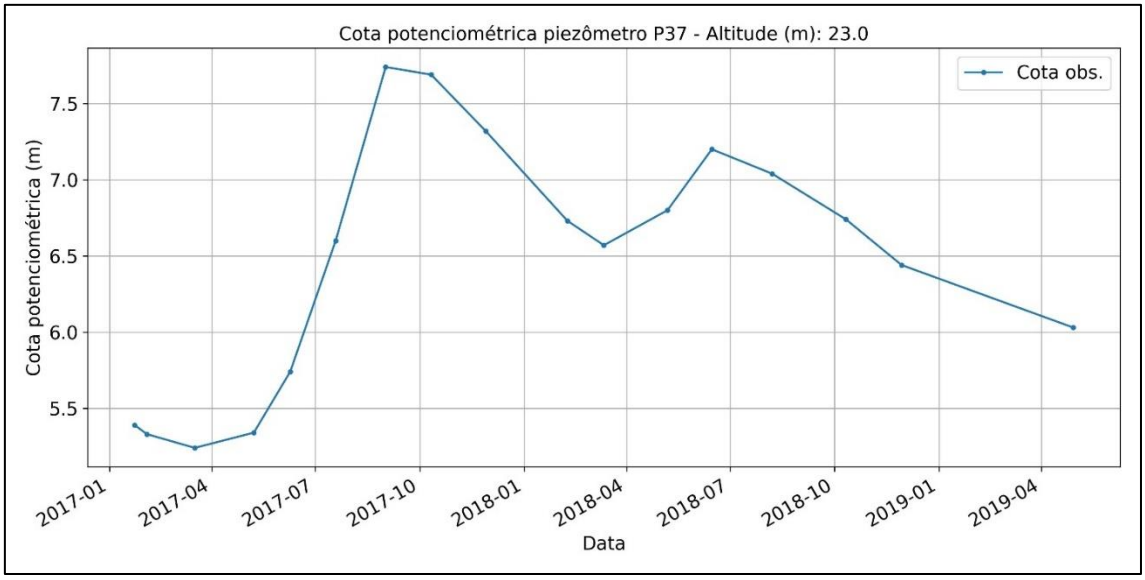


Figura 3.117 – Cota do nível de água do piezômetro P37.

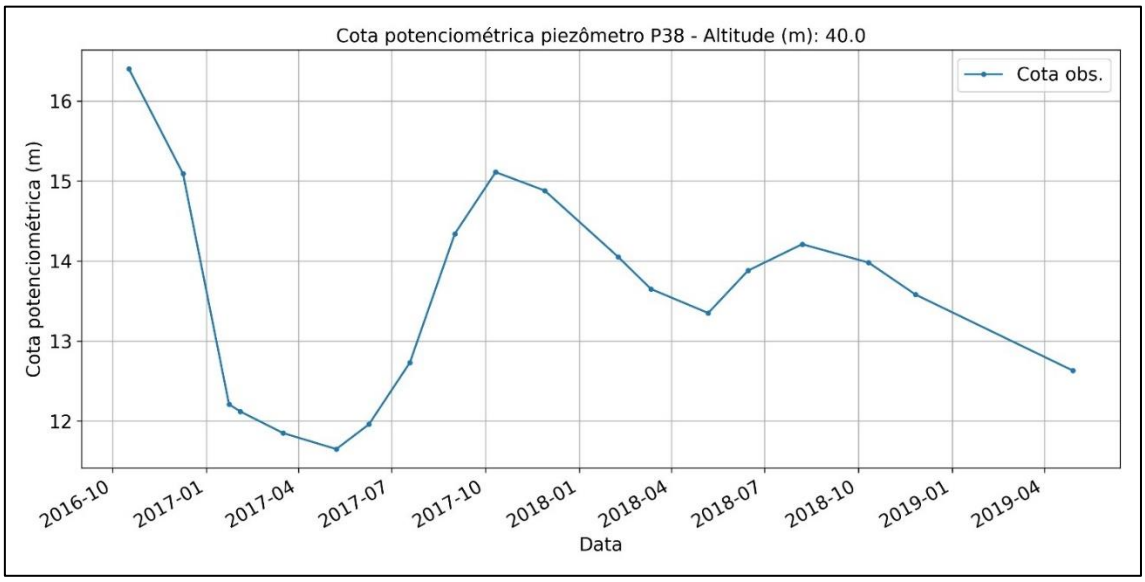


Figura 3.118 – Cota do nível de água do piezômetro P38.

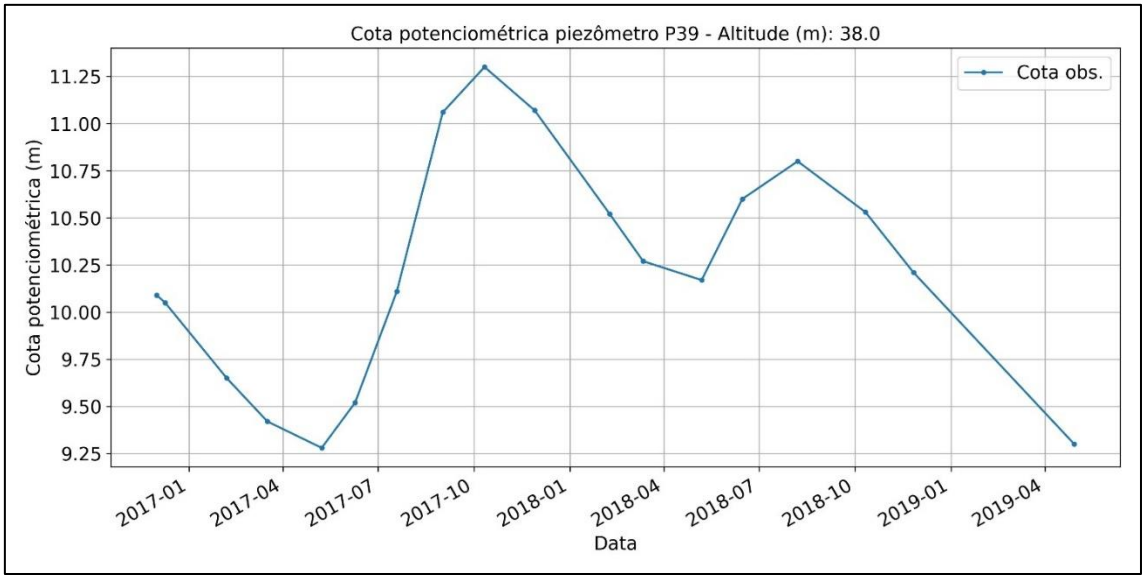


Figura 3.119 – Cota do nível de água do piezômetro P39.

3.6.4 *Níveis monitorados no aquífero confinado*

As informações sobre o monitoramento do nível de água do aquífero confinado encontram-se nas cinco figuras seguintes. Os níveis monitorados em cada poço encontram-se no Anexo VII deste relatório.

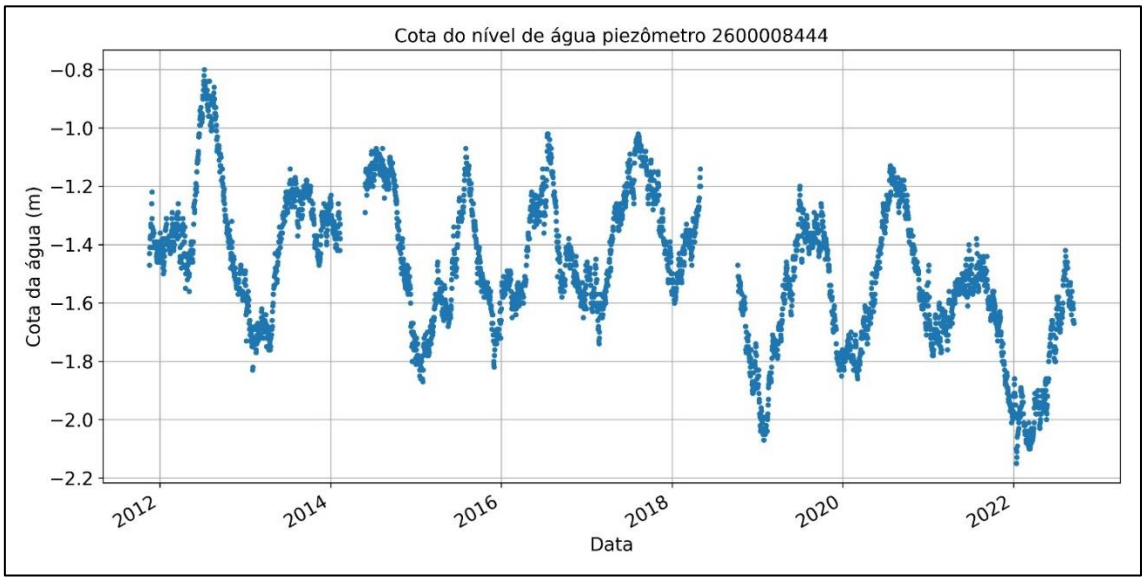


Figura 3.120 – Cota do nível de água do piezômetro 2600008444.

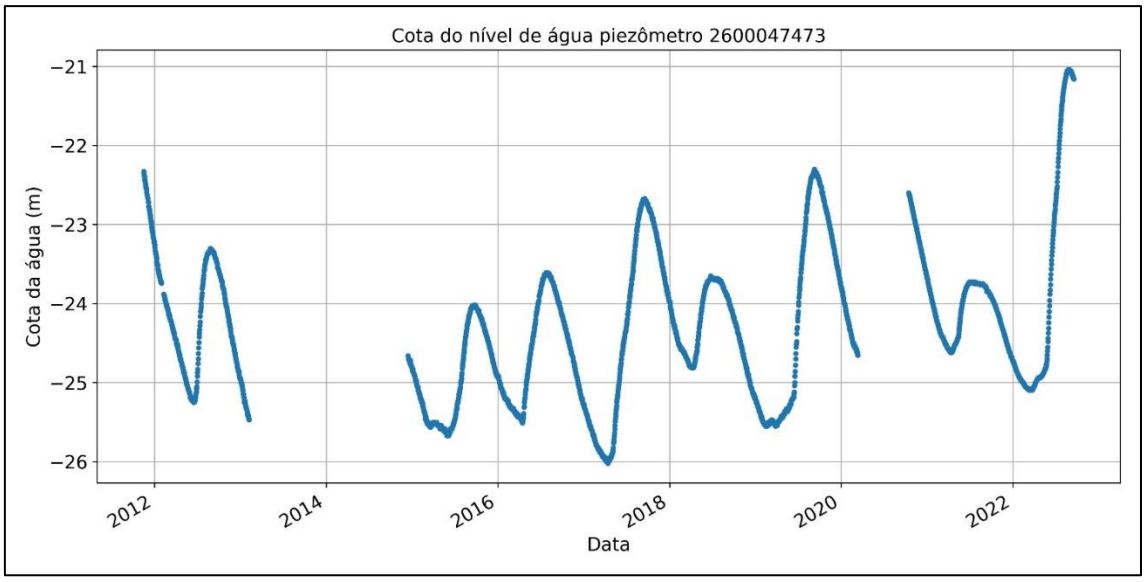


Figura 3.121 – Cota do nível de água do piezômetro 2600047473.

Figura 3.122 – Cota do nível de água do piezômetro 2600047476.

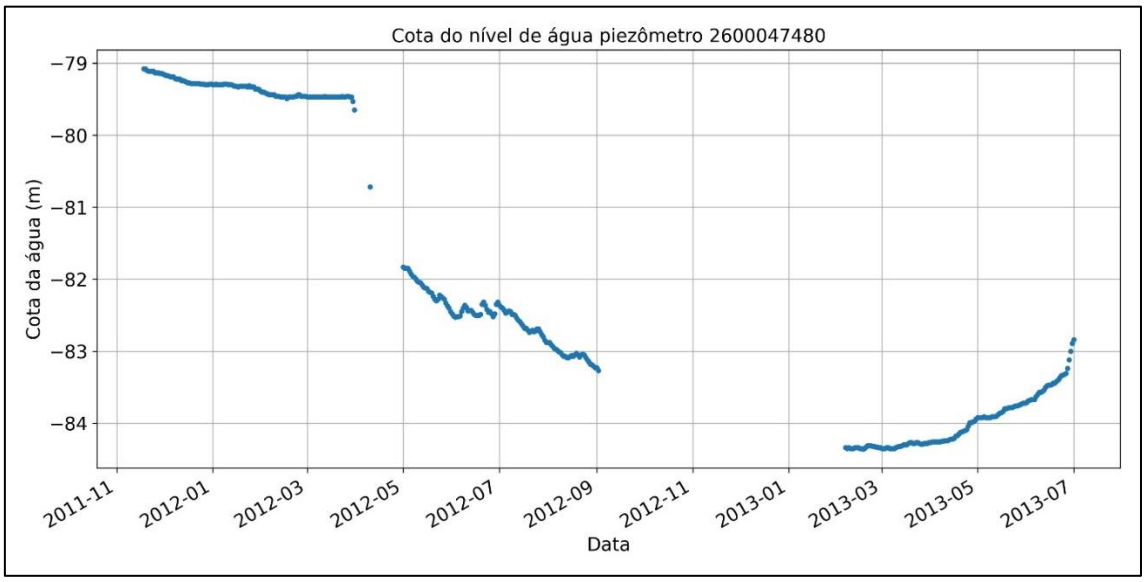


Figura 3.123 – Cota do nível de água do piezômetro 2600047480.

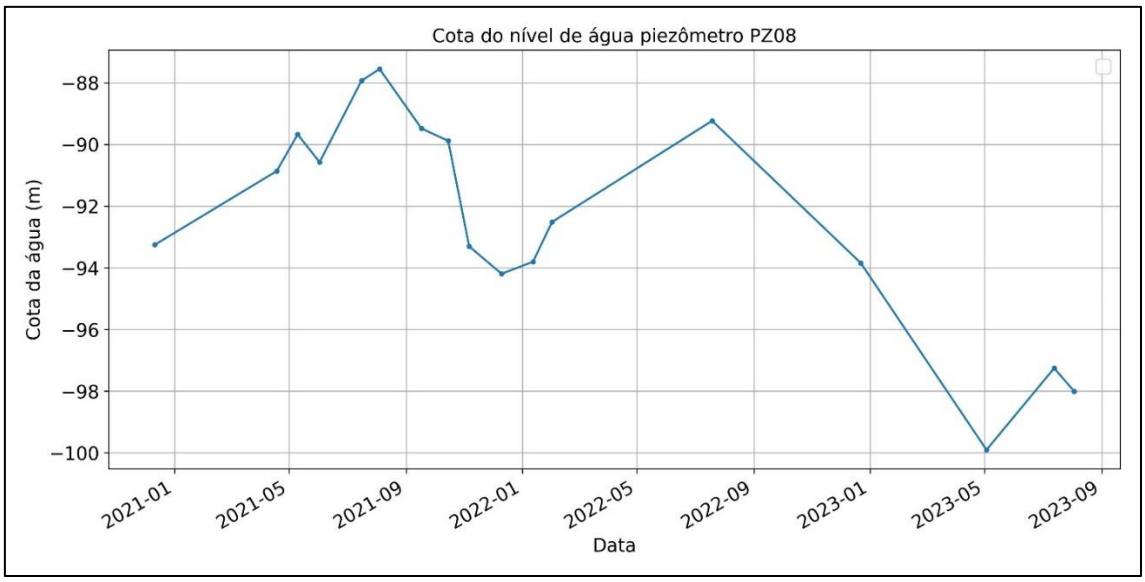


Figura 3.124 – Cota do nível de água do piezômetro PZ08.

A seguir são apresentados os níveis monitorados pelo projeto BRAMAR.

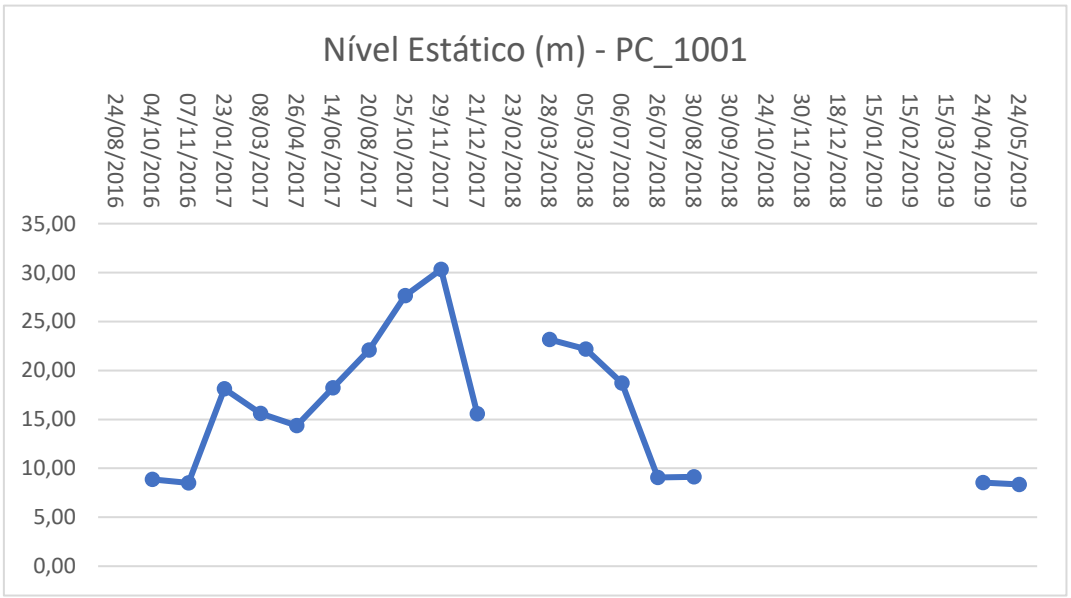


Figura 3.125 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1001.

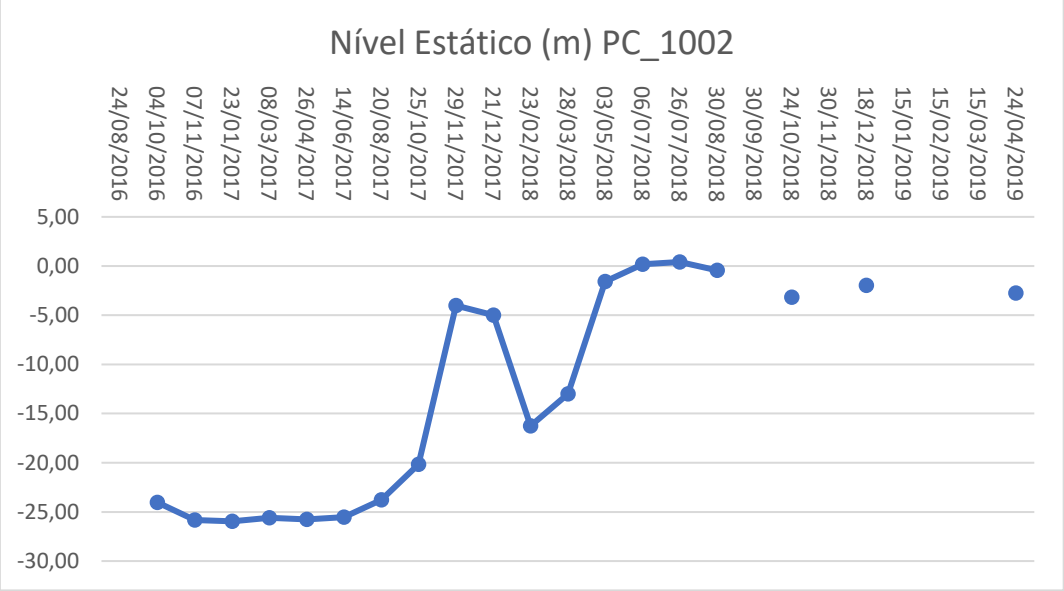


Figura 3.126 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1002.

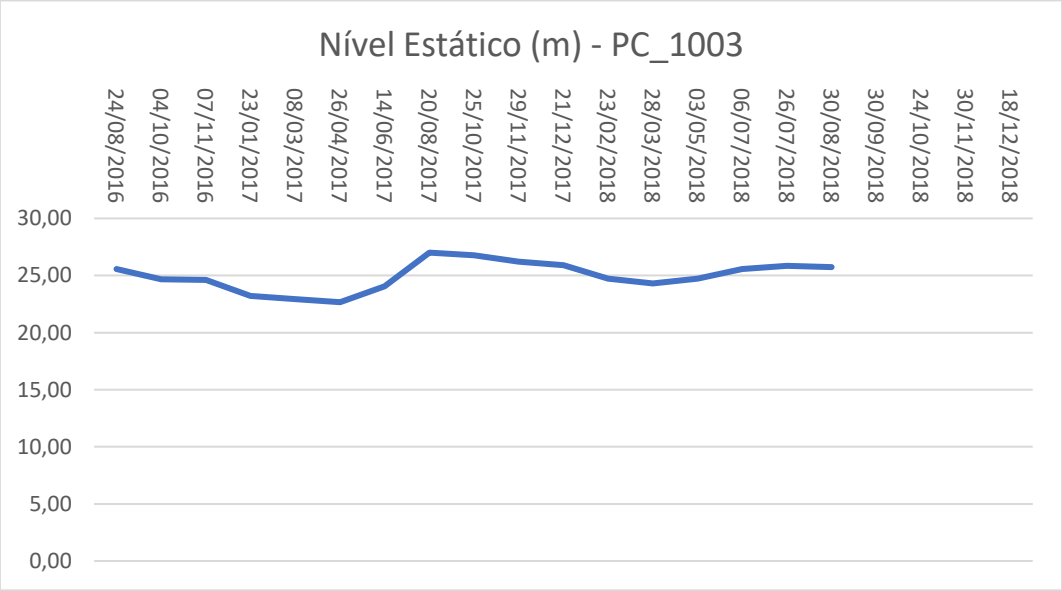


Figura 3.127 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1003.

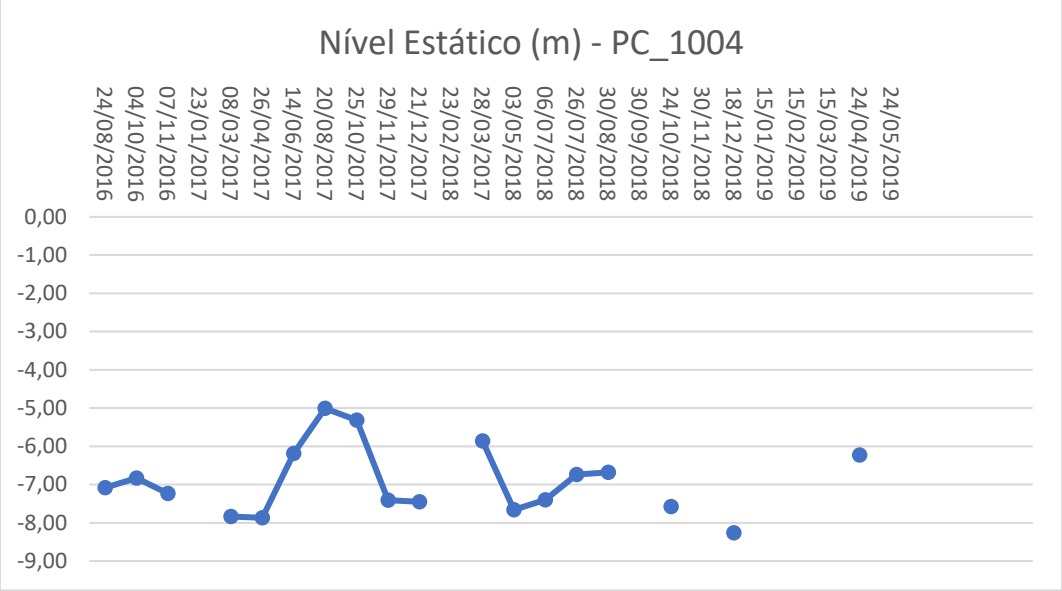


Figura 3.128 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1004.

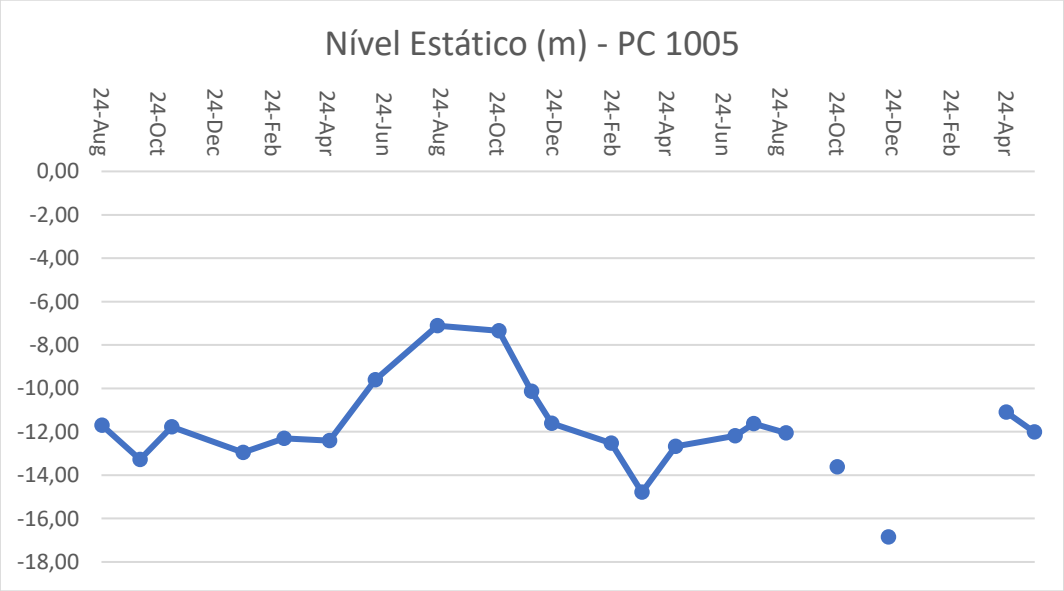


Figura 3.129 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1005.

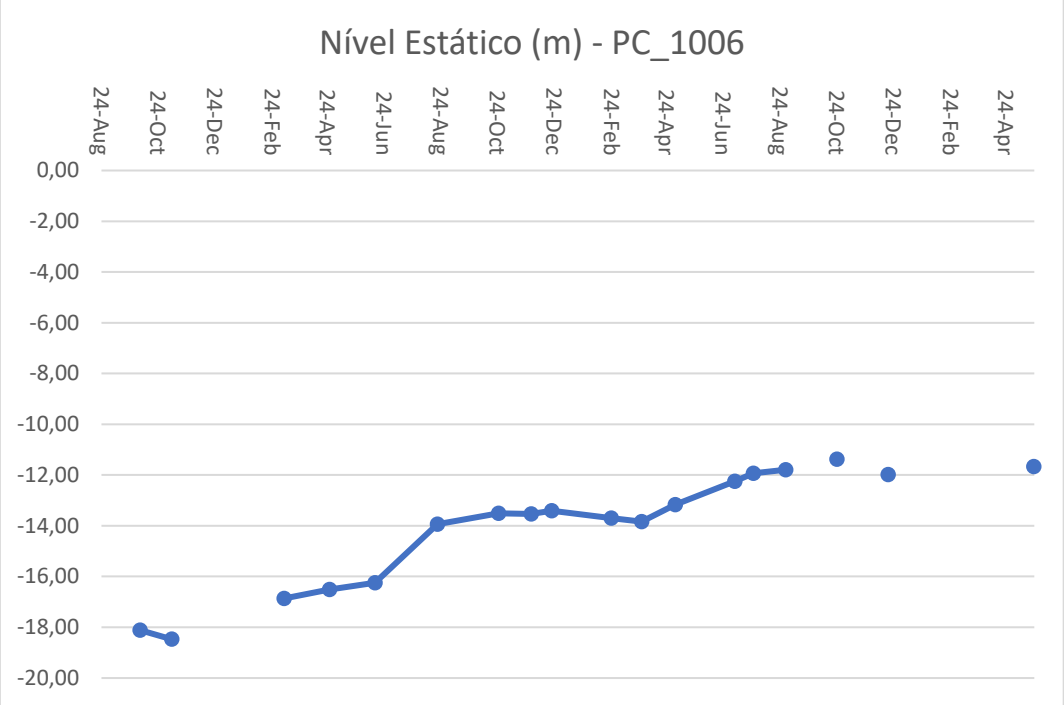


Figura 3.130 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1006.

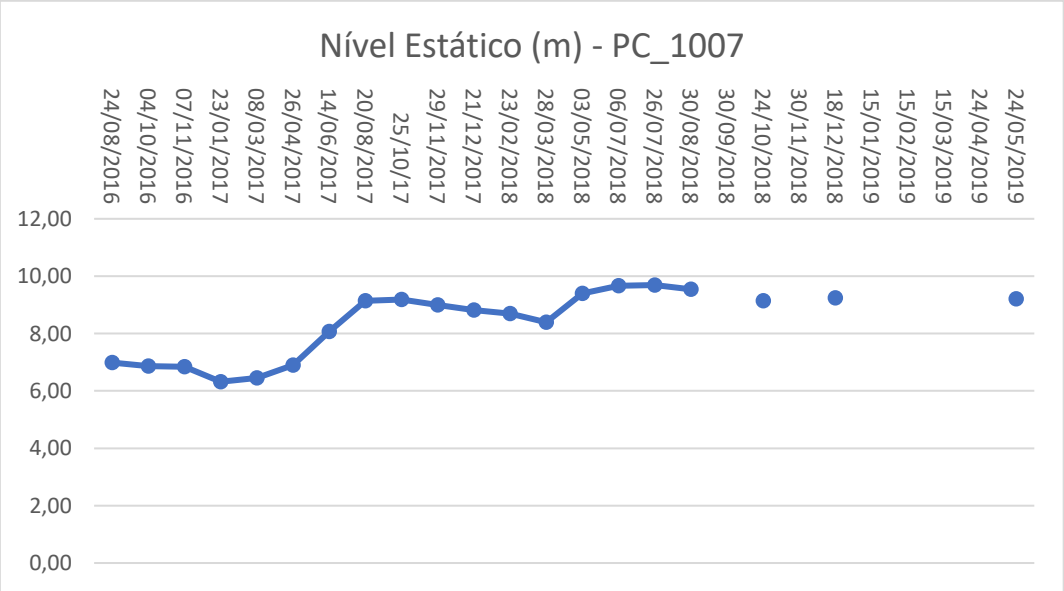


Figura 3.131 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1007.

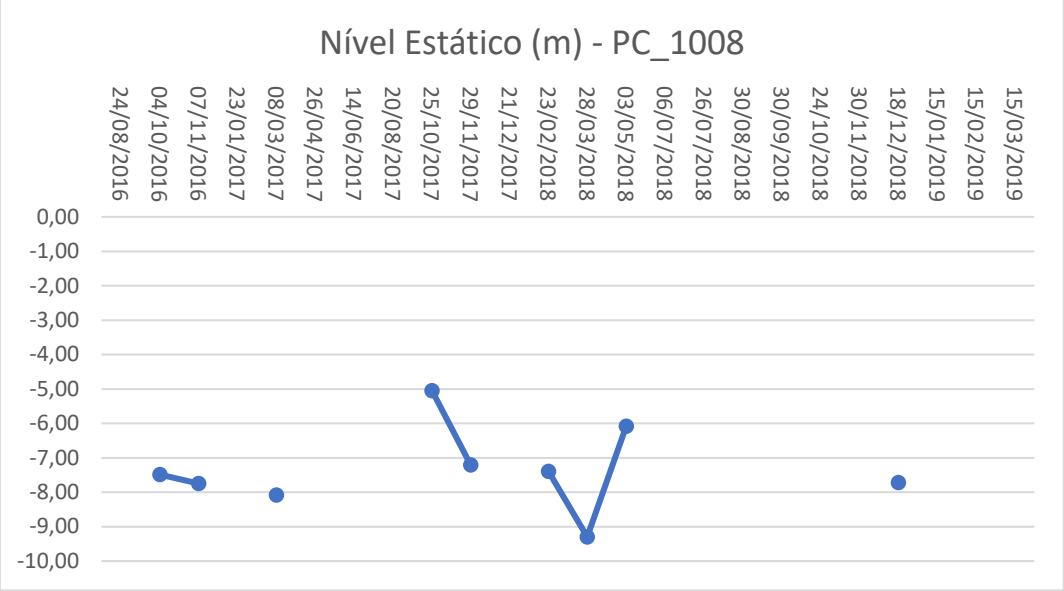


Figura 3.132 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1008.

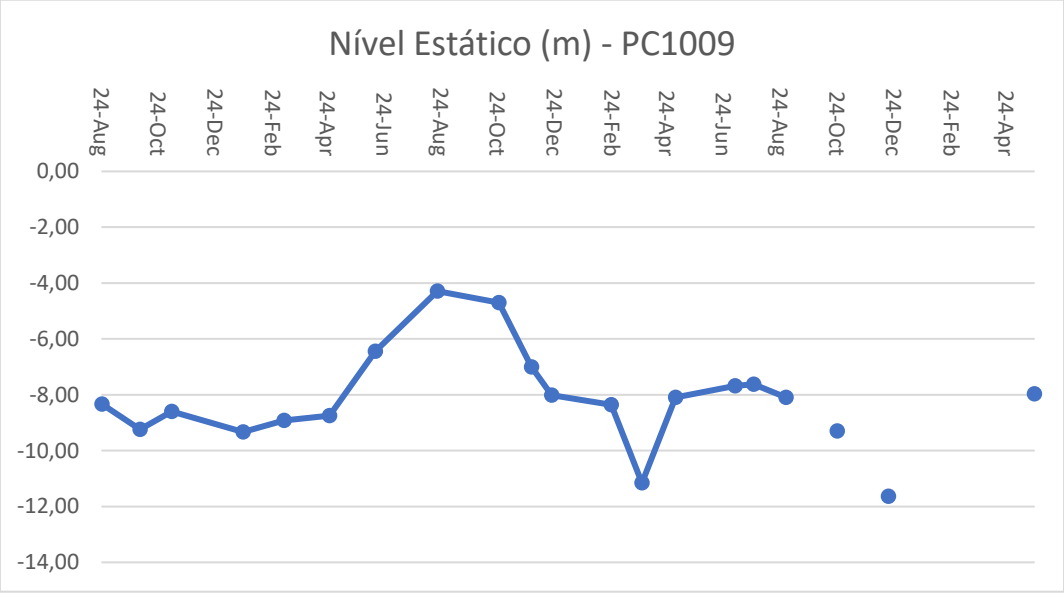


Figura 3.133 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1009.

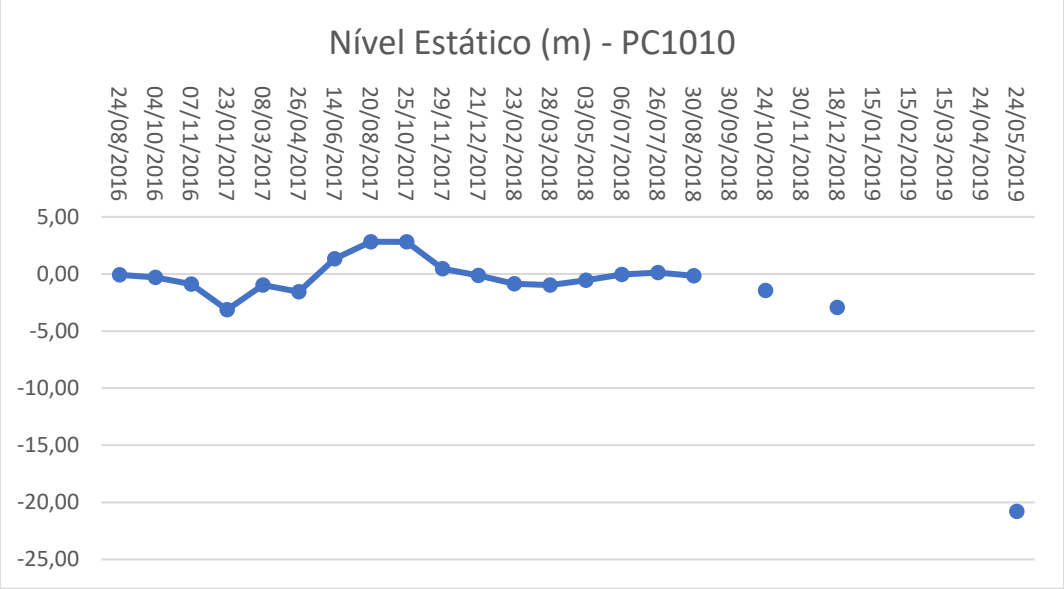


Figura 3.134 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1010.

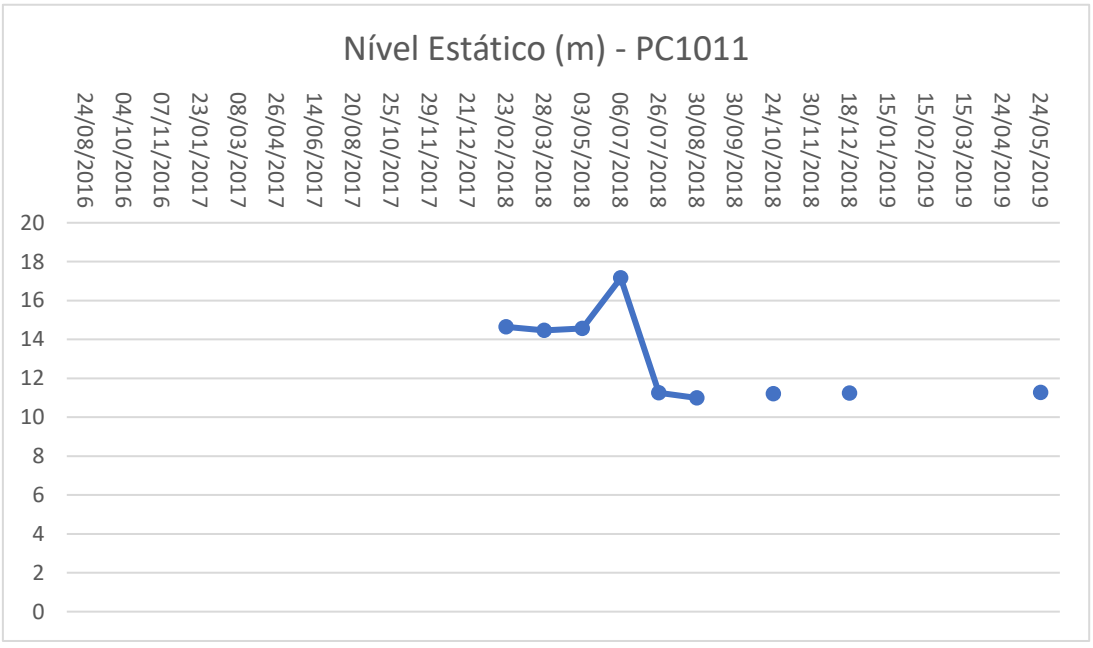


Figura 3.135 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1011.

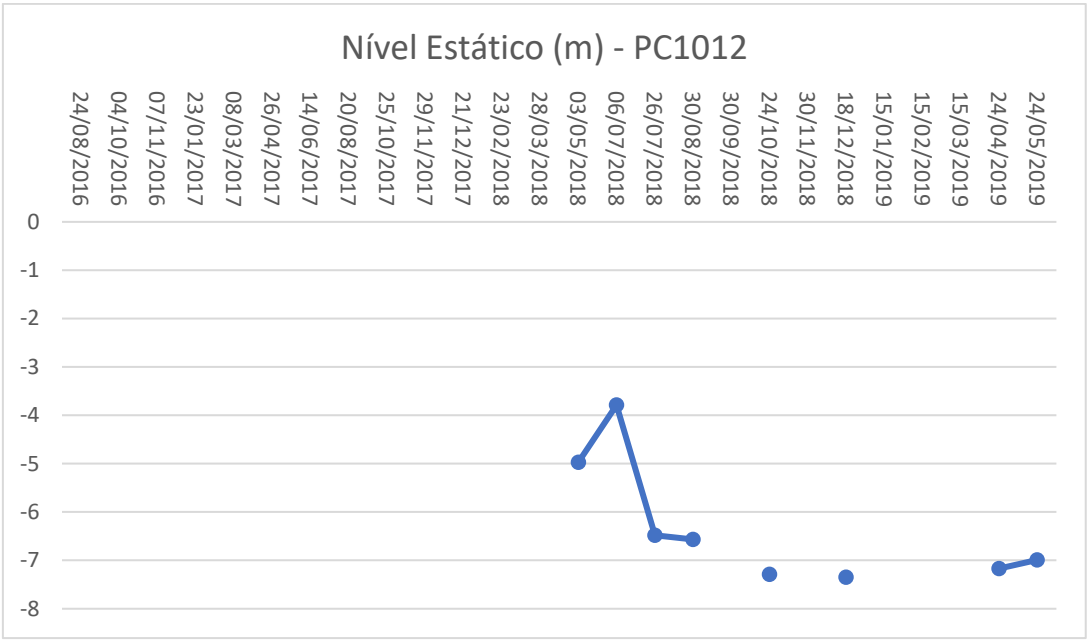


Figura 3.136 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1012.

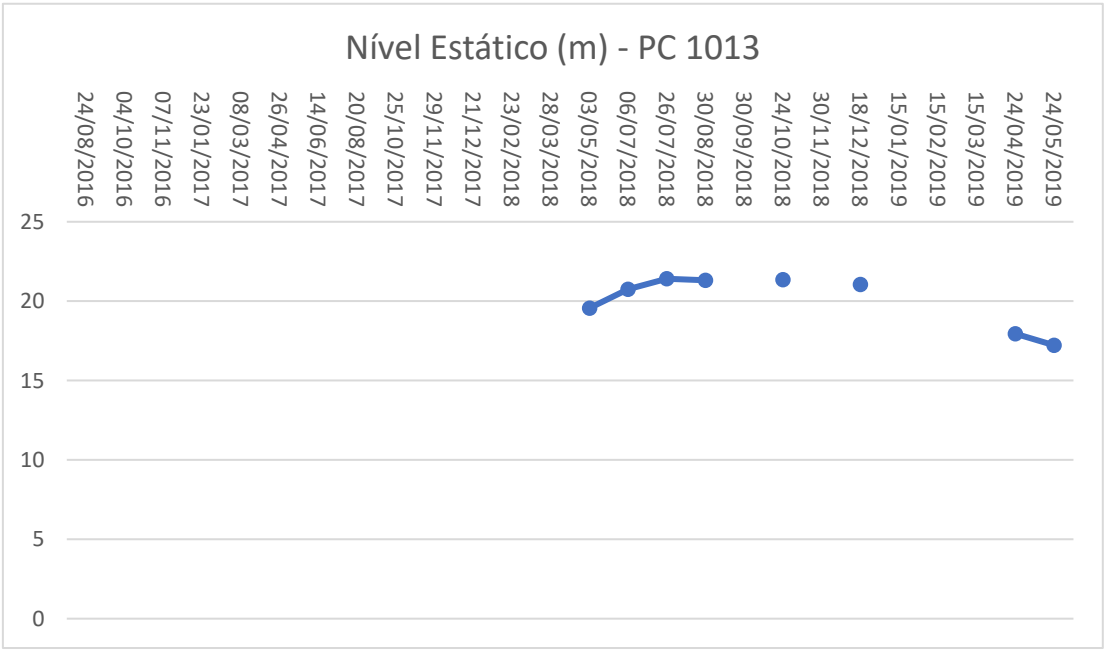


Figura 3.137 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_1013.

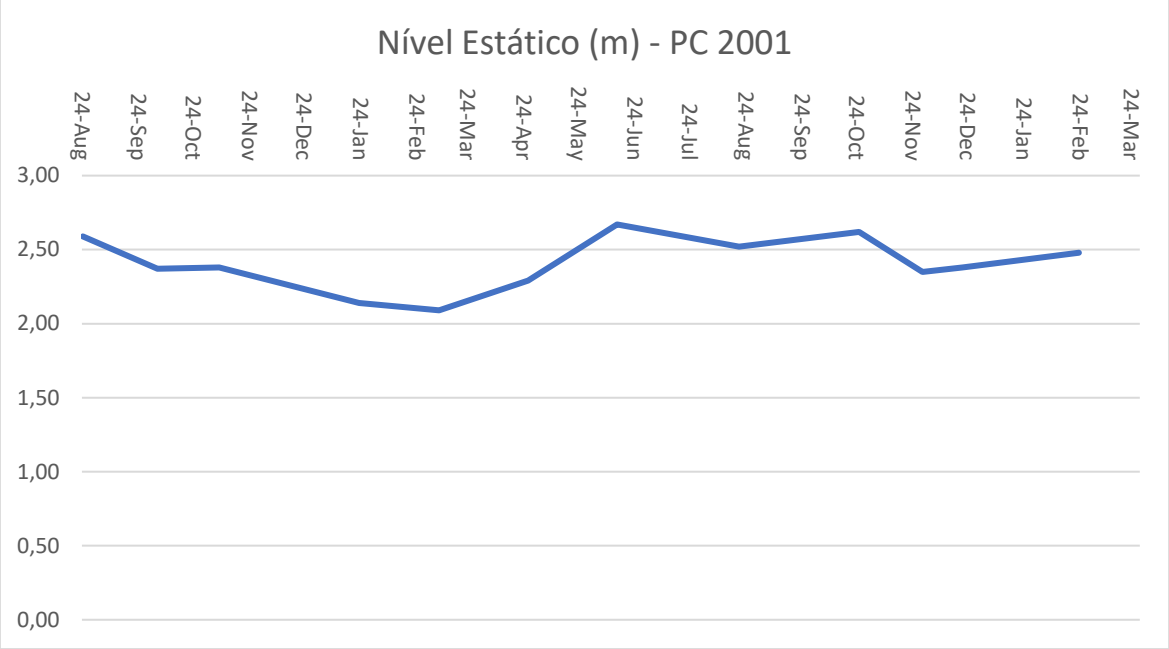


Figura 3.138 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_2001.

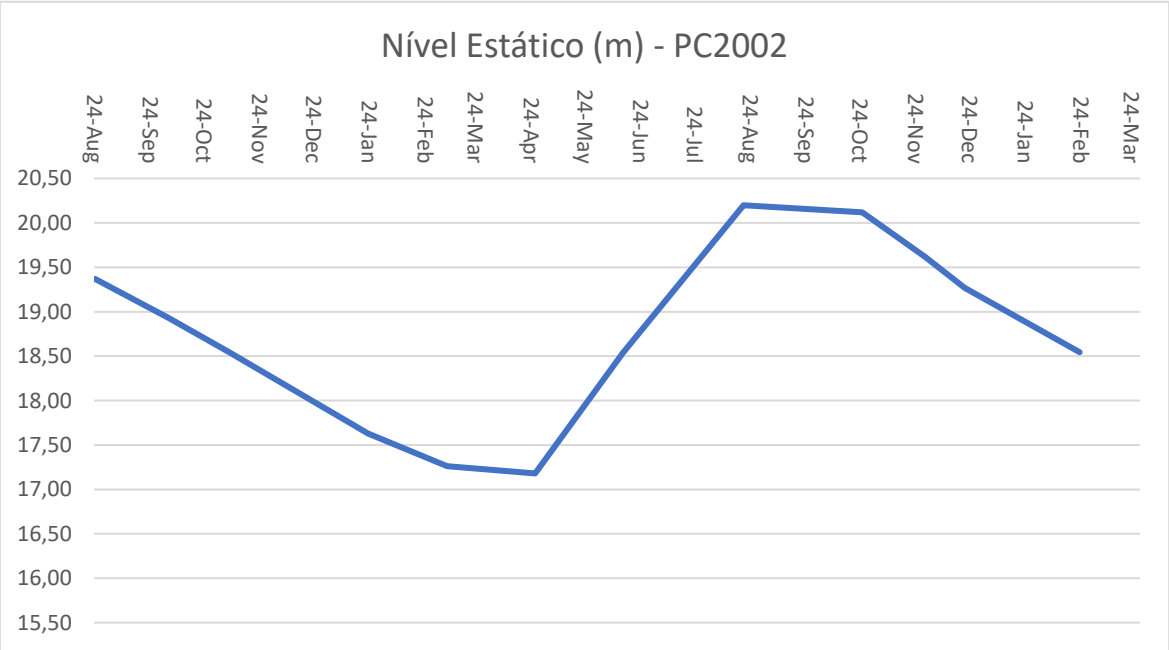


Figura 3.139 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_2002.

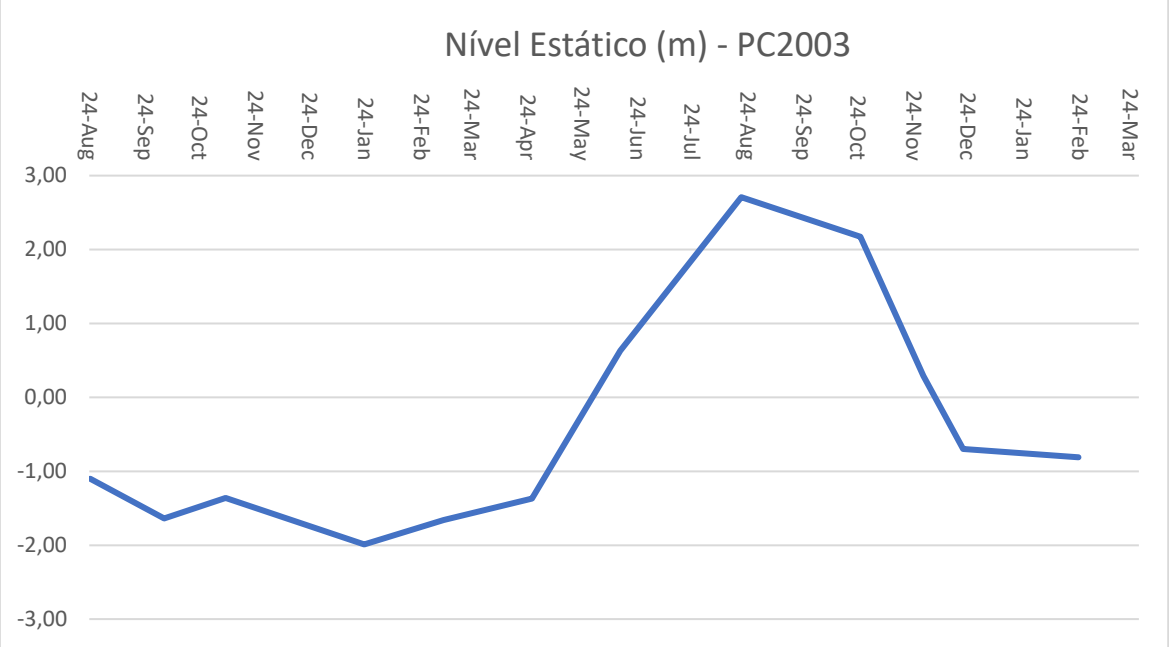


Figura 3.140 – Níveis estáticos no poço de monitoramento do projeto BRAMAR – PC_2003.

3.6.5 *Monitoramento de qualidade do aquífero livre*

A primeira tabela (Quadro 3.41) do conjunto de tabelas seguintes diz respeito aos parâmetros estatísticos básicos (valores mínimo, máximo, médio, desvio padrão e coeficiente de variação) para 10 poços que foram possíveis a coleta de 8 amostras. Nesse caso, são apresentados os parâmetros estáticos dos seguintes parâmetros: Dureza, Cloretos, Condutividade Elétrica e Nitratos, assim como os valores de referência das portarias de número 518 e 396, ambas do CONAMA.

Em seguida, são apresentadas tabelas com os valores dos 13 parâmetros de qualidade de água monitorados nos 16 poços, quando possível, pois em alguns meses alguns poços estavam secos, não tendo assim como coletar amostras.

Quadro 3.41 – Parâmetros estatísticos dos parâmetros de qualidade da água subterrânea.

Poço	Parâmetro	Portaria n° 518	CONAMA n° 396	Parâmetros estatísticos					
		Consumo Humano	Consumo Humano	n° Amostras	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão	Coef. Variação
P1	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	17,1	6,0	27,0	7,5	44%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	19,4	15,1	22,5	2,7	14%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	109,0	74,2	22,8	53,1	49%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	2,0	1,1	3,2	0,8	38%
P2	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	69,3	56,0	96,0	13,1	19%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	62,6	40,0	82,3	15,4	25%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	249,7	196,6	309,0	46,2	19%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	8,7	4,7	**15,5**	3,5	40%
P3	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	41,9	16,0	88,0	21,9	52%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	17,8	14,0	24,5	3,7	21%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	128,2	95,7	247,0	49,7	39%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	3,1	1,3	5,6	1,2	39%
P4	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	27,5	18,0	43,0	8,9	32%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	9,7	6,0	15,6	3,4	35%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	97,6	87,4	106,0	8,0	8%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	3,8	1,8	8,2	2,1	55%
P9	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	38,9	16,0	69,0	22,3	57%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	14,0	8,0	19,1	4,0	29%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	87,5	63,3	116,9	22,7	26%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	2,9	2,0	3,8	0,7	24%

Poço	Parâmetro	Portaria n° 518	CONAMA n° 396	Parâmetros estatísticos					
		Consumo Humano	Consumo Humano	n° Amostras	Média	Mínimo	Máximo	Desv. Padrão	Coef. Variação
P10	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	29,0	12,0	46,0	11,0	38%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	59,2	52,5	67,5	5,3	9%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	205,9	172,2	242,0	26,7	13%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	1,9	1,2	3,2	0,6	32%
P14	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	32,9	10,0	115,0	34,4	105%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	19,4	14,0	27,5	4,7	24%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	89,0	70,0	118,7	19,0	21%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	1,0	0,7	1,4	0,2	20%
P15	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	36,4	18,0	80,0	19,6	54%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	22,6	10,7	29,0	7,3	32%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	133,6	113,6	153,8	14,6	11%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	3,8	1,7	6,8	1,7	45%
P22	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	31,2	16,0	60,0	14,2	46%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	31,9	20,0	49,9	11,8	37%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	176,7	130,3	228,0	41,1	23%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	6,2	2,6	**10,9**	3,2	52%
P25	Dureza (mgL-¹ CaCO3)	500,000	500,000	8	39,0	18,0	65,0	15,7	40%
	Cloretos (mgL-¹ CaCO3)	250,000	250,000	8	39,9	32,0	48,5	6,7	17%
	CE (uS/cm)	Sem Indicação	Sem Indicação	8	181,9	139,9	219,0	27,1	15%
	Nitratos (mgL-¹ NO3)	10,00	10,00	8	3,1	1,7	5,2	1,4	45%

Quadro 3.42 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Ago-2010).

Poço	Temperatura	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcalinidade	Condutividade	Cloretos	STD	DQO/OC	NO	NO_3	Hora
1	27,5	4,48	0,0	0,80	17,0	14,1	4,6	83,6	8,60	36,3	0,10	0,00	2,33	09:05
2	28	6,23	0,0	2,46	13,0	60,0	32,4	320,0	11,96	146,7	0,10	0,00	8,26	09:21
3	26	5,58	100,0	64,50	6,0	23,2	35,5	123,4	8,60	56,1	2,60	0,00	2,77	09:49
4	29	4,52	0,0	0,52	23,0	28,2	4,6	123,5	7,35	51,3	0,30	0,00	5,39	10:01
5	27	4,86	0,0	4,01	10,0	21,2	5,1	55,6	6,86	24,8	0,00	0,00	2,30	10:30
6	27,5	6,33	2,0	43,10	9,0	30,3	21,3	97,2	13,23	43,4	0,60	0,00	2,45	10:38
8	26	5,32	0,0	11,90	18,0	18,2	7,1	81,1	16,60	36,0	0,00	0,00	1,49	11:43
9	28,5	5,18	0,0	0,34	20,0	22,2	7,2	79,4	14,21	32,0	0,00	0,00	2,30	12:08
10	27	5,6	0,0	6,90	16,0	30,3	16,2	253,0	65,60	94,9	0,00	0,00	1,84	12:15
14	27	5,51	0,0	11,40	26,0	16,2	15,2	103,7	19,10	42,4	0,10	0,00	0,95	14:17
15	28	4,78	5,0	30,80	29,0	33,3	7,1	181,3	31,80	74,5	0,00	0,00	5,14	14:25
16	29	5,52	4,0	49,90	12,0	49,4	20,3	201,0	40,00	87,3	3,70	0,00	7,20	14:36
18a	28	3,44	0,0	3,35	38,0	134,3	0,0	587,0	107,80	242,0	0,10	0,00	15,00	15:01
21	26	4,98	0,0	5,50	19,0	24,0	8,1	145,7	31,36	62,3	0,00	0,00	1,83	16:15
22	29	3,74	0,0	1,01	36,0	45,0	6,1	294,0	55,86	125,3	0,00	0,00	1,08	16:26
25	27	5,23	5,0	4,79	25,0	32,0	7,1	245,0	49,00	105,1	0,00	0,00	3,77	17:06
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**	**PPM STD**	**mg/l O^2**	**mg/l N**	**mg/l N**	

Quadro 3.43 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Set-2010).

Poço	Temp.	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcal.	Condut.	Cloretos	Sulfatos	STD	OC	NO	NO_3	Hora
1	26	4,3	0	0,80	18,0	10,1	1,95	73,6	16,66	0	48,9	1,023	0	1,99	09:00
2	28	5,76	0	2,07	16,0	53,5	21,4	239	67,13	0	129,9	1,209	0	7,58	09:15
3	26,2	6,28	100	30,00	24,0	22,2	22,4	128,5	16,17	0,03	59,3	1,767	0,003	2,8	09:26
4	29	4,26	20	10,00	21,0	19,1	1,95	99,3	7,84	0,01	51,2	1,116	0	5,2	09:39
5	27	4,7	0	2,48	11,0	9,09	3,9	50,3	6,86	0	23,8	0,93	0	2,1	10:39
6	28	5,63	7,5	7,79	15,0	12,1	13,6	85,6	16,17	0	40	0,93	0	2,41	10:59
8	27	5,01	0	2,48	22,0	13,1	6,8	70	15,19	0,01	36,5	0,93	0	1,3	11:29
9	28	4,97	0	0,66	13,0	20,2	4,8	71,1	11,76	0	35,6	0,93	0	3,1	12:01
10	27,5	5,23	0	0,22	24,0	25,2	12,6	228	64,68	0	113,8	1,023	0	2,15	12:11
14	27	5,21	5	2,31	43,0	37,3	10,7	90,3	17,15	0,02	40,3	1,116	0	1,17	13:28
15	28	4,63	10	10,50	40,0	37,3	6,8	129,7	23,03	0,01	64,8	1,116	0	4,2	13:30
16	26,5	5,71	30	5,10	27,0	71,7	13,6	165,7	21,07	0,04	83,5	3,441	0	7,15	13:44
18a	27	3,64	0	0,25	41,0	133,3	0	453	96,04	0	235	1,209	0,009	18,76	14:08
21	26	5,1	10	8,40	41,0	26,2	9,7	123,1	47,53	0,01	57,8	1,395	0	3,09	15:10
22	28,5	4,33	0	0,44	42,0	51,5	3,9	222	9,8	0,01	110,1	1,116	0	10,8	15:19
25	27	3,75	0	0,10	47,0	25,2	0	204	46,55	0	101,6	1,023	0	4,1	15:53
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**		**PPM STD**		**mg/l N**	**mg/l N**	

Quadro 3.44 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Out-2010).

Poço	Temp.	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcal.	Condut.	Cloretos	Sulfatos	STD	DBO	OC	NO	NO_3	Hora
1	28	5,22	0	0,53	21,01	16,6	4,8	87,5	15,5	3,4	47,4	1,76	0	0	3,25	08:15
2	27,5	5,56	0	0,55	4,77	68,6	31,2	308	69,3	3,2	125,5	1,87	0,09	0	15,5	08:32
3	26	5,94	40	14,2	16,2	41,4	25,3	129,5	14,8	0,4	56,6	1,76	1,2	0	5,6	08:49
4	28,5	4,97	10	0,80	26,7	30,3	1,95	105,5	8,5	0,6	43,5	0,26	0,2	0	8,24	09:05
5	27,5	5,26	0	3,09	7,6	29,2	9,75	55,1	12,6	0,8	21,7	0	0,1	0	3,4	09:25
6	28	5,57	30	26,6	9,5	66,6	16,56	83,3	11,7	6,4	34,0	0	4,6	0	4,8	09:35
8	27,5	5,56	0	2,06	18,1	26,6	11,7	85,2	14,8	6,6	34,4	0,27	0,5	0	2,9	10:15
9	29	5,43	0	0,52	15,2	40,4	6,82	78,8	10,8	1,4	31,6	0,3	0,1	0	2,06	11:00
10	28,5	5,44	0	0,51	23,8	30,3	11,7	242	59,4	5,2	94,7	0	0,1	0	3,25	11:07
14	27,5	5,50	0	1,55	31,5	24,2	10,72	93,3	14,8	8,8	38,1	0	0,3	0	1,45	12:30
15	28	5,23	0	3,11	34,3	32,3	6,82	139,9	21,1	3,4	54,6	0	0,4	0	5,14	12:38
16	27	5,48	20	3,54	19,1	45,4	27,3	174,5	18	12,4	70,7	0,23	2,8	0	9,16	13:05
18a	27,5	4,32	0	1,35	28,6	24,2	3,9	407	76,5	0,8	176,1	0,55	0	0	18,7	13:25
21	28	5,33	5	6,81	25,7	20,2	8,78	133,7	27	2	52,1	0	1,2	0	2,1	14:10
22	29,5	5,59	0	2,32	25,7	35,3	5,85	228	40,5	2	113,9	1,05	0	0	10,9	14:49
25	28	4,12	0	0,70	25,7	39,3	0,97	219	40,5	0,6	91,9	0,89	0,3	0	5,28	14:53
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**		**PPM STD**	**mg/l O²**		**mg/l N**	**mg/l N**	

Quadro 3.45 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Nov-2010).

Poço	Temp.	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcal.	Condut.	Cloretos	Sulfatos	STD	DBO	OC	NO	NO_3	Hora
1	28	4,63	0	0,51	5,85	6	4,8	74,3	20	0	44,2	0,36	0,1	0	2,09	09:06
2	27	5,44	0	0,37	7,8	60	42,9	283	79,8	0,2	176,8	0,47	0	0	10,8	09:30
3	27	5,85	5	11,2	3,9	88	22,4	107,9	18,1	0	56,5	0,2	0,4	0	3,5	09:50
4	29	4,62	0	0,58	17,5	22	0,9	106	10,2	2	56,7	0,66	0,6	0	5,3	10:10
5	28	5,16	0	0,80	2,9	10	8,7	46,7	8,8	2,2	27	1,27	0,4	0	2,68	10:31
6	28,5	5,47	0	11,5	5,8	10	10,7	74,5	13,7	2	41,9	2,04	1,1	0	3,18	10:41
8	28	5,53	60	128	6,8	10	4,8	74,7	17,6	2	40,1	1,69	1,4	0	1,5	11:15
9	29	5,35	5	0,27	8,7	16	5,8	75,2	19,1	0	37,4	0	0	0	2,5	11:51
10	28	5,32	0	0,52	13,6	24	8,7	203	63,2	0	99,5	0	0	0	1,6	12:01
14	29	5,15	0	8,48	7,8	12	10,7	77,7	20	0	42,1	0	0,2	0	1,3	13:27
15	29	4,92	0	14,8	9,7	24	2,9	119,9	23	20,6	60,9	0	1	0	4,3	13:34
16	27	5,23	10	4,35	8,7	38	13,6	147,7	20,5	17,4	75,8	0	2,1	0	7,3	13:54
18a	29	4,00	0	0,45	24,3	64	0	408	82,3	1,8	211	0	1	0	16,4	14:19
21	28	4,97	5	10,9	16,5	20	3,9	122,6	37,7	0	63,4	0	2	0	2,03	15:07
22	29	4,45	0	0,22	23,4	24	12,6	227	49,9	1,6	117,1	0	0,7	0	9,6	15:16
25	28	4,19	0	0,18	26,3	34	2,9	211	48,5	5	105,2	0	0	0	4,6	15:43
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**		**PPM STD**	**mg/l O²**		**mg/l N**	**mg/l N**	

Quadro 3.46 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Dez-2010).

Poço	Temp.	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcal.	Condut.	Cloretos	Sulfatos	STD	DBO	OC	NO	NO_3	Hora	Observações
1	27	5,1	0	6,92	19,90	10	2,9	76,8	19,6	0	37,6	0	0,1	0	1,4	08:10	
2	28	5,9	0	0,81	15,2	56	39	309	82,3	0	152,5	0,6	0	0	9,3	08:17	
3	27	6,1	10	13,4	10,4	16	0	107,9	24,5	0	57,2	4,51	1,4	0	2,6	08:37	
4	29	4,4	0	0,45	38,0	18	25,3	98	15,6	0	49,5	0	0,2	0	4,7	08:51	
5	28	5,1	0	9,92	9,5	14	3,9	44,7	13,7	0	21,8	0	0,1	0	2,3	09:15	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Poço seco
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Poço seco
9	29	5,1	0	0,32	23,7	16	39	70,6	16,6	0	34,4	0,52	0	0	2,4	11:06	
10	28	5,2	0	2,55	22,8	12	10,7	193,2	61,7	0,2	96,7	1,1	0,1	0	2,2	11:23	
14	29	5,10	0	5,17	30,4	10	8,7	72	20,5	3,8	39,2	0	0,2	0	0,9	12:38	
15	29	4,8	15,5	31,7	35,1	18	5,8	135,7	27,4	15,6	65,1	0,7	0	0	4	12:40	
16	27	5,2	0	10,60	21,8	32	10,7	139,6	19,6	6,8	69,1	0,26	2,4	0	6,6	13:00	
18a	28	4,10	0	0,49	35,1	54	0	364	160,7	0	198,6	0	0,6	0	12,1	13:18	
21	28	4,7	0	10,1	36,1	14	5,8	111,6	43,1	1,2	60,8	0	0,4	0	1,3	14:19	
22	30	4,4	0	0,88	33,2	16	4,8	217	46	0	108,9	0	1,7	0	7	14:25	
25	28	4,2	0	0,31	39,9	18	0	186,2	48	0	92,2	0	1,8	0	1,8	14:53	
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**		**PPM STD**	**mg/l O²**		**mg/l N**	**mg/l N**		

Quadro 3.47 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Fev-2011).

Poço	Temp.	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcal.	Condut.	Cloretos	Sulfatos	STD	DBO	OC	NO	NO3	Hora	Observações
1	29	5,12	0	10,00	13,86	14	4,91	131,9	20	0	70,6	1,68	0,306	0	2,326	08:19	
2	28	6,12	0	5,01	15,84	62	25,53	260	70	0,6	129	0,14	0,306	0	9,416	08:33	
3	27,5	6,6	25	17,1	9,9	27	23,57	110,5	14	0	64,9	0	0,714	0	3,026	08:46	
4	30	7,76	15	4,82	21,78	23	0	89,7	7	0,6	47,8	0	1,53	0	3,658	09:01	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	09:18	Período Seco
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	09:27	Período Seco
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10:01	Período Seco
9	29	5,51	0	1,85	12,9	20	3,928	63,3	11	1,1	37,9	1,99	0,204	0	3,477	10:51	
10	28,5	5,57	0	0,49	18,8	22	9,82	172,2	52,5	2,4	90,6	0	0,102	0	2,416	11:11	
14	30	5,57	0	10,10	20,8	17	8,838	70	14	3	42,1	0	0,306	0	1,093	12:12	
15	30	4,99	0	13,6	26,7	26	3,928	153,8	28	2,5	82,3	0	1,2	0	6,887	12:20	
16	29	5,69	0	8,00	10,9	45	7,856	130,1	12	1,6	69,2	0	1,02	0	9,958	12:33	
18a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12:57	Coleta não autorizada
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Residência fechada
22	30	5,12	0	2,47	13,9	22	4,91	170,5	23,5	0	86,5	0	0,204	0	8,942	14:02	
25	28,5	4,15	0	7,73	16,8	26	0,982	154,2	36,5	2	87,5	0,27	0	0	4,471	14:24	
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**		**PPM STD**	**mg/l O²**		**mg/l N**	**mg/l N**		

Quadro 3.48 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Abr-2011).

Poço	Temp.	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcal.	Condut.	Cloretos	Sulfatos	STD	DBO	OC	NO	NO_3	Amônia	Hora	Observações
1	29	5,24	7,5	3,23	17,8	16	6,8	74,2	20,5	0,4	36,3	0,62	0	0,0	1,1	1,9	09:20	
2	29	6,16	0	3,93	16,8	62	28,4	212	59	1,8	105,7	0,51	0,52	0,0	5,4	1,5	09:30	
3	28	3,21	17,5	9,7	45,5	32	0	247	17	93	110,2	0	1,56	0,0	1,3	1,2	09:42	
4	30	4,34	0	6,15	24,7	26	2,9	87,4	6	7,4	56,7	0	5,6	0,0	3,2	1,05	09:57	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Período Seco
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Período Seco
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Período Seco
9	30	5,36	5	0,54	16,8	27	0,9	69,1	8	2,8	33,6	0	0,2	0,0	2,2	1,09	12:20	
10	29	5,57	0	0,78	18,8	23	11,7	187,4	53	20,6	94,4	0	0,1	0,0	2,1	0,2	12:27	
14	29	5,45	0	12,30	18,8	19	12,7	80	14,5	8,4	39,5	0	0	0,0	0,8	0,21	14:45	
15	29	5,05	10	12,1	29,7	28	6,8	146,7	29	6,6	77,8	0	0,31	0,0	3,8	0,12	14:49	
16	28	5,33	30	15,90	19,8	44	6,8	125,5	12,5	8	64,7	0	2,49	0,0	3,9	0,16	15:08	
18a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
21	28	4,95	25	11,1	28,7	16	7,8	114,9	31	1	56,2	0	1,7	0,0	0,9	0,2	16:16	
22	30	5,17	0	0,60	24,7	21	4,9	130,3	26	2	66,4	0	0	0,0	4,3	0,2	16:30	
25	29	4,45	7,5	8,00	25,7	29	4,9	139,9	32	4	75,3	0	0	0,0	2,1	0,2	17:00	
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**		**PPM STD**	**mg/l O²**		**mg/l N**	**mg/l N**			

Quadro 3.49 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Jun-2011).

Poço	Temp.	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcal.	Condut.	Cloretos	STD	DBO	OC	NO3	Amônia	Hora
1	27	5,18	0	3,59	17	20	4	77,5	22	38,75	0,52	0	1,51	0,27	07:20
2	27	6,36	200	4,10	15	80	12	221	40	110,5	0,5	5,3	9,3	0,29	07:45
3	27	6,74	50	29,5	11	40	23	95,7	17,5	47,85	1	0,8	3,7	0,23	08:00
4	28,5	4,61	50	6,40	22	20	66	88,3	7,5	44,14	0,4	0	2,1	0,23	08:20
5	28,5	4,92	0	0,75	13	20	7	51,8	8	25,9	0,64	0	2,6	0,24	08:50
6	28,5	6,81	200	1,57	15	70	19	136,4	12	68,2	1,13	0	6,2	0,25	09:00
8	28,5	5,43	0	7,06	17	49	7	93	24,5	46,5	0	0	0.8	0,24	10:20
9	29	6,3	0	0,54	15,0	61	9	115	17	57,5	1,5	0	3,8	0,21	12:30
10	28	5,38	10	51,90	21,0	40	15	239	67,5	119,5	0	0	1,2	0,21	12:40
14	28	5,57	0	7,29	30,0	115	8	118,7	27,5	59,35	1,28	1,3	1	0,15	14:55
15	29	6,21	0	23,1	30,0	80	14	113,6	12,5	56,8	2,4	0	1,9	0,17	15:05
16	27,5	4,57	100	1,88	21,0	37	9	244	27	122	1,4	0	6,1	0,17	15:20
18a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	27,7	5,69	60	17,6	27	40	42	75,1	16,5	37,55	1,7	0	0,8	0,15	16:21
22	29	5,34	0	0,68	31,0	30	6	136,7	20	68,35	1,55	0	3	0,16	16:45
25	28	3,96		0,36	30,0	65	6	171,2	35,5	85,6	0,74	0	2,1	0,16	17:00
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**	**PPM STD**	**mg/l O²**		**mg/l N**		

Quadro 3.50 – Parâmetros de qualidade da água subterrânea dos poços monitorados (Jul-2011).

Poço	Temp.	pH	Cor	Turbidez	Acidez	Dureza	Alcal.	Condut.	Cloretos	STD	DBO	OC	NO3	Amônia	Hora
1	28	5,01	0	6,85	25,6	27	29,3	228	15,1	114	0,56	0,714	1,594	2,02	07:00
2	27,5	5,81	0	4,00	15,7	70	16,6	208	44,5	104	0,94	1,02	5,758	1,17	07:05
3	27	6,5	30	14,5	12,8	35	22,4	97,3	14,7	48,6	0,62	1,53	3,026	1,01	07:38
4	28,5	4,3	0	6,20	26,5	43	2,9	104,5	8,8	52,2	0,5	3,672	1,987	1,48	07:57
5	28	4,4	0	3,86	14,7	38	6,8	70,1	8,8	35	1,4	0,204	1,829	1,01	08:32
6	28	6,2	500	4,25	17,7	52	51,8	122,3	9,8	61,1	0	17,6	4,11	0,93	08:45
8	27	5,2	0	8	17,7	48	6,8	122,9	14,7	61,4	0	0,918	3,342	0,93	10:15
9	29	5,7	0	0,50	16,7	62	19,5	110,8	11,7	55,4	2,13	0,816	3,387	0,86	10:54
10	28	5,4	0	50,00	25,6	35	9,7	227	61,7	113,5	2,58	1,836	1,472	0,86	11:00
14	27	5,50	40	80,00	44,3	39	14,6	116,4	23	58,2	1,67	2,142	1,339	0,70	07:40
15	29	5,3	40	54,3	39,4	47	10,7	118,4	10,7	59,2	2,11	2,55	1,716	0,62	08:15
16	28	5,9	40	5,31	21,6	79	28,3	186,5	23	93,2	1,5	13,1	5,148	0,62	08:30
18a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	28	5,3	30	24	31,5	38	26,4	71,9	11,2	35,9	1,17	1,193	0,691	0,68	16:18
22	29	5	0	0,29	31,5	41	9,7	146,7	21	73,3	1,83	1,867	2,664	0,65	16:27
25	28	4,1	0	1,40	37,4	55	1,9	176,9	32,8	88,4	0,9	0,918	1,752	0,66	17:04
				UNT	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**mg/l CaCO3**	**us/cm**	**mg/l Cl -**	**PPM STD**	**mg/l O²**		**mg/l N**		

3.7 HIDROGEOLOGIA

Os reservatórios subterrâneos da Bacia Paraíba foram identificados com os mesmos nomes atribuídos às unidades litoestratigráficas que os encerram (aquíferos Beberibe/Itamaracá e Barreiras, e Aquitardo Gramame), conforme definidas no mapa geológico da CPRM (2004). O conjunto de aquíferos superficiais, representados por sedimentos fluviais, costeiros e coberturas colúvio-eluvionares, foram reunidos no Sistema Cobertura Sedimentares. O conjunto formado por todas essas unidades hidroestratigráficas representa o Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco – SAPP, no estado da Paraíba.

O tema hidrogeologia compreendeu o desenvolvimento das seguintes atividades: definição do arcabouço de subsuperfície do SAPP; estimativa das espessuras totais e saturadas do SAPP; elaboração de mapa potenciométrico dos aquíferos superficiais; estimativa das reservas renováveis, permanentes e totais do SAPP; estimativa das disponibilidades, estimativa da recarga e caracterização hidrodinâmica.

As informações hidrogeológicas utilizadas para o desenvolvimento das atividades acima referidas foram obtidas de:

- Dados cadastrais de poços do SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil;
- Dados cadastrais de poços da AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba;
- Dados cadastrais de poços da CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba;
- Dados de poços, sondagens elétricas verticais e testes de bombeamento publicados por Costa et al. (2007);

Também foram consultados relatórios técnicos, teses, dissertações e artigos em periódicos, listados nas referências deste estudo, além do Mapa hidrogeológico do Estado da Paraíba (CPRM, 2019), cartografado na escala 1:500.000.

Na área de estudo afloram dois grandes domínios hidrogeológicos: o domínio Fissural e o domínio Poroso.

O domínio Fissural é formado pelas rochas ígneas e metamórficas fraturadas, componentes do embasamento cristalino, sobre o qual foram depositadas as sequências sedimentares meso-cenozoicas do Estado da Paraíba. Esse domínio define os limites ocidentais da área de ocorrência dessas sequências sedimentares e sua caracterização hidrogeológica não é objeto deste estudo.

O domínio poroso é constituído pelas unidades hidroestratigráficas meso-cenozoicas que afloram na porção extremo oriental do Estado da Paraíba e se estendem por quilômetros sob as águas do Oceano Atlântico. Esse domínio, em sua porção aflorante, é composto por um conjunto de aquíferos, aquitardos e aquicludes, reunidos no Sistema Aquífero Paraíba – SAPP, objeto principal deste estudo hidrogeológico.

3.7.1 *Sistema Aquífero Paraíba - SAPP*

Os aquíferos sedimentares da porção oriental do Estado da Paraíba estão reunidos no Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco (SAPP). O SAPP é composto por uma ou mais unidades hidroestratigráficas ou formações, total ou parcialmente saturadas e capazes de armazenar, transmitir e fornecer quantidades significativas de água. Como as formações geológicas não são homogêneas e entremeiam porções mais e menos permeáveis, ou ainda impermeáveis, num conceito mais amplo, os sistemas aquíferos podem incluir aquitardos e aquicludes em escala local ou regional.

O SAPP comporta várias unidades hidroestratigráficas de porosidade granular, aqui definidas em termos de suas características litológicas e subdivisões litoestratigráficas reconhecidas. Sua área de ocorrência estende-se por 4.356 km², que representa 84% da área estudada (5.208 km²), e a área restante é ocupada por rochas do Aquífero Cristalino (852 km²). A espessura máxima total constatada em perfurações para captação de água subterrânea no SAPP foi de 364 m na área de João Pessoa, no poço de código 2600008446/SIAGAS, tendo avançado até 373 m em rochas do embasamento cristalino. Várias outras perfurações alcançaram profundidades da ordem de 300 m ou mais sem, contudo, tocar o embasamento pré-cambriano.

Os reservatórios subterrâneos componentes do SAPP integram as unidades hidroestratigráficas Beberibe, Gramame, Barreiras e Coberturas Sedimentares, identificadas pelos mesmos nomes atribuídos às unidades litoestratigráficas que os encerram (Quadro 3.51 e Figura 3.141). As Coberturas Sedimentares reúnem os

depósitos aluvionares, sedimentos de praias, dunas e coberturas colúvio-eluviais e têm expressão hidrogeológica secundária e acessória, assim como os calcários da formação Gramame, considerados como um aquitardo por diversos autores (p. ex., Costa et al., 2007). As demais unidades hidroestratigráficas constituem aquíferos importantes no contexto hidrogeológico da região costeira, principalmente a Beberibe e a Barreiras (Costa et al., 2007).

Quadro 3.51 - Distribuição, características e natureza das unidades hidroestratigráficas presentes na área de estudo

Sistemas Aquíferos	Unidades hidroestratigráficas	Área (km²)	Características	Natureza
Paraíba	Coberturas sedimentares	1836	Dunas, aluviões, coberturas colúvio-eluviais e sedimentos de praia (1)	Aquífero livre (1)
	Barreiras	2386	Arenitos finos a grossos, com intercalações argilosas e níveis conglomeráticos, siltitos e argilitos (1)	Aquífero livre a semilivre (1)
	Gramame	23	Calcários argilosos, calcários arenosos, calcarenitos, com intercalações finas de argila e marga (1)	Aquitardo / Aquiclude
	Beberibe	111	Arenitos heterogêneos, com cimento carbonático, intercalações de folhelhos e siltitos calcíferos (1)	Aquífero livre a semiconfinado a confinado (1)
Cristalino	Cristalino	852	Granitoides, rochas metamórficas e terrenos gnáissico-migmatíticos (2)	Aquífero livre (1)
Total		5208		
(1): Costa et al. (2007); (2): Accioly, (2000).				

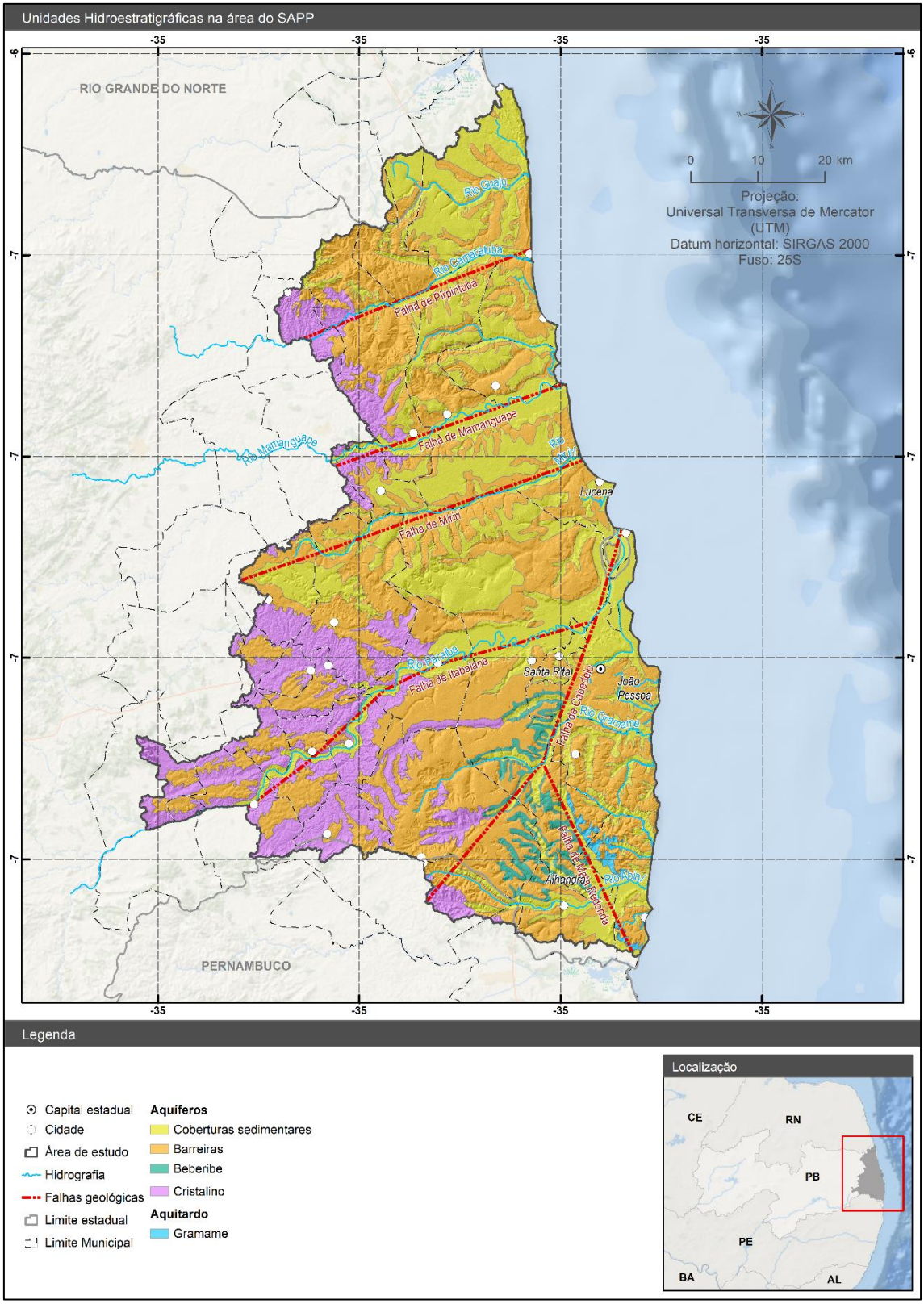


Figura 3.141 – Distribuição das unidades hidroestratigráficas aflorantes na área de estudo (CPRM, 2004).

O Aquífero Beberibe aflora descontinuamente nas porções mais dissecadas e deprimidas do relevo, a sul da Falha de Itabaiana, onde cobre área de apenas 111 km² da Bacia Paraíba e assenta-se sobre rochas pré-cambrianas do embasamento. Nas demais regiões da bacia encontra-se coberto pelos aquíferos Barreiras e Coberturas Sedimentares e, localmente, pelo Aquitardo Gramame. Essa unidade hidroestratigráfica compreende também as fácies litorânea-marinhas rasas que predominam na porção superior, atribuídas à Formação Itamaracá (Costa et al., 2007). Sua extensão em subsuperfície ainda não está claramente delimitada por conta da escassez e imprecisões de dados de poços. O Aquífero Beberibe, com base nos estudos existentes, é caracterizado como de extensão regional, natureza livre a semiconfinada/confinada, contínuo, heterogêneo, anisotrópico e de porosidade granular. Suas espessuras podem atingir entre 150 m e 250 m (Lima et al., 2004).

O Aquitardo Gramame aflora em extensão reduzida de cerca de 23 km², numa faixa descontínua orientada NW-SE, no extremo sul da Bacia Paraíba, onde encontra-se sobreposto ao Aquífero Beberibe. Sondagens elétricas indicaram que essa unidade hidroestratigráfica ocorre descontinuamente na bacia e de modo restrito no norte da área de estudo; sua espessura pode atingir até mais de 100 m e a média é de 50 m (Costa et al., 2007).

O Aquífero Barreiras aflora extensivamente por quase 2.400 km² da Bacia Paraíba, ora sobrepondo-se diretamente ao embasamento pré-cambriano, ora sobre o Aquitardo Gramame ou o Aquífero Beberibe, estando recoberto pelos sedimentos quaternários do Aquífero Coberturas Sedimentares em quase toda sua extensão. Em subsuperfície se estende por sob as Coberturas Sedimentares, ampliando sua área em mais de 1.800 km², que poderá ser melhor dimensionada com a ampliação do conhecimento hidrogeológico. Com base nos estudos publicados, é caracterizado como de extensão regional, natureza livre a semilivre, contínuo, heterogêneo, anisotrópico e de porosidade granular. O Aquífero Barreiras apresenta espessuras variando entre 30 m e 120 m e ocorre sob a forma de extensos tabuleiros ou de suaves ondulações ao longo de todo o litoral (Lima et al., 2004).

Os depósitos quaternários compreendem dunas, aluviões e coberturas colúvio-eluviais e se estendem por mais de 1.800 km² da Bacia Paraíba, predominantemente sobre a unidade Barreiras, e integram o Aquífero Coberturas Sedimentares. De natureza livre e porosidade granular, esses aquíferos superficiais possuem características litológicas

que favorecem a infiltração por precipitação atmosférica e a recarga vertical dos aquíferos inferiores, contribuindo ainda com o escoamento de base da rede fluvial das bacias hidrográficas. As espessuras desse aquífero são reduzidas – estimadas entre 5 m e 20 m, mas eventualmente maiores – e não favorecem um grande armazenamento de água subterrânea.

Os aquíferos da porção litorânea da Paraíba, reunidos no SAPP, têm sido subdivididos em dois subsistemas com base em sua natureza (p. ex., AESA, 2022; Costa et al., 2007), conforme demonstrado abaixo:

- O subsistema livre, composto predominantemente por sedimentos do Grupo Barreiras e, eventualmente, pelos sedimentos quaternários (de praia, dunas e aluviões) que se lhe sobrepõem e, mais restritamente, pelos calcários sotopostos da Formação Gramame, podendo englobar, ainda que localmente, os arenitos calcíferos da porção superior da Formação Beberibe, denominada de Formação Itamaracá;
- O subsistema confinado, composto pelos arenitos quartzosos e/ou calcíferos da Formação Beberibe/Itamaracá, cuja unidade confinante superior é constituída ora pelas margas da formação Gramame, ora pelos níveis argilosos inferiores do Grupo Barreiras, ora por lentes argilosas ou de folhelhos que ocorrem no topo da formação Beberibe (Formação Itamaracá); a unidade confinante inferior é formada pelo embasamento pré-cambriano.

Todavia, a dificuldade de separação e delimitação das unidades hidroestratigráficas, tanto em campo como em perfurações, aliada à insuficiência de dados hidrogeológicos consistentes, tem feito com que o conjunto de aquíferos, aquitardos e/ou aquicludes integrantes do pacote sedimentar da Bacia Paraíba seja tratado como um sistema hidrogeológico único (Costa et al., 2007), de modo a possibilitar uma avaliação exequível desse reservatório subterrâneo. O Anexo VIII traz um detalhamento sobre os dados encontrados a respeito do que se tem conhecimento sobre a camada confinante e os limites que já foram definidos para esta camada ao longo da história recente sobre o que se conhece dos aquíferos do SAPP.

Costa et al. (2007) alertam que existem fortes indícios de que boa parte da área mapeada como Barreiras corresponda, de fato, à Formação Beberibe. No entanto,

salienta que são necessário estudos sedimentares e estratigráficos detalhados associados ao mapeamento geológico para entendimento dessa questão.

3.7.2 *Arcabouço de subsuperfície do - SAPP*

O arranjo e distribuição dos reservatórios, conexões hidráulicas, espessuras, heterogeneidades e tipo de substrato (base do sistema) ou de cobertura (topo do sistema) são características que compõem o arcabouço dos aquíferos e determinam sua natureza. A distribuição das espessuras e a definição do contorno estrutural do embasamento são elementos indispensáveis para a configuração do arcabouço de subsuperfície dos aquíferos e cálculo das reservas hídricas subterrâneas.

São diversas as fontes de informação geológica que podem ser utilizadas, desde que disponíveis, para a configuração do arcabouço de subsuperfície, dentre as quais, podem ser destacados os cadastros de poços, perfilagens e sondagens geofísicas de superfície.

Uma das fontes de informação mais importantes nos estudos de subsuperfície são os dados cadastrais de poço profundos. O cadastro que apresenta informações técnicas sobre poços perfurados para captação de águas subterrâneas é o do SIAGAS - Sistema de Informação de Águas Subterrâneas do Serviço Geológico do Brasil. O cadastro SIAGAS da área de estudo reúne 1.712 dados de poços. Apresenta várias inconsistências como campos sem preenchimento, erros de coordenadas de localização, discriminações conflitantes dos sistemas aquíferos, dentre outras. Descrições de amostras litológicas foram registradas em apenas 129 poços (7,5% do total), sendo imprecisas e pouco detalhadas, dificultando a delimitação de topo e base das camadas aquíferas. O topo do embasamento do SAPP foi constatado em apenas 9 poços (0,5% do total). Essa análise revela a falta de consistência dos dados e a carência de informações de qualidade desse cadastro.

Uma das mais importantes fontes de informações de subsuperfície são as perfilagens geofísicas. Estas apresentam resolução para distinguir e caracterizar aquíferos com espessuras de menos de um metro, o que as tornam essenciais nos estudos de subsuperfície, porém, não estão acessíveis ou inexistem na área de estudo. Os perfis geofísicos registram as propriedades elétricas, eletromagnéticas, radioativas e acústicas das rochas, as quais são utilizadas para cálculo da porosidade,

permeabilidade, salinidade das águas intersticiais, conteúdo de argila, etc. (Paula e Silva, 2003).

Sondagens Elétricas Verticais (SEVs), a despeito da baixa resolução vertical, também podem ser úteis na configuração do arcabouço de subsuperfície do sistema aquífero. Costa et al. (2007) realizaram 27 SEVs na Bacia Paraíba, 21 das quais constataram o substrato do SAPP.

Embora o número de registros do contato sedimento/embasamento obtido em sondagens elétricas verticais e em poços profundos (Quadro 3.52) seja insuficiente para configurar adequadamente o comportamento estrutural do substrato do SAPP, são os únicos dados disponíveis atualmente, de modo que foram utilizados para traçar o contorno estrutural do topo do embasamento da Bacia Paraíba.

Quadro 3.52 - Profundidades do embasamento cristalino obtidas em SEVs e poços (SIAGAS

Dados	UTM E (m)	UTM S (m)	Cota (m)	Prof. (m)	Cota Emb. (m)
SEV1	283804,00	9256051,00	34,00	465,00	-431,00
SEV2	275774,00	9250463,00	96,00	330,00	-234,00
SEV3	263340,00	9238248,00	92,00	140,00	-48,00
SEV4	265610,00	9238984,00	89,00	165,00	-76,00
SEV5	260522,00	9236655,00	103,00	52,00	51,00
SEV6	269984,00	9228977,00	152,00	380,00	-228,00
SEV7	266966,00	9234488,00	90,00	145,00	-55,00
SEV8	266871,00	9276944,00	97,00	340,00	-243,00
SEV9	280384,00	9268464,00	54,00	525,00	-471,00
SEV10	276352,00	9272827,00	10,00	420,00	-410,00
SEV11	266007,00	9258861,00	169,00	475,00	-306,00
SEV12	264859,00	9267683,00	138,00	360,00	-222,00
SEV13	276431,00	9243545,00	42,00	260,00	-218,00
SEV14	288498,00	9234885,00	80,00	440,00	-360,00
SEV15	279395,00	9231798,00	105,00	365,00	-260,00
SEV16	278347,00	9237374,00	63,00	265,00	-202,00
SEV17	284881,00	9244182,00	34,00	380,00	-346,00
SEV18	282662,00	9238150,00	51,00	250,00	-199,00
SEV19	279992,00	9217397,00	68,00	325,00	-257,00
SEV20	278945,00	9209513,00	81,00	270,00	-189,00
SEV24	299598,00	9189047,00	80,00	315,00	-235,00
2600009018	266702,29	9181508,48	171,00	148,00	23,00
2600008761	281327,29	9211011,50	67,00	213,00	-146,00
2600008767	281417,33	9211503,57	57,00	269,00	-212,00
2600008452	289093,08	9203332,36	41,00	283,00	-242,00
2600008470	288916,32	9208954,22	27,00	291,00	-264,00
2600008468	289789,36	9205608,94	34,00	292,00	-258,00
2600008446	294432,40	9210851,06	27,00	364,00	-337,00
2600008436	287262,00	9168946,00	47,00	219,00	-172,00
2600009018	266702,29	9181508,48	171,0	148,00	23,00

O processo de modelagem do contorno estrutural do embasamento do SAPP também levou em consideração as cotas do embasamento aflorante na área de estudo e utilizou ferramentas de geoprocessamento para interpolação dos dados. O mapa de contorno

estrutural resultante é mostrado na Figura 3.142. Essa superfície representa um modelo simplificado da configuração do embasamento do SAPP esboçada a partir de escassos dados existentes e não reproduz as particularidades estruturais da bacia.

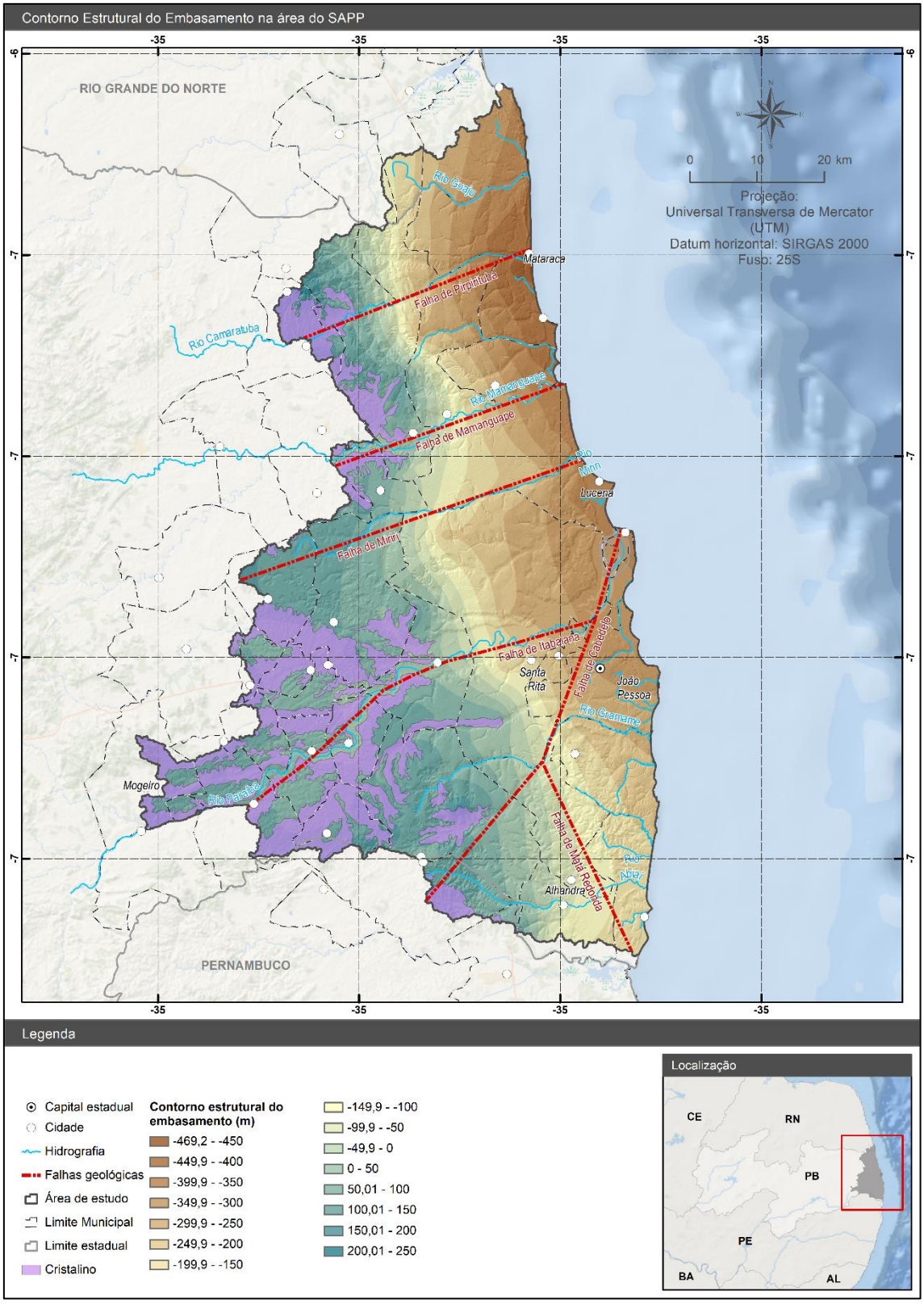


Figura 3.142- Mapa de contorno estrutural do embasamento da Bacia Paraíba (Profill, 2023). Dados extraídos de Costa et al. (2007) e SIAGAS.

Em comparação com o modelo simplificado do contorno estrutural do embasamento, proposto por Barbosa et al., (2007) e mostrado na Figura 3.6 (Cap 3.1 GEOLOGIA), podem ser observadas diferenças nas cotas de contato sedimento/embasamento por conta dos métodos e dados utilizados. Enquanto o mapa de contorno estrutural de Barbosa et al. (2007) mostra variações entre -330 m e 150 m, o mapa de contorno aqui apresentado mostra variações entre -450 m e 250 m. Este último é o que será utilizado neste estudo.

3.7.3 *Espessuras totais do - SAPP*

As espessuras totais do SAPP compreendem todos os depósitos sedimentares ocorrentes na Bacia Paraíba, na área de estudo, saturados ou não. Essas espessuras foram estimadas por geoprocessamento a partir da subtração de grids entre o Modelo Digital de Terreno (MDT) e o mapa de contorno estrutural do embasamento (Figura 3.142). O mapa das espessuras totais do SAPP é mostrado na Figura 3.143.

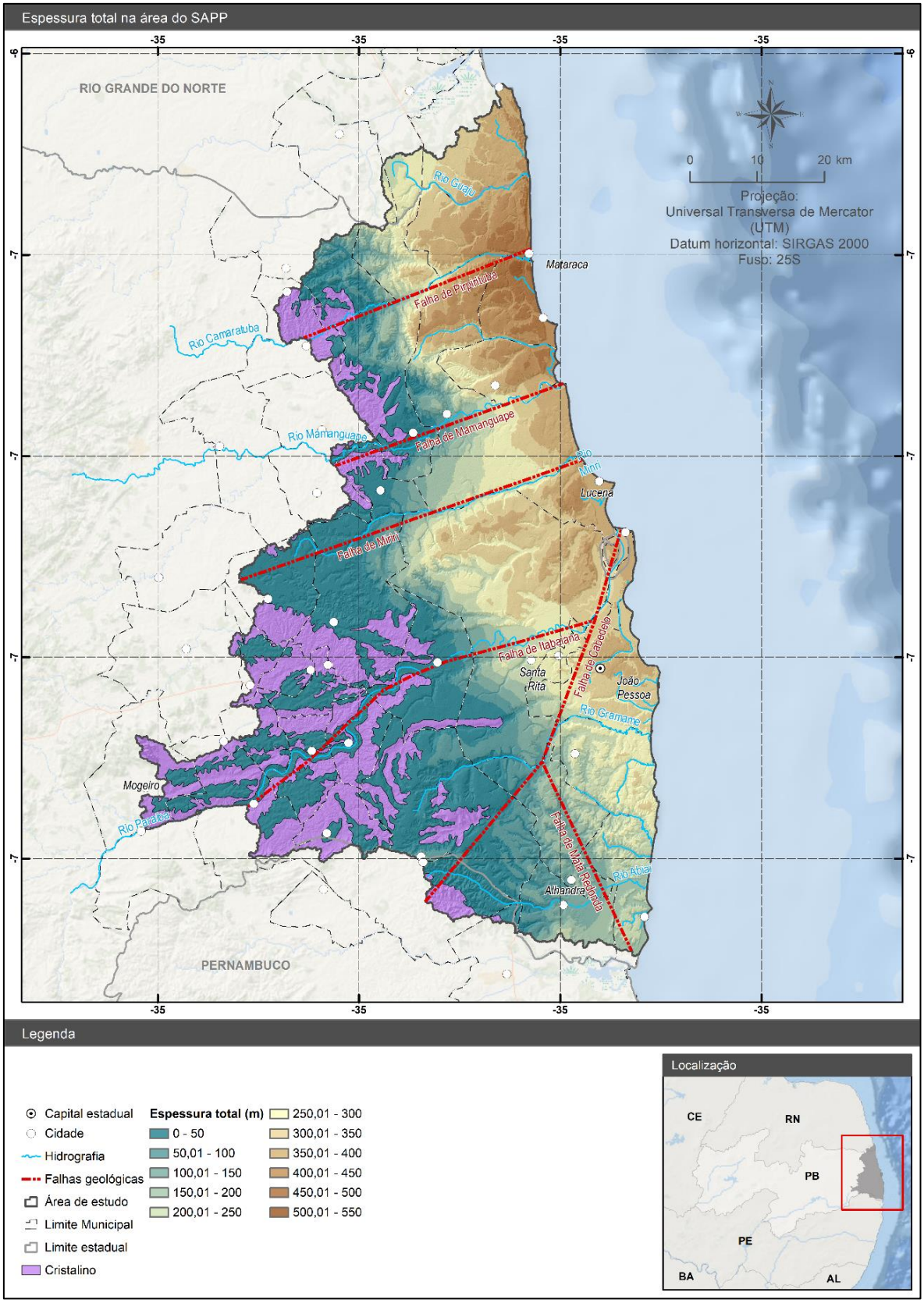


Figura 3.143- Mapa de espessuras totais dos aquíferos da Bacia Paraíba (Profill, 2023).

As espessuras totais do SAPP mostram tendência de aumento no sentido do litoral, onde podem superar os 500 m. Dois depocentros principais se destacam (Figura 3.143): um a norte da Falha de Mamanguape, concentrando as maiores espessuras sedimentares da área, com máxima de 534 m e média de 285 m; e o outro entre as Falhas de Miriri e Itabaiana, com espessura máxima de 454 m e média de 212 m. Entre a Falha de Miriri e a de Mamanguape o substrato está um pouco mais elevado; a espessura máxima nessa área alcança 402 m e a média 174 m. Finalmente, a sul da Falha de Itabaiana a espessura máxima atinge 386 m e a média 135 m, caracterizando, também, um substrato relativamente mais elevado (Figura 3.143).

3.7.4 *Potenciometria*

Fetter (2001) define o termo potenciometria como a representação gráfica bidimensional da distribuição no terreno das cargas hidráulicas de aquíferos confinados e não confinados. No caso dos não confinados, as cargas hidráulicas representam a superfície freática dos aquíferos. A carga hidráulica representa a altura da água num ponto qualquer do terreno em relação ao um determinado *datum* de referência – normalmente o nível do mar.

Os registros de nível de água em poços são influenciados por vários fatores. Todd (1959) cita variações no armazenamento do aquífero em função da retirada de água; efeito da interferência do bombeamento entre poços; evapotranspiração em aquíferos rasos; variações na recarga dependentes das precipitações pluviométricas, sazonalidade, variações de pressão atmosférica, etc. Fetter (2001) também cita as variações de nível de água dependentes das condições de fluxo local, intermediário e regional.

Carnier Neto (2006) registrou ciclos sazonais de recarga por chuvas e descarga por fluxo natural (Figura 3.144 A); e variações devido ao efeito de maré terrestre em dois ciclos diários (Figura 3.144 B), com variações de amplitude maiores durante os períodos de lua cheia e lua nova, e menores nas fases lunares de crescente e minguante, em monitoramento contínuo da superfície livre do Aquífero Rio Claro (Cenozoico, Bacia do Paraná). Esse monitoramento mostrou que a recarga cresceu no período de 2002 a 2004 e decresceu em 2005.

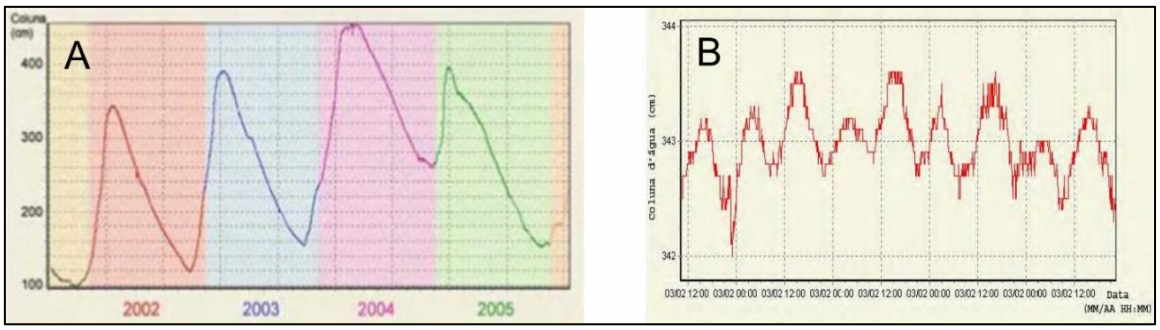


Figura 3.144 - Monitoramento de níveis de água de um aquífero livre. (A) Ciclos sazonais de recarga por chuvas e descarga natural; (B) Variações por efeito de marés terrestres.

A despeito de localmente existirem condições de confinamento, geralmente nas regiões mais profundas dos aquíferos, em praticamente todas as camadas superiores dos terrenos geológicos ocorrem aquíferos de natureza livre, cujo fluxo subterrâneo sustenta o escoamento dos cursos de água superficiais nos períodos de estiagem (fluxo de base).

Muitos estudos mostram que a superfície livre dos aquíferos superficiais normalmente apresenta a mesma conformação da superfície topográfica (Fetter, 2001), notadamente em regiões úmidas. Segundo o referido autor, áreas topográficas elevadas tem maior potencial de energia do que áreas topográficas mais baixas. Assim, a configuração do fluxo subterrâneo raso deve mostrar tendência de escoamento no sentido das drenagens e das porções mais elevadas para as menos elevadas do terreno.

Custodio e Llamas (1996) enfatizam que, devido às variações temporais de nível dos aquíferos, a superfície potenciométrica sempre deve referir-se a um período de tempo não muito longo. Em outras palavras, os valores de nível de água medidos para definição dessa superfície devem ser feitos dentro de um intervalo de tempo suficientemente pequeno, de modo a não incorporar variações importantes. Depreende-se, portanto, que o traçado da superfície potenciométrica com dados de níveis de água de diferentes períodos pode conter graves incorreções.

Para determinação da potenciometria da área de estudo foram utilizados 80 registros de nível estático de poços apresentados por Costa et al. (2007). Esses dados foram obtidos num mesmo período, todavia, em poços com diferentes profundidades e em diferentes condições – livres a semiconfinadas/confinadas (Quadro 3.53).

Quadro 3.53 - Dados de nível estático (NE) de poços levantados por Costa et al. (2007).

Numero	Localidade	Município	utm-E	utm-N	Cota	NE (m)	Cota NE (m)
39,00	Sede	Alhandra	288939,00	9177184,00	23,00	4,20	18,80
41,00	Sede	Alhandra	289264,00	9177853,00	19,00	2,00	17,00
58,00	Tapuio	Alhandra	290009,00	9177973,00	66,00	58,00	8,00
89,00	Alto da Boa Vista	Bayeux	285615,00	9210707,00	55,00	79,15	-24,15
101,00	Sede Municipal	Bayeux	287824,00	9212216,00	10,00	13,50	-3,50
136,00	Termas	Bayeux	287975,00	9208471,00	51,00	87,19	-36,19
183,00	Av.Cleto Campello, 1.002 - Camalaú	Cabedelo	297582,00	9229018,00	2,00	1,27	0,73
184,00	Praia de Camboínha (R. João Vitaliano)	Cabedelo	298027,00	9225179,00	2,00	1,80	0,20
188,00	Conj. Residencial Príncipes de Micenas	Cabedelo	296022,00	9220606,00	4,00	13,20	-9,20
191,00	Granja Azul	Cabedelo	295589,00	9219854,00	7,00	5,50	1,50
208,00	Praia do Poço	Cabedelo	286368,00	9223566,00	2,00	5,27	-3,27
256,00	Conjunto dos Motoristas	Conde	299469,00	9192698,00	59,00	7,00	52,00
275,00	Grupo Escolar de Guruji	Conde	296033,00	9196328,00	74,00	59,00	15,00
344,00	Centro Cidade	Cruz do Espírito Santo	269206,00	9210248,00	25,00	4,00	21,00
354,00	Engenho São Paulo	Cruz do Espírito Santo	268546,00	9213748,00	28,00	2,00	26,00
356,00	Engenho São Paulo	Cruz do Espírito Santo	268362,00	9213747,00	24,00	1,10	22,90
398,00	Mercado Público	Cruz do Espírito Santo	268900,00	9210062,00	18,00	4,15	13,85
403,00	Santana	Cruz do Espírito Santo	264199,00	9204479,00	97,00	12,00	85,00
436,00	Sede do Município	Cruz do Espírito Santo	268808,00	9210123,00	17,00	3,50	13,50
547,00	Condomínio Residencial Coliseum	João Pessoa	296721,00	9214667,00	11,00	14,20	-3,20
549,00	Condomínio Residencial Gênova	João Pessoa	297029,00	9214305,00	9,00	17,63	-8,63
550,00	Condomínio Residencial Hannover	João Pessoa	297009,00	9214751,00	7,00	17,40	-10,40
551,00	Condomínio Residencial Imperial Palace	João Pessoa	297226,00	9214896,00	5,00	13,70	-8,70
552,00	Condomínio Residencial Maranata	João Pessoa	296847,00	9216022,00	5,00	10,70	-5,70
553,00	Condomínio Resid . Príncipe de Castela	João Pessoa	297953,00	9213513,00	2,00	19,50	-17,50

Numero	Localidade	Município	utm-E	utm-N	Cota	NE (m)	Cota NE (m)
554,00	Condomínio Residencial Panorâmico	João Pessoa	297697,00	9212133,00	5,00	23,70	-18,70
555,00	Condomínio Residencial Portoviejo	João Pessoa	297443,00	9213610,00	5,00	17,00	-12,00
557,00	Condomínio Residencial Valparaíso	João Pessoa	296023,00	9216547,00	6,00	27,50	-21,50
559,00	Conjunto dos Bancários	João Pessoa	297236,00	9209406,00	40,00	49,97	-9,97
564,00	Conjunto José Américo	João Pessoa	294689,00	9207654,00	46,00	49,68	-3,68
716,00	Instituto dos Cegos	João Pessoa	294484,00	9212999,00	45,00	25,38	19,62
723,00	Mangabeira I	João Pessoa	296687,00	9206832,00	41,00	46,80	-5,80
724,00	Mangabeira II	João Pessoa	296477,00	9205753,00	42,00	45,35	-3,35
729,00	Mangabeira VII	João Pessoa	297699,00	9207091,00	36,00	50,44	-14,44
731,00	Marés	João Pessoa	289229,00	9208750,00	21,00	47,20	-26,20
732,00	Marmitaria Dona Rosana	João Pessoa	295317,00	9208725,00	41,00	23,90	17,10
754,00	Pavilhão do Chá	João Pessoa	291749,00	9212333,00	50,00	53,75	-3,75
789,00	Tambaú (Av.Rui Carneiro1	João Pessoa	297232,00	9214908,00	31,00	49,84	-18,84
792,00	Terminal Rodoviário	João Pessoa	291078,00	9212739,00	8,00	1,39	6,61
796,00	Torre	João Pessoa	294363,00	9212476,00	45,00	58,40	-13,40
802,00	Valentina I	João Pessoa	296790,00	9204221,00	32,00	37,70	-5,70
804,00	Valentina II	João Pessoa	296393,00	9203728,00	36,00	45,80	-9,80
807,00	Assentamento Oiteiro de Miranda	Lucena	289387,00	9235514,00	85,00	42,50	42,50
808,00	Baleia Magik Park	Lucena	294726,00	9229160,00	4,00	0,20	3,80
815,00	Costinha	Lucena	295001,00	9229518,00	5,00	1,80	3,20
818,00	Estivas do Geraldo	Lucena	280375,00	9235585,00	22,00	6,65	15,35
823,00	Guia	Lucena	292356,00	9230746,00	12,00	1,50	10,50
831,00	Marcos João	Lucena	291299,00	9234938,00	8,00	1,70	6,30
840,00	Sede CAGEPA R. João de S. Sobrinho	Lucena	293036,00	9237357,00	5,00	1,80	3,20
844,00	Sede CAGEPA R. Mário Falcão, 500	Lucena	293129,00	9237142,00	6,00	7,50	-1,50
848,00	St. Vieira	Lucena	291832,00	9233748,00	20,00	1,55	18,45
858,00	Cajazeiras	Mamanguape	263030,00	9273644,00	58,00	32,00	26,00
892,00	Fazenda Pindobal II	Mamanguape	267717,00	9241246,00	29,00	1,00	28,00
857,00	Brejinho	Mamanguape	256078,00	9260784,00	64,00	0,30	63,70
891,00	Fazenda Pindobal (Tabuleiro)	Mamanguape	268092,00	9241192,00	57,00	8,40	48,60
918,00	Brejinho	Marcação	284637,00	9256742,00	18,00	8,00	10,00
922,00	Caieira	Marcação	283964,00	9256094,00	34,00	24,00	10,00
924,00	Conjunto Mari	Marcação	277223,00	9251949,00	96,00	40,50	55,50
928,00	Grapiúna de Cima	Marcação	271242,00	9257240,00	49,00	6,00	43,00

Numero	Localidade	Município	utm-E	utm-N	Cota	NE (m)	Cota NE (m)
1010,00	Nova Aurora	Pedras de Fogo	264511,00	9182029,00	161,00	12,00	149,00
1025,00	Santa Terezinha	Pedras de Fogo	261826,00	9196893,00	85,00	50,00	35,00
1041,00	Loteamento Marisco	Pitimbu	299871,00	9170868,00	3,00	15,00	-12,00
1051,00	Sítio Navalho	Pitimbu	297799,00	9168349,00	13,00	18,00	-5,00
1058,00	Barra de Mamanguape	Rio Tinto	287608,00	9249674,00	3,00	2,00	1,00
1063,00	Cajarana	Rio Tinto	269163,00	9263579,00	113,00	60,00	53,00
1071,00	Fazenda do Dr. Júlio	Rio Tinto	271374,00	9245668,00	3,00	1,00	2,00
1081,00	Jaraguá - Poço IV	Rio Tinto	272473,00	9247922,00	11,00	7,00	4,00
1096,00	Postinha Rio tinto	Rio Tinto	269077,00	9246451,00	9,00	6,00	3,00
1101,00	Praia de Campina	Rio Tinto	288443,00	9246452,00	2,00	8,00	-6,00
1131,00	Sítio Boa Vista	Rio Tinto	271119,00	9242920,00	33,00	10,50	22,50
1139,00	Taberaba	Rio Tinto	273699,00	9244200,00	11,00	0,80	10,20
1177,00	BR-230, Km 43,6 (DNIT)	Santa Rita	278300,00	9208814,00	76,00	41,00	35,00
1292,00	Tibiri II-Rua Campina Grande	Santa Rita	282564,00	9211370,00	66,00	74,00	-8,00
1300,00	Tibiri I	Santa Rita	281266,00	9210578,00	71,00	12,00	59,00
1336,00	Cobe	Sapé	264052,00	9209763,00	22,00	6,40	15,60
1352,00	IntraFruit Sapé	Sapé	252782,00	9215881,00	123,00	10,00	113,00
1379,00	Santa Helena I	Sapé	260530,00	9212617,00	101,00	9,15	91,85
1345,00	Fazenda Santa Luzia	Sapé	253302,00	9212457,00	83,00	0,80	82,20
1380,00	Santa Helena	Sapé	264309,00	9217899,00	100,00	19,00	81,00
1381,00	Santa Helena II	Sapé	262623,00	9214222,00	53,00	2,00	51,00

Uma vez que a superfície potenciométrica dos aquíferos superficiais é controlada pela altitude do terreno, os dados de altitude *versus* cota do nível de água devem mostrar uma correlação aproximadamente linear. A superfície potenciométrica de aquíferos confinados, ao contrário, não apresenta correlação entre esses dois parâmetros.

O gráfico da Figura 3.145 mostra a correlação entre a altitude do terreno e a cota do NE para o conjunto de poços levantados por Costa et al. (2007). Os dados mostram uma tendência geral positiva e grande dispersão dos pontos, indicando que as cargas hidráulicas (cota do NE) listadas na Figura 3.145 são de natureza diversa.

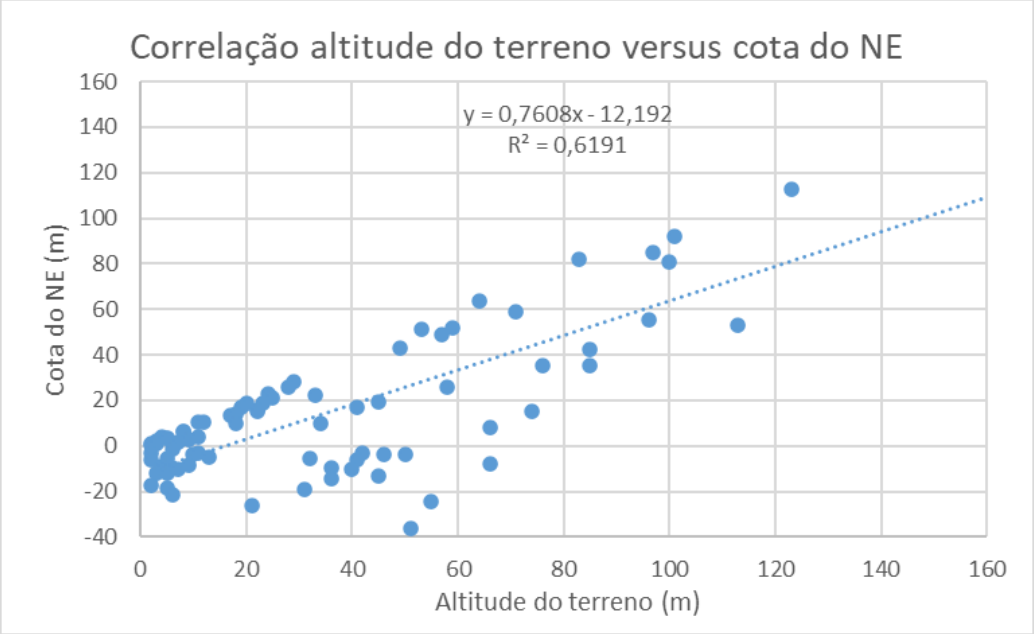


Figura 3.145 - Correlação entre a altitude do terreno e cota do NE (Dados de Costa et al., 2007).

O gráfico da Figura 3.146 apresenta uma correlação entre a altitude do terreno e cota do NE para dois conjuntos de dados: um conjunto representado por níveis estáticos menores ou iguais a 15 m (níveis rasos) e um conjunto representado por níveis estáticos maiores do que 15 m.

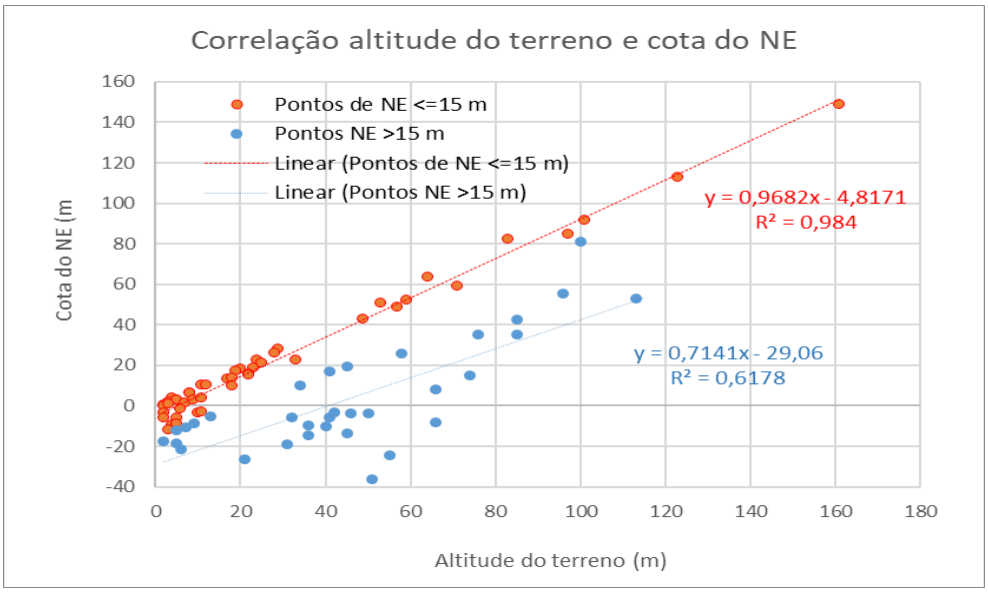


Figura 3.146 - Correlação altitude do terreno *versus* cota do NE com filtro para pontos com NE≤ a 15 m e NE > 15 m.

O primeiro conjunto de pontos mostra uma correlação aproximadamente linear, com um ajuste de 98% e forte controle topográfico, indicando que esses níveis estáticos correspondem a aquíferos livres, correspondentes às unidades hidroestratigráficas Barreiras e Coberturas Sedimentares.

O segundo conjunto mostra uma grande dispersão de pontos e ajuste grosseiramente linear de apenas 62%, com fraca correlação positiva, sugerindo um tênue controle topográfico. A análise desse conjunto sugere que esses níveis não correspondem a aquíferos livres.

O mesmo tipo de análise foi feito para o conjunto de poços com profundidade de até 50 m, incorporados ao cadastro do SIAGAS. A análise apresentou correlação positiva entre altitude e cota do NE, com ajuste linear de 98,9%, indicam tratar-se de aquíferos livres (Figura 3.147).

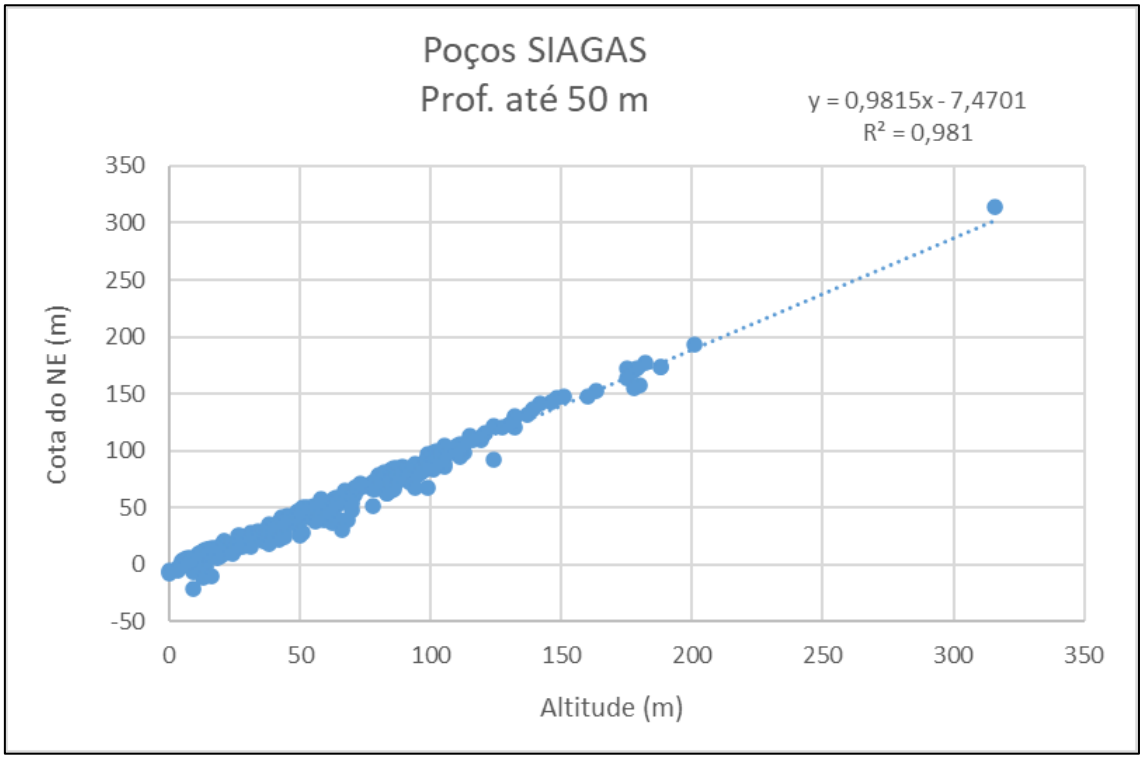


Figura 3.147 - Correlação entre a altitude do terreno e cota do NE para 256 poços com profundidades de até 50 m (cadastro SIAGAS)

Para o conjunto de poços com mais de 100 m de profundidade, a correlação entre a altitude do terreno e a cota do NE apresenta grande dispersão de pontos e correlação inferior a 50%, indicando não se tratar de aquíferos livres (Figura 3.148).

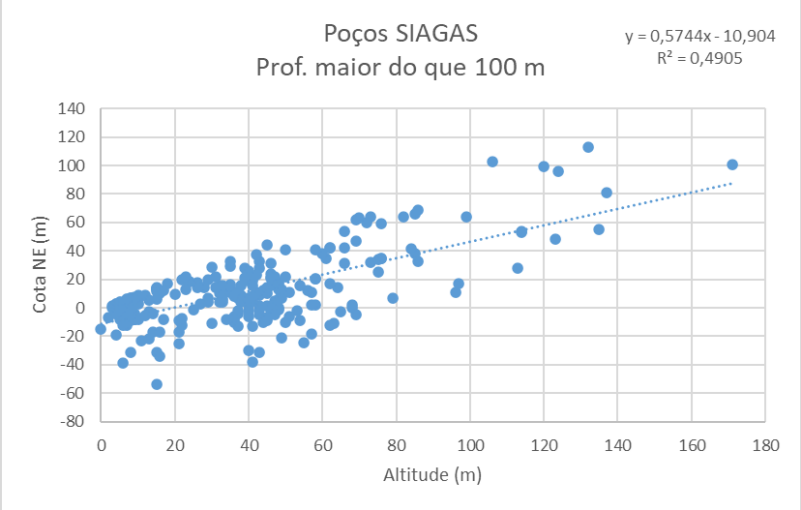


Figura 3.148 - Correlação entre a altitude do terreno e cota do NE para 399 poços com profundidades maiores do que 100 m (cadastro SIAGAS)

Essa análise constitui um método prático que ajuda a identificar a natureza dos aquíferos e selecionar os dados que irão auxiliar na confecção dos mapas potenciométricos. Os resultados das correlações altitude *versus* cota do NE identificaram dois grupos distintos de carga hidráulica: um grupo com forte controle topográfico do escoamento subterrâneo representado pelos aquíferos livres; e um grupo com tênue controle topográfico e grande dispersão de dados, sugestivo de sistemas semiconfinados a confinados.

A potenciometria dos aquíferos rasos foi configurada com aplicação da equação de correlação do primeiro conjunto de dados plotados no gráfico da Figura 3.146 (y= 0,9682x - 4,8171) sobre os dados altimétricos do MDT da área estudada, dando origem ao arquivo *raster* representativo da distribuição das cargas hidráulicas do aquífero livre no terreno (Figura 3.149).

As equipotenciais foram representadas por isolinhas equidistantes 50 m, extraídas do raster de cargas hidráulicas com emprego de ferramentas de geoprocessamento. O mapa potenciométrico resultante mostra que o fluxo subterrâneo se dirige dos pontos mais elevados para os pontos mais deprimidos do terreno, coincidentes com os talvegues dos cursos de água superficiais.

A grande dispersão de pontos e correlação inferior a 50%, do conjunto de poços com mais de 100 m de profundidade (Figura 3.148) sugere a existência de aquíferos confinados a semiconfinados. Com base nessas informações e nas características litológicas descritas em poços do cadastro SIAGAS, esses dados sugerem uma

interpretação alternativa que poderia tratar o sistema como multicamadas. Os sistemas multicamadas caracterizam-se pelas cargas hidráulicas diferenciais existentes em cada uma das várias camadas aquíferas componentes do sistema. Um poço não pode ser considerado um piezômetro genuíno devido à sua abertura ao longo de todo o comprimento, em vez de estar restrito a um único ponto. Isso impede a determinação de uma potenciometria singular para o sistema hidroestratigráfico, tornando o nível de água registrado no poço uma manifestação da interação entre os níveis de água de todos os aquíferos atravessados por ele.A interpolação dos níveis estáticos do aquífero multicamada, sem o conhecimento das camadas atravessadas pelo poço, não tem nenhum significado hidrogeológico. Não obstante, pode auxiliar na indicação de áreas onde esse reservatório se encontra mais depletado por conta da extração intensiva de água subterrânea e da interferência entre poços em operação.

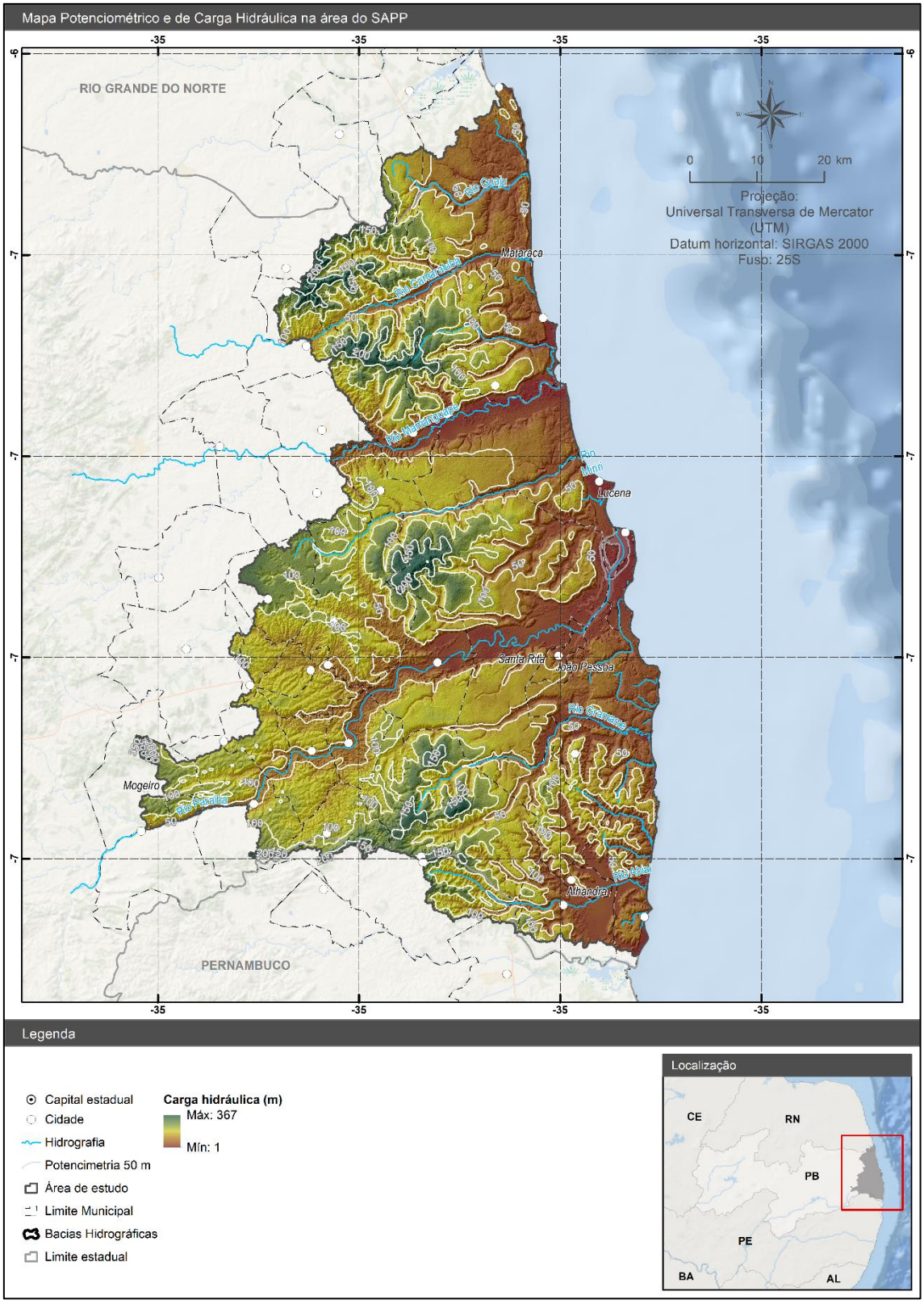


Figura 3.149 - Mapa potenciométrico dos aquíferos rasos da Bacia Paraíba (Profill, 2023).

3.7.5 *Espessura saturada do SAPP*

A espessura saturada do Sistema Aquífero Paraíba (SAPP) foi calculada por geoprocessamento. O método utilizado foi o da subtração de grids entre os mapas potenciométrico (Figura 3.149) e de contorno estrutural do embasamento (Figura 3.142), resultando no mapa de espessura saturada (Figura 3.150). Esse mapa mostra um incremento acentuado das espessuras saturadas em direção à costa, a partir dos limites próximos ao embasamento aflorante, e reflete um controle estrutural na sua distribuição, segundo falhamentos sugeridos por Costa et al. (2007).

Dois depocentros principais se destacam no mapa: um a norte da Falha de Mamanguape, concentrando as maiores espessuras saturadas, com máxima de 525 m e média de 278 m; e o outro entre as Falhas de Itabaiana e Miriri, com espessura máxima de 438 m e média de 206 m. Entre a Falha de Miriri e a de Mamanguape, a espessura máxima alcança 397 m e a média 170 m, indicando que o substrato cristalino nessa área encontra-se mais elevado. Igualmente, a sul da Falha de Itabaiana o substrato encontra-se relativamente mais elevado, e as espessuras saturadas máxima e média são, respectivamente, 370 m e 130 m.

O volume rochoso saturado calculado por geoprocessamento foi de 782 km³ e a espessura média saturada do SAPP foi calculada em 187 m.

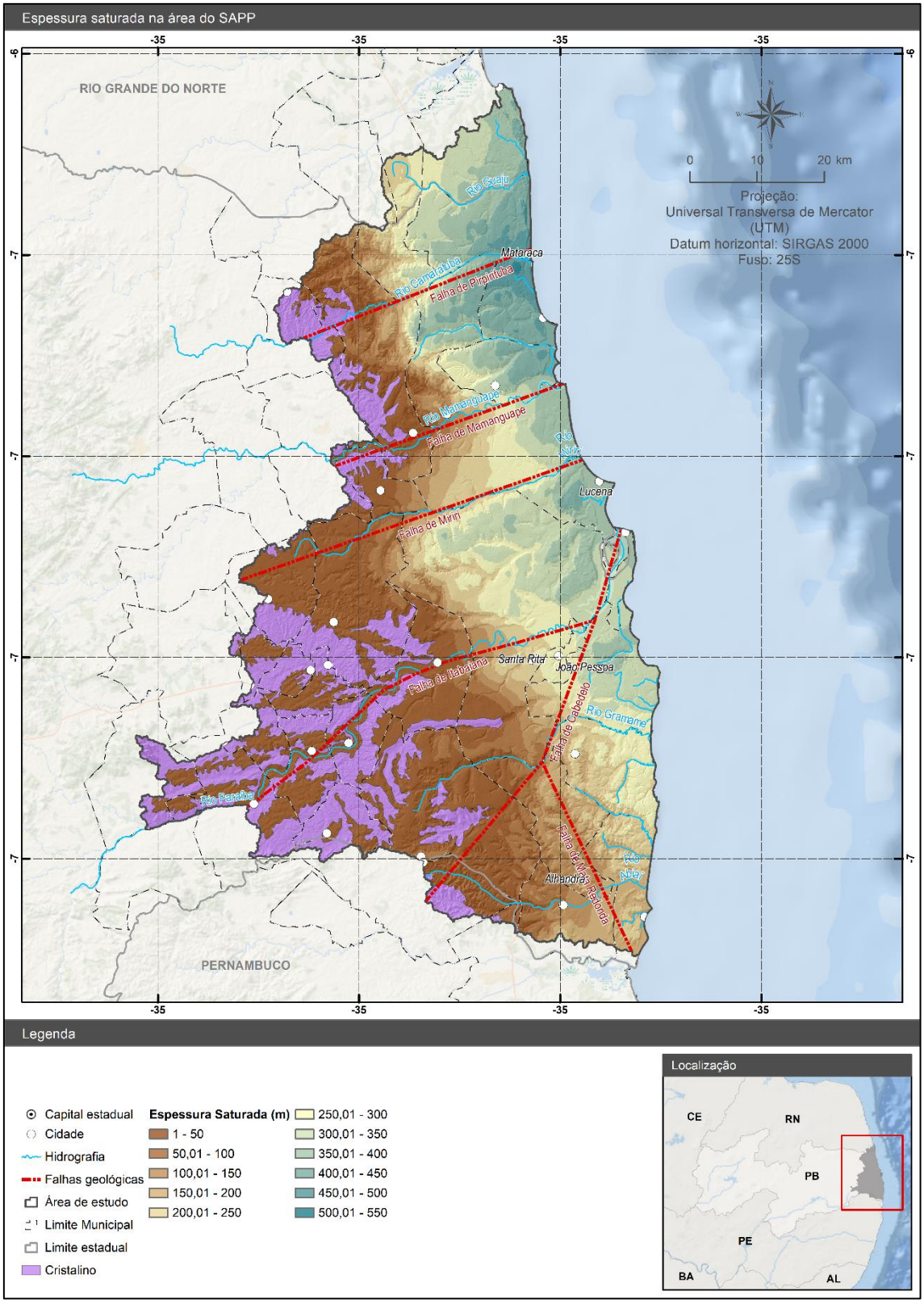


Figura 3.150- Espessuras saturadas do Sistema Aquífero Paraíba (Profill, 2023).

3.7.6 *Reservas hídricas subterrâneas do SAPP*

As reservas hídricas subterrâneas compreendem a totalidade da água móvel existente em um sistema aquífero, ou seja, é a quantidade de água presente somente nas camadas permeáveis dos aquíferos (Custódio & Llamas, 1996).

Segundo Mace et al. (2001), a quantidade de água contida nos aquíferos pode ser distinguida em armazenamento drenável e armazenamento compressível. O armazenamento drenável corresponde à quantidade de água que pode ser drenada do aquífero em função da porosidade efetiva da rocha; o armazenamento compressível corresponde à quantidade de água armazenada devido aos efeitos elásticos resultantes da compressão do arcabouço físico sobre os poros das rochas, e é função do coeficiente de armazenamento.

As reservas subterrâneas podem ser distinguidas em:

- Reservas reguladoras, renováveis ou ativas;
- Reservas permanentes ou seculares;
- Reservas totais;
- Reservas explotáveis.

As reservas reguladoras representam o volume de água subterrânea acumulado no aquífero em função, principalmente, da porosidade efetiva. Esse volume é renovado anualmente a cada ciclo hidrológico e, em condições naturais, varia em função da recarga direta provocada pelas precipitações atmosféricas, do escoamento natural (fluxo de base) e da parcela de infiltração profunda. As reservas renováveis são determinantes para a manutenção do fluxo de base e perenidade dos cursos de água superficiais (Custódio & Llamas, 1996).

As reservas permanentes correspondem ao volume de água acumulado no aquífero, não variável em decorrência da flutuação sazonal da superfície potenciométrica (Custódio & Llamas, 1996). Num aquífero não confinado, compreende o volume de água contido no armazenamento drenável permanente, abaixo do nível de oscilação sazonal. Fisicamente, as reservas permanentes drenáveis são definidas pela equação:

$$Rpd = A.E.\emptyset e = V.\emptyset e$$

Onde: Rpd= reserva permanente drenável; A= área do aquífero; E= espessura do aquífero; Øe= porosidade efetiva; e V= volume rochoso saturado.

Num aquífero confinado, as reservas permanentes referentes ao volume de água contido no armazenamento compressível são definidas fisicamente pela equação:

$$Rpc = A.Ec.S$$

Onde: Rpc= reserva permanente compressível; A= área do aquífero; Ec= comprimento do topo do aquífero ao nível estático; S= coeficiente de armazenamento.

As reservas hídricas subterrâneas totais compreendem a soma das reservas renováveis e permanentes dos aquíferos.

As reservas explotáveis representam uma parcela das reservas totais dos aquíferos e, em tese, constituem a quantidade máxima de água que poderia ser extraída dos aquíferos, sem riscos de prejuízos ao manancial (CPRM, 1997). Do ponto de vista prático, corresponde à disponibilidade hídrica, conforme definição de alguns autores.

Este capítulo apresenta o cálculo das reservas hídricas subterrâneas. Mesmo assim, os resultados apresentados aqui serão reavaliados no Produto 4.

3.7.6.1 Reservas hídricas subterrâneas do SAPP

O cálculo das reservas permanentes drenáveis do SAPP leva em consideração o volume rochoso saturado do sistema aquífero e sua porosidade efetiva. O volume rochoso saturado do SAPP foi calculado em 782 km³, conforme descrito no item 3.7.5.

A porosidade efetiva das rochas do SAPP ainda é desconhecida, conforme apontado em vários estudos publicados. Costa et al. (1998; 2007) admitiram uma porosidade efetiva de 10% para o sistema hidroestratigráfico Beberibe/Gramame/Barreiras, valor este que tem sido utilizado em vários estudos para o cálculo das reservas permanentes. Esse valor está abaixo dos percentuais estimados para arenitos com granulometria variando de fina a grossa (21% a 27%), conforme mostrados no Quadro 3.54, todavia, considerando as várias intercalações pelíticas que ocorrem em todo o SAPP, esse número é aceitável e, na falta de valores obtidos em campo, também será utilizado neste estudo.

Quadro 3.54- Valores de porosidade efetiva

Tipo de rocha	Porosidade eficaz (%)	Fonte
Argila	2	UOP Jonhson (1978)
Areia argilosa	7	
Silte	18	
Areia fina	21	
Areia média	26	
Areia grossa	27	
Areia conglomerática	25	
Cascalho fino	25	
Cascalho médio	23	
Cascalho grosso	22	
Granito	<0,2	Custodio (1996): compilação de vários autores
Calcário maciço	<0,5	
Dolomita	<0,5	
Basalto denso	<1	
Basalto vesicular	5	
Arenito	10	
Calcário detrítico	3	

Aplicando-se o valor de porosidade efetiva de 10% sugerido por Costa et al. (1998; 2007) sobre o volume rochoso saturado do SAPP, as reservas hídricas permanentes alcançam pouco mais de 78 km³ (Quadro 3.55). A distribuição das reservas permanentes do SAPP no Estado da Paraíba é mostrada na Quadro 3.55.

Quadro 3.55 - Reservas hídricas permanentes do Sistema Aquífero Paraíba - SAPP

Volume rochoso saturado (km³)	Porosidade efetiva (%)	Reservas permanentes (km³)
781,81	10	78,18

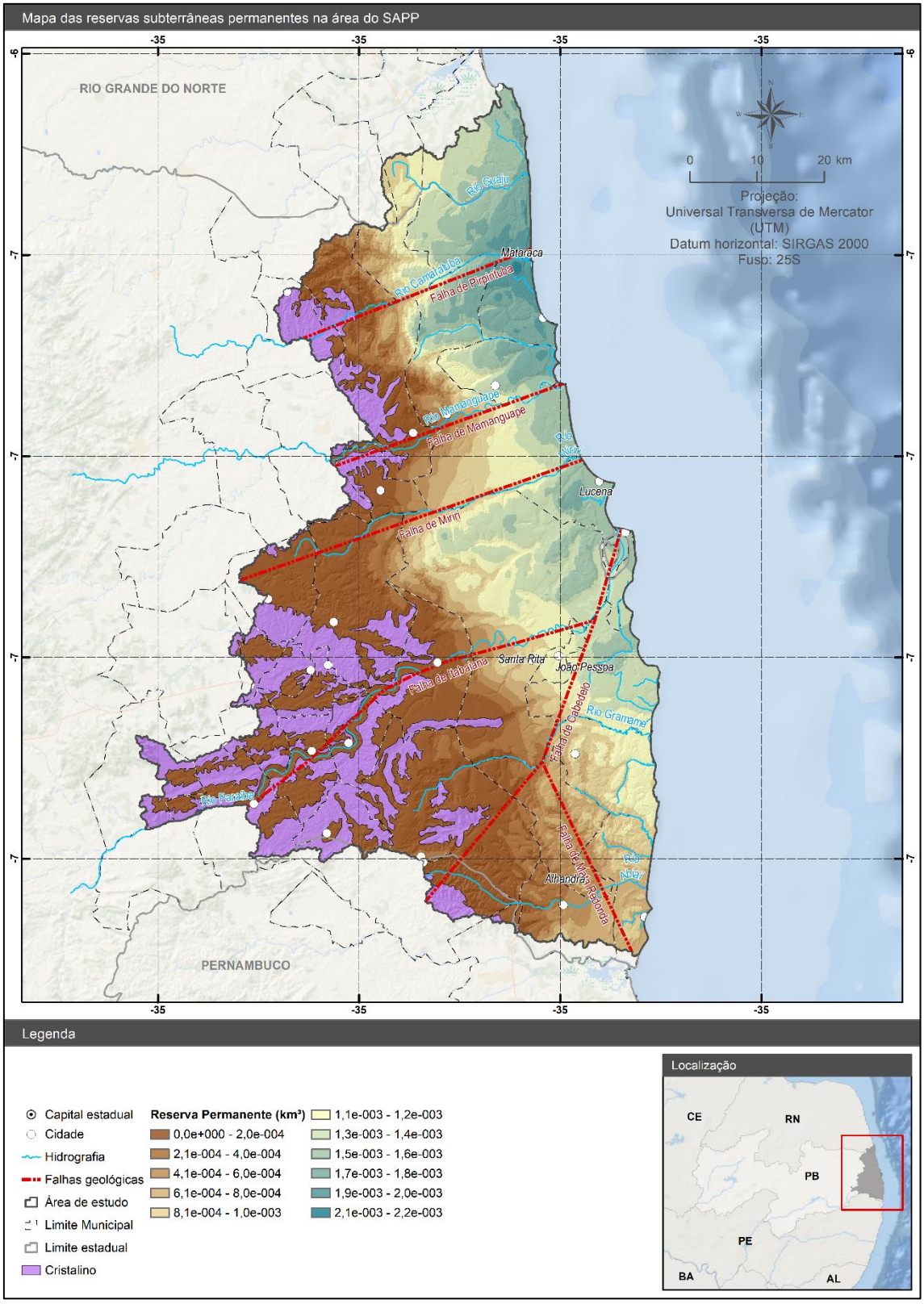


Figura 3.151 – Distribuição das reservas hídricas permanentes do SAPP (Profill, 2023).

3.7.6.2 Reservas hídricas reguladoras do SAPP

As reservas hídricas subterrâneas reguladoras foram estimadas com base em dados de séries históricas de precipitações atmosféricas na área do SAPP. A Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) define a Recarga Potencial Direta – RPD como a parcela da precipitação pluviométrica média anual que se infiltra no solo e efetivamente alcança os aquíferos livres, constituindo assim a reserva renovável ou reguladora.

A equação simplificada que estima a RPD é descrita abaixo:

$$RPD = A \cdot Ci.P$$

Onde: A = área do aquífero; Ci= coeficiente de infiltração (%); e P= precipitação média anual na bacia hidrográfica.

Dados do PERH-PB (AESA, 2006) e de SUDENE/CONESP-OESA (1975) apontam coeficiente de infiltração de 12,7% da precipitação na área do SAPP. Com base em dados de monitoramento de nível de água no âmbito do Projeto Bramar, Fernandes (2017) estimou o coeficiente de infiltração de 11,7% da precipitação na bacia Gramame. Costa et al. (2007), por sua vez, propuseram um coeficiente variando de 11% a 15% para todo o SAPP. Braga (2014) estimou a porosidade efetiva em cerca de 14%, com base na aplicação da equação de Biecinski (Pazdro, 1983) sobre a condutividade hidráulica obtida em modelagem de fluxo, em uma região sedimentar do baixo curso do Rio Paraíba. Neste diagnóstico, será considerado um coeficiente de infiltração de 13% para a toda a área SAPP, fundamento nos estudos dos autores acima citados.

Aplicando-se o coeficiente de 13% sobre os valores de precipitação média anual distribuídos conforme o mapa de isoietas da Figura 3.42, e convertendo-se os valores para vazão, as reservas hídricas reguladoras atingem 0,78 km³/ano (Quadro 3.56). A distribuição das reservas reguladoras na área do SAPP é mostrada na Figura 3.152.

Quadro 3.56 - Reservas hídricas subterrâneas renováveis do SAPP

Precipitação média na bacia (mm)	Coeficiente de infiltração (%)	Reserva reguladora (km³/ano)
1372	13	0,78

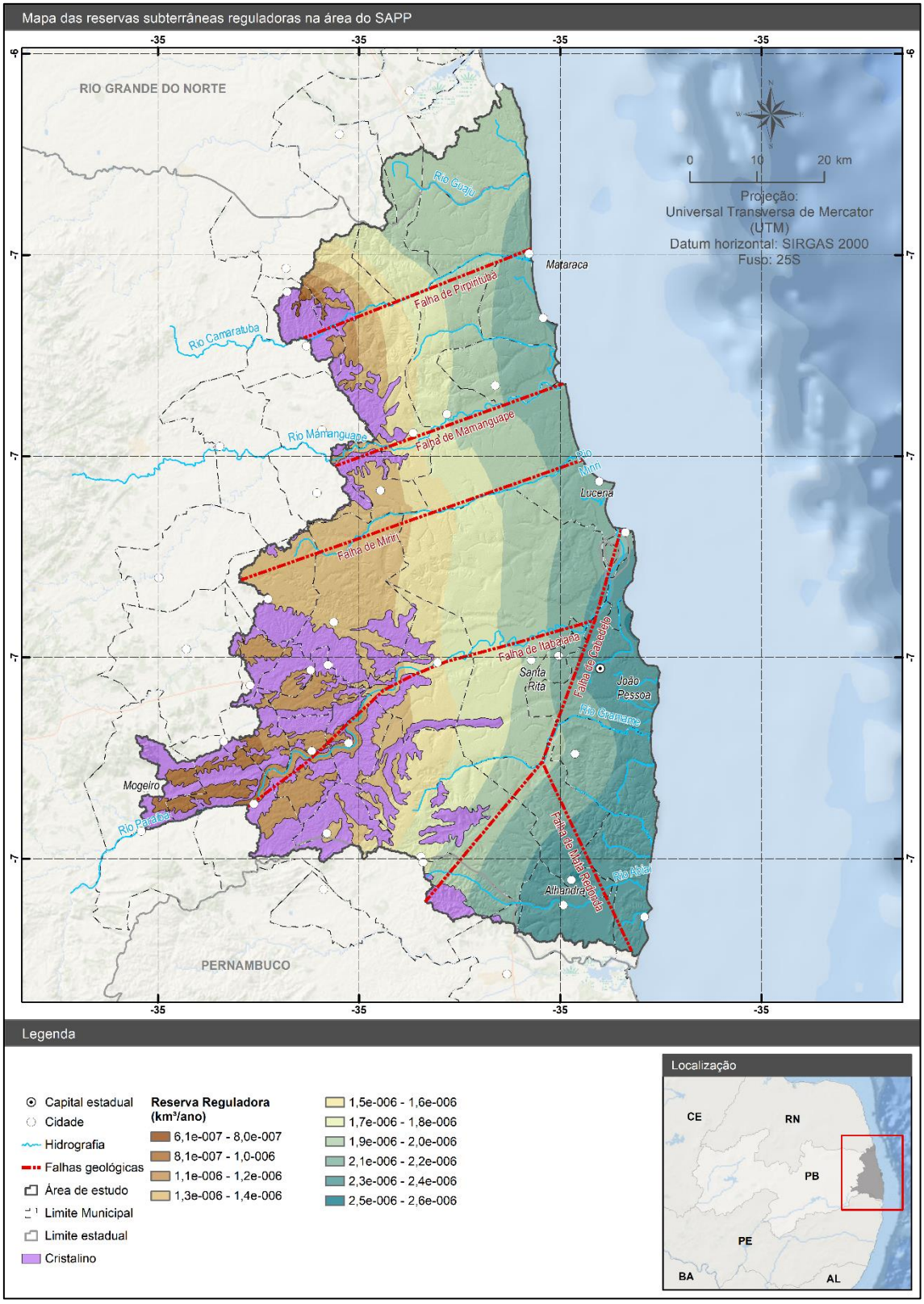


Figura 3.152 – Distribuição das reservas hídricas reguladoras do SAPP (Profill, 2023).

3.7.6.3 Reservas hídricas subterrâneas totais do SAPP

As reservas hídricas subterrâneas totais compreendem a soma das reservas renováveis e permanentes do Sistema Aquífero Paraíba. As reservas renováveis representam 0,1% das reservas permanentes.

Quadro 3.57 - Reservas hídricas subterrâneas totais do Sistema Aquífero Paraíba - SAPP

Reservas permanentes (km³)	Reserva reguladora (km³)	Reservas totais (km³)
78,18	0,78	78,96

3.7.7 *Disponibilidades hídricas subterrâneas do SAPP*

As disponibilidades representam uma parcela das reservas hídricas subterrâneas totais que pode ser extraída anualmente do armazenamento dos aquíferos durante um determinado período planejado, de modo a não causar interferências ambientais, econômicas e sociais graves.

Essa definição está atrelada ao conceito de sustentabilidade, cujo objetivo é realizar o aproveitamento racional e conservação dos recursos hídricos. A definição da parcela das reservas hídricas dos aquíferos que poderá ser utilizada anualmente deve ser fundamentada em diretrizes técnicas e políticas emanadas dos comitês de bacia e dos órgãos gestores.

Existem vários termos e conceitos associados à quantidade de água subterrânea disponível, e muita controvérsia sobre suas definições (DWR, 2003). Algumas dessas incluem a capacidade de armazenamento subterrâneo, a capacidade de armazenamento utilizável, o balanço hídrico, variações de armazenamento, superexplotação e vazão segura (DWR, 2003).

O Texas Water Development Board (TWDB) considera como disponibilidades hídricas subterrâneas o volume produzido pela recarga efetiva, mais a quantidade de água que pode ser extraída anualmente do armazenamento permanente durante um período de tempo programado, de modo a não causar danos ambientais irreversíveis, incluindo deterioração da qualidade da água (MACE et al., 2001). A disponibilidade contempla várias alternativas em função dos distintos níveis de segurança do aquífero e do sistema hídrico superficial (CPRM, 2008).

Estudos hidrogeológicos realizados no Brasil pela ANA (2004, 2005) consideraram a disponibilidade hídrica subterrânea como correspondente a 20% das reservas renováveis. Estudos realizados na década 90 na região metropolitana de São Paulo (SABESP-CEPAS, 1994) adotaram, em nível de planejamento, um percentual variando entre 25% e 50% das reservas renováveis. A ANA (2013) tem utilizado o conceito de Reserva Potencial Explotável (RPE), definida por um coeficiente de sustentabilidade baseado em relações hidrológicas, aplicado sobre a Recarga Potencial Direta (RPD); esse coeficiente de sustentabilidade não foi ainda estimado para a área do SAPP. Também não há definição, por parte do órgão gestor da Paraíba, de um coeficiente de sustentabilidade para esse sistema.

Cabe mencionar que nenhum dos estudos acima referidos contemplou a parcela das reservas permanentes nas disponibilidades totais, o que torna bastante restritivo o uso das águas subterrâneas em praticamente todo o território nacional, uma vez que as reservas reguladoras são bem menores.

Este capítulo apresenta o cálculo das disponibilidades hídricas subterrâneas. Mesmo assim, os resultados apresentados aqui serão reavaliados no Produto 4.

3.7.7.1 Disponibilidades hídricas da reserva renovável do SAPP

Considerou-se neste diagnóstico como disponibilidade das reservas renováveis do SAPP a parcela de 50% dessas reservas. Para tanto, aplicou-se o coeficiente de 0,5 sobre as reservas reguladoras, de acordo com a expressão abaixo:

$$Drr = 0{,}5.\ Rr$$

Onde: Drr= disponibilidades anuais da reserva renovável; Rr= reserva renovável.

As disponibilidades anuais das reservas hídricas subterrâneas renováveis são apresentadas no mapa da Figura 3.153 e correspondem 0,39 km³/ano (Quadro 3.58).

Quadro 3.58- Disponibilidades das reservas hídricas renováveis do SAPP

Reservas renováveis (km³/ano)	Coeficiente de sustentabilidade	Disponibilidades das reservas renováveis (km³/ano)
0,78	0,5	0,39

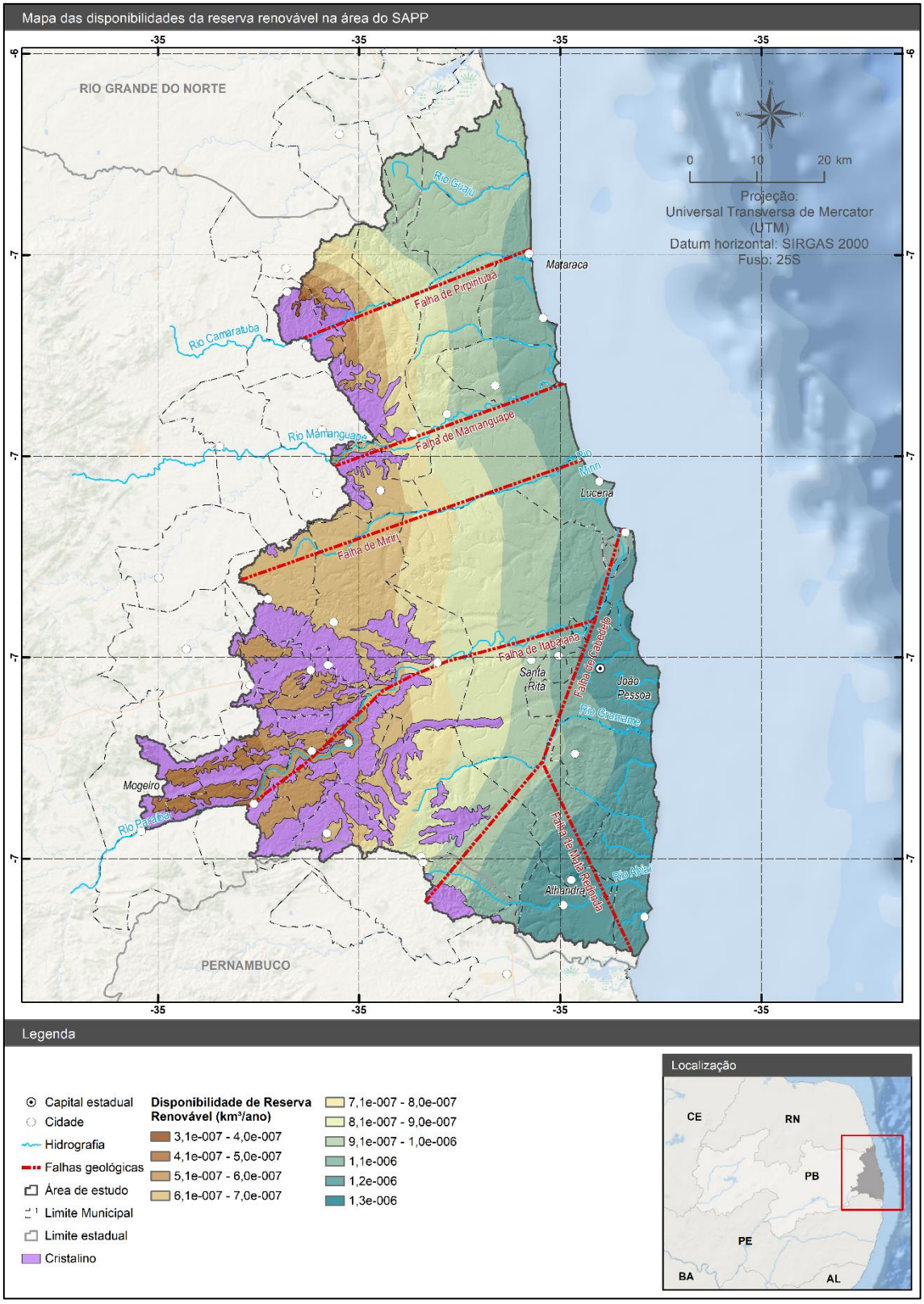


Figura 3.153 - Distribuição das disponibilidades da reserva hídrica renovável do Sistema Aquífero Paraíba (Profill, 2023).

3.7.7.2 Disponibilidades hídricas da reserva permanente do SAPP

Para avaliação das disponibilidades referentes às reservas permanentes considerou-se a proposição de Costa (1999), na qual 10% das reservas permanentes seriam explotadas em 50 anos. Esse percentual corresponde à retirada de 0,2% ao ano do volume armazenado no aquífero, de acordo com a expressão:

$$Drp = 0{,}002.\ Rp$$

Onde: Drp= disponibilidades anuais da reserva permanente; Rp= reserva permanente.

As disponibilidades anuais das reservas hídricas subterrâneas permanentes são apresentadas no mapa da Figura 3.154 e correspondem a 0,16 km³/ano (Quadro 3.59).

Quadro 3.59 - Disponibilidades anuais das reservas hídricas permanentes do SAPP (Profill, 2023).

Reservas permanentes (km³)	Coeficiente de sustentabilidade	Disponibilidades das reservas permanentes (km³/ano)
78,18	0,002	0,16

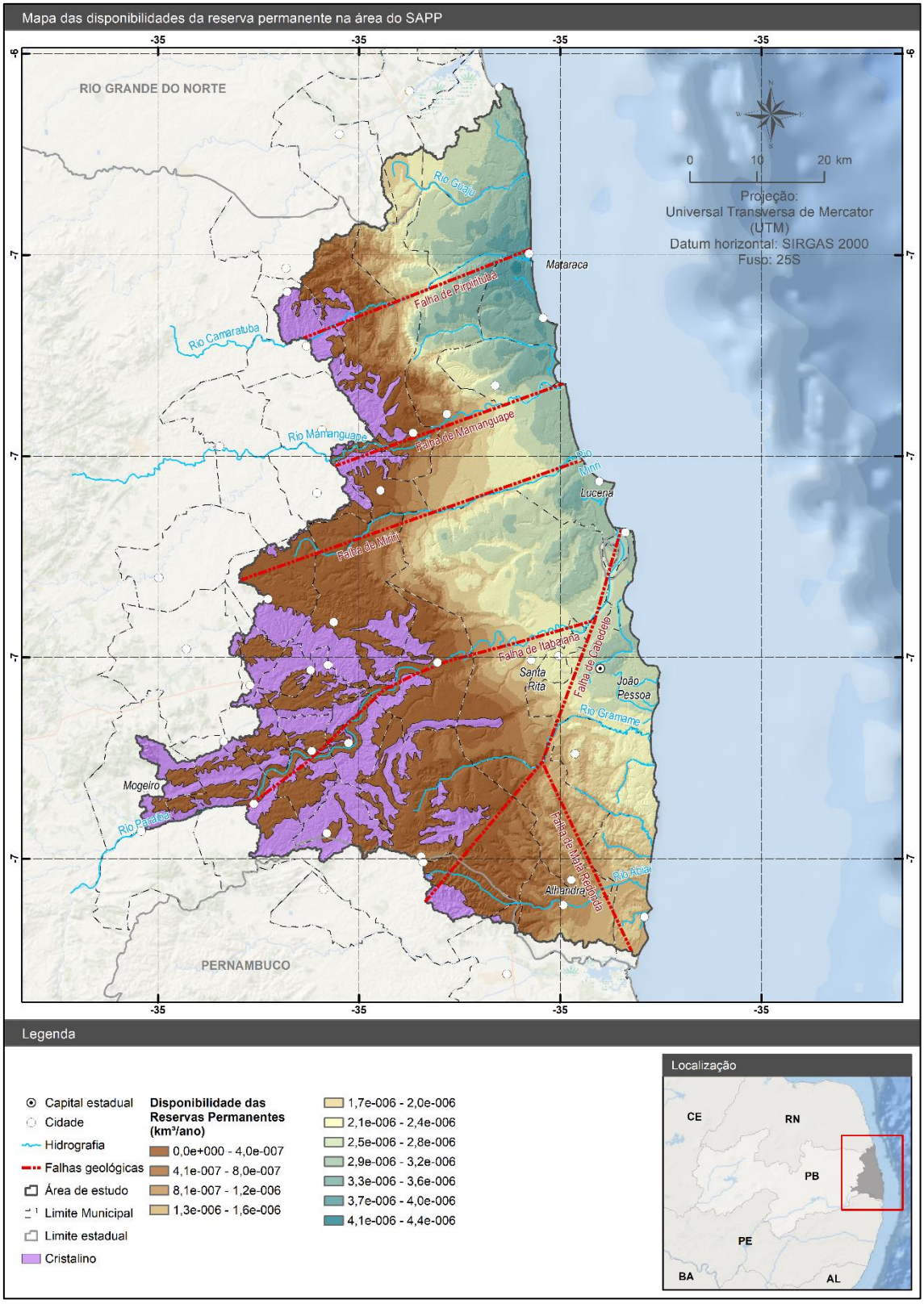


Figura 3.154 - Distribuição das disponibilidades da reserva hídrica permanente do SAPP (Profill, 2023).

3.7.7.3 Disponibilidades hídricas subterrâneas totais do SAPP

As disponibilidades hídricas totais anuais referentes às reservas renováveis e permanentes do SAPP somam 0,55 km³/ano (Quadro 3.60). A distribuição das disponibilidades totais do SAPP na área de estudo é mostrada na Figura 3.155.

Quadro 3.60 - Disponibilidades hídricas anuais totais do Sistema Aquífero Paraíba - SAPP

Disponibilidades das reservas permanentes (km³/ano)	Disponibilidades das reservas reguladoras (km³/ano)	Disponibilidades das reservas totais (km³/ano)
0,16	0,39	0,55

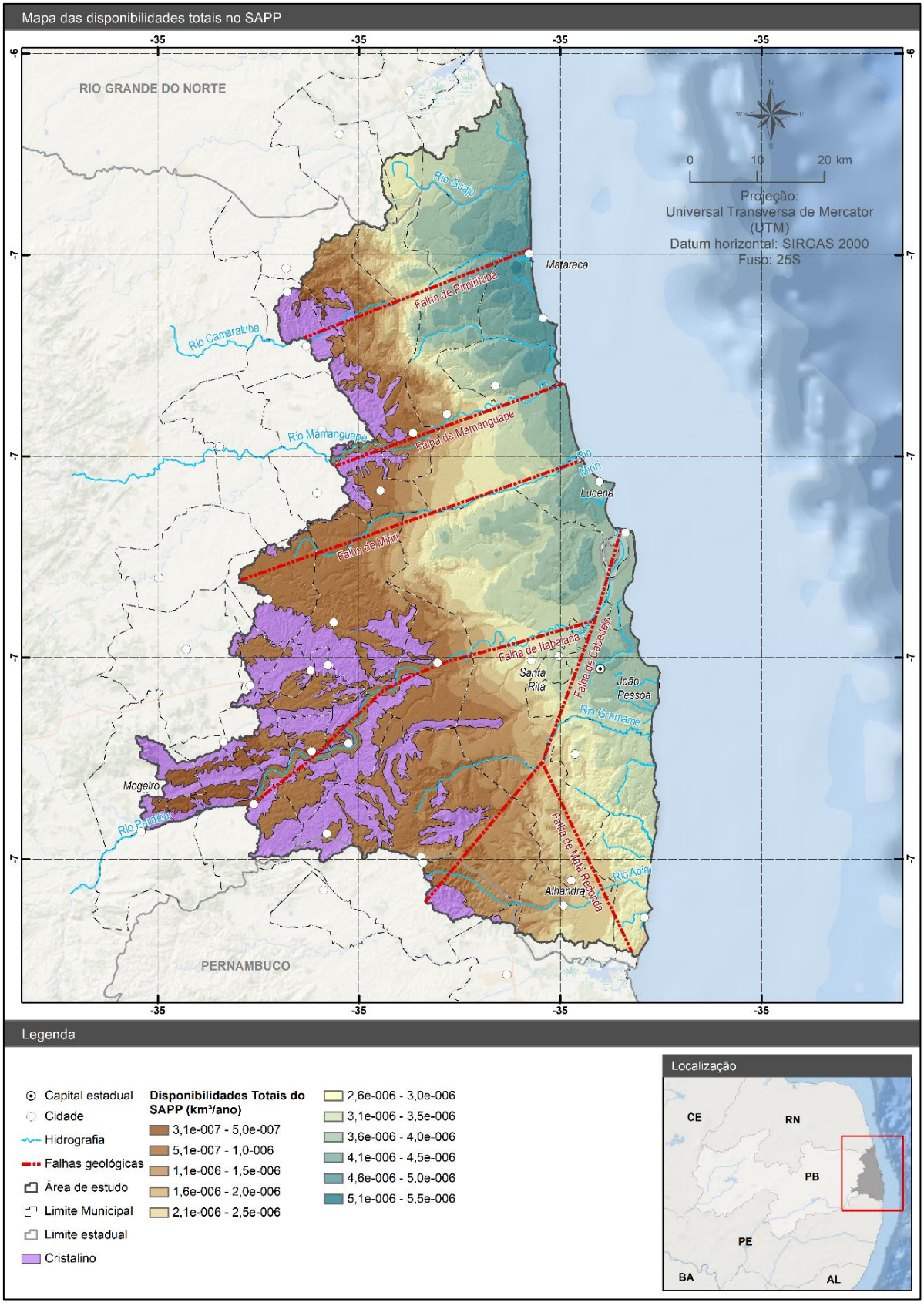


Figura 3.155 - Distribuição das disponibilidades anuais totais do SAPP (Profill, 2023).

3.7.8 *Estimativa da recarga subterrânea do SAPP*

A recarga é definida como a quantidade de água que atravessa a zona insaturada do terreno e alcança a zona saturada, e sua avaliação é de vital importância para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais (Nimmo et al., 2005). A maior parte desse recurso hídrico compõe a reserva renovável e a parte menor alcança os reservatórios subterrâneos profundos.

A recarga pode ser classificada, resumidamente, em direta ou indireta (Simmers, 1990). A recarga direta ou recarga difusa é a quantidade de água que alcança o reservatório subterrâneo por meio da percolação vertical através da zona não saturada e representa uma parcela da precipitação atmosférica. A recarga indireta ou recarga localizada é a quantidade de água proveniente de corpos aquosos superficiais, como lagos, rios e áreas alagadas, que se infiltra e atinge a zona saturada.

Fatores como quantidade e intensidade das chuvas, evaporação, permeabilidade e topografia dos terrenos, cobertura vegetal, uso do solo, etc., controlam as condições de recarga. O clima e a permeabilidade do terreno são os fatores de maior influência na distribuição da recarga.

As estimativas das taxas de recarga são utilizadas na gestão dos recursos hídricos, de modo a avaliar a sustentabilidade do suprimento de água. No Brasil, os órgãos gestores costumam definir um percentual sobre os valores de recarga para estabelecer as vazões de explotação sustentáveis (ANA, 2013).

Segundo Costa et al. (2007), a recarga dos aquíferos da Bacia Paraíba ocorre pela infiltração de águas oriundas da precipitação atmosférica sobre as áreas sedimentares aflorantes e pela infiltração de parte das águas fluviais durante o período de cheias. Uma parcela dessa recarga atinge as porções mais profundas dos aquíferos.

Este capítulo apresenta os diversos métodos possíveis de cálculo da recarga e suas limitações frente aos dados existentes para a área do SAPP. Mesmo assim, os resultados apresentados aqui serão reavaliados no Produto 4.

Vários são os métodos de avaliação da recarga e suas vantagens e limitações podem ser encontradas na vasta literatura técnica disponível. Dentre eles, destacam-se: balanço hídrico, análise de hidrogramas, modelos de circulação na zona saturada,

traçadores químicos, variação do nível de água e equação de Darcy. A escolha do método depende da disponibilidade, consistência e confiabilidade dos dados.

Para avaliação da recarga do SAPP foram avaliados dados hidrológicos, de monitoramento de níveis dos aquíferos e de precipitações atmosféricas na Bacia Paraíba.

Os estudos hidrológicos realizados com hidrogramas de estações fluviométricas das bacias hidrográficas dos rios Guaju, Mamanguape e Paraíba calcularam vazões características médias de longo período (Qmlp), vazões da curva de permanência (Q50, Q90, Q95, Q98 e Q99) e a vazão Q7,10, que representa a semana mais seca com tempo de retorno de 10 anos. As vazões mínimas (Q90 e Q95) são normalmente utilizadas para estimativa da recarga dos aquíferos em muitos estudos hidrogeológicos. Todavia, conforme apresentado no capítulo 3.5 CLIMA E HIDROLOGIA, devido à intermitência do escoamento superficial de parte das bacias da área estudada, o uso das vazões mínimas para estimativa da recarga não é recomendado.

O método WTF (water table fluctuation) é aplicável a aquíferos livres e considera que a quantidade de água que atinge o lençol subterrâneo por infiltração de água de chuva é responsável pela elevação do nível do aquífero (Scalon et al, 2002). Esse método possui algumas limitações, uma vez que ignora a descarga natural do aquífero, subestimando os valores calculados de recarga. Outra limitação deve-se à necessidade de estimativa da porosidade efetiva do terreno, que tem influência direta na estimativa da recarga. Como a recarga depende fundamentalmente das precipitações atmosféricas, é recomendado o acompanhamento de níveis de água dos aquíferos conjuntamente com o registro da quantidade de chuva precipitada na área de influência da bacia hidrográfica, onde se localiza o poço de monitoramento. As águas provenientes das chuvas demoram um certo tempo para alcançar a zona saturada (delay), de modo que se observa um atraso na elevação do lençol freático em relação às precipitações, quanto mais profundo for o nível de água do aquífero.

Dados de monitoramento de nível de água dos aquíferos livres levantados neste estudo foram discutidos no Capítulo 3.6. O monitoramento de 32 poços rasos (entre 4 m e 39 m de profundidade), perfurados no aquífero livre na Bacia Gramame, foi realizado com medições manuais, em períodos descontínuos e com lacunas de informação, nos

períodos de novembro/2009 a julho/2011 e de outubro/2015 a fevereiro/2018, no âmbito do Projeto BRAMAR e de 2019 a 2023 no âmbito do Projeto SMART- Control.

Essas medições manuais de longo intervalo de aquisição tem uma aplicação limitada para avaliação da recarga, em razão de não caracterizarem o comportamento contínuo das variações de nível. Soma-se a isso a indisponibilidade dos correspondentes dados de precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica, fato que impede a distinção das causas das oscilações de nível. Outro fator complicador é que a maioria desses poços são utilizados para o abastecimento de moradores da zona rural e são do tipo amazonas, com diâmetro variando em 1 e 2 metros. Pelas razões mencionadas, esses dados não serão utilizados na estimativa da recarga do SAPP.

Dados de precipitação atmosférica têm sido utilizados com frequência para a estimativa da recarga dos aquíferos do Sistema Paraíba (p. ex. PERH-PB, 2006; SUDENE/CONESP-OESA, 1975; Costa et al., 2007). Esses autores estimaram uma recarga variando de 11% a 15% para o SAPP. Fernandes (2017) estimou a recarga média do aquífero livre na Bacia Gramame em 11,7% da precipitação, no ano de 2016, pelo método do WTF – considerando uma porosidade efetiva de 10%. Coelho (2011) calculou a recarga do aquífero livre na Bacia Gramame em 10,3% da precipitação atmosférica.

Com base nos percentuais de precipitação atmosférica estimados para estimativa da recarga pelos autores acima citados e presumindo-se uma correspondência desta com as reservas renováveis, considerou-se a recarga na área do SAPP equivalente a 13% da precipitação pluviométrica (Figura 3.42) na área, ou seja, o mesmo valor admitido para o cálculo das reservas renováveis. Convertendo-se os valores de precipitação em vazão, a recarga desse sistema aquífero é estimada em 0,78 km³/ano (Quadro 3.61). A distribuição da recarga direta na área do SAPP é mostrada a Figura 3.156.

Quadro 3.61 – Estimativa da recarga direta no SAPP

Precipitação média na bacia (mm)	Percentual de recarga	Recarga (km³/ano)
1372	13	0,78

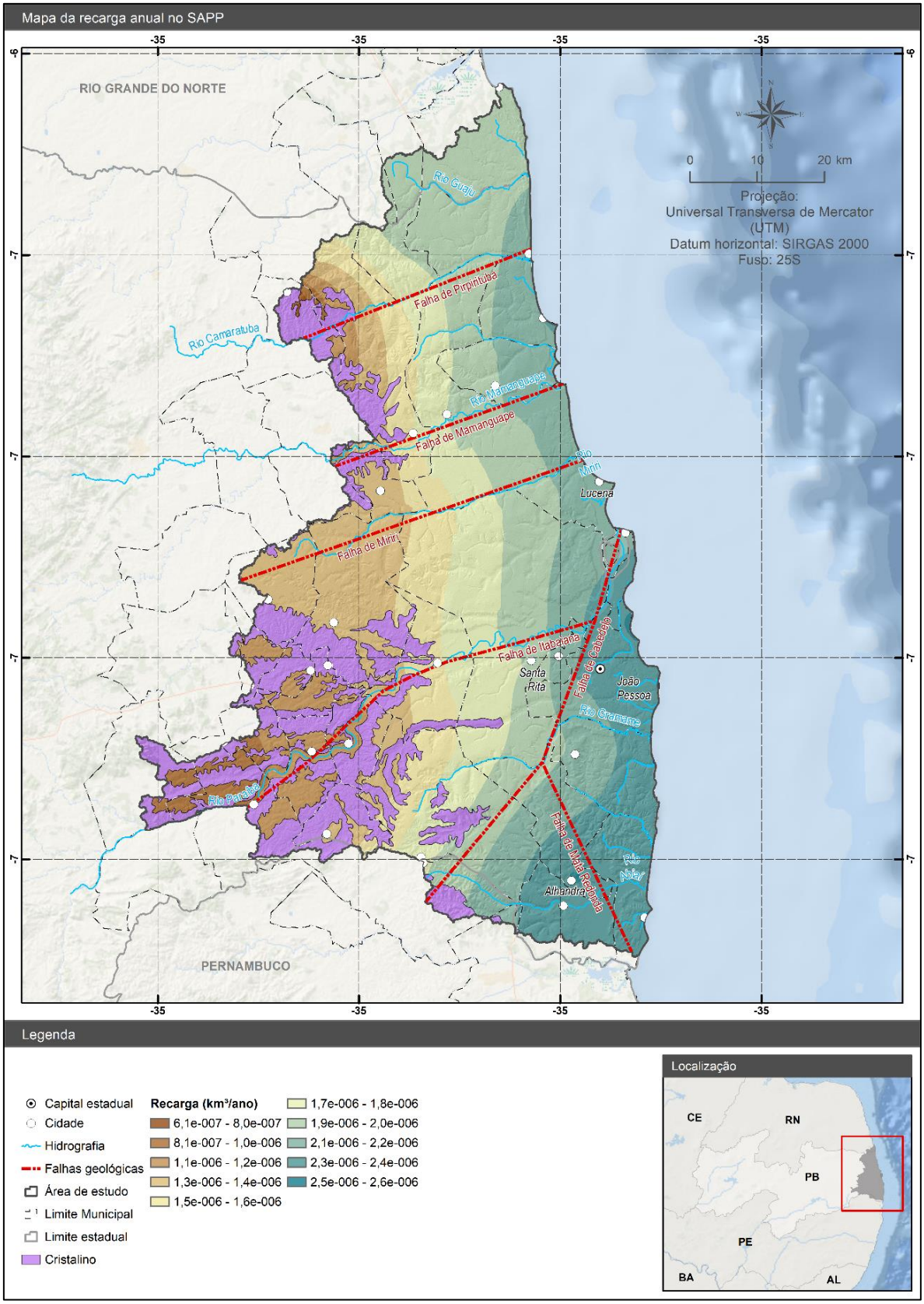


Figura 3.156 – Distribuição da recarga direta do SAPP (Profill, 2023).

3.7.9 *Parâmetros hidrodinâmicos do SAPP*

Os parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos são obtidos a partir de testes de bombeamento, que podem ser classificados em testes de produção e testes de aquífero.

Os testes de produção têm o objetivo de determinar a vazão máxima de explotação e as perdas de carga lineares e exponenciais envolvidas no rebaixamento dos níveis de água do poço em operação. Esse tipo de teste fornece o parâmetro hidrodinâmico vazão específica ou capacidade específica (q/s), que é frequentemente utilizado para estimativa do potencial hídrico dos aquíferos ou rendimento do poço. A despeito de sua facilidade de obtenção, esse parâmetro tem o inconveniente de ser fortemente influenciado pelas características construtivas do poço, refletindo também em sua grandeza as perdas de carga devidas ao dano de formação (Paula e Silva, 2003).

Os parâmetros hidrodinâmicos que governam a circulação e o armazenamento das águas subterrâneas no subsolo, responsáveis pela quantidade de água acumulada e explotável desses reservatórios são a porosidade efetiva (Øe), a condutividade hidráulica (K), a transmissividade (T) e o coeficiente de armazenamento (S). Esses parâmetros permitem caracterizar e predizer o comportamento do fluxo subterrâneo em situações de interferência entre poços, infiltração de contaminantes, rebaixamentos de longo termo etc., fornecendo os elementos necessários ao conhecimento e à gestão dos recursos hídricos subterrâneos. São obtidos a partir de testes de aquífero, que consistem no bombeamento de um poço com descarga constante e acompanhamento da evolução do rebaixamento em um ou mais poços de observação.

Comumente, a transmissividade (K) é estimada com base nas curvas de rebaixamento e de recuperação do próprio poço de bombeamento, de modo a se obter uma ordem de grandeza desse parâmetro. Todavia, o resultado reflete os rebaixamentos adicionais devidos às perdas de carga construtivas e ao dano de formação do poço, de modo que o valor calculado é menor do que o real. Resultados mais ajustados para cálculo da transmissividade podem ser obtidos com a utilização da curva de recuperação do poço.

Em termos regionais, CPRM (2019 elaborou uma caracterização hidrogeológica do Sistema Aquífero Paraíba, distinguindo seis unidades hidroestratigráficas e caracterizando-as em termos de classes de vazão (Figura 3.157) e de parâmetros hidrodinâmicos (Quadro 3.62).

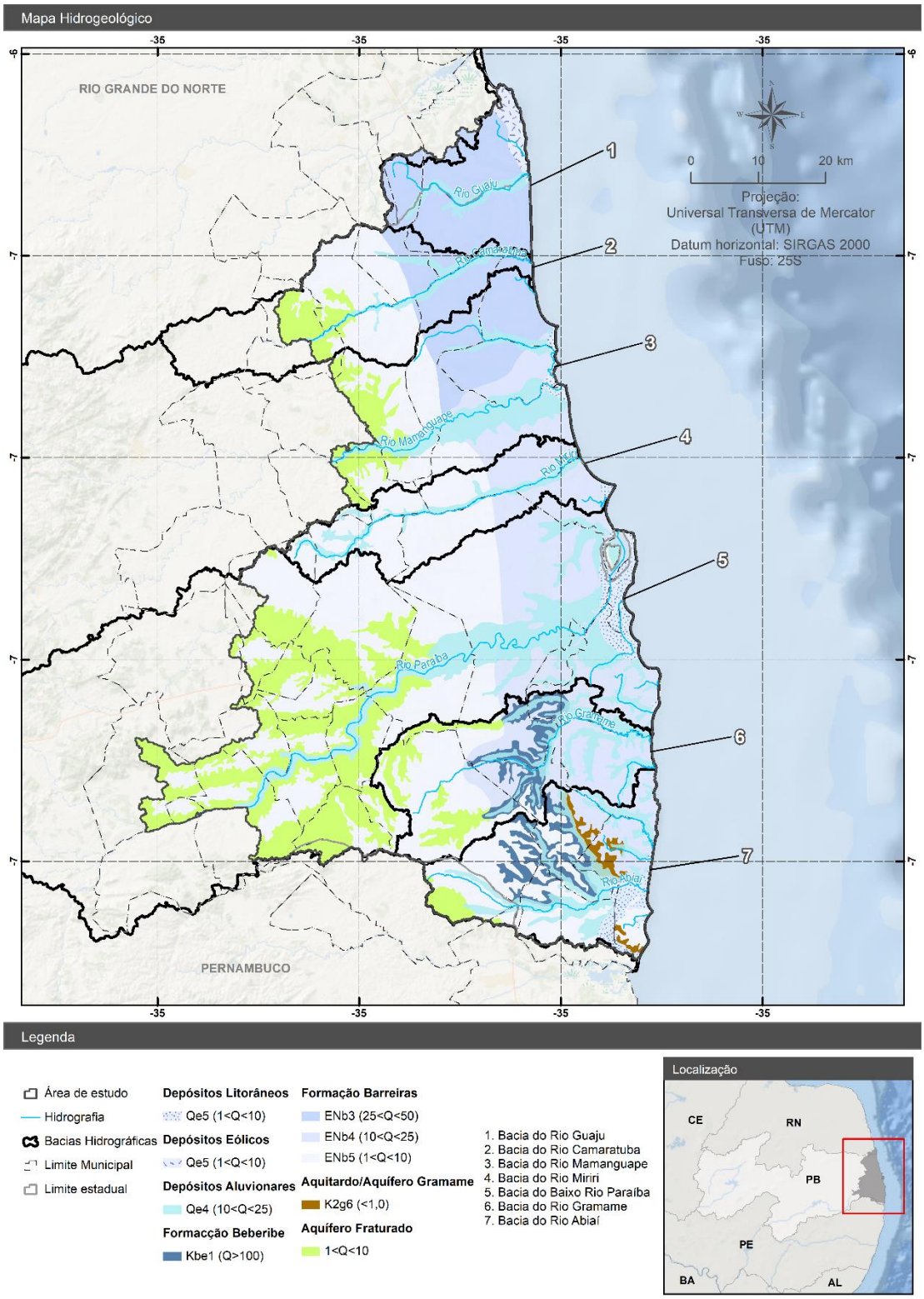


Figura 3.157 - Mapa hidrogeológico da área de estudo (CPRM, 2019)

Quadro 3.62 - Classes de vazão e parâmetros hidrodinâmicos das unidades hidroestratigráficas representadas no mapa hidrogeológico da Figura 3.157.

Classe	Granular	Q (m^3/h) *	Q/s ($m^3/h/m$)	T (m^2/s)	K (m/s)
(1)		Q ≥ 100	Q/s ≥ 4,00	$T \geq 10^{-2}$	$K \geq 10^{-4}$
(2)		50 ≤ Q < 100	2,00 ≤ Q/s < 4,00	$1,0 \times 10^{-3} \leq T < 1,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-5} \leq K < 1,0 \times 10^{-4}$
(3)		25 ≤ Q < 50	1,00 ≤ Q/s < 2,00	$1,0 \times 10^{-4} \leq T < 1,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-6} \leq K < 1,0 \times 10^{-5}$
(4)		10 ≤ Q < 25	0,40 ≤ Q/s < 1,00	$1,0 \times 10^{-5} \leq T < 1,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-7} \leq K < 1,0 \times 10^{-6}$
(5)		1 ≤ Q < 10	0,04 ≤ Q/s < 0,40	$1,0 \times 10^{-6} \leq T < 1,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-8} \leq K < 1,0 \times 10^{-7}$
(6)		Q < 1	Q/s < 0,04	$T < 1,0 \times 10^{-6}$	$K < 1,0 \times 10^{-8}$

Os aquíferos formados por depósitos eólicos e litorâneos fornecem vazões baixas, entre 1,0 m³/h e 10,0 m³/h, e possuem condutividade hidráulica (K) menor do que $1,0 \times 10^{-7}$ m/s, transmissividade (T) menor do que $1,0 \times 10^{-5}$ m^2/s e vazão específica (q/s) inferior a 0,4 $m^3/h/m$ (CPRM, 2019).

Os aquíferos aluvionares permitem a extração de vazões variando de baixa a moderada, entre 10,0 m³/h a 25,0 m³/h. As vazões específicas variam de 0,4 m³/h/m a 1,0 m³/h/m, as condutividades hidráulicas situam-se entre $1,0 \times 10^{-7}$ m/s e $1,0 \times 10^{-6}$ m/s e as transmissividades variam entre $1,0 \times 10^{-5}$ m^2/s e $1,0 \times 10^{-4}$ m^2/s (CPRM, 2019).

O Aquífero Barreiras apresenta grande variação de vazões, desde baixas (1,0 m³/h) até altas (50 m³/h). As vazões específicas situam-se entre 0,04 m³/h/m e 2,0 m³/h/m. As condutividades hidráulicas variam de $1,0 \times 10^{-8}$ m/s a $1,0 \times 10^{-5}$ m/s e as transmissividades variam de $1,0 \times 10^{-6}$ m^2/s a $1,0 \times 10^{-3}$ m^2/s (CPRM, 2019).

A CPRM (2019) classifica a unidade hidroestratigráfica Gramame como um aquitardo e, eventualmente, como um aquífero de baixa produtividade, com vazão menor do que 1,0 m³/h e vazão específica inferior a 0,04 m³/h/m. A condutividade hidráulica é menor do que $1,0 \times 10^{-8}$ m/s e a transmissividade não alcança $1,0 \times 10^{-6}$ m^2/s (CPRM, 2019).

O Aquífero Beberibe é a unidade que apresenta melhor produtividade na área. As vazões podem ser superiores a 100 m³/h e as vazões específicas podem ultrapassar 4,0 m³/h/m. As condutividades hidráulicas e as transmissividades são acima de, respectivamente, a 1,0 x 10^{-4} m/s e 1,0 x 10^{-2} m²/s (CPRM, 2019).

Lima et al. (2004), no entanto, apresentam vazões menores para os poços no Aquífero Beberibe na Folha João Pessoa, destacando que apenas os poços com mais de 250 metros atingem as vazões de 100 m³/h.

Testes de bombeamento realizados por Costa et al. (2007) no Aquífero Beberibe apontaram condutividades hidráulicas calculadas variando de 2,66 x 10^{-6} m/s a 6,22 x 10^{-5} m/s e transmissividades de 2,45 x 10^{-4} m²/s e 4,79 x 10^{-3} m²/s. O coeficiente de armazenamento foi calculado em 1,5.10^{-5}, por meio de um único ensaio com poço de observação (Quadro 3.63).

Quadro 3.63 – Resultados dos ensaios de bombeamento (Costa et al., 2007)

Local	Município	Aqüífero	Prof. (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	Vazão (m^3h)	T (m^2/d)	K (m/d)	S
Hosp. Universitário	J.Pessoa	Beberibe	140	43,9	54,7	16,16	209,50	5,24	
Cruz das Armas	J.Pessoa	Beberibe	202	46,1	72,1	54,60	136,15	1,18	
Alto do Mateus	J.Pessoa	Beberibe	300	44,5	61,8	39,60	66,67	0,24	
Loteam.Solimões	J.Pessoa	Bar./Beber	120	21,8	32,1	15,53	223,00	2,62	
Distrito Industrial	J.Pessoa	Beberibe	84	32,9	33,6	27,31	356,79	5,94	$1,5.10^{-5}$
Marcação I	Marcação	Beberibe	126	71,6	87,9	18,86	92,78	1,03	
Marcação II	Marcação	Beberibe	121	68,8	100	9,43	21,25	0,23	
Mata Redonda	Alhandra	Bar/Beber.	100	7,1	31,2	49,50	48,54	1,21	
Uruba	Mataraca	Beberibe	122	74,8	77,2	9,10	414,26	5,37	
Cajarana	Rio Tinto	Beberibe	102	60,6	69,7	8,61	181	3,02	
Fagundes	Lucena	Barreiras	20	1,2	11,0	24,00	2646,0	207,4	$1,2.10^{-4}$

Costa et al. (2007) consideram como parâmetros hidrodinâmicos de referência para o Aquífero Beberibe os valores: condutividade hidráulica 2,7x10^{-5} m/s, transmissividade 1,60x10^{-3} m²/s e coeficiente de armazenamento 1,5x10^{-4}. Para o Aquífero Barreiras, os valores de referência são: condutividade hidráulica 1,0x10^{-4} m/s, transmissividade 1,7x10^{-3} m²/s e coeficiente de armazenamento 5,0x10^{-4}.

A partir da base consolidada de dados cadastrais de poços (BD Poços), contendo 1.132 dados de captações tubulares, foram analisados os parâmetros hidráulicos vazão e vazão específica. Esses parâmetros foram analisados incialmente por aquífero e depois

em termos gerais, considerando todas as unidades hidroestratigráficas reunidas no SAPP.

O Aquífero Dunas, agrupado neste estudo no Aquífero Coberturas Sedimentares, apresenta apenas 3 registros de poços, insuficientes para uma análise estatística.

O Aquífero Barreiras está relacionado no banco de dados a apenas 35 registros. Desse total, somente 31 registros listam vazões captadas e 30 listam vazões específicas. As vazões registradas variaram de 2,4 m³/h a 117,4 m³/h, com média de 26,6 m³/h e mediana de 14,9 m³/h. As vazões específicas registradas variaram de 0,12 m³/h/m a 6,7 m³/h/m, com média de 1,5 m³/h/m e mediana de 1,3 m³/h/m.

Quadro 3.64 - Parâmetros hidrodinâmicos estatísticos do Aquífero Barreiras

Parâmetro	Número	Mínimo	Máximo	Media	Mediana
Vazão (m³/h)	31,00	2,37	117,39	26,60	14,90
Vaz. Espec. (m³/h/m)	30,00	0,12	6,66	1,51	1,25

O mais importante aquífero da área de estudo, o Beberibe, está relacionado no BD Poços a apenas 9 registros, dos quais somente 7 listam os parâmetros hidrodinâmicos aqui analisados. As vazões registradas variaram de 4,0 m³/h a 210,0 m³/h, com média de 51,3 m³/h e mediana de 20,0 m³/h. As vazões específicas registradas variaram de 0,16 m³/h/m a 4,0 m³/h/m, com média de 1,9 m³/h/m e mediana de 2,2 m³/h/m.

Quadro 3.65 - Parâmetros hidrodinâmicos estatísticos do Aquífero Beberibe

Parâmetro	Número	Mínimo	Máximo	Media	Mediana
Vazão (m³/h)	7,00	3,99	210,00	51,34	20,00
Vaz. Espec. (m³/h/m)	7,00	0,16	3,99	1,94	2,20

A maioria dos dados cadastrais de poços tubulares listados no BD Poços – em número de 1075 – não faz referência ao aquífero captado. Destes, apenas 273 (25%) trazem informações sobre os parâmetros hidrodinâmicos vazão e vazão específica. As vazões registradas variaram de 0,07 m³/h a 210,0 m³/h, com média de 20,6 m³/h e mediana de 7,0 m³/h. As vazões específicas registradas variaram de 0,01 m³/h/m a 16,8 m³/h/m, com média de 1,8 m³/h/m e mediana de 1,1 m³/h/m.

Quadro 3.66 - Parâmetros hidrodinâmicos estatísticos dos aquíferos não identificados

Parâmetro	Número	Mínimo	Máximo	Media	Mediana
Vazão (m³/h)	272,00	0,07	210,00	20,59	6,99
Vaz. Espec. (m³/h/m)	162,00	0,01	16,18	1,77	1,13

Através do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil, é possível acessar uma base de dados de poços e de informações hidrogeológicas em forma de consulta. Foram obtidos 1.711 cadastros de poços localizados na área de interesse, com 2 poços amazonas, 28 poços escavados, 1 poço ponteira, 1.131 poços tubulares e 549 sem informação de tipo. Os instrumentos foram separados em 3 grupos:

- Grupo 1: captação profunda – classificados como poços tubulares e ponteira;
- Grupo 2: captação rasa – classificados como poço amazonas e escavado;
- Grupo 3: sem informação do tipo de captação.

No Grupo 1, 50% dos dados de NE se encontram entre 8,06 mNM e 69,00 mNM, e ND entre 27,17 mNM e 17,00 mNM. No que diz respeito à profundidade dos poços cadastrados do Grupo 1, a média é de 71,09 m, com cerca de 25% inferior a 33,00 m, 50% a 50 m e 75% inferior a 88,00 m (Figura 3.158).

O Grupo 2, composto pelos poços rasos – poço amazonas e escavado, com apenas 30 registros, se distribui pela bacia do rio Miriri, Paraíba, Gramame e Abiaí. A profundidade média dos instrumentos é de 15,98 m, com 25% dos dados inferior a 9,50 m, 50% inferior a 16,50 m e 75% inferior a 20,00 m. Em relação ao nível estático, um quarto tem cota de NE inferior a 44,75 mNM, metade inferior a 122,15 mNM e três quartos inferior a 143,75 mNM (Figura 3.159). Para os demais parâmetros para esse grupo – vazão de estabilização, específica e nível dinâmico, não foi feita estatística – contendo apenas um cadastro com os referidos parâmetros.

Os níveis estáticos e dinâmicos do Grupo 3 apresentam uma média de 25,36 m com 50% dos valores entre 4,00 m e 36,00 m, enquanto os níveis dinâmicos variam entre -14,00 mNM e 19,78 mNM. Já a profundidade média de é 83,97 m, com 50% dos valores entre 36,75 m e 114,00 m.

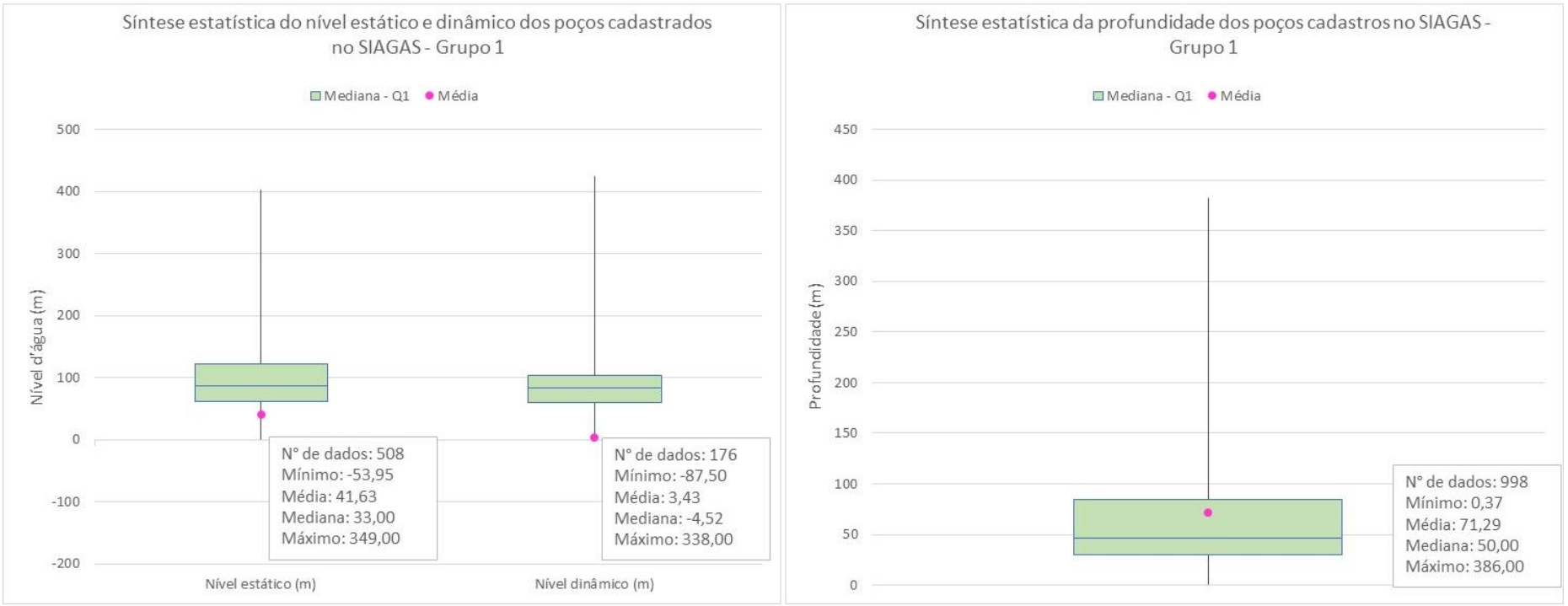


Figura 3.158 – Distribuição estatística do nível estático, nível dinâmico e profundidade dos poços cadastrados no SIAGAS – Grupo 1.

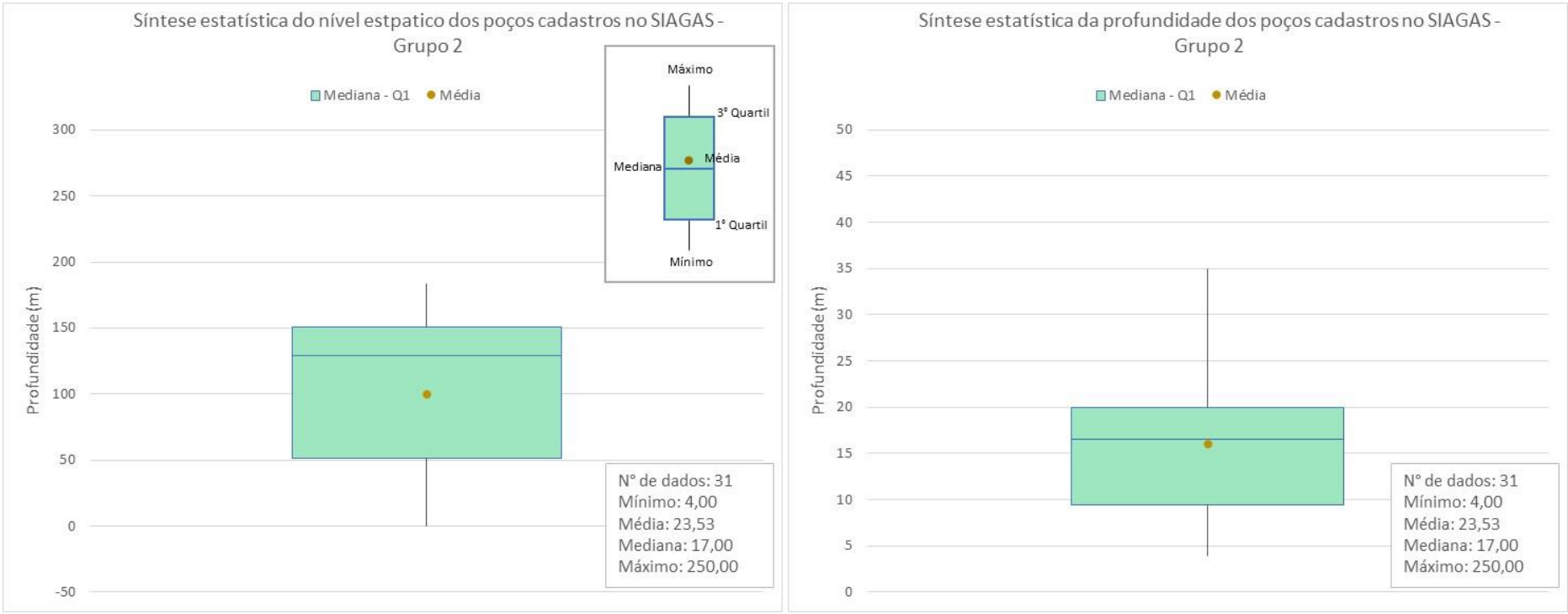


Figura 3.159 – Distribuição estatística do nível estático e profundidade dos poços cadastrados no SIAGAS – Grupo 2.

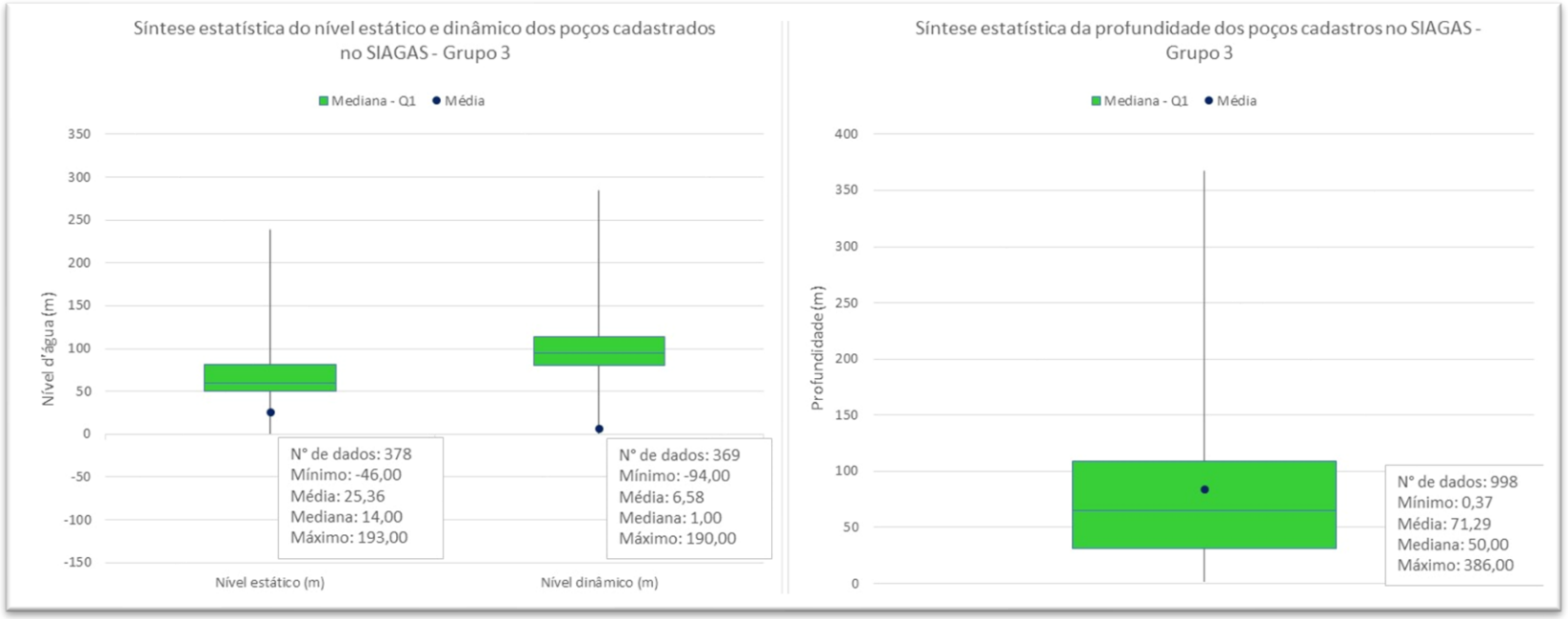


Figura 3.160 – Distribuição estatística de nível estático, nível dinâmico e profundidade dos poços cadastrados no SIAGAS – Grupo 3.

3.7.10 *Concepção do SAPP*

O SAPP envolve um conjunto de unidades hidroestratigráficas de características variadas, as quais, dependendo de configurações específicas podem dar origem a situações de confinamento parcial ou local. Estudos anteriores elaborados por diversos autores (p. ex., Costa et al., 2007; AESA, 2022) distinguem nesse reservatório subterrâneo um subsistema confinado com arranjo complexo “composto pelos arenitos quartzosos e/ou calcíferos da Formação Beberibe/Itamaracá, cuja unidade confinante superior é constituída ora pelas margas da Formação Gramame, ora pelos níveis argilosos inferiores do Grupo Barreiras, ora por lentes argilosas ou de folhelhos que ocorrem no topo da formação Beberibe (Formação Itamaracá), cuja unidade confinante inferior é formada pelo embasamento pré-cambriano” (Costa et al., 2007; AESA, 2022).

A partir dessa leitura e da interpretação de autores como Costa et al. (2007), ASUB (2009) e BRAMAR (2018) em estudos hidrogeológicos ao longo dos últimos 20 anos, ficou estabelecido o entendimento de que a região sob confinamento que dá origem ao subsistema confinado está presente no Bloco Estrutural João Pessoa - Pitimbu. Portanto, o subsistema confinado no Sistema Aquífero Paraíba - Pernambuco engloba uma parte da formação Beberibe, mas não sua totalidade. O modelo conceitual do funcionamento de uma seção do subsistema confinado está documentado em estudos anteriores, como Batista (2011) e ASUB (2009). Esses estudos apresentam considerações sobre a ocorrência do fluxo no sistema aquífero como um todo e nos subsistemas livre e confinado.

O estudo aqui apresentado contemplou, além de uma extensa revisão bibliográfica, a análise de dados mais atuais em relação aos estudos que subsidiaram as interpretações de um aquífero confinado clássico para o subsistema Beberibe/Itamaracá. Com isso, foi possível estabelecer um entendimento alternativo ao confinamento da Bacia do Paraíba.

A terminologia clássica “confinado” define um aquífero limitado, no topo e na base, por camadas impermeáveis (aquicludes), onde toda sua espessura está saturada de água e sua carga hidráulica é superior à pressão atmosférica. A análise dos dados hidrogeológicos disponibilizados por diversas fontes como AESA, CPRM, BRAMAR,

universidades, pesquisas e publicações, compostos de relatórios de poços, registros de níveis estáticos, dados de monitoramento de nível de água, estudos geológicos e hidrogeológicos, testes de bombeamento, dentre outros, evidenciaram a possibilidade de uma interpretação alternativa a que vem sendo apresentada ao longo dos últimos anos, propondo para este aquífero um enquadramento como um sistema tipo multicamada.

Entretanto, o conhecimento sobre o SAPP é ainda carente de informações mais precisas no que diz respeito ao seu arcabouço estratigráfico e hidroestratigráfico. Não há uma quantidade de dados confiáveis o suficiente para garantir o não confinamento local ao qual a região está sujeita. Portanto, essa nova abordagem deve ser considerada em estudos futuros e pesquisas sobre a região, buscando a validação dessas proposições aqui apresentadas. Inclusive, haja vista a importante iniciativa da AESA no desenvolvimento do presente estudo, que determinará a implantação de uma rede de monitoramento, por meio da qual serão obtidos insumos adicionais importantes para análise futuras mais aprofundadas.

Sendo assim, o modelo hidrogeológico a ser utilizado neste estudo é o que vem servindo de base para estudos ao longo de mais de 20 anos de que o aquífero Beberibe/Itamaracá é confinado.

De qualquer forma, importante ressaltar que essa concepção, a seguir apresentada, é um fato novo que merece atenção por parte dos órgãos gestores. O que de fato importa são os procedimentos que devem ser adotados na gestão desse sistema em função das condições de recarga, bem diferenciadas para um aquífero do tipo confinado ou do tipo multicamada.

A seguir é feita uma explicação sobre a concepção do aquífero multicamada, que pode servir como ponto de partida para aprofundamento de estudos futuros.

3.7.10.1 Evidências sobre a concepção multicamadas

Os sistemas aquíferos multicamadas podem ser agrupados em três tipos básicos, abaixo descritos, embora possam ocorrer com arranjos combinados e complexos, mais comuns na natureza:

- O primeiro consiste em dois ou mais aquíferos separados por aquicludes; depreende-se, portanto, que cada um desses aquíferos pode ser, individualmente, classificado como confinado;
- O segundo consiste em dois ou mais aquíferos, separados por aquitardos; neste caso, cada um desses aquíferos pode ser, individualmente, classificado como semiconfinado;
- O terceiro consiste em dois ou mais aquíferos separados por interfaces que permitem fluxo cruzado irrestrito; neste caso, os confinamentos são localizados e produzidos por interfaces com permeabilidades menores, acima e abaixo das camadas aquíferas.

Neste trabalho foi levantada a hipótese de que o SAPP possa ser classificado como um aquífero multicamada. Entretanto, maiores estudos e evidências precisam ser elaborados para que isso possa ser confirmado. Aqui são apresentadas as evidências que levam a este entendimento alternativo sobre a concepção do SAPP.

Do ponto de vista geológico, a sucessão sedimentar componente do subsistema em foco apresenta recorrência frequente de camadas arenosas (zonas aquíferas) entremeadas por camadas argilosas e calcárias pouco permeáveis a impermeáveis (aquitardos/aquicludes). A unidade Gramame, considerada uma camada confinante do Aquífero Beberibe, apresenta descontinuidades e sua extensão não foi ainda definida. As descrições litológicas de poços do cadastro SIAGAS corroboram essas afirmações.

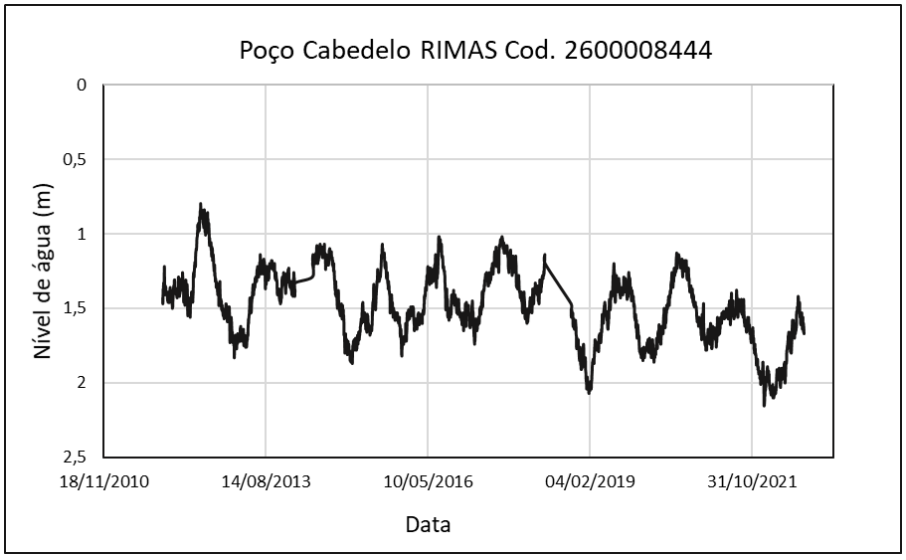
As correlações altitude do terreno *versus* cota do NE apresentadas no capítulo 3.7.4, para poços com profundidades maiores de 100 m, demonstram fraca correlação linear e grande dispersão de pontos. Essas características são mais consistentes com aquíferos multicamada, conforme explanado abaixo.

As cargas hidráulicas dos sistemas multicamadas caracterizam-se pelas cargas diferenciais existentes em cada uma das várias camadas aquíferas componentes do sistema. É importante compreender que um poço não funciona como um verdadeiro piezômetro porque, geralmente, é aberto em todo o seu comprimento, ao invés de em um único ponto. Dessa forma, não é possível estabelecer uma potenciometria única para esse sistema hidroestratigráfico, de tal sorte que o nível de água registrado num poço representa a interação entre os níveis de água de todos os aquíferos atravessados.

Assim, para uma mesma altitude do terreno e num mesmo local, poços perfurados em diferentes profundidades podem constatar diferentes níveis de água ao atravessar diferentes linhas de fluxo. Se uma dessas linhas representar uma componente de fluxo regional, poços profundos perfurados em baixas altitudes podem ser jorrantes (Fetter, 2001; Freeze & Cherry, 1979).

O monitoramento contínuo de níveis de água do poço código 2600008444, do cadastro RIMAS/CPRM, apresenta oscilações cíclicas que podem ser atribuídas a períodos de recarga por chuva (Figura 3.161). Este poço possui 310 m de profundidade e tem uma espessa camada descrita como calcário argiloso/compacto de 42 m a 93 m e o primeiro filtro encontra-se a 136 m. Situa-se na área de provável confinamento pela unidade Gramame. As oscilações cíclicas mostradas não se coadunam com um aquífero confinado, que não recebe recarga direta por precipitações atmosféricas.

Figura 3.161 – Dados de monitoramento de poço profundo (RIMAS/CPRM).



Os dados aqui analisados apontam evidências de que o “subsistema confinado” possa ser, portanto, interpretado com um aquífero multicamada.

3.7.11 *Caracterização qualitativa das águas*

Com o objetivo de consolidar e digitalizar informações hidroquímicas provenientes de múltiplas fontes, como projetos, órgãos governamentais, teses, dissertações e artigos, as informações levantadas e obtidas foram integradas ao BD Poços. Os dados hidroquímicos integrados ao BD Poços são provenientes do SISÁGUA, SIAGAS, CAGEPA, UFPB, o trabalho de Costa et al. (2007) e CDRM.

Para cada conjunto de dados coletados, antes destes serem integrados ao BD Poços, houve uma padronização das unidades de medida e dos textos de acordo com os parâmetros específicos. Além disso, as coordenadas geográficas unificadas para um mesmo sistema de projeção e foram adotadas medidas para evitar duplicações de informações, compatibilizando os dados hidroquímicos aos poços já existentes no BD Poços, se fosse o caso.

Com o propósito de ilustrar as variações espaciais dos dados hidroquímicos por unidade aquífera, foram criados mapas representando os principais parâmetros analisados: salinidade, potabilidade e classificação iônica. Os dados coletados foram categorizados de acordo com critérios específicos e comparados com a base de dados do IBGE (2006), que mapeou as características hidroquímicas do estado da Paraíba na escala 1:250.000.

Para possibilitar a classificação iônica e a avaliação da salinidade, foram desenvolvidos os diagramas de Piper e USSL (United States Salinity Laboratory), respectivamente. O diagrama de Piper oferece uma representação gráfica das proporções de diferentes íons presentes na água, permitindo uma análise visual das características iônicas. Por sua vez, o diagrama de USSL é empregado para avaliar os níveis de salinidade da água e sua adequação para diversos usos. Os gráficos e os mapas apresentados fornecem uma visualização da distribuição das propriedades hidroquímicas das águas subterrâneas do SAP.

3.7.11.1 Análise dos dados hidroquímicos do BD Poços

A partir da consolidação da base de dados, as águas foram caracterizadas do ponto de vista hidroquímico, considerando as variações composicionais nas diferentes unidades aquíferas, classificação iônica, avaliação da salinidade e análise de potabilidade.

No que diz respeito à classificação quanto ao conteúdo iônico e salinidade, um total de 101 poços foram classificados com base em análises químicas de diversas fontes, incluindo Costa et al. (2007), CDRM (Medeiros et al., 2009), CAGEPA e UFPB. Dessas fontes, apenas Costa et al. (2007) e o estudo de Monitoramento das Águas no Litoral da Paraíba realizaram a classificação com base no tipo de aquífero. A Figura 3.162 exibe a distribuição espacial dos poços considerados por Costa et al. (2007), agrupados por unidade aquífera monitorada. Para avaliar os aspectos físicos, os dados do SIAGAS da CPRM foram utilizados.

No contexto da adequabilidade para consumo humano, foram empregados dados de monitoramento do RIMAS, do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) do Ministério da Saúde (MS) e do Programa Água Doce, administrado pela Secretaria de Infraestrutura, dos Recursos Hídricos e do Meio Ambiente (MMA, 2010) do estado.

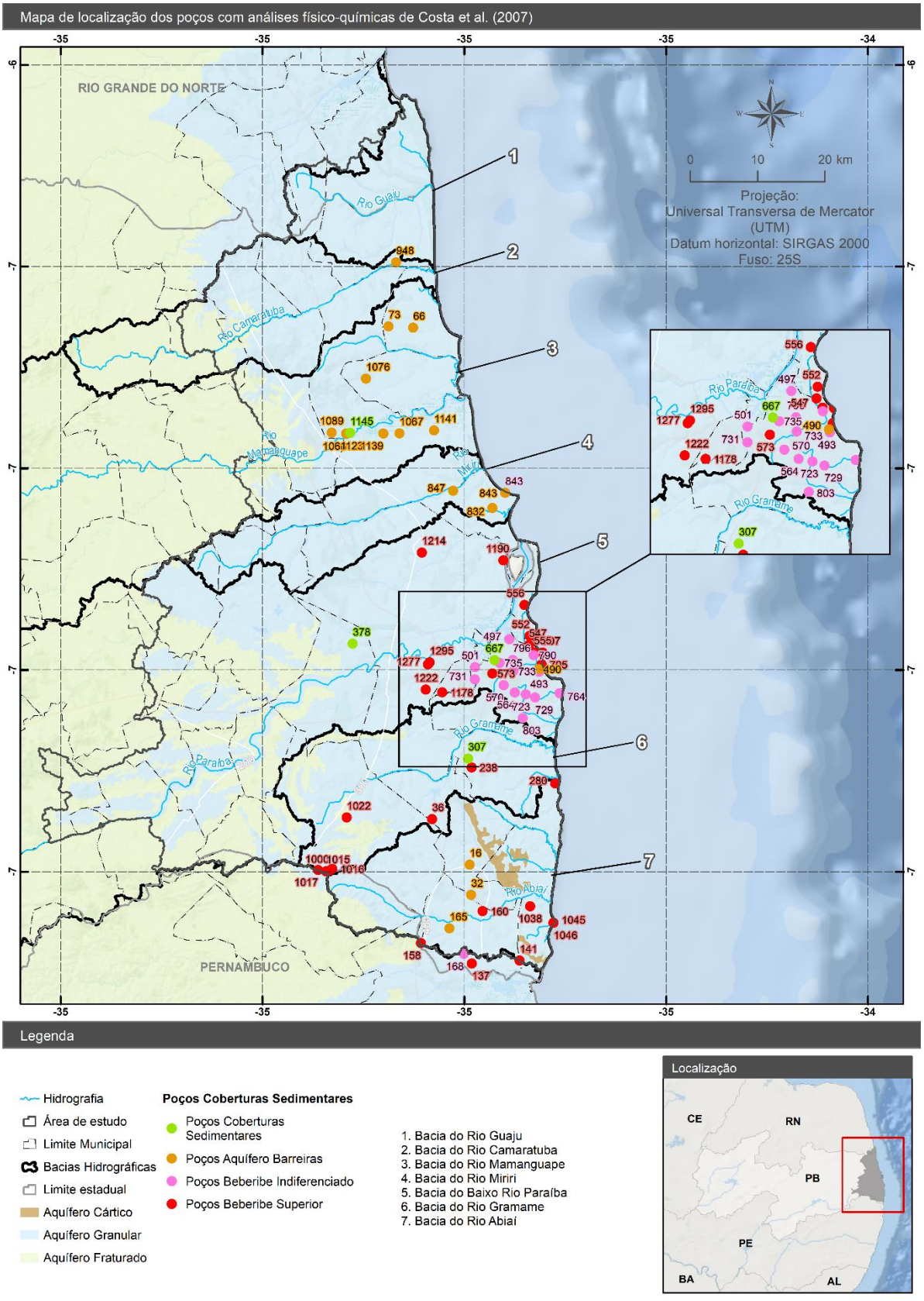


Figura 3.162 – Poços onde foram realizadas as coletas de água subterrânea para a caracterização hidroquímica

3.7.11.2 **Classificação iônica**

As classes iônicas estão representadas graficamente Figura 3.163 e espacialmente na Figura 3.164. A maior concentração de poços está situada na área urbana de João Pessoa. Os resultados das fácies hidroquímicas apontam que as águas na região, em sua maioria, são classificadas como bicarbonatadas mistas e cálcicas. Para a base de dados de Medeiros et al., (2009) não foi fornecida a diferenciação entre os aquíferos amostrados.

De forma mais geral, considerando o SAPP poroso, a classificação das águas baseada nos principais cátions e ânions resulta em predominância de águas bicarbonatadas mistas/cálcicas, seguidas por águas cloretadas mistas, cálcicas ou sódicas. Para cada unidade aquífera, a classificação iônica segue a relação abaixo:

- Aquífero Coberturas Sedimentares: predominam águas cloretadas cálcicas;

- Aquífero Barreiras: majoritariamente bicarbonatadas cálcicas e com presença de águas cloretadas sódicas;

- Aquífero Beberibe indiferenciado: predominam águas bicarbonatadas cálcicas, com a presença subordinada de águas mistas/sódicas e cloretadas mistas/sódicas;

- Aquífero Beberibe superior: as águas são principalmente bicarbonatadas mistas e bicarbonatadas cálcicas.

A interpretação do diagrama de Piper mostrou que para os aquíferos Beberibe e Beberibe indiferenciado, caracterizados por serem confinados ou semi confinados, observaram-se tendências lineares em direção ao vértice do bicarbonato, carbonato e cálcio. Essa inclinação pode ser indicativa da dissolução progressiva de cálcio e carbonato, possivelmente derivados da formação geológica sotoposta, como a formação Gramame. As baixas razões de magnésio para cálcio e as maiores concentrações de cálcio em relação ao sódio também sugerem a possibilidade de dissolução de carbonatos em detrimento de silicatos.

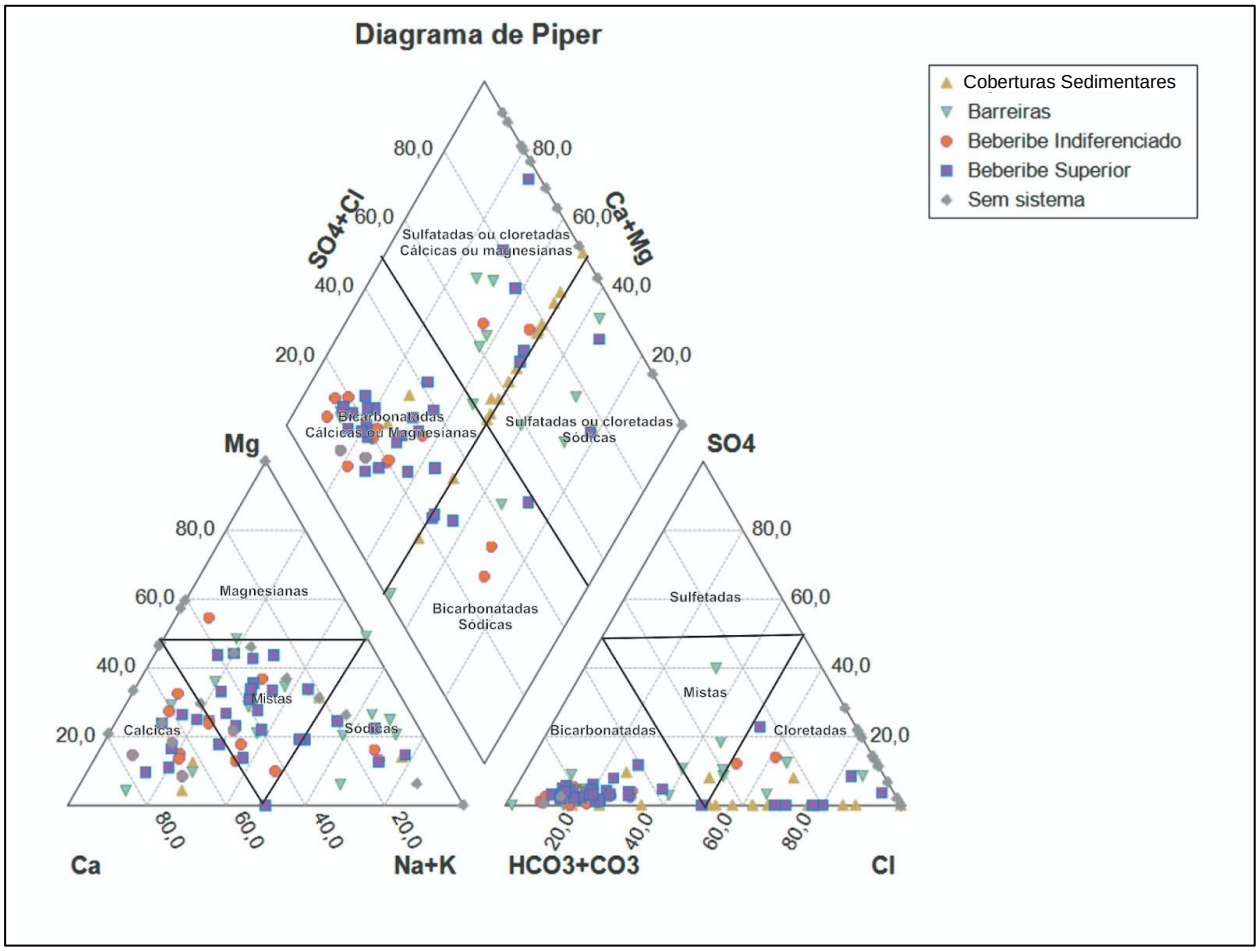


Figura 3.163 –Diagrama de Piper com a classificação iônica das análises químicas das bases de Costa et al., (2007), CDRM (Medeiros, 2007), CAGEPA e UFPB.

Para o Aquífero Coberturas Sedimentares, onde predominou a classificação de águas cloretadas, é provável que os solos estejam mais enriquecidos em íons cloreto, podendo até mesmo ser influenciados por intrusões salinas. ~~Isso pode ser especialmente relevante em regiões de clima semiárido, onde a evaporação é alta e a concentração de sais, incluindo cloreto, pode aumentar na água devido ao processo de evaporação e concentração~~.

A Figura 3.165 apresenta gráficos de *box plot* que ilustram a variação da condutividade elétrica em relação às unidades aquíferas identificadas nos resultados de análises obtidas do SIAGAS. Os gráficos revelam que o Aquífero Coberturas Sedimentares exibe condutividade elétrica significativamente menor em relação ao Aquífero Beberibe, chegando a valores tão baixos quanto 25 uS/cm. Por outro lado, a formação Beberibe apresenta valores de condutividade elétrica que variam até 500 uS/cm, com uma média em torno de 250 uS/cm, indicando uma maior concentração de íons em comparação com os aquíferos livres.

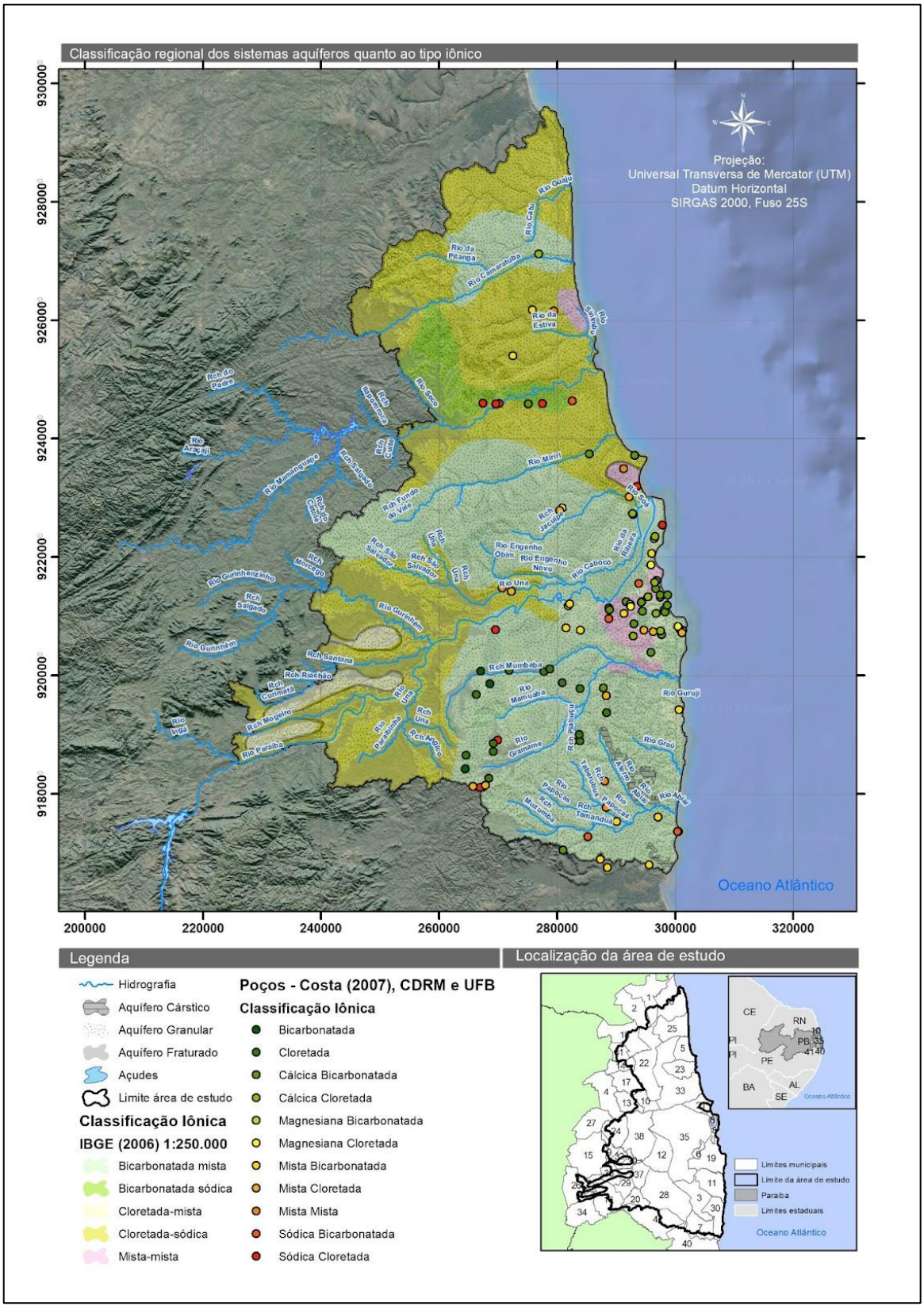


Figura 3.164 - Mapa com a classificação iônica dos pontos amostrados confrontados com a base do IBGE

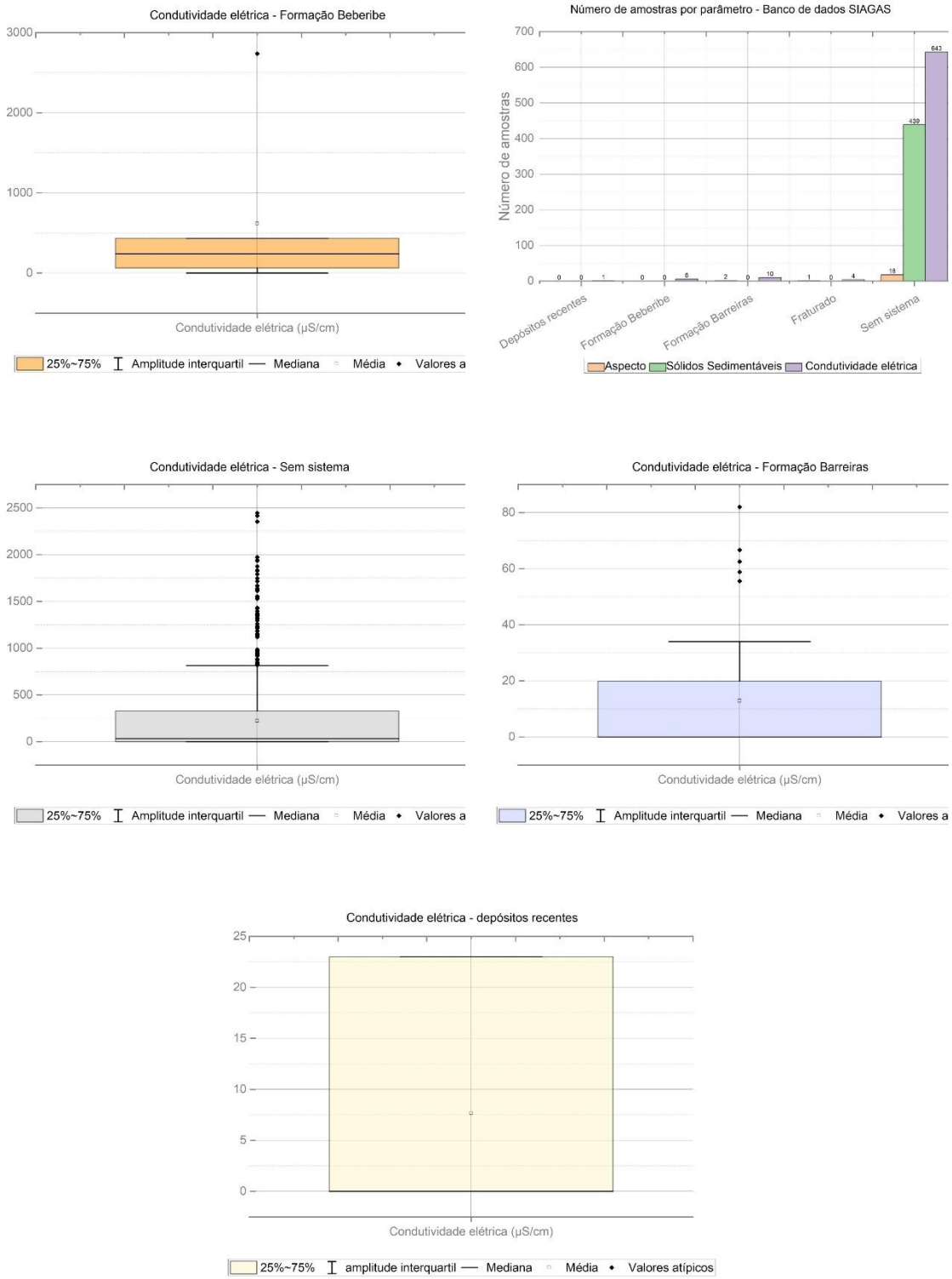


Figura 3.165 - Gráficos *box-plot* indicando a variação da condutividade elétrica ao longo das unidades aquíferas identificadas.

As relações frequentemente utilizadas para distinguir entre águas de origem continental ou marinha são: rMg/rCa, rK/rNa, rCl/rHCO3. Outras razões também empregadas incluem rCa/rMg, rCa/rSO4 e rNa/rC. As razões calculadas mostram que a razão rMg/rCa variam de 0,02 a 2,43, as razões rK/rNa variam de 0,02 a 0,99, as razões rCl/rHCO3 variam de 0,01 a 26,61 e as razões rCa/rSO4 variam de 0,13 a 50,10. Esses valores se enquadram nos intervalos correspondentes à classificação de água de origem continental. Existem apenas algumas exceções, como no caso do Aquífero Beberibe Superior, onde o poço 238 no assentamento Gurugi em Conde pode ter água de origem marinha ou contaminação subsequente, e o poço 1022 na localidade de Sítio Jangada no município de Pedras de Fogo, que possuía possível contaminação salina, possivelmente de paleomangues que infiltraram na porção superior (COSTA et al., 2007).

Classificação quanto à salinidade

Para avaliar a adequação das águas para fins de irrigação, foram considerados o gráfico da Figura 3.166 , diagrama de salinidade da USSL, comumente empregado para avaliar essa característica e o mapa da Figura 3.167. A classificação das águas para uso agrícola é determinada pela concentração de íons como sódio, potássio, cloreto, sulfato, bicarbonato e boro.

A análise do gráfico da Figura 3.166 revela que, para o Aquífero Coberturas Sedimentares, 35% das amostras se enquadram na classe C1-S1, 29% são classificadas como C2-S2 e 29% como C2-S1. No caso do Aquífero Barreiras, a predominância é da classificação C1-S1. As águas provenientes dos Aquíferos Coberturas Sedimentares exibem baixa salinidade, com condutividades elétricas entre 100 e 250, sendo adequadas para a irrigação da maioria das culturas e solos, com baixo risco de salinização. Essas águas também possuem baixo conteúdo de sódio, podendo ser empregadas em quase todos os tipos de solo, com pouca probabilidade de acumulação de sódio prejudicial ao cultivo de uma ampla gama de vegetais.

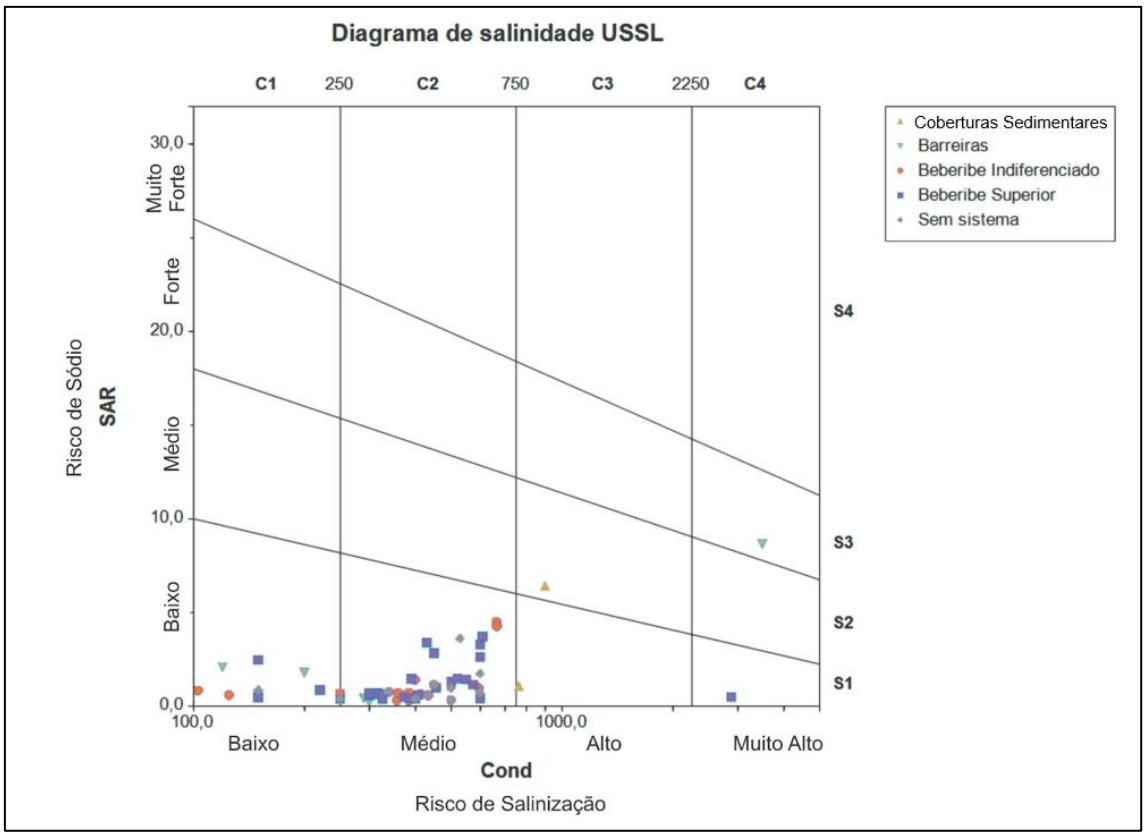


Figura 3.166 - Diagrama de salinidade indicando o risco de salinização e o risco de sódio para as unidades aquíferas estudadas.

Em contraste, para os aquíferos confinados, Aquífero Beberibe Superior e Indiferenciado, 75% das amostras se classificam como C2-S1, e 19% como C1-S1. As águas em que não foram classificadas quanto ao tipo de aquífero também predominantemente foram classificadas como C2-S1. Essas águas apresentam salinidade média, com condutividades elétricas entre 250 e 750, devendo ser usadas com precaução e preferencialmente em solos de textura siltosa, arenosa, siltosa ou argiloarenosa, quando há uma moderada ação do solo. As plantas com baixa tolerância à salinidade pode ser cultivadas em grande parte dos casos sem riscos. Similarmente aos aquíferos mais recentes, essas águas são fracamente sódicas, podendo ser utilizadas em uma variedade de solos e suportando o cultivo de diversos vegetais.

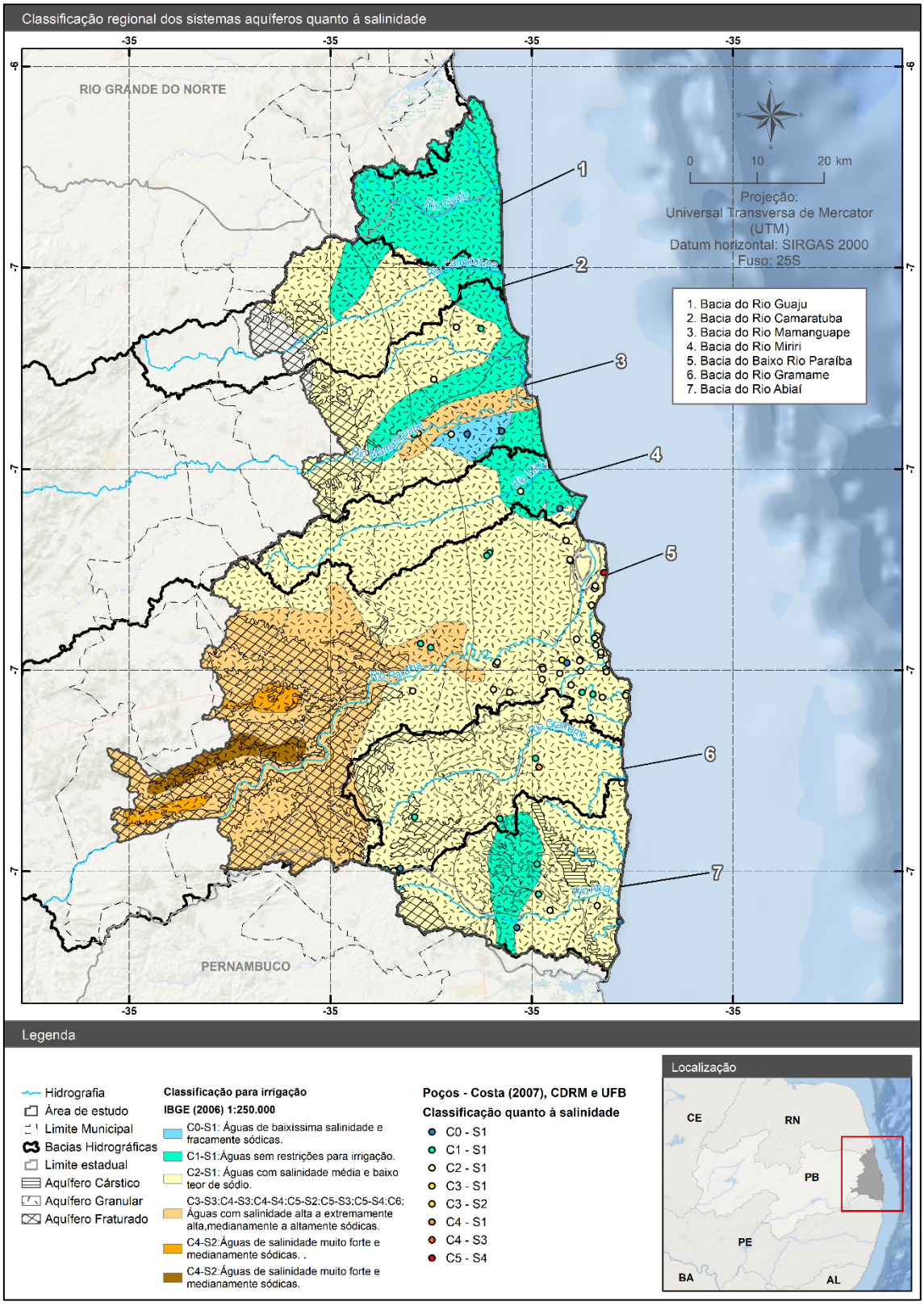


Figura 3.167 - Mapa com a classificação das águas quanto à salinidade confrontados com a base do IBGE

Dentro do contexto do Programa Água Doce (2010), que aborda o suprimento de água subterrânea para usos domésticos e aplicações diversas, uma análise envolvendo um total de 24.847 poços no seminário brasileiro foi conduzida. Para a porção espacial referente ao SAPP, as salinidades das águas subterrâneas oscilam entre 0,001 mg/L a 5.000 mg/L, sendo classificadas predominantemente como fontes de água doce.

Em uma escala mais local, o estudo apresentado por Coutinho et al. (2013) destaca os valores de nitrato e índices de qualidade da água subterrânea em poços localizados na bacia hidrográfica do rio Gramame. O parâmetro nitrato demonstra concentrações próximas ou superiores ao limite máximo de 10 mg/L estabelecido pela Resolução 396/2008 do CONAMA em três poços amostrados. Ao relacionar os dados de espacialização do nitrato com o uso e ocupação do solo, observou-se que as maiores concentrações desse parâmetro ocorreram em poços próximos a aglomerados rurais e áreas utilizadas para atividades agrícolas intensivas que empregam fertilizantes.

Ainda se tratando de situações mais específicas, de acordo com o PERH-PB (AESA, 2022), também foram identificadas situações em que poços, ao captar o Aquífero Beberibe Inferior de composição quartzosa, indicaram evidências de alta salinidade (aproximadamente 1.000 mg/L, de acordo com perfis geofísicos). Esse cenário é peculiar e contradiz as características litológicas esperadas para esse aquífero.

3.7.11.3 **Classificação quanto à potabilidade**

O Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) consiste no conjunto de ações adotadas continuamente pelas autoridades de saúde pública nas diferentes esferas de atuação para garantir à população o acesso à água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade, estabelecido na legislação vigente (BRASIL, 2016). O programa utiliza o monitoramento para cumprimento da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano de 2016, que foi elaborada para atender ao disposto da Portaria de Potabilidade, a qual atribuía a Secretaria de Vigilância em Saúde Do Ministério da Saúde (SVS/MS) a competência de estabelecer as diretrizes a serem implementadas pelas autoridades competentes dos estados.

A vigilância atua na prevenção de doenças e quaisquer riscos associados a má qualidade da água, avaliando todo o sistema que envolve desde a captação da água até o seu destino de consumo humano. Também assume caráter investigativo, atuando em emergências e pela atenuação de possíveis surtos de doenças que possam ser transmitidas pela água.

Basicamente, o monitoramento realizado pela vigilância da qualidade da água para consumo humano tem como objetivo:

- Avaliar a integridade do sistema de distribuição;
- Subsidiar a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade;
- Identificar pontos críticos/vulneráveis (fatores de risco) em sistemas e soluções alternativas de abastecimento;
- Verificar se as condições de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica interferem na qualidade da água bruta e/ou tratada;
- Verificar se o tratamento empregado é adequado às características da água do manancial de captação;
- Identificar grupos populacionais expostos a situações de risco.

Os estados e municípios devem implementar as diretrizes com um plano de amostragem de rotina, respeitando os princípios do Sistema Único de Saúde (SUS) e prioridades, objetivos metas e indicadores do VIGIAGUA, tendo que, obrigatoriamente, possuir corpo técnico capacitado para a avaliação dos resultados e tomada de decisão, visando a execução das medidas necessárias para cumpri-las.

O plano de amostragem de rotina deve envolver um plano básico de amostragem, definido no relatório, além do plano de monitoramento de agrotóxicos e, se necessário, um plano específico de monitoramento conforme características locais ou para eventos de massa, desastres ambientais e surtos ou epidemias.

O plano de amostragem básico possui um número mínimo de amostras mensais (Quadro 3.67) para os parâmetros de cloro residual livre (CRL), coliformes totais/Escherichia coli, turbidez e fluoreto de acordo com faixas populacionais. A escolha destes parâmetros foi com base em literaturas especializadas sobre indicadores de

qualidade microbiológica da água para consumo humano ((ASHBOLT; GRABOW; SNOZZI, 2001; BASTOS *et al.*, 2000; NIEMINSKI; BELLAMY; MOSS, 2000; UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011).

Quadro 3.67 – Número mínimo de amostras mensais no projeto VIGIAGUA

Parâmetros	População (hab.)					
	0 a 5.000	5.001 a 10.000	10.001 a 50.000	50.001 a 200.000	200.001 a 500.000	Superior a 500.001
Cloro Residual Livre (CRL)	6	9	8 + (1 para cada 7,5 mil habitantes)	10 +(1 para cada 10 mil habitantes)	20 + (1 para cada 20 mil habitantes)	35 + (1 para cada 50 mil habitantes)
Turbidez						
Coliformes totais/ Escherichia coli						

O SISAGUA, instrumento do Vigiagua, contém um banco de dados de cumprimento das diretrizes do Plano Básico de amostragem contendo informações sobre CRL, turbidez e coliformes totais/E. coli, contendo o quantitativo de amostras previsto de acordo com a população de cada município e quantas amostras foram analisadas. Os dados obtidos do SISAGUA para os municípios da área de estudo estão contidos no BD Poços. É possível observar um aumento do número de amostras com o passar dos anos devido ao aumento da população nos municípios (Quadro 3.68).

Quadro 3.68 – Soma dos números previstos e analisados para as cidades da área de estudo

	2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022	
N° Previsto	5292	%	5316	%	5316	%	5316	%	5316	%	5328	%	5340	%
CRL (mg/l)	200	3.8%	515	9.7%	922	17.3%	1359	25.6%	1435	27.0%	2108	39.6%	2494	46.7%
Coliforme/E.coli	3297	62.3%	3778	71.1%	4019	75.6%	3760	70.7%	3411	64.2%	3900	73.2%	4113	77.0%
Turbidez (NTU)	3325	62.8%	4144	78.0%	4389	82.6%	3668	69.0%	3401	64.0%	4045	75.9%	4144	77.6%

A classificação espacial das águas quanto à potabilidade segundo a classificação do IBGE (2006) está representada na Figura 3.170. Adicionalmente, a representação gráfica das classificações dos poços quanto ao uso e à conformidade com a Portaria de Consolidação n°5/2017 do Ministério da Saúde pode ser visualizada na Figura 3.168 e Figura 3.169. A análise dos gráficos permite inferir que, de maneira geral, a qualidade da água é superior no aquífero poroso em comparação ao aquífero fraturado, e as águas são predominantemente utilizadas para abastecimento público, seguidas de usos industriais e, por último, irrigação.

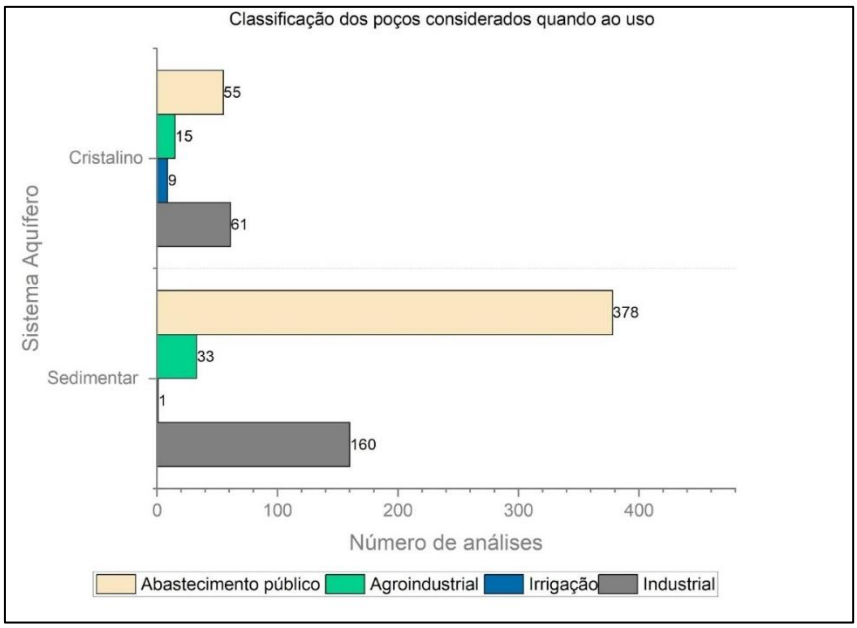


Figura 3.168 - Gráfico colunar com os diferentes usos dos poços analisados do ponto de vista hidroquímico do banco de dados do SISÁGUA.

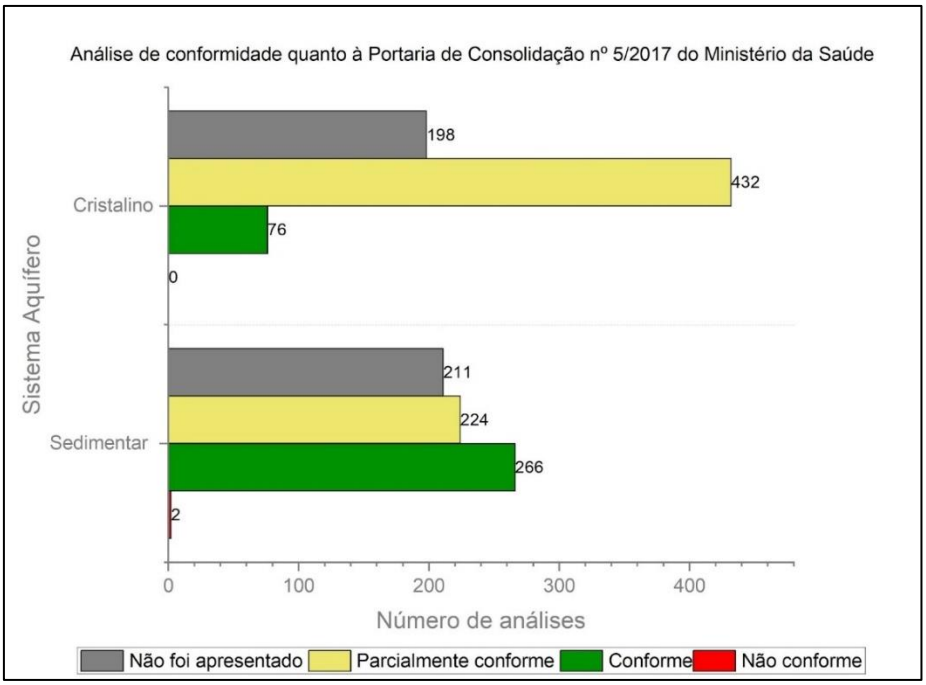


Figura 3.169 - Gráfico coluna indicando a quantidade de amostras conformes ou não quanto a portaria número 5 de 2017 do Ministério da saúde do banco de dados doces água por unidade aquífera

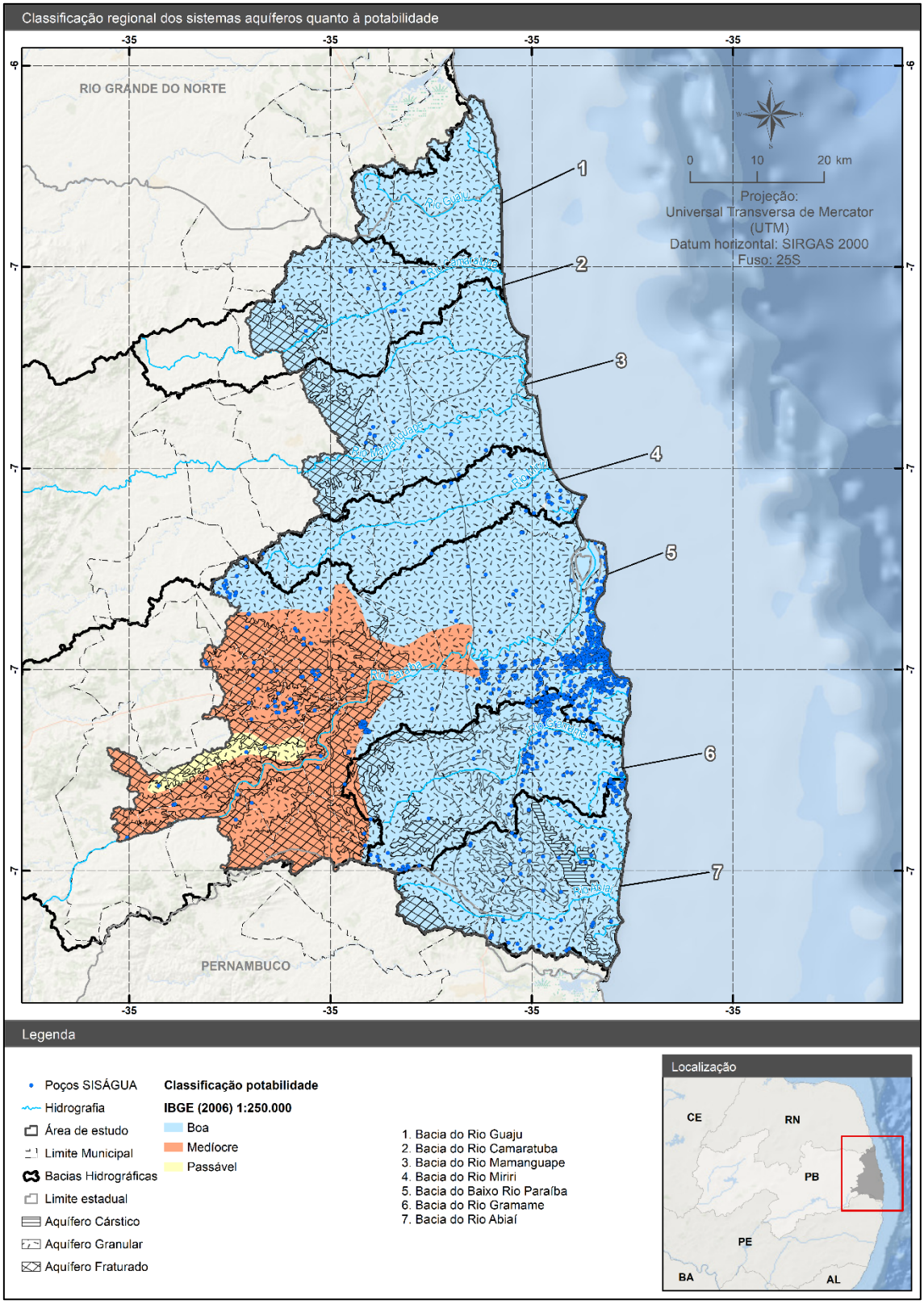


Figura 3.170 - Mapa com a localização dos postos doce água e a classificação quanto à potabilidade pelo IBGE.

De acordo com as informações obtidas do trabalho de Costa, as análises indicam que as águas são consideradas doces e atendem aos critérios de água potável estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Portaria n° 518/2004). Em relação à salinidade, cerca de 97% das amostras foram classificadas como águas doces, enquanto somente duas amostras (3%) foram identificadas como águas salobras. No tocante à potabilidade da água, somente duas amostras apresentaram valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) acima de 1000 mg/L, e outras duas amostras tiveram teores de ferro superiores ao limite de 0,3 mg/L, como estabelecido pela Portaria n° 888/2004 do Ministério da Saúde (COSTA et al., 2007).

Das informações obtidas de Medeiros, constatou-se que a maioria dos poços na região de Bancários em João Pessoa, que engloba o Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco, foi avaliada como adequada para o consumo humano, sugerindo também a viabilidade de outros usos, como irrigação e aplicações industriais. Com relação a Albuquerque et al. (2011), apesar da quantidade limitada de análises químicas nas águas dos aquíferos explorados, as 11 medições de resíduo seco e condutividade elétrica sugerem que a qualidade dessas águas é satisfatória.

No que tange às informações obtidas do PERH-PB (AESA, 2022), é relevante observar que análises físico-químicas detalhadas não estão disponíveis em quantidade suficiente para uma caracterização completa das águas subterrâneas do SAPP. Entretanto, os registros de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) em 3.020 poços foram usados de maneira estatística para avaliar a adequação das águas para consumo. A análise do PERH-PB considerou parâmetros hidroclimatológicos e hidrogeológicos. Não foram identificadas restrições significativas em relação à qualidade das águas em todo o SAPP, exceto na região costeira, onde o aquífero explorado é o Beberibe/Itamaracá. Nesse sub-sistema inferior, há problemas de alta dureza da água, presença de odor e sabor indesejáveis, e concentração de ferro que excede o limite recomendado de 0,3 mg/L estabelecido pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde. A avaliação das características hidroquímicas das águas subterrâneas do Sistema Paraíba-Pernambuco na Paraíba (AESA, 2022a - RF-02-Diagnósticos/Volume 1) conclui que não há restrições significativas na qualidade das águas.

3.8 DEMANDA E USO DA ÁGUA

A análise das principais demandas hídricas da área do Sistema Aquífero Paraíba – Pernambuco foi conduzida através de dados secundários, a partir das seguintes fontes de dados:

1. Uma base de dados consolidada a partir dos seguintes bancos de dados: Outorgas da AESA, SIAGAS, RIMAS, CAGEPA e um trabalho de Costa (2007), denominada Banco de Dados de Poços (BD-Consolidado);
2. Usos Consuntivos de Água no Brasi (ANA, 2022), neste capítulo denominado de BD-Usos;
3. Atlas Irrigação (ANA, 2021b) para as demandas de agricultura irrigada; e
4. Atlas Águas (ANA, 2021a) para as demandas de abastecimento urbano.

A base BD-Consolidado constitui a fonte principal de informações, pois é baseada nos pedidos de outorga e cadastros de poço com informações de vazão captada, e informações da CAGEPA; os estudos da ANA são baseados em estimativas da demanda hídrica a partir de dados secundários e serão usados para consolidação e comparação das informações obtidas.

A Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água no Brasil foi lançada em 2019 com a publicação Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil (ANA, 2019), consolidando e aprimorando as estimativas de usos setoriais e múltiplo da água, acompanhando a evolução da malha territorial de 1931 até atualmente, e realizando projeções até 2040. Assim surgiu a primeira versão da Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água (BD-Usos). Como uma forma eficaz de monitoramento indireto dos usos da água, a BD-Usos passa por atualizações periódicas para incorporar novos anos-diagnóstico, novos horizontes de projeção e aprimoramentos em métodos e bases de dados. A versão atual da BD-Usos atualiza o diagnóstico até 2021 e as projeções até 2040 (ANA, 2022). A BD-Usos consiste em demandas estimadas e consolidadas pela ANA, e é atualmente considerada a base de dados oficial de abrangência nacional no Brasil.

Para tipologias de uso específicas, também foram utilizados estudos setoriais da ANA: o Atlas Águas (ANA, 2021) e o Atlas Irrigação (ANA, 2021).

O Atlas Águas foi elaborado a partir de informações dos representantes de prestadores de serviços de água (estaduais, municipais e privados), que preencheram formulários de coleta, participaram de reuniões técnicas de trabalho e de validação das informações. O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), as Secretarias Estaduais e outros parceiros institucionais contribuíram com suas visões de planejamento da infraestrutura e com informações adicionais sobre investimentos e iniciativas recentes ou em andamento. Também foram consultadas bases de dados públicas, como as do IBGE, do SNIS e de Planos Municipais de Saneamento Básico, visando complementar o diagnóstico e o prognóstico da oferta de água, assim como o conjunto de ações previstas.

O levantamento detalhado de informações sobre os mananciais e sistemas de abastecimento foi realizado para todas as sedes urbanas dos 5.570 municípios brasileiros. A classificação dos mananciais e dos sistemas sintetiza a componente de eficiência da produção no Atlas Águas. Análises complementares foram realizadas para caracterizar a eficiência da distribuição.

O Atlas Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada é o resultado do empenho da ANA em fornecer uma nova base técnica, ampliada e atualizada, com informações relevantes sobre a agricultura irrigada brasileira na sua interface com os recursos hídricos, subsidiando tomadas de decisão com vistas ao desenvolvimento sustentável, à segurança hídrica e à garantia dos usos múltiplos da água.

O Atlas Irrigação foi elaborado entre 2018 e 2020 a partir de um planejamento de etapas e de estratégias de execução traçado em 2017, logo após o lançamento da primeira edição. As atividades foram executadas diretamente pela ANA ou em parceria com referências do setor agrícola, como: Conab, Embrapa, Agrosatélite, IBGE, UFPR, ESALQ/USP, USGS (Serviço Geológico Americano) e MDR. Outras publicações, que detalham algumas dessas atividades, foram lançadas previamente ao Atlas. Em 2021, o Atlas foi atualizado para sua segunda edição.

Cada base possui vantagens e desvantagens de serem utilizadas, com lacunas específicas relativas ao modo como foram elaboradas.

Os cadastros de usuários representam a realidade, uma vez que se trata de dados reais dos usuários, e contam com informações detalhadas e microlocalizadas da fonte de

água (superficial ou subterrânea), do usuário, da localização da captação e da tipologia de uso. No entanto, costumam não contemplar usos de pouca expressão (denominados usos insignificantes, que são dispensados de outorga). Outro problema comum com os cadastros são os usuários irregulares, que não solicitam outorga e nem se cadastram em outras bases de usuários.

Os cadastros também são autodeclaratórios, dependem de formulários preenchidos pelo próprio usuário, que pode superdimensionar ou subdimensionar sua demanda real por desconhecimento ou má-fé. Por exemplo, é comum usuários solicitarem outorgas maiores que o uso real para garantir uma reserva de água caso queiram expandir seus empreendimentos.

A BD-Usos consiste em uma base de dados muito robusta, com metodologia validada e aplicada de maneira uniforme em todo o território nacional, com consistência, validação e atualização de dados. Também consiste na base oficial utilizada pela ANA para avaliação da demanda hídrica e auferição dos balanços hídricos. Também possui a vantagem de estar distribuída em uma boa escala, por ottobacias. Em que pese ser uma base de dados muito robusta, ainda assim trata-se de estimativas baseadas em dados secundários para estimar a demanda hídrica, e estimativas sempre estão sujeitas a erros, principalmente em pequenas áreas.

Ainda que a base esteja distribuída por ottobacia, não possui informações de localização de captação, por isso não gera informações microlocalizadas, e para análises em grandes escalas o erro tende a ser maior. Além disso, por se basear em métodos indiretos, a base não possui informações detalhadas do usuário, nem tipologias específicas de uso.

Os estudos setorais utilizam metodologias específicas para o setor estudado, e tendem a gerar dados mais confiáveis para aquele setor. O Atlas Águas, por exemplo, consolidou dados de saneamento diretamente com as prestadoras de serviço e municípios individualmente, obtendo um bom nível de robustez e consolidação.

O Atlas de Irrigação fez levantamento de todas as áreas irrigadas do país, com análises específicas dos tipos de cultivo e demanda hídrica de cada cultivo, geograficamente, e ao longo do ano, considerando a variabilidade climática e pluviométrica.

No entanto, estes estudos setoriais têm a limitação de fornecer informação sobre um setor específico, e não geram informações de demandas hídricas totais para uma área, e ainda assim são estimativas, sujeitas ao erro causado pelas aproximações e premissas.

Os subcapítulos a seguir, apresentam a análise desenvolvida a partir das bases de dados mencionadas. Os resultados são apresentados por finalidade de uso da água, quando possível são apresentadas as demandas separadas por origem superficial e subterrânea. Além disso a informação é especializada por município e bacias hidrográficas.

3.8.1 *Abastecimento público*

As demandas para abastecimento público foram analisadas a partir de três fontes de dados:

- BD-Consolidado;
- BD-Usos;
- Atlas Águas.

O Atlas Águas foi elaborado a partir de informações dos representantes de prestadores de serviços de água (estaduais, municipais e privados), que preencheram formulários de coleta, participaram de reuniões técnicas de trabalho e de validação das informações. O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), as Secretarias Estaduais e outros parceiros institucionais contribuíram com suas visões de planejamento da infraestrutura e com informações adicionais sobre investimentos e iniciativas recentes ou em andamento. Também foram consultadas bases de dados públicas, como as do IBGE, do SNIS e de Planos Municipais de Saneamento Básico, visando complementar o diagnóstico da oferta de água, assim como o conjunto de ações previstas.

O Atlas Águas é atualmente a base de dados de nível nacional mais completa sobre abastecimento urbano, tendo sido elaborada a partir de uma análise e consistência individualizada para cada município e prestador de serviço de saneamento.

A base dos Usos Consuntivos de Água no Brasil estima os valores de retirada a partir de dois indicadores: o uso per capita (água que potencialmente chega aos usuários) e as perdas nas redes de distribuição (água perdida entre a captação e o usuário final). O

uso corresponde aos volumes distribuídos que efetivamente são disponibilizados aos habitantes (volumes hidrometrados nas residências + volumes estimados para habitantes sem medição). A perda corresponde à parcela do volume de retirada que não é convertido em uso, decorrente potencialmente de falhas e vazamentos na rede de distribuição (perda física), mas que também pode incorporar parcelas de perda aparente (água usada, mas não contabilizada por falhas de medição ou ligações clandestinas).

Para obtenção dos indicadores municipais de uso e de perdas, a primeira verificação dos dados do SNIS visa garantir a representatividade da amostra: a hidrometração (IN009) deve ser superior a 50%, garantindo que os dados informados pelo prestador tenham parcela maior de medição do que de estimativa; o atendimento urbano de água (IN023) deve cobrir mais de 80% da população do município, garantindo boa representatividade do coeficiente; e a participação das economias residenciais (IN043) deve ser superior a 70%, diminuindo a influência dos setores comercial e de serviços e algumas indústrias de menor porte que possam impactar de forma mais expressiva os valores municipais.

Para os municípios que atendem aos critérios, os valores de uso per capita e perda são calculados, verificando se os valores são consistentes com os limites mínimo e máximo estabelecidos.

Para os municípios que não atenderam aos critérios anteriores é avaliado o uso do IN022 (consumo médio per capita de água) como indicador de uso per capita. Após essas etapas de análise, concluiu-se que para 85% dos municípios brasileiros, abarcando cerca de 95% da população urbana, foram obtidos indicadores do próprio município, sem a necessidade de adotar coeficientes teóricos ou médios (do Estado ou do prestador).

Para preenchimento dos dados de uso per capita e/ou perda média dos municípios que não informaram dados ao SNIS ou não atenderam aos critérios de consistência, foi elaborada uma tabela de referência com base nos municípios com dados da UF e faixas populacionais (Quadro 3.69).

Quadro 3.69 – Tabela de referência para perdas no estado da Paraíba.

Faixa populacional	<5	>5 e <35	>35 e <75	>75
Perdas (%)	87%	87%	95%	112%

Fonte: ANA (2019)

A estimativa das demandas potenciais considera a população, urbana ou rural, multiplicada por um coeficiente per capita, ajustada aos índices de perdas físicas na rede de distribuição, quando houver, e as vazões efetivamente captadas nos cursos hídricos pelos sistemas públicos de abastecimento.

O Atlas Águas apresenta as informações espacializadas por município, a BD-Usos por ottobacia, e o BD-Consolidado apresenta as coordenadas das captações. No Quadro 3.70, na Figura 3.171 e Figura 3.172 estão apresentadas as demandas para abastecimento público, por município, das três bases de dados analisadas.

Quadro 3.70 – Demandas em m³/s para abastecimento público por município

Município	BD-Consolidado				BD-Usos	Atlas Águas
	Açude	Rio	Poço tubular	Total		
Alhandra		0,543	0,018	0,561	0,017	0,035
Baía da Traição					0,011	0,006
Baía Formosa					0,023	0,025
Bayeux			0,046	0,046	0,108	0,354
Caaporã	0,583		0,002	0,586	0,043	0,066
Cabedelo		0,001	0,038	0,039	0,168	0,246
Caldas Brandão					0,000	0,005
Canguaretama					0,010	0,000
Capim					0,021	0,018
Conde	2,45	0,5	0,042	2,992	0,091	0,053
Cruz do Espírito Santo		0,0216	0,000	0,022	0,018	0,023
Cuité de Mamanguape					0,010	0,008
Curral de Cima					0,000	0,002
Gurinhém					0,000	0,000
Itabaiana					0,047	0,063
Itambé					0,013	0,123
Itapororoca					0,000	0,000
Jacaraú		0,018	0,000	0,018	0,002	0,019
João Pessoa	0,167		0,503	0,670	2,828	2,234
					0,061	0,027
Lucena			0,008	0,008	0,103	0,069
Mamanguape	0,056243333		0,003	0,060	0,065	0,076
Marcação					0,005	0,011
Mari					0,025	0,000
Mataraca					0,024	0,011
Mogeiro					0,000	0,000
Pedras de Fogo		0,039	0,006	0,045	0,101	0,051
Pedro Régis					0,002	0,000

Município	BD-Consolidado				BD-Usos	Atlas Águas
	Açude	Rio	Poço tubular	Total		
Pilar					0,012	0,016
Pitimbu			0,015	0,015	0,031	0,039
Riachão do Poço					0,004	0,004
Rio Tinto		0,046	0,000	0,046	0,041	0,029
Salgado de São Félix					0,008	0,014
Santa Rita		0,356	0,073	0,429	0,347	0,242
São José dos Ramos					0,007	0,008
São Miguel de Taipu			0,003	0,003	0,012	0,011
Sapé	0,173		0,000	0,173	0,057	0,061
Sobrado					0,004	0,003
Total	**3,430**	**1,524**	**0,759**	**5,713**	**4,315**	**3,951**

Fonte: ANA (2021a, 2022), AESA (2022).

As informações do BD-Consolidado consideram os cadastros de demanda para abastecimento público, com a localização dada pelo local da captação, e consequentemente no município onde se localiza a captação. Nesse sentido, o cadastro difere das informações das demandas estimadas, que quantificam a demanda a partir da população, e por isso a demanda é localizada no município da população de origem, não necessariamente no município onde se encontra a captação. Por isso que a demanda cadastrada do município de Conde é tão alta comparado com as estimativas do Atlas e da BD-Usos, porque a principal captação do município de João Pessoa se encontra no rio Gramame, localizado no município de Conde. Em João Pessoa há outra captação com um conjunto de poços, estes identificados nas demandas do BD-Consolidado.

Na Figura 3.172 estão apresentadas as demandas cadastradas no BD-Consolidado, onde podem ser identificadas as demandas superficiais e subterrâneas. O município de Conde onde se encontra a captação de João Pessoa possui praticamente a totalidade das demandas superficiais.

No Quadro 3.71, Figura 3.178 e Figura 3.179 estão apresentadas as informações por bacia hidrográfica.

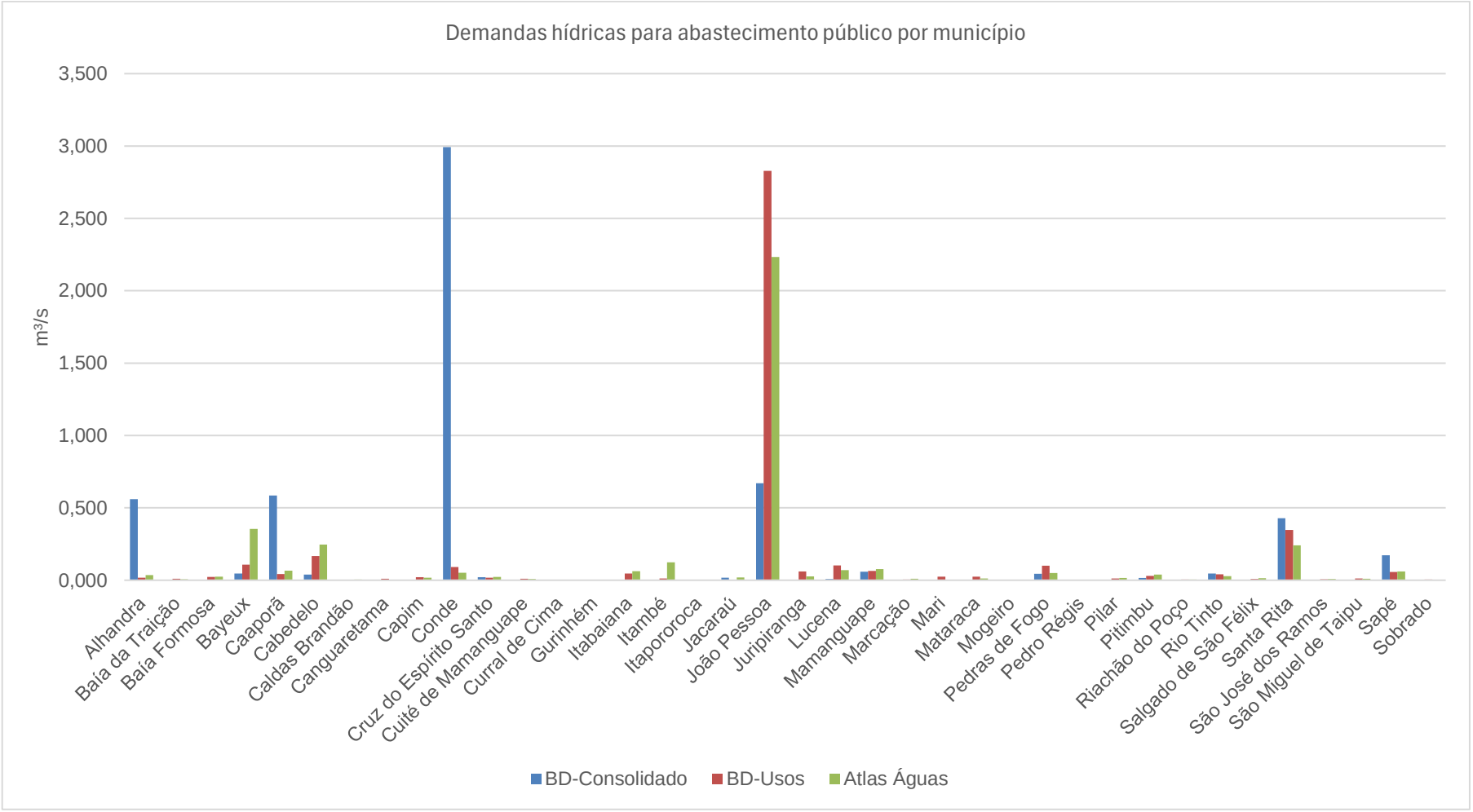


Figura 3.171 – Demandas para abastecimento público por município.

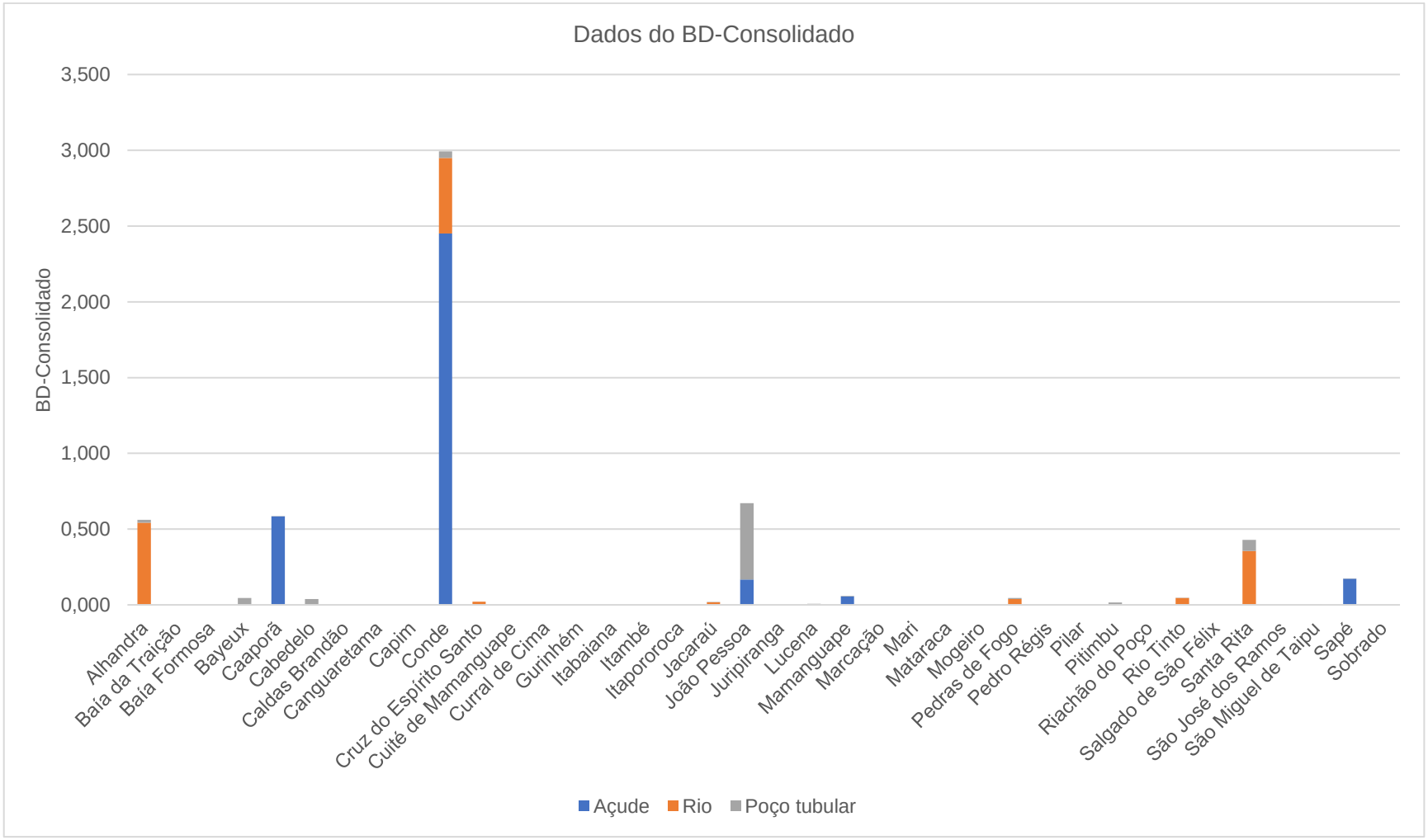


Figura 3.172 – Demandas para abastecimento público por município do BD-Consolidado.

Quadro 3.71 – Demandas em m³/s para abastecimento público por bacia hidrográfica

Bacia hidrográfica	BD-Consolidado				BD-Usos
	Açude	Rio	Poço tubular	Total	
Abiaí	0,583	0,543	0,048	1,175	0,171
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,340	0,379	0,633	1,351	3,036
Camaratuba		0,018	0,000	0,018	0,044
Gramame	2,450	0,539	0,066	3,055	0,847
Guaju					0,043
Mamanguape	0,056	0,046	0,004	0,106	0,098
Miriri			0,008	0,008	0,076
Total	**3,430**	**1,524**	**0,759**	**5,713**	**4,315**

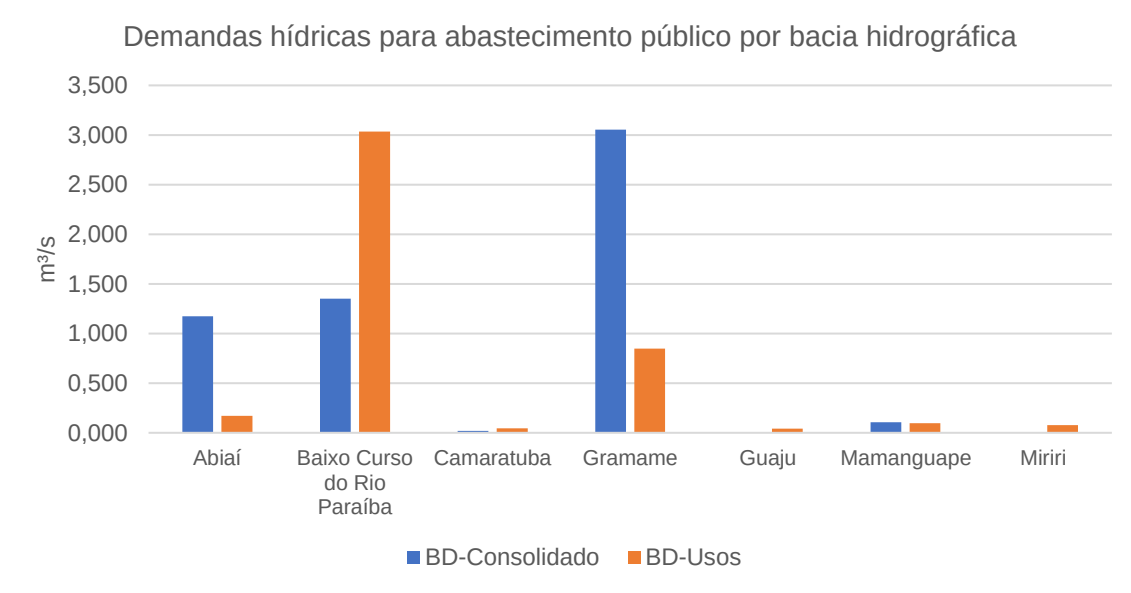


Figura 3.173 – Demandas para abastecimento público por bacia hidrográfica.

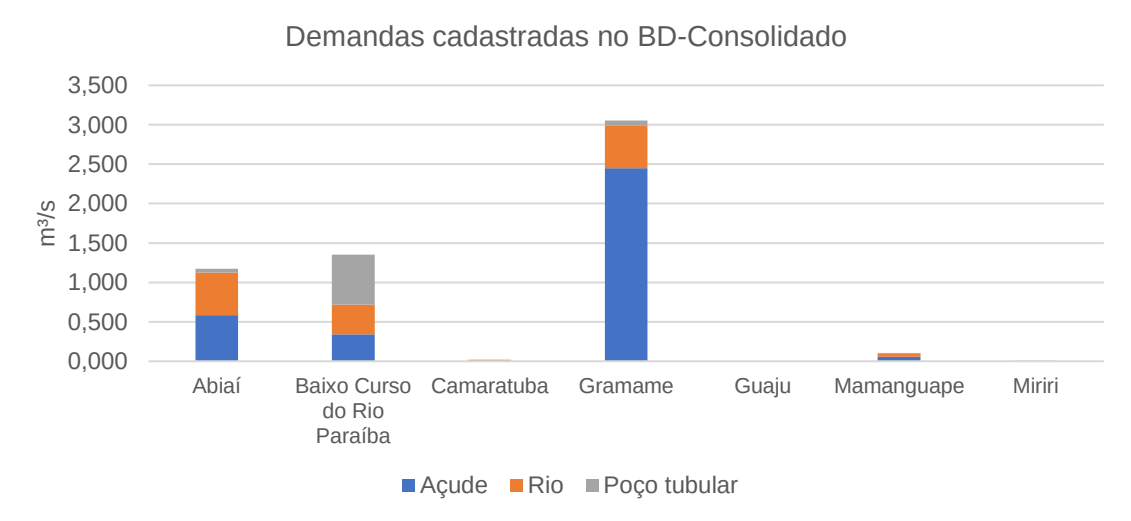


Figura 3.174 – Demandas para abastecimento público por bacia hidrográfica do BD-Consolidado.

No mapa da Figura 3.175 estão apresentadas as demandas para abastecimento público espacializadas com base no BD-Consolidado. As demandas se concentram na região de João Pessoa e municípios adjacentes. Embora o número de pontos de captação subterrâneos seja muito maior, a demanda total superficial (4,954 m³/s) é consideravelmente maior que a subterrânea (0,759 m³/s).

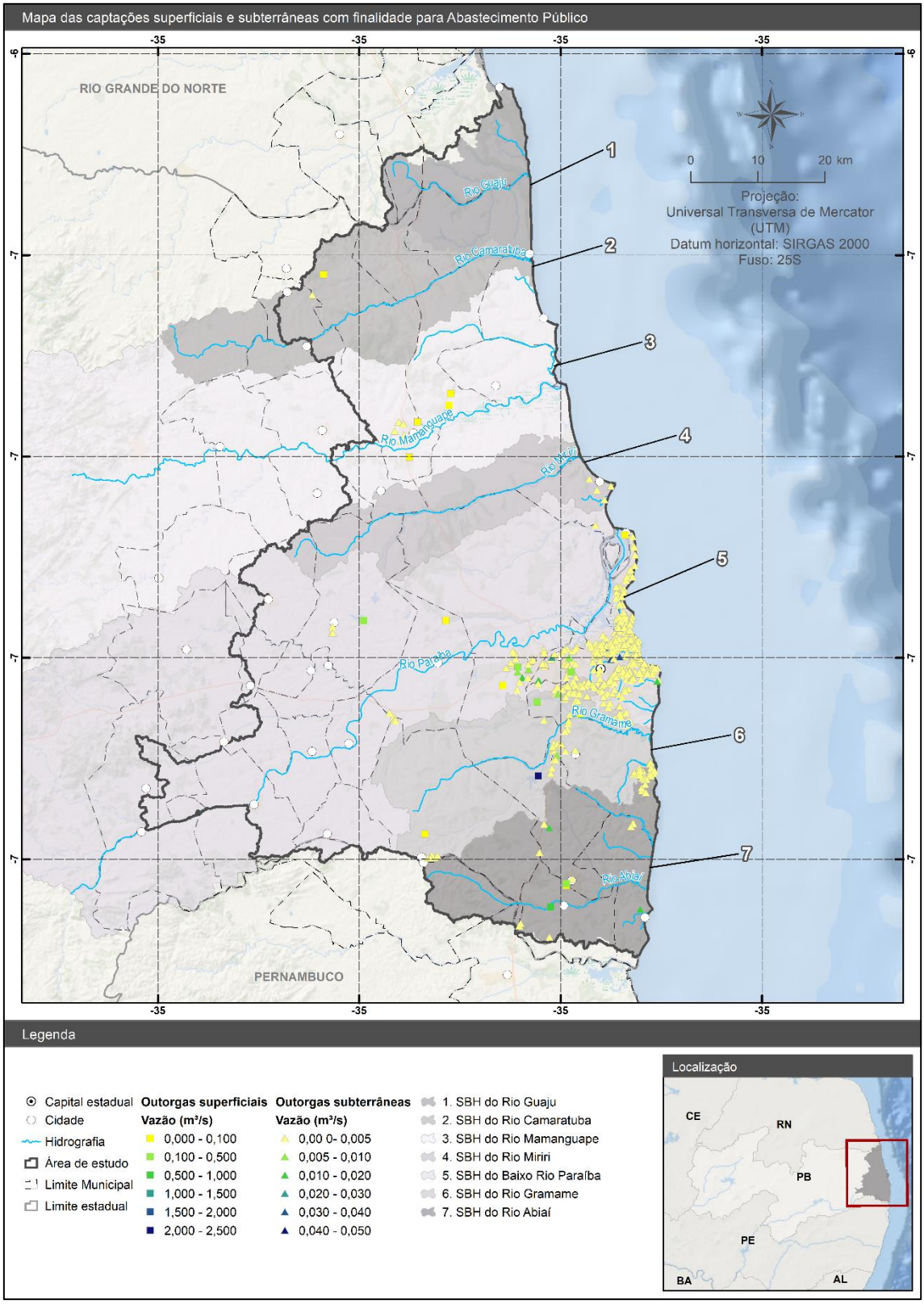


Figura 3.175 – Mapa da localização das demandas para abastecimento público do BD-Consolidado.

3.8.2 *Consumo humano*

A demanda para população rural utilizou como fontes de dados o BD-Consolidado e a BD-Usos.

Para estimativa da demanda da população rural a ANA utilizou coeficientes de retirada que variam de 87 a 112 litros por habitante por dia (Quadro 3.72). As populações utilizadas são dos levantamentos censitários, contagens e estimativas da população divulgadas pelo IBGE.

No que tange à quantificação das populações municipais consideradas no cálculo da demanda de abastecimento humano por água, as informações para o período analisado são oriundas das estimativas da população divulgadas pelo IBGE.

Quadro 3.72 – Valores de per capita utilizados para as estimativas de demanda da população rural.

Faixa populacional (1.000 habitantes)	**<5**	**>5 e <35**	**>35 e <75**	**>75**
Uso médio per capita (L/hab.dia)	165	134	143	88

Fonte: ANA (2019)

Para esta estimativa das demandas hídricas, o consumo humano é considerado como todo aquele não proveniente do abastecimento público urbano. Inclui imóveis e empreendimento com captações próprias, além do abastecimento humano rural. A demanda para consumo humano normalmente vem de pequenas propriedades rurais, que não necessitam de outorga, por isso tendem a ser consideravelmente maiores nas estimativas (que são baseadas na população rural total) do que no cadastro, visto que os usos geralmente são inexpressivos e não são cadastrados.

No Quadro 3.73, na Figura 3.178 e Figura 3.179 estão apresentadas as demandas para consumo humano.

Quadro 3.73 – Demandas em m³/s para consumo humano por município.

Município	**BD-Consolidado**				**BD-Usos**
	Açude	**Rio**	**Poço**	**Total**	
Alhandra		0,0005	0,002	0,003	0,009
Baía da Traição					0,010
Baía Formosa					0,002
Bayeux					0,001
Caaporã			0,003	0,003	0,002
Cabedelo			0,0002	0,0002	0,0002

Município	BD-Consolidado				BD-Usos
	Açude	Rio	Poço	Total	
Caldas Brandão					0,002
Canguaretama					0,002
Capim	0,0002			0,0002	0,004
Conde			0,003	0,003	0,013
Cruz do Espírito Santo			0,013	0,013	0,011
Cuité de Mamanguape					0,002
Curral de Cima					0,002
Gurinhém			0,000	0,000	0,000
Itabaiana			0,001	0,001	0,004
Itambé					0,001
Itapororoca					0,000
Jacaraú					0,004
João Pessoa			0,001	0,001	0,006
Juripiranga					0,002
Lucena					0,003
Mamanguape		0,0017	0,002	0,003	0,012
Marcação					0,004
Mari	0,0005		0,001	0,001	0,007
Mataraca			0,001	0,001	0,004
Mogeiro		0,0001	0,0002	0,000	0,001
Pedras de Fogo		0,0074	0,006	0,013	0,016
Pedro Régis					0,003
Pilar			0,0004	0,0004	0,003
Pitimbu			0,002	0,002	0,009
Riachão do Poço			0,003	0,003	0,003
Rio Tinto			0,002	0,002	0,020
Salgado de São Félix					0,001
Santa Rita	0,0012		0,005	0,006	0,028
São José dos Ramos			0,001	0,001	0,003
São Miguel de Taipu			0,006	0,006	0,006
Sapé			0,001	0,001	0,016
Sobrado			0,001	0,001	0,006
Total	**0,002**	**0,010**	**0,055**	**0,067**	**0,223**

Em relação aos dados cadastrados, a maior parte da demanda para consumo humano vem de água subterrânea, feita em poços com pequenas vazões captadas nas propriedades rurais.

Como mencionado, na Figura 3.176 pode ser observada a diferença nas bases de dados consideradas. A demanda é consistentemente maior nas estimativas da BD-Usos em praticamente todos os municípios.

Na Figura 3.177 estão apresentadas as demandas por município cadastradas no BD-Consolidado, onde podem ser identificadas as parcelas de água superficial e subterrânea.

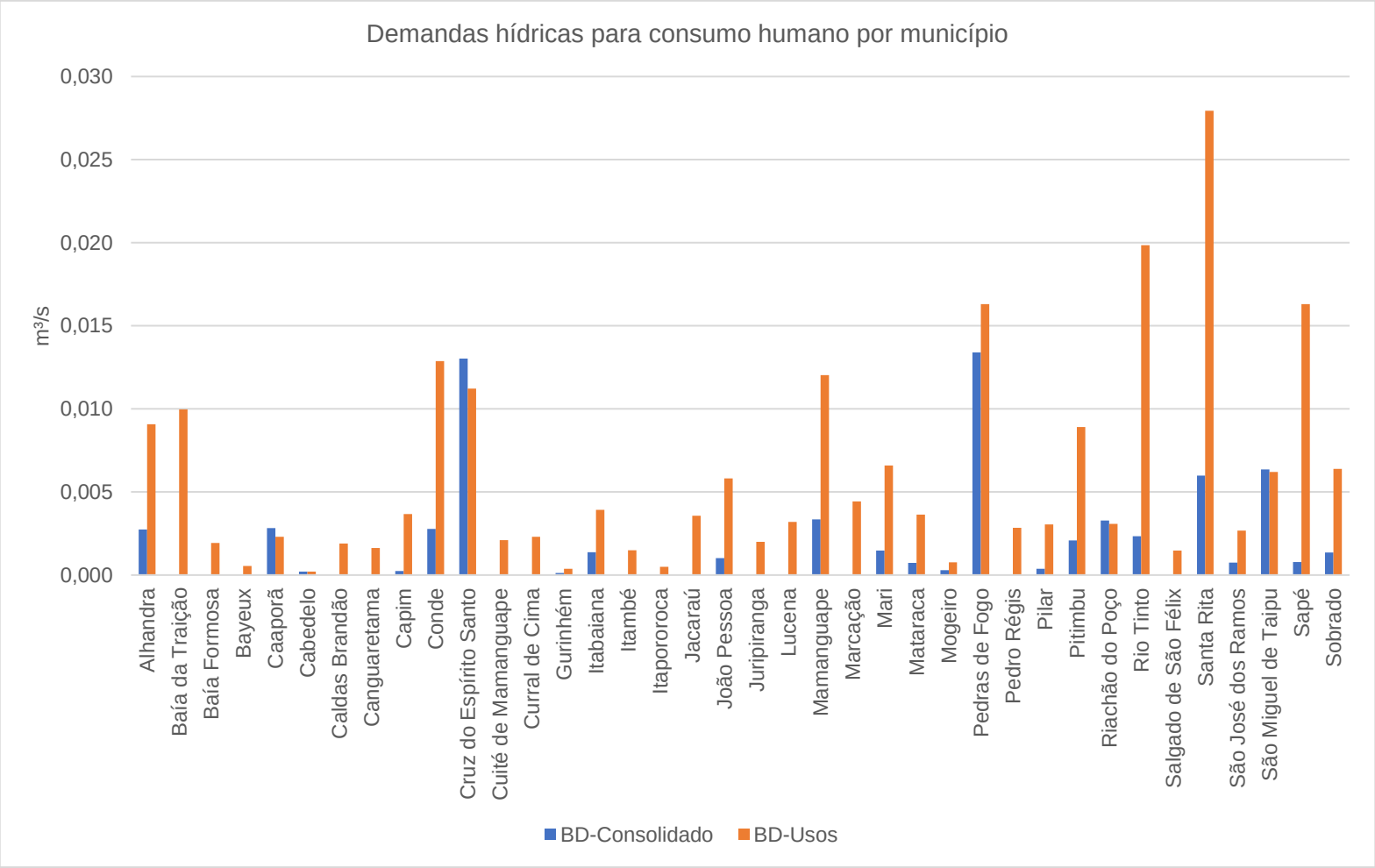


Figura 3.176 – Demandas para consumo humano por município nas diferentes bases de dados.

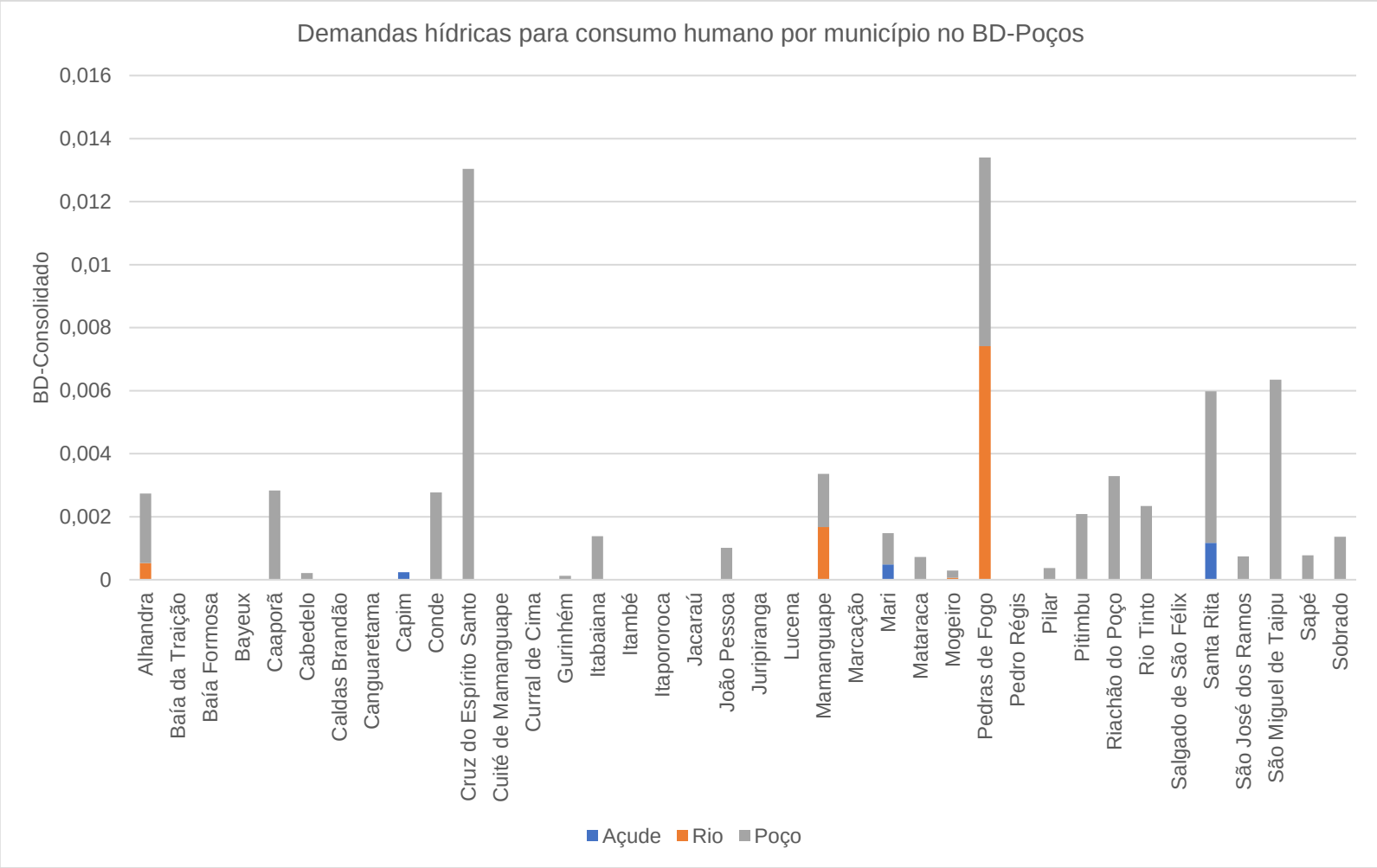


Figura 3.177 – Demandas para consumo humano por município no BD-Consolidado.

No Quadro 3.74, Figura 3.178 e Figura 3.179 estão apresentadas as demandas por bacia hidrográfica.

Quadro 3.74 – Demandas em m³/s para consumo humano por bacia hidrográfica.

Bacia Hidrográfica	BD-Consolidado				BD-Usos
	Açude	Rio	Poço	Total	
Abiaí		0,001	0,008	0,008	0,023
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,000	0,000	0,035	0,035	0,083
Camaratuba		0,002	0,002	0,004	0,020
Gramame		0,007	0,008	0,015	0,035
Guaju			0,001	0,001	0,006
Mamanguape	0,000		0,002	0,002	0,033
Miriri	0,001		0,001	0,002	0,022
Total	**0,002**	**0,010**	**0,055**	**0,067**	**0,223**

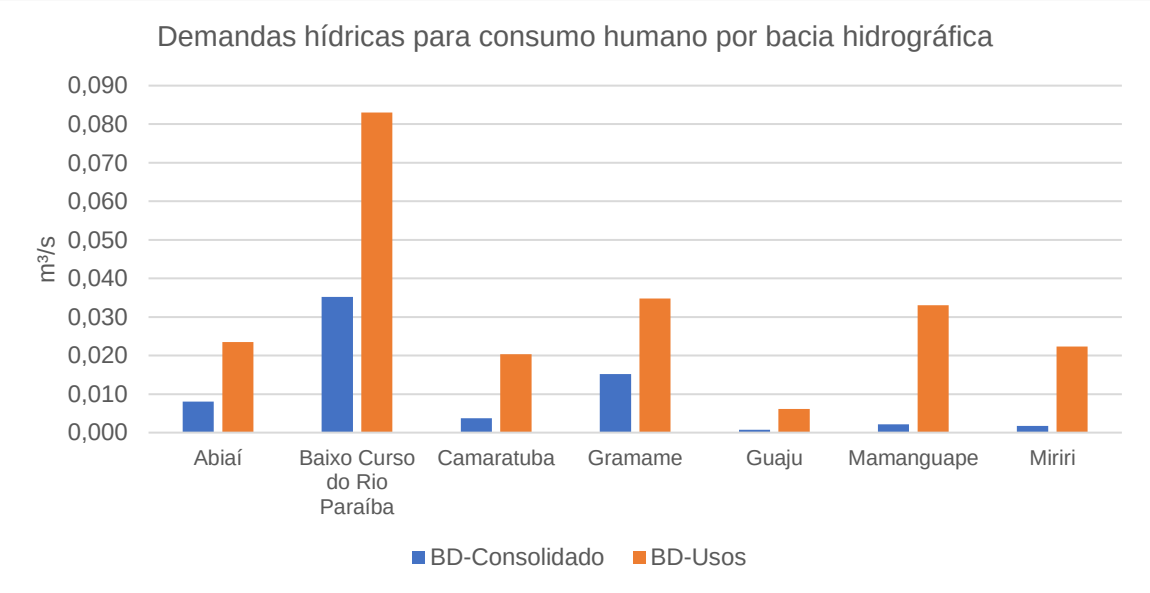


Figura 3.178 – Demandas para consumo humano por bacia hidrográfica nas diferentes bases de dados.

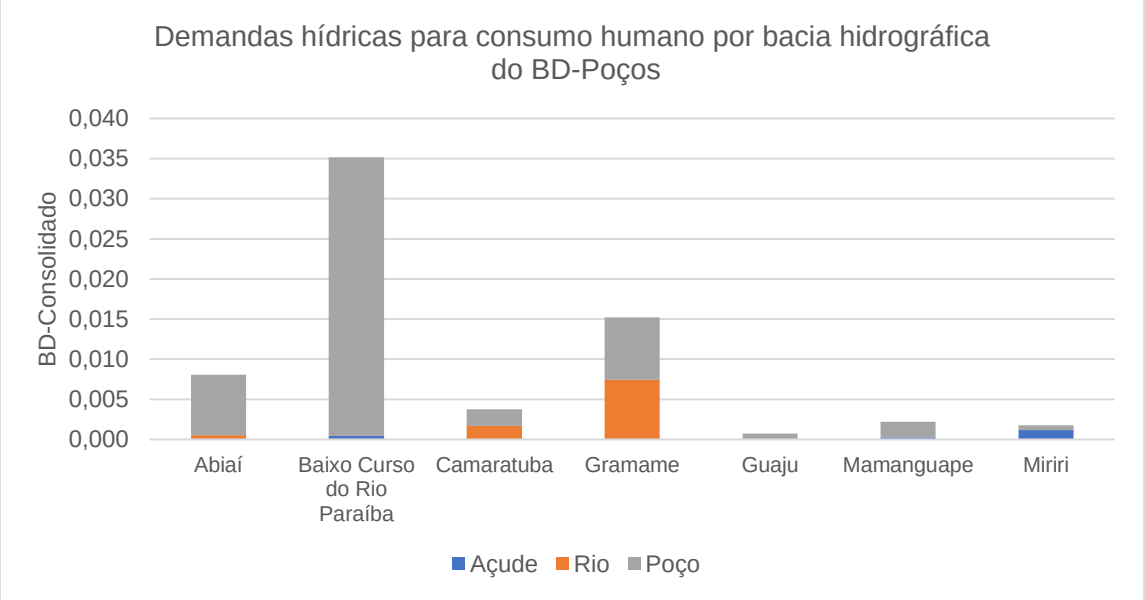


Figura 3.179 – Demandas para consumo humano por bacia hidrográfica no BD-Consolidado.

No mapa da Figura 3.180 estão apresentadas as demandas para consumo humano espacializadas com base no BD-Consolidado. As demandas para esta tipologia de uso são bem pouco expressivas, e bem distribuídas pela área de estudo, consistindo principalmente em demandas subterrâneas nas porções mais continentais da região, longe do litoral. Junto da mineração, é a tipologia de menor uso, com uma demanda total de 0,067 m³/s, sendo destes 0,055 m³/s provenientes de fontes subterrâneas.

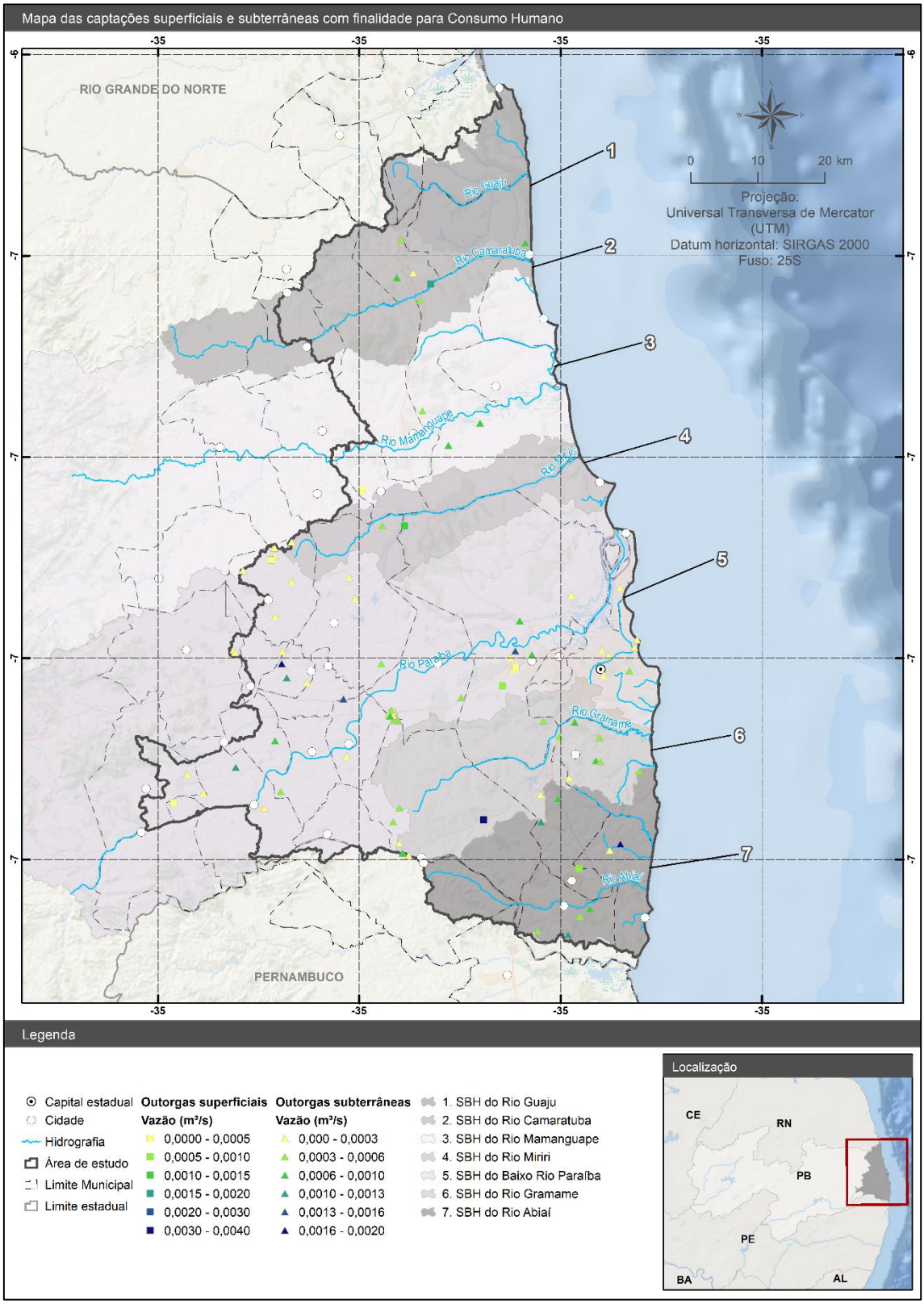


Figura 3.180 – Mapa da localização das demandas para consumo humano do BD-Consolidado.

3.8.3 *Irrigação*

Apesar de ter registrado queda na produção agrícola no período entre 2010 e 2017, que coincide com a última estiagem verificada entre os anos de 2012 e 2018, com expressiva redução de áreas plantadas para diversas culturas da pauta de produtos agrícolas da Paraíba, é forte a demanda hídrica do setor tanto em termos de aproveitamento de águas superficiais como subterrâneas.

A análise da demanda para irrigação teve como fontes de dados o Atlas Irrigação, a BD-Usos e o BD-Consolidado. O Atlas apresenta estimativas de áreas irrigadas por município. Como a cana-de-açúcar é a cultura predominante na maior parte dos municípios, foi utilizado o coeficiente específico de retirada de 0,248 L/s.ha, que é o coeficiente médio para o Estado da Paraíba considerando culturas temporárias. Para os municípios que não se encontram totalmente dentro da área de estudo foi feita uma ponderação da área irrigada considerando o percentual do município dentro da área de estudo.

A BD-Usos tem uma estimativa bem menor de demanda hídrica para irrigação, o que pode ser explicado por diferenças nas metodologias utilizadas nos dois estudos. Com a multiplicação do coeficiente médio de retirada pelas áreas irrigadas, se pressupõe um aproveitamento de 100% das áreas irrigadas, o que não necessariamente corresponde à realidade.

O Atlas apresenta uma boa estimativa do limite superior de demanda hídrica, e a demanda da BD-Usos parece um pouco subestimada. O BD-Consolidado se encontra entre os dois valores, com a vantagem de fornecer informações cadastrais, do tipo de manancial e a microlocalização das captações.

As demandas por município são apresentadas no Quadro 3.75, na Figura 3.181 e na Figura 3.182.

Quadro 3.75 – Demandas em m³/s para irrigação por município.

Município	BD-Consolidado				BD-Usos	Atlas Irrigação
	Açude	Rio	Poço	Total		
Alhandra	0,022	0,373	0,006	0,401	0,062	0,497
Baía da Traição			0,000		0,035	0,170
Baía Formosa			0,000		0,106	0,281
Bayeux			0,000		0,001	0,000
Caaporã	0,075	0,287	0,001	0,362	0,082	0,687

Município	BD-Consolidado				BD-Usos	Atlas Irrigação
	Açude	Rio	Poço	Total		
Cabedelo	0,000		0,000		0,000	0,000
Caldas Brandão	0,089		0,000	0,089	0,000	0,001
Canguaretama	0,000	0,004	0,000	0,004	0,013	0,048
Capim	0,294	0,021	0,000	0,315	0,051	0,181
Conde	0,007	0,150	0,002	0,159	0,109	0,323
Cruz do Espírito Santo	0,126	0,220	0,000	0,346	0,182	0,441
Cuité de Mamanguape	0,000		0,000		0,024	0,019
Curral de Cima	0,001	0,004	0,000	0,004	0,006	0,006
Gurinhém	0,000		0,000		0,000	0,000
Itabaiana	0,000		0,000		0,000	0,001
Itambé	0,000		0,000		0,039	0,231
Itapororoca	0,000	0,029	0,000	0,029	0,001	0,008
Jacaraú	0,003	0,059	0,000	0,062	0,022	0,083
João Pessoa	0,001	0,003	0,001	0,005	0,000	0,034
Juripiranga	0,065	0,010	0,000	0,075	0,026	0,075
Lucena	0,000	0,572	0,064	0,636	0,083	0,302
Mamanguape	0,463	0,389	0,004	0,856	0,411	0,988
Marcação	0,000		0,000		0,030	0,294
Mari	0,125		0,003	0,128	0,129	0,138
Mataraca	0,005	0,206	0,002	0,214	0,188	0,510
Mogeiro	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000
Mulungu	0,000		0,000			0,000
Pedras de Fogo	0,196	0,440	0,003	0,639	0,225	0,906
Pedro Régis	0,000		0,000		0,000	0,014
Pilar	0,006	0,001	0,000	0,007	0,000	0,000
Pitimbu	0,002	0,069	0,003	0,074	0,088	0,319
Riachão do Poço	0,000		0,001	0,001	0,000	0,000
Rio Tinto	0,069	0,751	0,112	0,932	0,355	1,487
Salgado de São Félix	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Santa Rita	0,110	1,016	0,046	1,173	0,517	2,463
São José dos Ramos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Sapé	0,562	0,043	0,007	0,612	0,155	0,611
Sobrado	0,043		0,005	0,047	0,000	0,007
Total	**2,265**	**4,649**	**0,261**	**7,171**	**2,944**	**11,124**

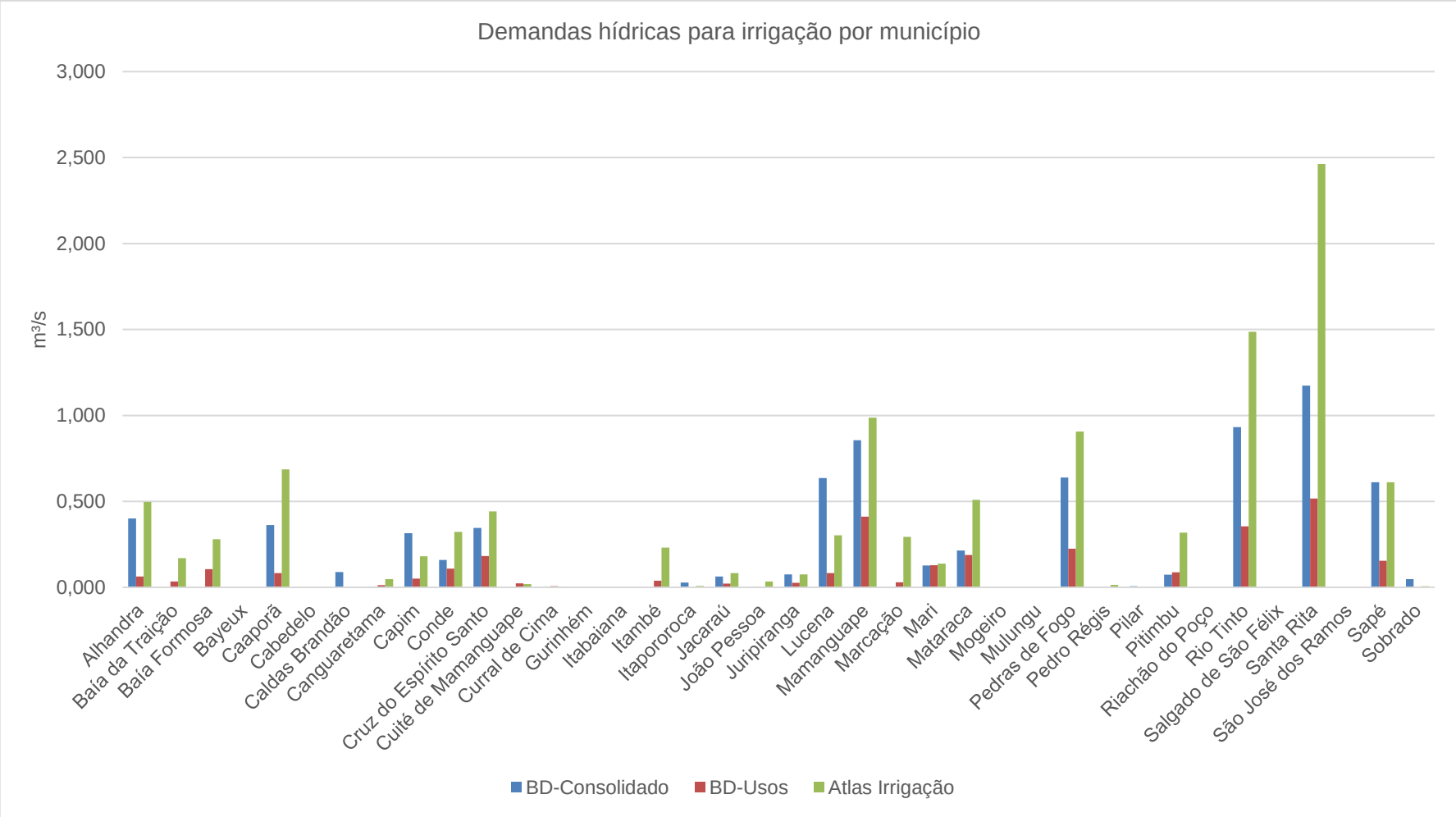


Figura 3.181 – Demandas para irrigação por município nas diferentes bases de dados.

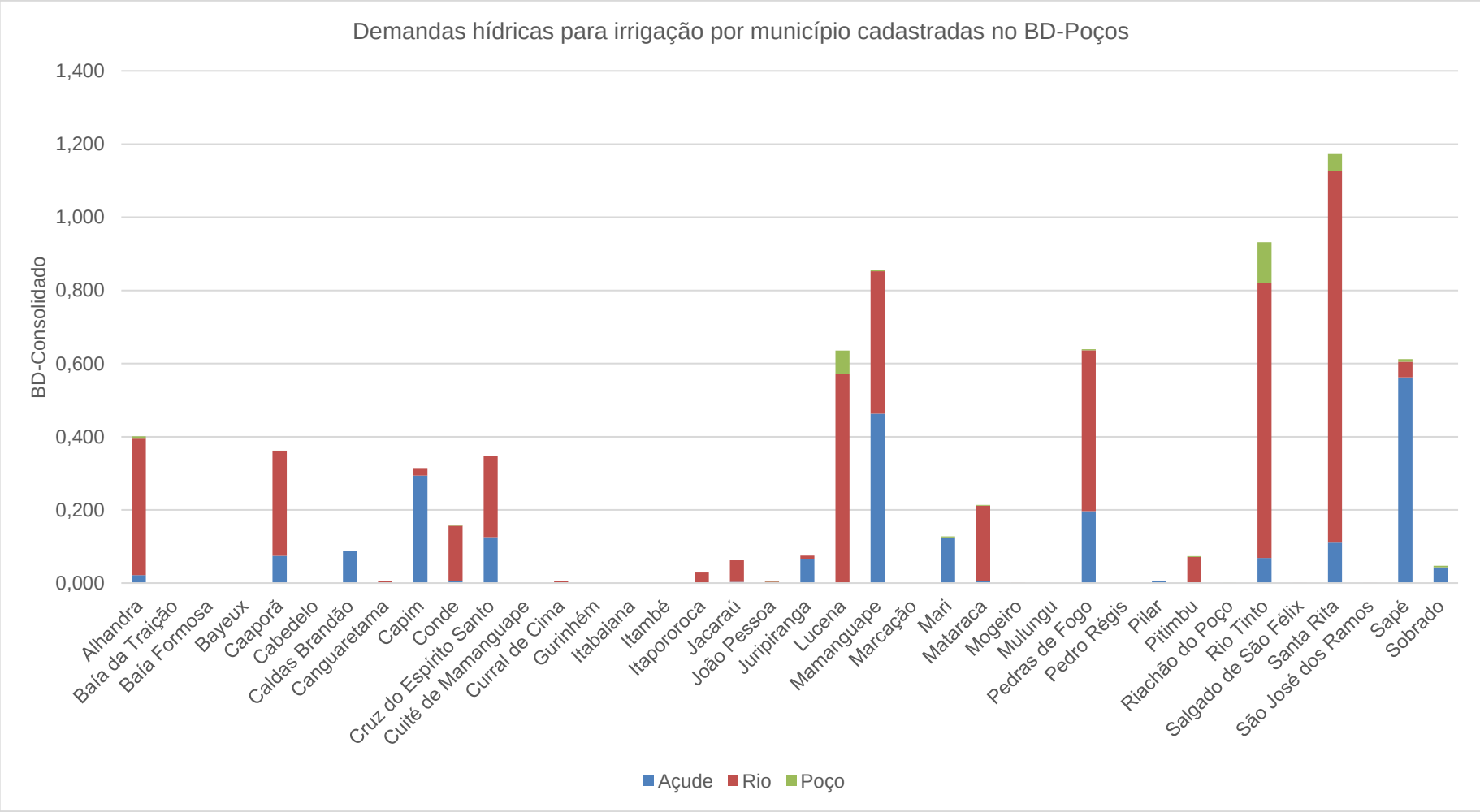


Figura 3.182 – Demandas para irrigação por município no BD-Consolidado.

Nas demandas cadastradas é possível observar a distribuição entre os mananciais subterrâneos e superficiais como fonte de água para a irrigação, onde a grande maioria das demandas se concentram em mananciais superficiais. Apenas 0,261 m³/s da demanda é subterrânea, menos de 4% do total.

No Quadro 3.76, Figura 3.183 e Figura 3.184 estão apresentadas as demandas por bacia hidrográfica. Não se apresentam as demandas do Atlas pois o Atlas fornece as informações áreas irrigadas espacializadas apenas por município.

Quadro 3.76 – Demandas em m³/s para irrigação por bacia hidrográfica.

Bacia Hidrográfica	BD-Consolidado				BD-Usos
	Açude	Rio	Poço	Total	
Abiaí	0,270	0,772	0,011	1,053	0,383
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,767	1,537	0,061	2,362	0,721
Camaratuba	0,063	0,337	0,006	0,406	0,352
Gramame	0,087	0,732	0,007	0,826	0,364
Guaju	0,005	0,176	0,000	0,181	0,258
Mamanguape	0,493	0,339	0,019	0,851	0,440
Miriri	0,580	0,756	0,158	1,494	0,426
Total	**2,265**	**4,650**	**0,261**	**7,177**	**2,944**

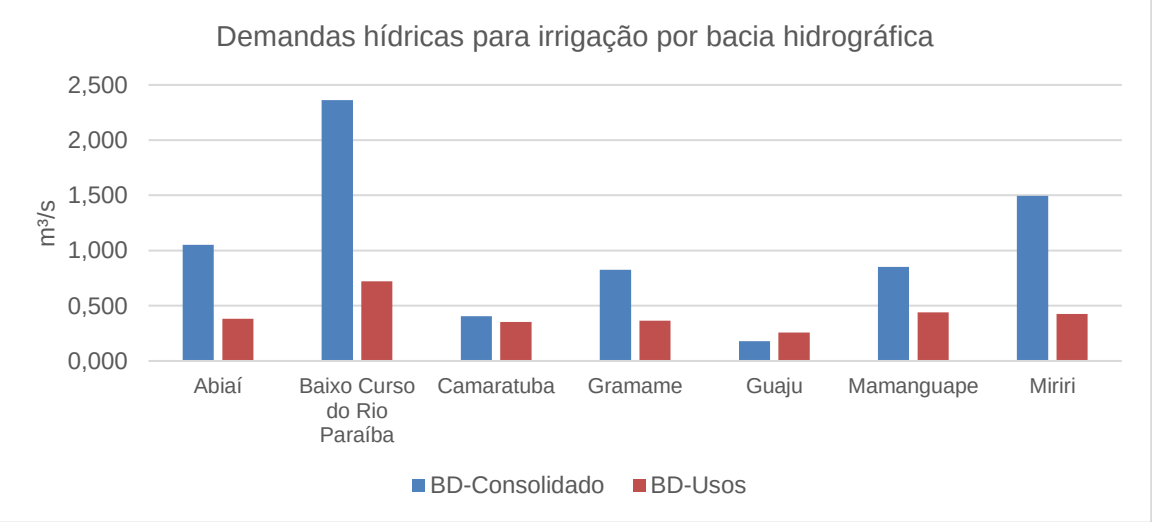


Figura 3.183 – Demandas para irrigação por bacia hidrográfica nas diferentes bases de dados.

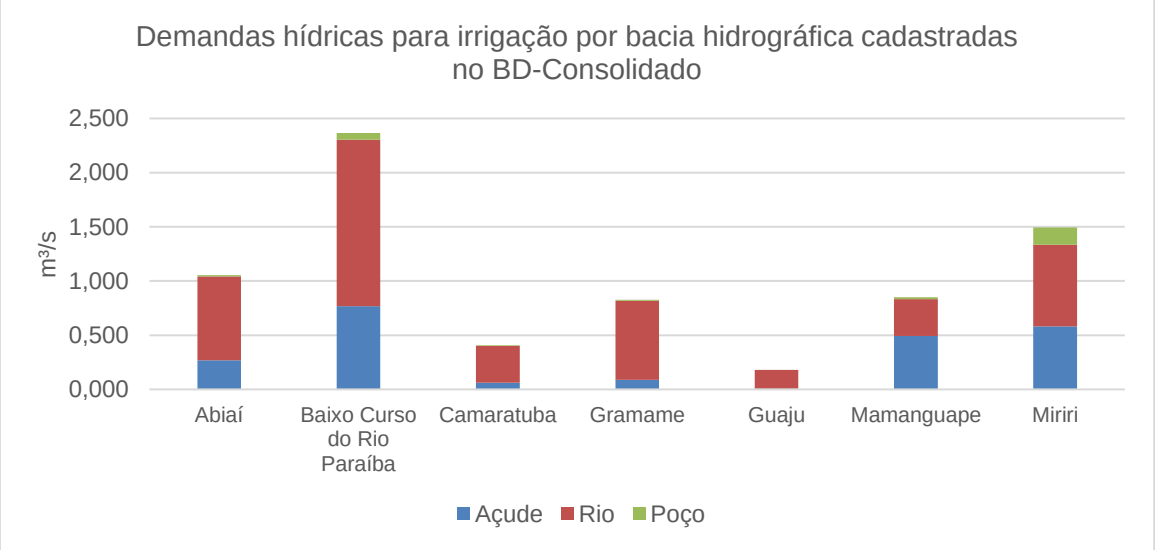


Figura 3.184 – Demandas para irrigação por bacia hidrográfica no BD-Consolidado.

No mapa da Figura 3.185 estão apresentadas as demandas para irrigação espacializadas com base no BD-Consolidado. Uma porção muito pequena da demanda para irrigação é proveniente de fontes subterrâneas (0,261 m³/s de 7,177 m³/s ou 3,64% do total). Embora haja um número maior de captações nas porções norte e sul da área, nas bacias do rio Guajú e do rio Abiaí, as demandas para irrigação estão concentradas na bacia do baixo curso do rio Paraíba e do rio Miriri. As duas maiores captações da área podem ser observadas no rio Miriri, em cor azul mais escura.

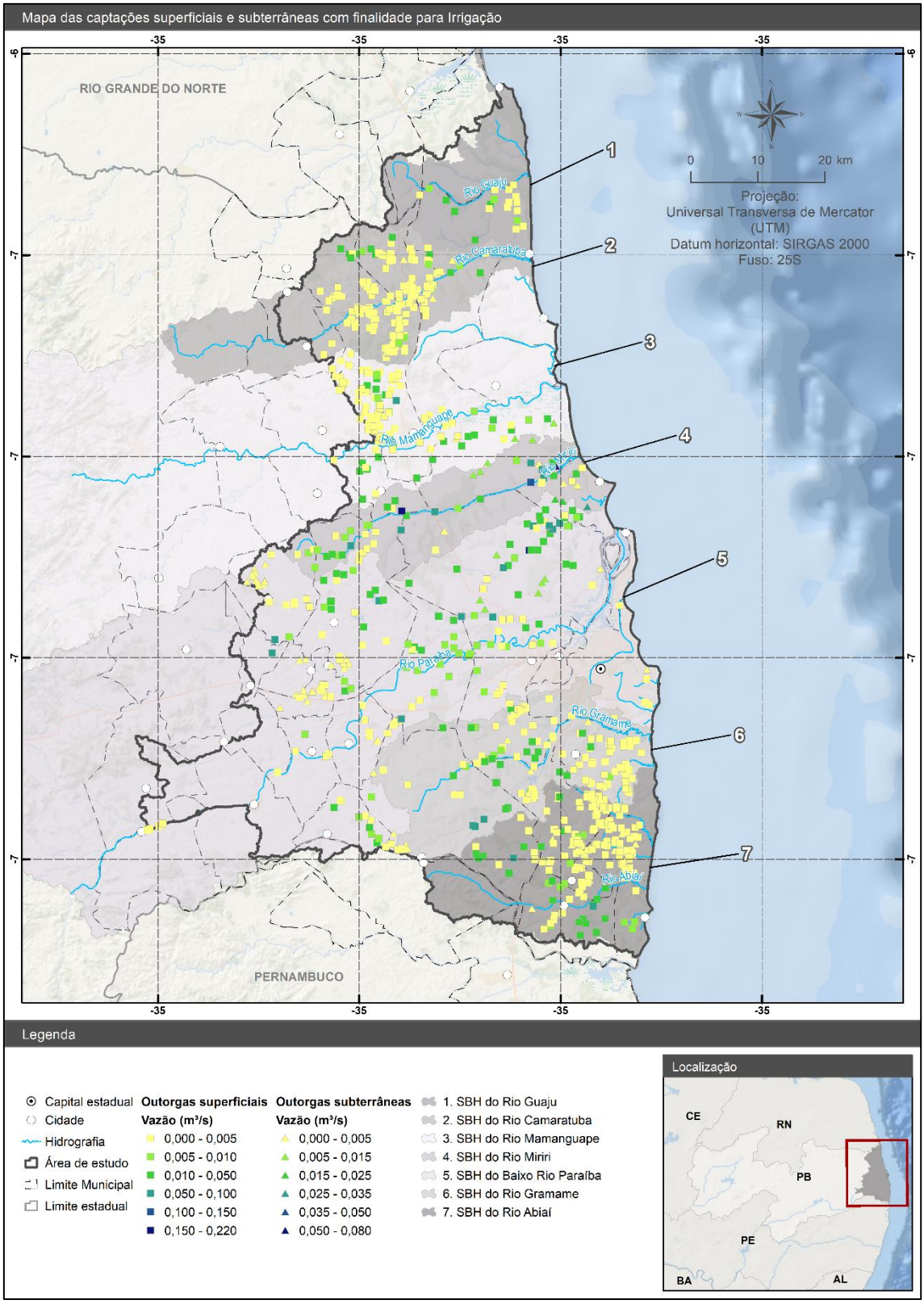


Figura 3.185 – Mapa da localização das demandas para irrigação do BD-Consolidado.

3.8.4 *Indústria e agroindústria*

As demandas de uso industrial foram baseadas no BD-Consolidado e na BD-Usos. O método de estimativa do uso da água na indústria de transformação consiste na aplicação de coeficientes técnicos (vazões médias, por empregado, por tipologia industrial) ao número de trabalhadores de determinada tipologia em determinado município.

O método baseia-se na disponibilidade de dados de número de empregados, por tipologia industrial, ao longo das décadas. Ao número de empregados é associada uma matriz de coeficientes técnicos que indica a quantidade média de água que os processos atrelados a uma tipologia industrial demandam. A demanda total no município corresponde à soma das diferentes tipologias.

Para construção da matriz de coeficientes técnicos de retirada, foram analisados e consistidos dados do Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH/ ANA, que engloba usuários que utilizam recursos hídricos de domínio da União e dos Estados. Na consideração das tipologias, foi adotada a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 2.0, que para a indústria de transformação apresenta 24 divisões (códigos 10 a 33), 103 grupos e 258 classes. Buscou-se coeficientes no nível hierárquico mais detalhado, considerando o número de registros disponíveis, sua variabilidade e representatividade. Quando este detalhamento não foi possível, considerou-se o coeficiente do respectivo grupo e, em último caso, da divisão.

Os coeficientes técnicos de consumo para as tipologias industriais baseiam-se em estudo do MMA (Brasil, 2011). Apesar da matriz utilizar o volume da produção, e não o número de empregados, como variável explicativa para a demanda hídrica, foram adotados os fatores de proporcionalidade entre os coeficientes de retirada e consumo (%), uma vez que tais valores foram propostos e validados com a participação do setor industrial.

Quanto às bases de dados sobre número de trabalhadores, destaca-se que a partir de 2002 estão disponíveis as informações de caráter censitário do Relatório Anual de Informações Sociais (RAIS), as quais apresentam aderência direta com a matriz de coeficientes elaborada. Os microdados da RAIS são disponibilizados pelo Ministério do Trabalho.

Em relação ao BD-Consolidado, foram considerados os registros de usos tanto da indústria tradicional quanto para agroindústria, representada principalmente pela agroindústria sucroalcooleira, destinado basicamente ao cultivo irrigado da cana de açúcar. Extensas áreas da região litorânea do Estado da Paraíba são ocupadas por esta atividade, historicamente importante para a economia estadual, dominada, em geral, por grandes empresas do setor agroindustrial.

No Quadro 3.77 e na Figura 3.186 estão apresentadas as demandas hídricas para atividade industrial por município nas duas bases de dados utilizadas, tanto para agroindústria quanto para indústria tradicional.

Quadro 3.77 – Demandas em m³/s para uso industrial por município.

Município	Agroindustrial				Industrial				Total	BD-Usos
	Açude	Rio	Poço	Total	Açude	Rio	Poço	Total		
Alhandra		0,000		0,000			0,013	0,013	0,013	0,007
Baía da Traição										0,000
Baía Formosa										0,468
Bayeux					0,001		0,003	0,004	0,004	0,007
Caaporã	0,041		0,000	0,042			0,003	0,003	0,044	0,188
Cabedelo					0,004		0,017	0,021	0,021	0,020
Caldas Brandão										0,000
Canguaretama										0,000
Capim										0,000
Conde						0,050	0,036	0,086	0,086	0,008
Cruz do Espírito Santo	0,037			0,037					0,037	0,004
Cuité de Mamanguape										0,000
Curral de Cima										0,000
Gurinhém										0,000
Itabaiana						0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Itambé										0,000
Itapororoca										0,000
Jacaraú								0,000	0,000	0,005
João Pessoa			0,013	0,013	0,001	0,004	0,207	0,212	0,225	0,306
Juripiranga										0,068
Lucena			0,010	0,010			0,000	0,000	0,010	0,040
Mamanguape	0,036	0,205	0,002	0,243			0,001	0,001	0,244	0,442
Marcação										0,000
Mari							0,000	0,000	0,000	0,000
Mataraca										0,000
Mogeiro							0,001	0,001	0,001	0,000
Pedras de Fogo		0,038	0,002	0,040	0,020	0,038	0,012	0,070	0,110	0,393
Pedro Régis										0,000
Pilar			0,000	0,000					0,000	0,000
Pitimbu							0,022	0,022	0,022	0,007
Riachão do Poço						0,000	0,002	0,002	0,002	0,000
Rio Tinto		0,214	0,000	0,214					0,214	0,170
Salgado de São Félix										0,000
Santa Rita		0,189	0,001	0,190	0,110		0,012	0,122	0,312	0,785
São José dos Ramos										0,000
São Miguel de Taipu										0,000
Sapé	0,018		0,000	0,019	0,003	0,001	0,001	0,004	0,023	0,001
Sobrado			0,000	0,000			0,005	0,005	0,005	0,000
Total	**0,132**	**0,647**	**0,029**	**0,808**	**0,138**	**0,093**	**0,336**	**0,567**	**1,374**	**2,920**

Vale mencionar algumas considerações importantes a respeito da diferença de demandas cadastradas e estimadas para a tipologia de uso industrial. A estimativa de demandas industriais é complexa, pois as atividades industriais são várias e muito diferentes entre si. Metodologias baseadas em número de empregados, por exemplo, estão bastante sujeitas ao erro, embora seja uma das poucas informações disponíveis em dados secundários.

O cadastro, por outro lado, tem bastante confiabilidade, pois é mais difícil para uma indústria operar sem outorga, visto que as outorgas são necessárias junto aos pedidos de licenciamento, e a fiscalização de indústrias é mais fácil do que de outros usos. Por isso, neste caso específico, há preferência pela utilização das informações cadastrais. Na Figura 3.187 estão apresentados os dados de demanda do BD-Consolidado.

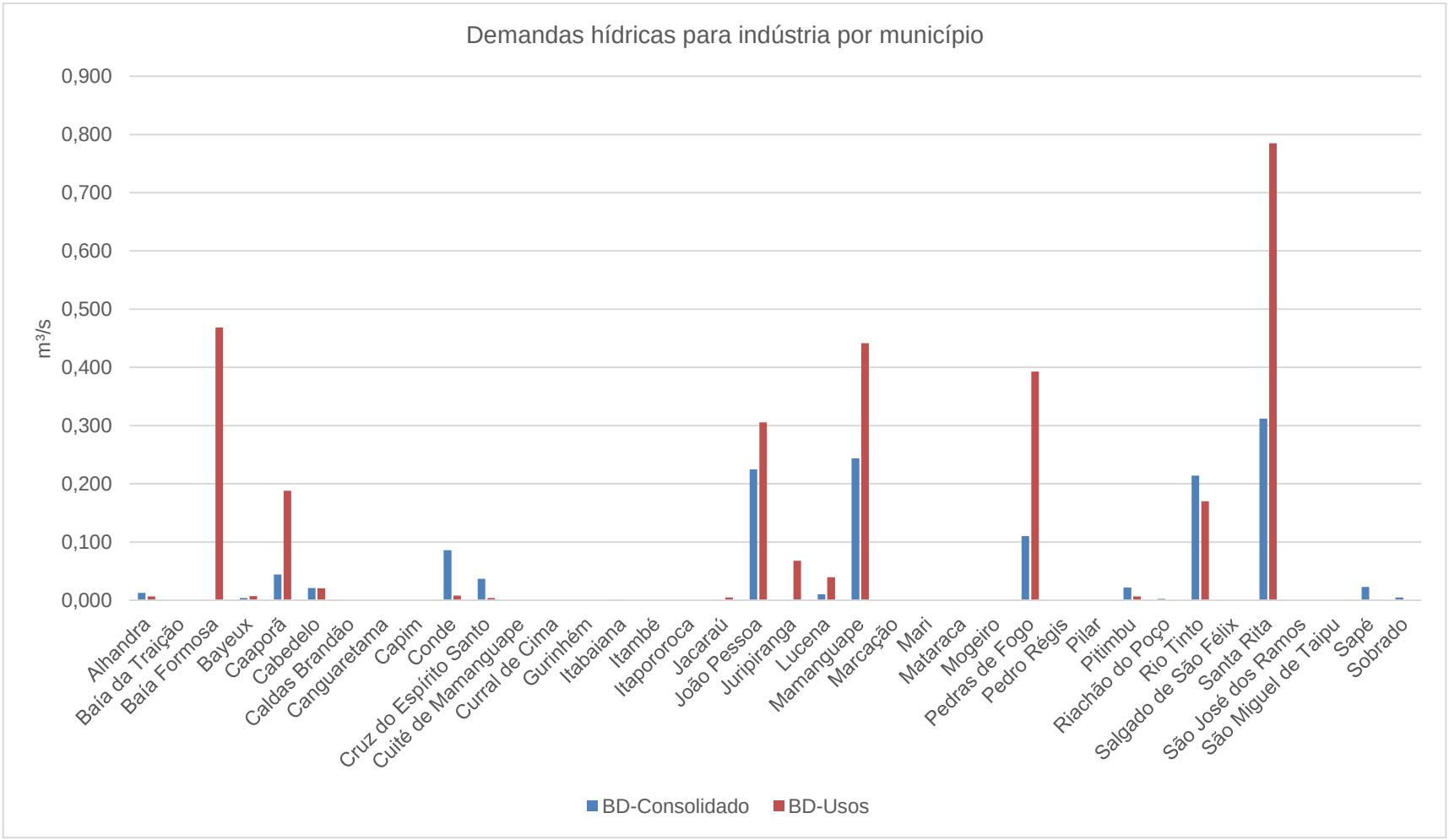


Figura 3.186 – Demandas para indústria por município nas diferentes bases de dados

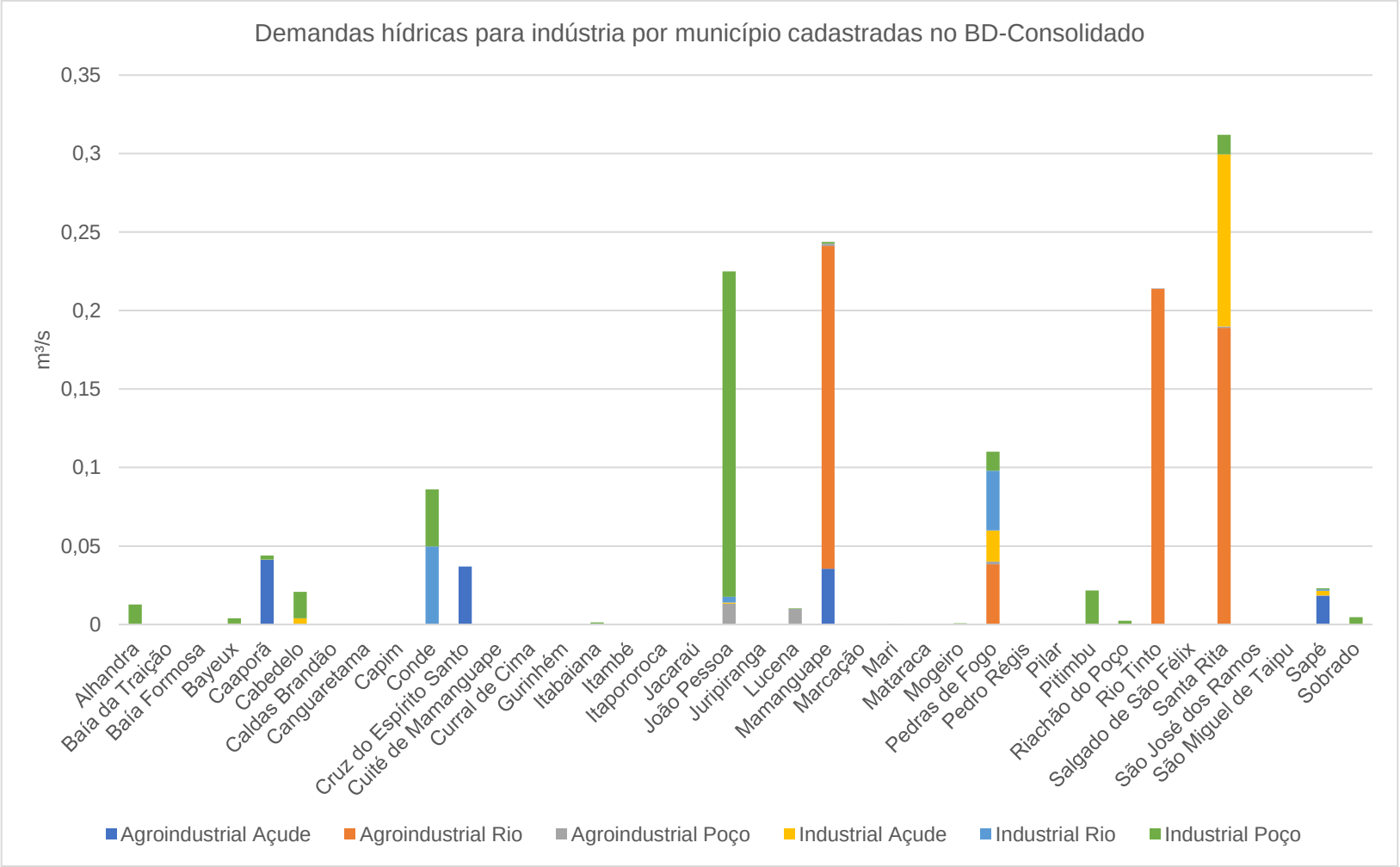


Figura 3.187 – Demandas para indústria por município no BD-Consolidado.

No Quadro 3.78, Figura 3.188 e na Figura 3.189 estão apresentadas as demandas do BD-Consolidado por bacia hidrográfica.

Quadro 3.78 – Demandas em m³/s para uso industrial por bacia hidrográfica.

Bacia Hidrográfica	BD-Consolidado									BD-Usos
	Agroindustrial				Industrial				Total	
	Açude	Rio	Poço	Total	Açude	Rio	Poço	Total		
Abiaí	0,041	0,000	0,003	0,044			0,046	0,046	0,090	0,365
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,037	0,189	0,020	0,246	0,008	0,001	0,093	0,102	0,348	1,075
Camaratuba		0,214	0,002	0,215				0,000	0,216	0,178
Gramame		0,038	0,005	0,043	0,020	0,091	0,195	0,306	0,349	0,374
Guaju										0,469
Mamanguape	0,036	0,205	0,000	0,241			0,001	0,001	0,242	0,396
Miriri	0,018			0,018	0,110	0,000	0,001	0,111	0,130	0,063
Total	**0,132**	**0,647**	**0,029**	**0,808**	**0,138**	**0,093**	**0,336**	**0,567**	**1,374**	**2,920**

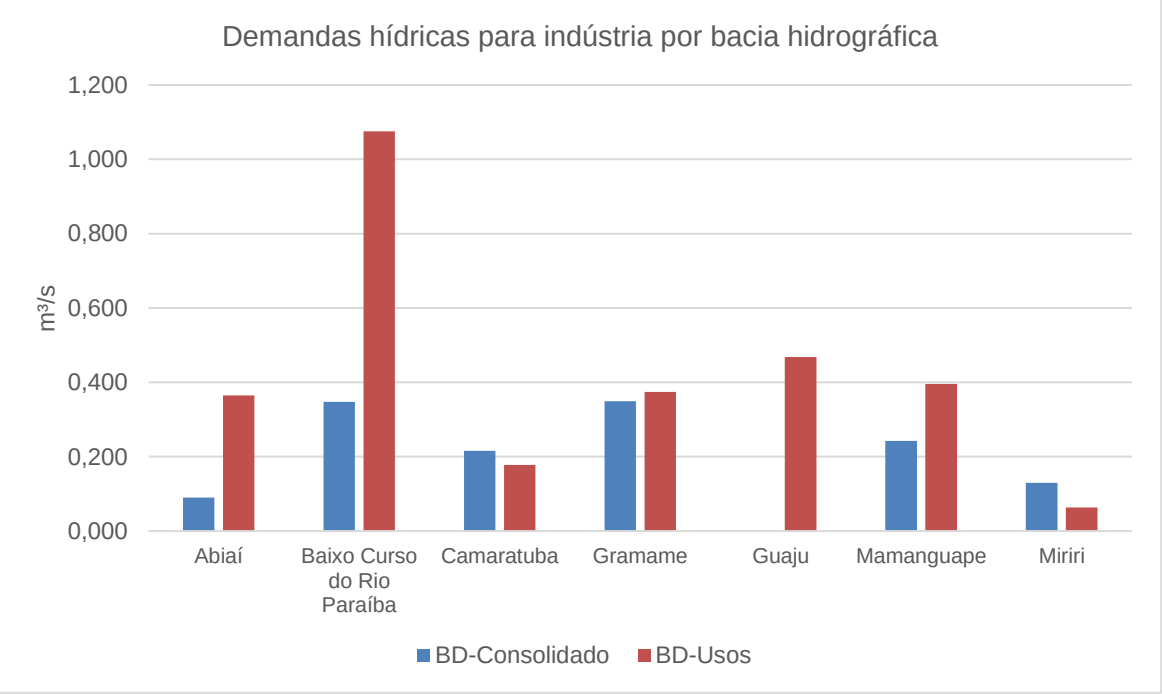


Figura 3.188 – Demandas para indústria por bacia hidrográfica nas diferentes bases de dados.

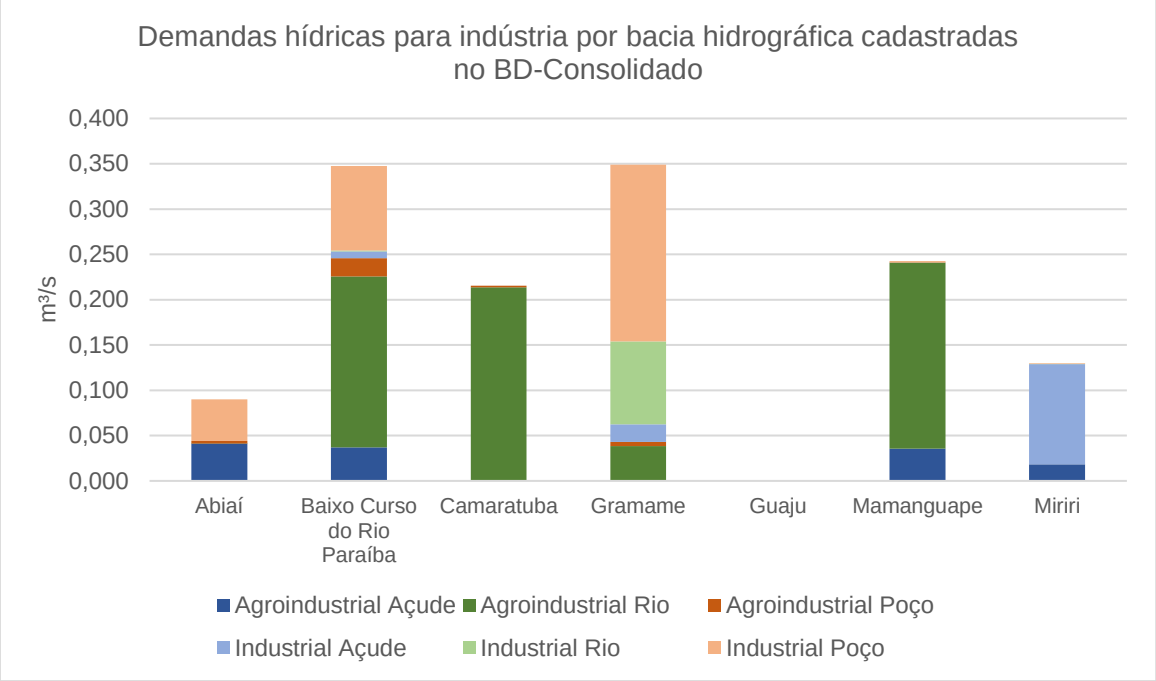


Figura 3.189 – Demandas para indústria por bacia hidrográfica no BD-Consolidado.

No mapa da Figura 3.190 estão apresentadas as demandas para indústria e agroindústria espacializadas com base no BD-Consolidado. A maior parte das captações está concentrada em João Pessoa e arredores, na bacia do baixo curso do rio Paraíba, que concentra a maior parte da demanda. Além disso, é possível identificar algumas grandes captações no rio Camaratuba, no rio Mamanguape, e em um afluente do rio Paraíba. As demandas industriais e agroindustriais são mais bem distribuídas entre superficial e subterrânea do que as demais tipologias de uso, com 26,55% da demanda sendo proveniente de fontes subterrâneas (0,365 m³/s de 1,375 m³/s).

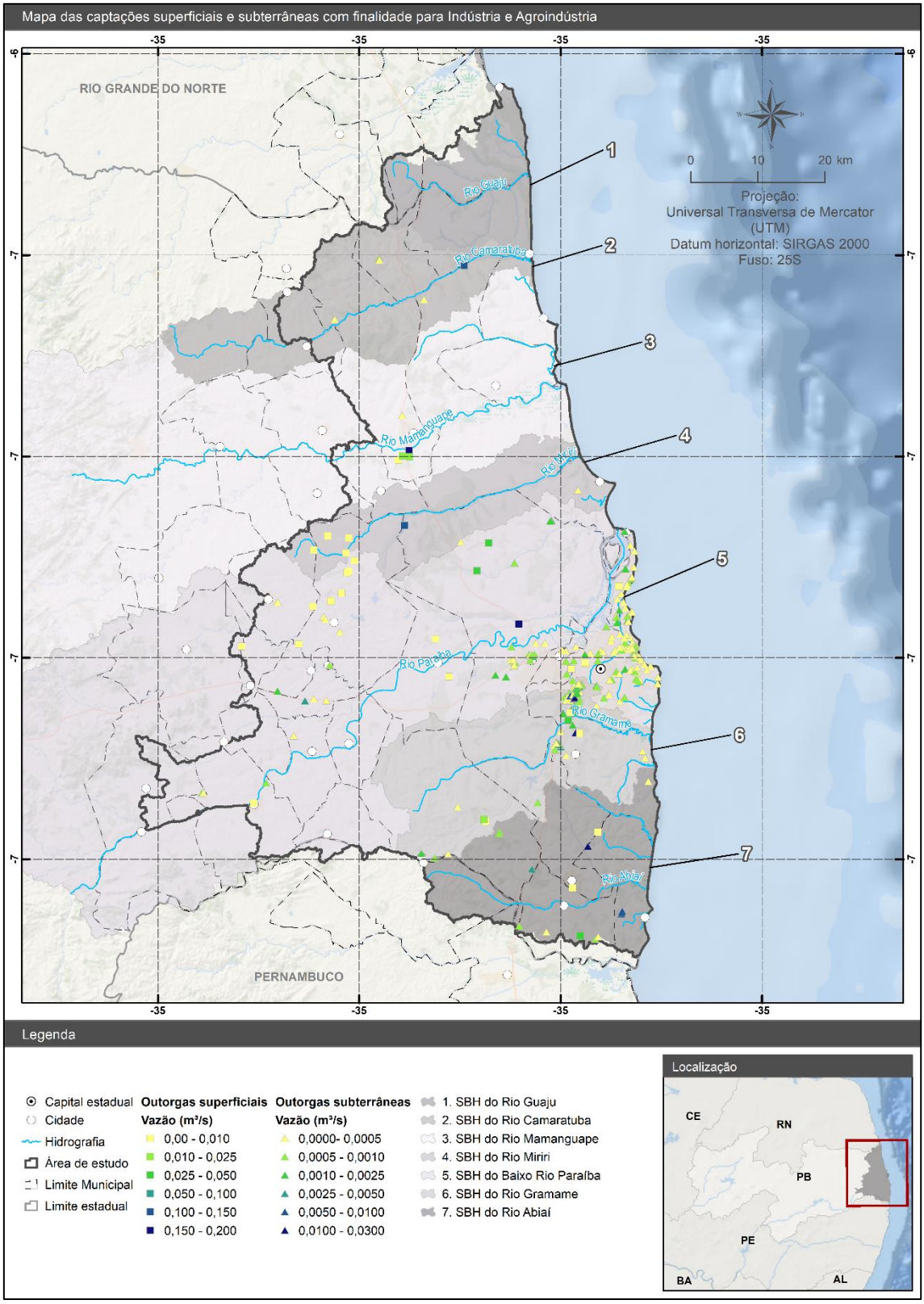


Figura 3.190 – Mapa da localização das demandas para indústria e agroindústria do BD-Consolidado.

3.8.5 *Aquicultura*

A aquicultura é praticada no Estado da Paraíba em três diferentes métodos de criação de espécies aquáticas: a criação artesanal em reservatórios; em tanques rede; e em tanques escavados, sendo que para as duas últimas modalidades são exigidas outorgas de uso das águas pelos órgãos gestores, no caso dos corpos hídricos estaduais geridas pela AESA.

Para os tanques-rede, como estão instalados em meio aquático do corpo hídrico que abriga a atividade, não há demanda hídrica específica avaliada, diferentemente dos tanques ou viveiros escavados em que o manejo implica no desaguamento dos tanques, isto significa há a necessidade de esgotamentos, com lançamento dos efluentes no curso d'água, e de reenchimentos, através de captação e adução dos mananciais mais próximos.

Conforme apresentado no Diagnóstico Atual dos Recursos Hídricos (Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, 2022) pesquisa do IBGE sobre a produção da aquicultura por tipo de produto traz informações sobre o tipo de produto dentre diversas espécies cultivadas e os volumes da produção. Estas informações são apresentadas no Quadro 3.79, a seguir.

Quadro 3.79 – Produção da aquicultura no Estado da Paraíba (ano base 2017).

Espécie	Produção (kg)
Curimatã, curimbatá (Quilogramas)	10.850
Piau, piapara, piauçu, piava (Quilogramas)	7.850
Pirarucu (Quilogramas)	200
Tambaqui (Quilogramas)	16.256
Tilápia (Quilogramas)	2.338.171
Traíra e trairão (Quilogramas)	10.000
Tucunaré (Quilogramas)	5.700
Outros peixes (Quilogramas)	4.950
Alevinos (Milheiros)	5.450
Camarão (Quilogramas)	2.598.580
Larvas e pós-larvas de camarão (Milheiros)	50.000

Dentre os produtos da atividade aquícola, destacam-se pelo tamanho da produção, as criações de camarão e tilápia, com grandes áreas de tancagem distribuídas por diversos municípios.

O Quadro 3.80 abaixo, apresenta a demanda hídrica da aquicultura na área de estudo, cadastrados no BD-Consolidado. A BD-Usos não possui estimativas para a aquicultura, então o BD-Consolidado é a única fonte de dados disponível.

Quadro 3.80 – Demandas em m³/s para aquicultura por município cadastradas no BD-Consolidado

Município	Açude	Rio	Poço	Total
Alhandra	0,000	0,009	0,000	0,009
Baía da Traição				
Baía Formosa				
Bayeux				
Caaporã	0,000	0,046	0,000	0,046
Cabedelo				
Caldas Brandão	0,000	0,002	0,000	0,002
Canguaretama				
Capim	0,000	0,037	0,000	0,037
Conde				
Cruz do Espírito Santo	0,026	0,021	0,000	0,048
Cuité de Mamanguape				
Curral de Cima				
Gurinhém				
Itabaiana	0,015	0,068	0,012	0,095
Itambé				
Itapororoca				
Jacaraú				
João Pessoa				0,000
Juripiranga	0,000	0,001	0,000	0,001
Lucena	0,000	0,005	0,003	0,008
Mamanguape	0,000	0,033	0,000	0,033
Marcação				
Mari	0,003	0,003	0,000	0,006
Mataraca				
Mogeiro	0,000	0,066	0,002	0,068
Pedras de Fogo	0,000	0,000	0,003	0,003
Pedro Régis				
Pilar	0,000	0,200	0,000	0,200
Pitimbu				
Riachão do Poço	0,042	0,000	0,000	0,042
Rio Tinto	0,000	0,002	0,000	0,002
Salgado de São Félix	0,000	0,025	0,000	0,025
Santa Rita	0,000	0,039	0,000	0,039
São José dos Ramos	0,000	0,003	0,000	0,003
São Miguel de Taipu	0,001	0,128	0,011	0,141
Sapé	0,025	0,007	0,000	0,033
Sobrado	0,003	0,003	0,000	0,006
Total	**0,115**	**0,699**	**0,031**	**0,845**

Na Figura 3.191 estão apresentadas as demandas para aquicultura por município.

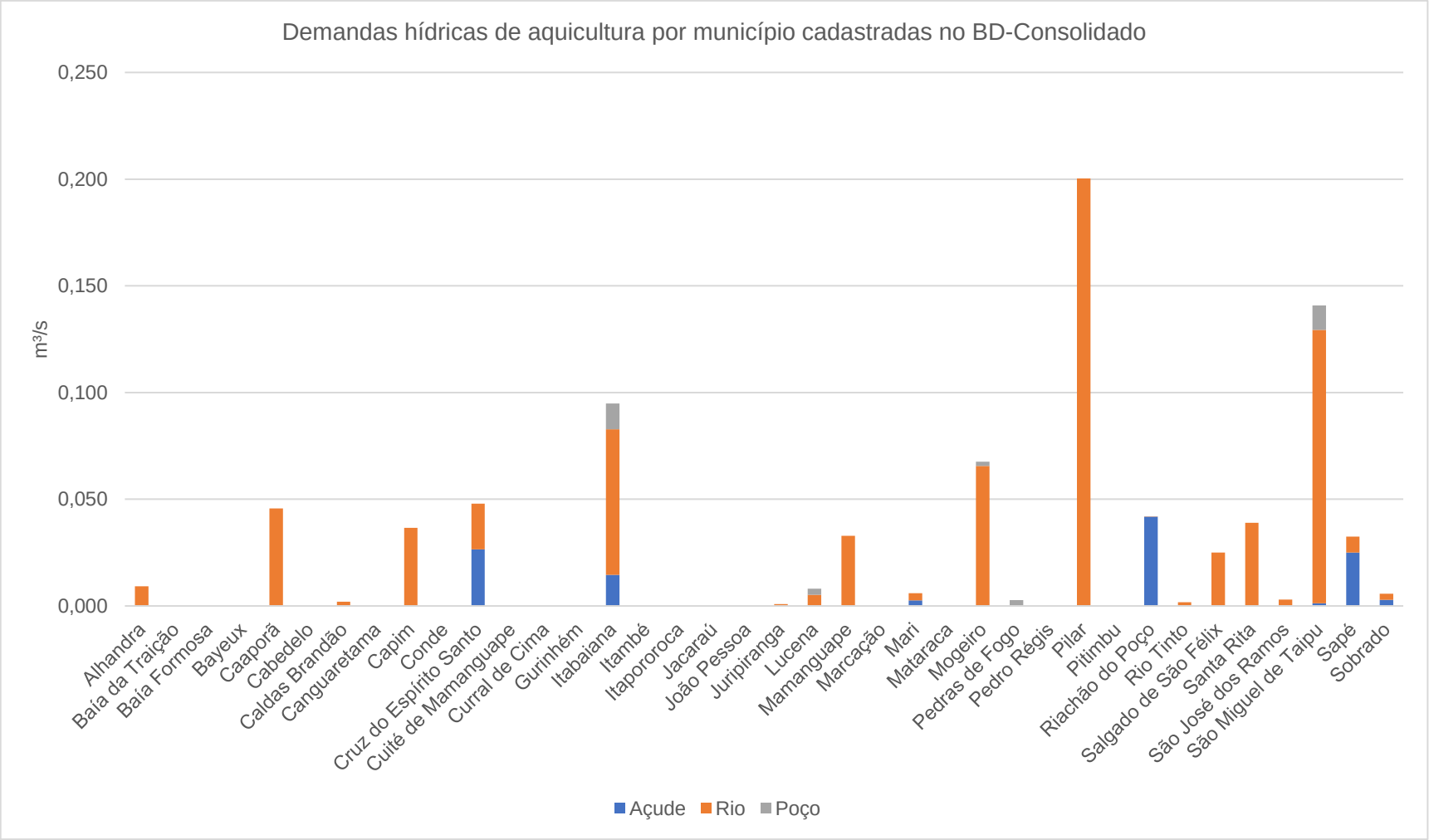


Figura 3.191 – Demandas para aquicultura por município no BD-Consolidado.

As demandas distribuídas por bacia hidrográfica estão apresentadas no Quadro 3.81 e na Figura 3.192.

Quadro 3.81 – Demandas em m³/s para aquicultura por bacia hidrográfica cadastradas no BD-Consolidado

Bacia Hidrográfica	BD-Consolidado			
	Aquicultura			
	Açude	Poço	Rio	Total
Abiaí			0,052	0,052
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,101	0,026	0,561	0,688
Camaratuba			0,022	0,022
Gramame		0,003	0,015	0,017
Guaju				0,000
Mamanguape			0,050	0,050
Miriri	0,013	0,003		0,016
Total	**0,115**	**0,031**	**0,699**	**0,845**

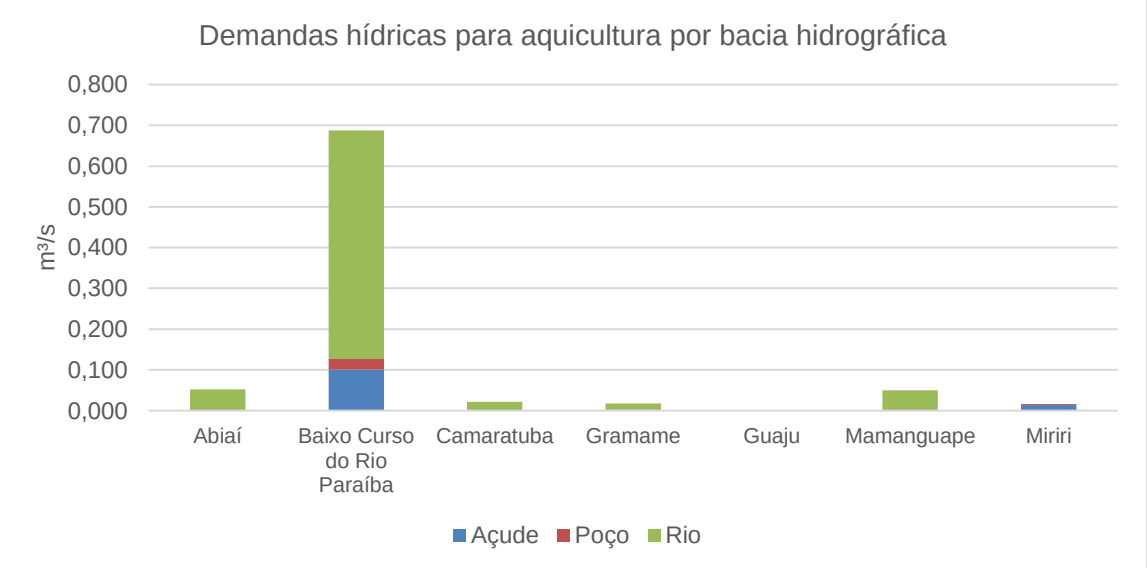


Figura 3.192 – Demandas para aquicultura por bacia hidrográfica no BD-Consolidado.

No mapa da Figura 3.193 estão apresentadas as demandas aquicultura espacializadas com base no BD-Consolidado. As demandas para aquicultura são muito concentradas no rio Paraíba e seus afluentes, na bacia hidrográfica do Baixo Curso do Rio Paraíba, que concentra 81,4% da demanda total. Uma pequena parcela é de fontes subterrâneas, 3,67% da demanda total.

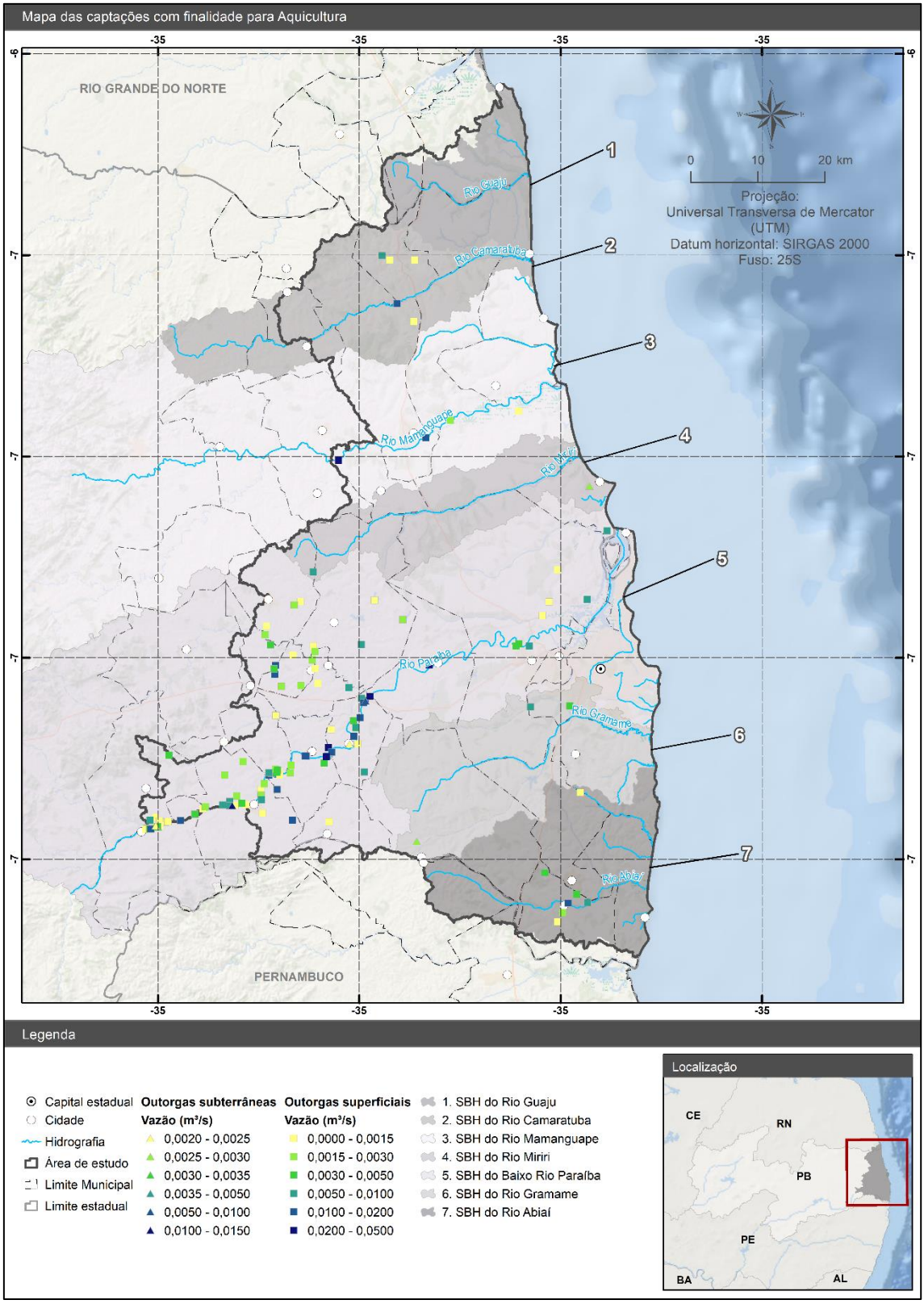


Figura 3.193 – Mapa da localização das demandas para aquicultura do BD-Consolidado.

3.8.6 *Criação animal*

Não há registros de demandas hídricas para criação animal no BD-Consolidado, então a única fonte de dados disponível para este uso é a BD-Usos.

O método adotado para estimativa da criação animal na BD-Usos é similar ao de estudos nacionais e internacionais de referência. Consiste na aplicação de coeficientes técnicos per capita (litros por dia por cabeça), por tipo de rebanho, ao número de cabeças registrado ou estimado no ano de referência. A conceituação dos rebanhos e o coeficiente utilizado está apresentado no Quadro 3.82. os números dos rebanhos foram obtidos da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) do IBGE. Como os dados da BD-Usos são estimados, eles não consideram a fonte de uso, entre superficial e subterrânea.

Quadro 3.82 - Tipos de rebanhos e coeficientes técnicos utilizados.

Espécie	Coeficiente (L/cabeça.dia)
Bovino	80
Vacas ordenhadas	127,5
Suíno	18,7
Bubalino	50
Equino	40
Ovino	10
Caprino	10
Galináceo	0,22
Galinhas	0,27
Codornas	0,18

Fonte: ANA (2019)

No Quadro 3.83 estão apresentados os rebanhos dos municípios da área de estudo.

Quadro 3.83 – Tamanhos e tipos dos rebanhos por municípios.

Município	Tipo de rebanho (em número de cabeças)							
	Bovino	Bubalino	Equino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceos	Codornas
Alhandra	2.700	-	160	330	100	170	290.000	-
Baía da Traição	800	-	105	300	215	175	5.500	-
Baía Formosa	550	-	45	90	208	152	2.665	-
Bayeux	260	-	77	943	118	95	3.600	-
Caaporã	1.290	-	105	200	120	240	400.000	1.000
Cabedelo	156	-	36	405	104	26	605	-
Caldas Brandão	2.800	-	320	450	300	400	30.000	-
Canguaretama	3.600	-	287	417	39	539	1.585	-
Capim	1.750	-	350	140	150	200	75.000	-
Conde	2.400	-	160	520	220	950	28.000	60.000
Cruz do Espírito Santo	2.100	-	415	2.300	600	700	30.000	-
Cuité de Mamanguape	3.500	-	300	250	275	210	6.000	-
Curral de Cima	6.600	-	250	280	400	500	12.000	-

Município	Tipo de rebanho (em número de cabeças)							
	Bovino	Bubalino	Equino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceos	Codornas
Gurinhém	17.700	-	900	2.000	1.500	5.500	140.000	200
Itabaiana	9.000	-	700	3.000	4.400	3.800	180.000	800
Itambé	3.935	-	162	1.457	1.583	1.807	36.000	-
Itapororoca	7.900	-	210	575	270	310	13.645	-
Jacaraú	6.500	10	375	560	650	460	16.000	-
João Pessoa	4.500	-	730	3.210	440	890	115.000	44.000
Juripiranga	2.000	-	90	280	470	400	8.600	180
Lucena	350	-	80	220	100	80	4.500	-
Mamanguape	3.200	-	300	865	405	475	750.000	-
Marcação	280	-	90	130	115	100	9.800	-
Mari	11.000	-	535	1.100	800	1.800	45.000	12.000
Mataraca	1.200	-	70	150	70	170	4.500	-
Mogeiro	9.500	25	1.150	900	3.800	2.800	56.560	1.700
Pedras de Fogo	4.000	-	325	1.240	1.400	630	1.058.000	-
Pedro Régis	3.100	-	230	250	495	225	12.300	-
Pilar	5.100	-	310	540	700	600	24.000	-
Pitimbu	750	-	85	95	70	170	9.000	-
Riachão do Poço	3.200	-	300	255	370	350	12.000	-
Rio Tinto	2.200	-	200	450	275	175	27.000	-
Salgado de São Félix	5.000	-	500	650	2.100	1.450	17.000	-
Santa Rita	4.500	-	255	2.200	450	660	235.000	53.000
São José dos Ramos	5.200	-	550	520	850	900	22.000	-
São Miguel de Taipu	4.200	-	270	280	600	500	13.500	-
Sapé	7.500	230	530	1.075	950	1.450	240.000	-
Sobrado	3.600	-	300	520	780	500	28.000	-
Total	**153.921**	**265**	**11.857**	**29.147**	**26.492**	**30.559**	**3.962.360**	**172.880**

Considerando os coeficientes apresentados no quadro Quadro 3.83, e estes tamanhos de rebanhos, se obtém uma demanda hídrica de 0,172 m³/s. A demanda total estimada na BD-Usos é de 0,097 m³/s. Considerando que parte dos municípios não estão localizados totalmente na área de estudo, os valores estão coerentes.

Quadro 3.84 – Demandas em m³/s para criação animal por município estimadas na BD-Usos.

Município	BD-Usos
Alhandra	0,003
Baía da Traição	0,001
Baía Formosa	0,000
Bayeux	0,000
Caaporã	0,001
Cabedelo	0,000
Caldas Brandão	0,002
Canguaretama	0,000
Capim	0,002
Conde	0,005
Cruz do Espírito Santo	0,003
Cuité de Mamanguape	0,002
Curral de Cima	0,002

Município	BD-Usos
Gurinhém	0,000
Itabaiana	0,005
Itambé	0,001
Itapororoca	0,000
Jacaraú	0,002
João Pessoa	0,006
Juripiranga	0,002
Lucena	0,001
Mamanguape	0,005
Marcação	0,000
Mari	0,008
Mataraca	0,002
Mogeiro	0,001
Pedras de Fogo	0,00
Pedro Régis	0,001
Pilar	0,003
Pitimbu	0,001
Riachão do Poço	0,001
Rio Tinto	0,003
Salgado de São Félix	0,000
Santa Rita	0,008
São José dos Ramos	0,003
São Miguel de Taipu	0,003
Sapé	0,007
Sobrado	0,002
Total	**0,097**

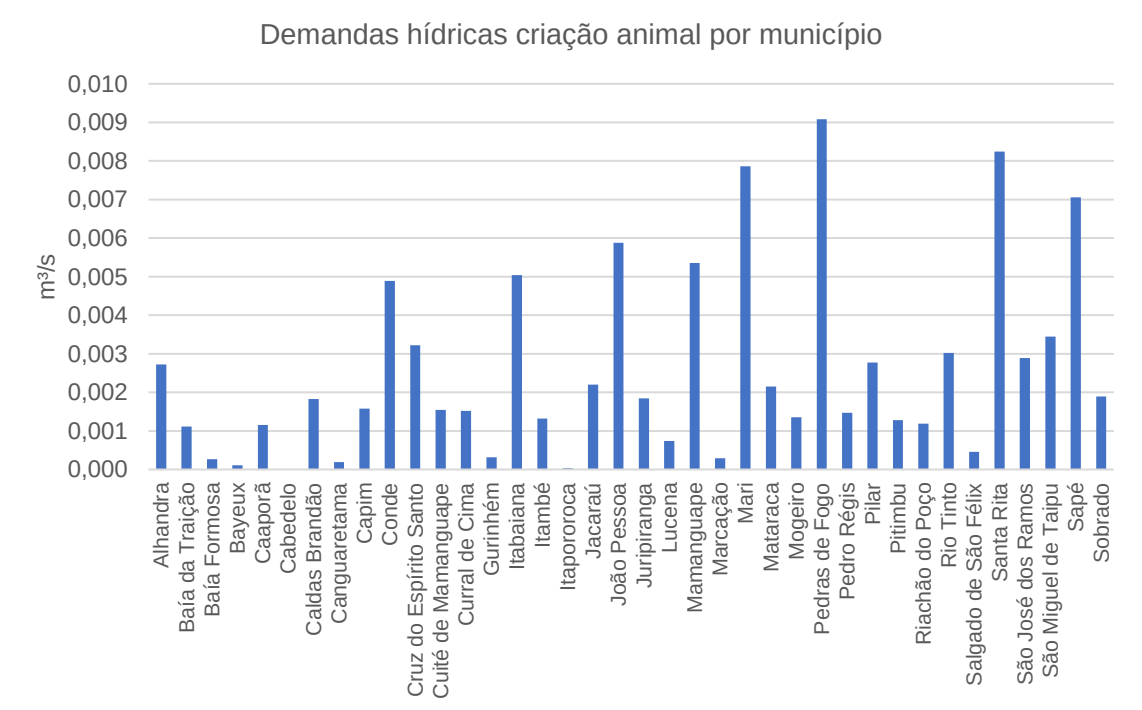


Figura 3.194 - Demandas para criação animal por município na BD-Usos.

No Quadro 3.85 e na Figura 3.195 estão apresentadas as demandas por bacia hidrográfica.

Quadro 3.85 – Demandas em m³/s para criação animal por bacia hidrográfica estimadas na BD-Usos.

Bacia Hidrográfica	Criação animal
Abiaí	0,008
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,046
Camaratuba	0,008
Gramame	0,017
Guaju	0,002
Mamanguape	0,008
Miriri	0,007
Total	**0,097**

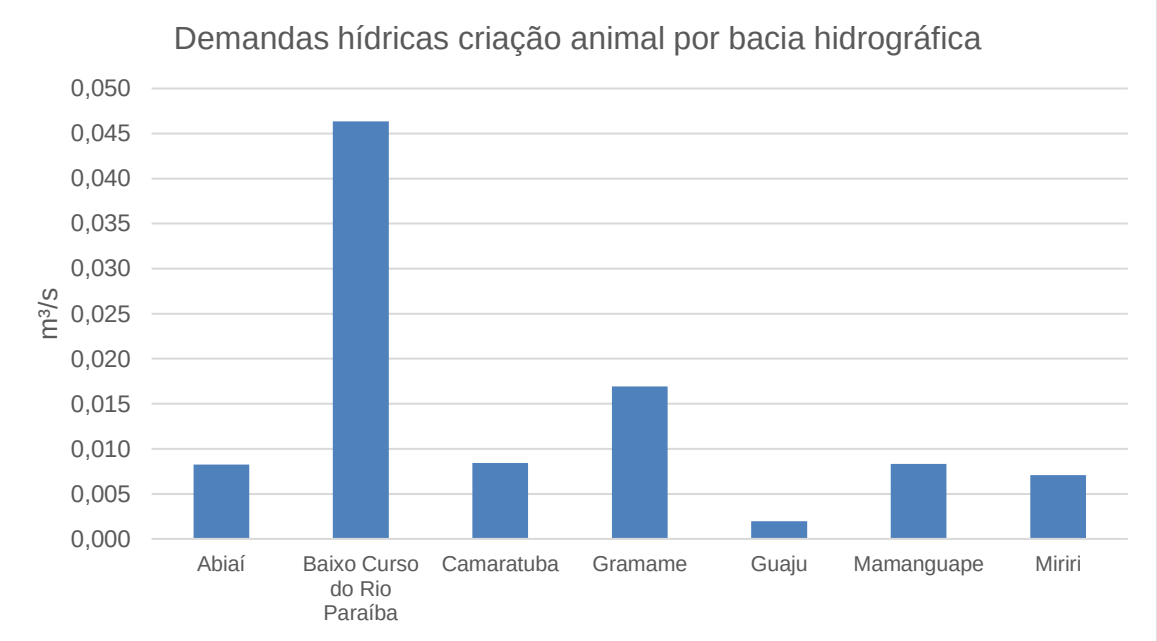


Figura 3.195 – Demandas para criação animal por bacia hidrográfica na BD-Usos.

No mapa da Figura 3.196 estão apresentadas as demandas aquicultura espacializadas com base na BD-Usos. Diferente das tipologias anteriores, a quantificação das demandas é oriunda da BD-Usos, que é uma estimativa das demandas, não baseada em um cadastro, e por isso não há discriminação entre demandas superficiais e subterrâneas. É possível observar uma predominância das demandas para criação animal na região mais ocidental da área de estudo, longe do litoral, com maior concentração nas bacias do baixo curso do rio Paraíba e Gramame.

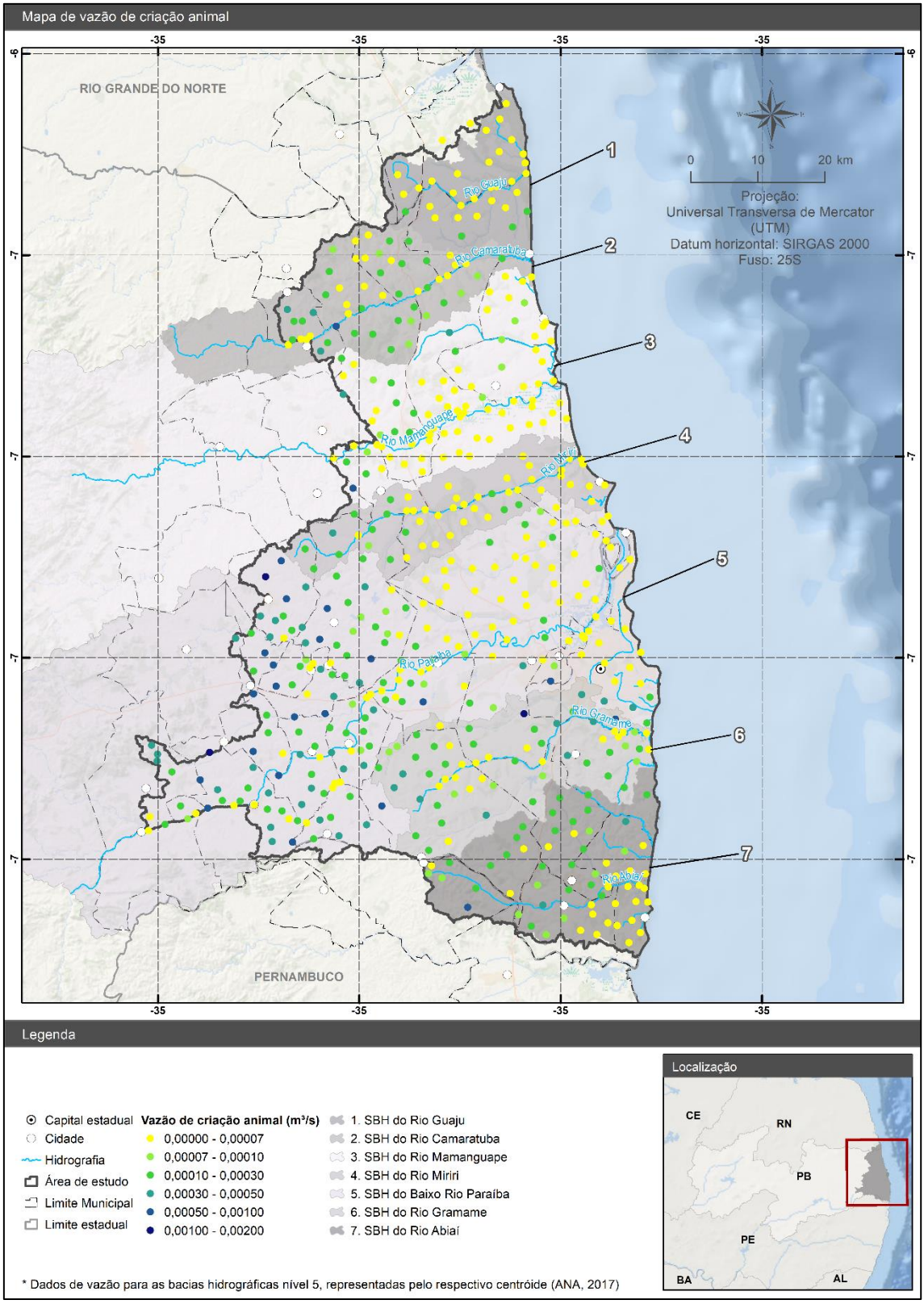


Figura 3.196 – Mapa da localização das demandas para criação animal da BD-Usos.

3.8.7 *Mineração*

Não há registros de demandas para mineração cadastrados no BD-Consolidado, e as demandas estimadas na BD-Usos são de pouca expressão, tratando-se da menor demanda da área de estudo. Como os dados da BD-Usos são estimados, eles não consideram a fonte de uso, entre superficial e subterrânea. As demandas estão praticamente todas concentradas no município de Mataraca.

Quadro 3.86 – Demandas em m³/s para mineração por município estimadas na BD-Usos.

Município	BD-Usos
Alhandra	0,001
Baía da Traição	0,000
Baía Formosa	0,001
Bayeux	0,000
Caaporã	0,001
Cabedelo	0,000
Caldas Brandão	0,000
Canguaretama	0,000
Capim	0,000
Conde	0,000
Cruz do Espírito Santo	0,000
Cuité de Mamanguape	0,000
Curral de Cima	0,000
Gurinhém	0,000
Itabaiana	0,000
Itambé	0,000
Itapororoca	0,000
Jacaraú	0,000
João Pessoa	0,001
Juripiranga	0,000
Lucena	0,000
Mamanguape	0,000
Marcação	0,000
Mari	0,000
Mataraca	0,050
Mogeiro	0,000
Pedras de Fogo	0,002
Pedro Régis	0,000
Pilar	0,000
Pitimbu	0,004
Riachão do Poço	0,000
Rio Tinto	0,000
Salgado de São Félix	0,000
Santa Rita	0,001
São José dos Ramos	0,000
São Miguel de Taipu	0,000
Sapé	0,001
Sobrado	0,000
Total	**0,063**

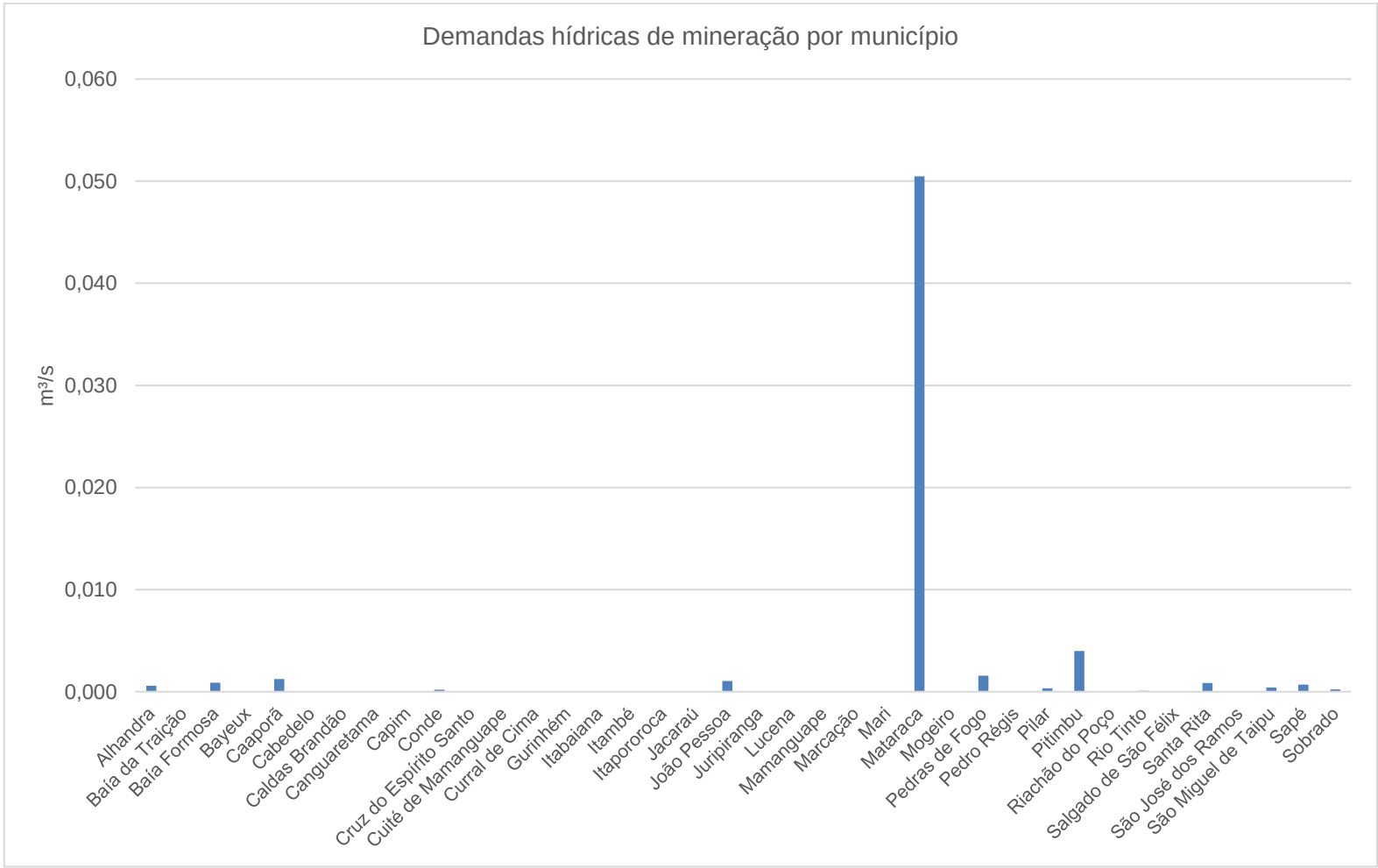


Figura 3.197 - Demandas para mineração por município na BD-Usos

Quadro 3.87 – Demandas em m³/s para mineração por bacia hidrográfica estimadas na BD-Usos

Bacia Hidrográfica	BD-Usos
Abiaí	0,006
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,003
Camaratuba	0,024
Gramame	0,002
Guaju	0,027
Mamanguape	0,000
Miriri	0,000
Total	**0,063**

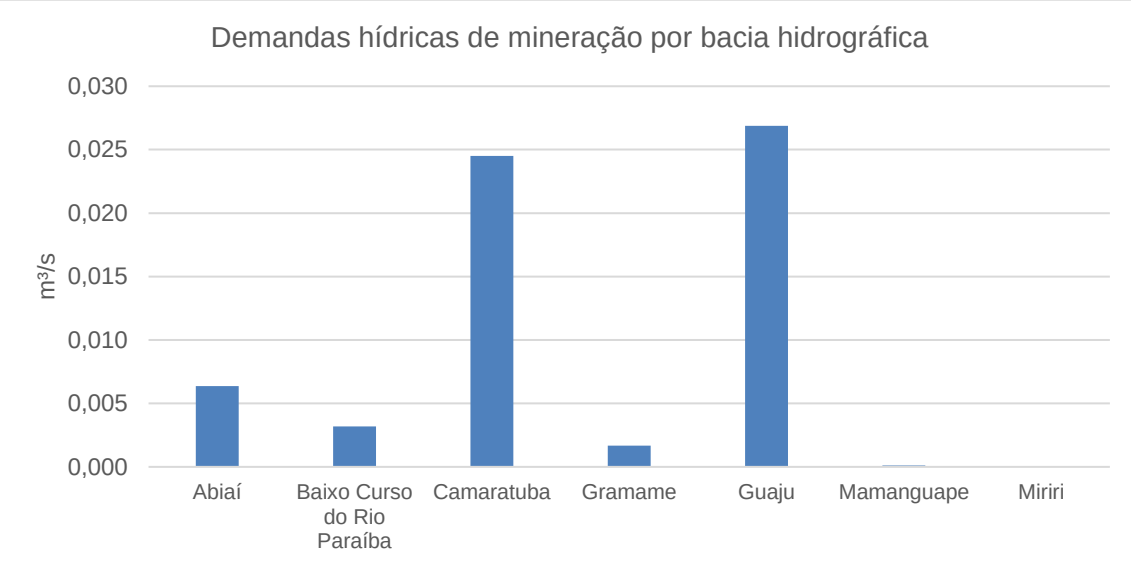


Figura 3.198 - Demandas para mineração por bacia hidrográfica na BD-Usos.

No mapa da Figura 3.199 estão apresentadas as demandas aquicultura espacializadas com base na BD-Usos. Assim como as demandas de criação animal, diferente das tipologias anteriores, a quantificação das demandas é oriunda da BD-Usos, que é uma estimativa das demandas, não baseada em um cadastro, e por isso não há discriminação entre demandas superficiais e subterrâneas. As demandas para mineração são pouco expressivas na área, o que pode ser observado pela pequena densidade de pontos de demanda. Há grande demanda concentrada em poucos pontos nas bacias do Guaju e Camaratuba, as duas bacias com maior demanda para mineração. Mamanguape e Miriri não possuem demanda, e as demais bacias valores muito baixos.

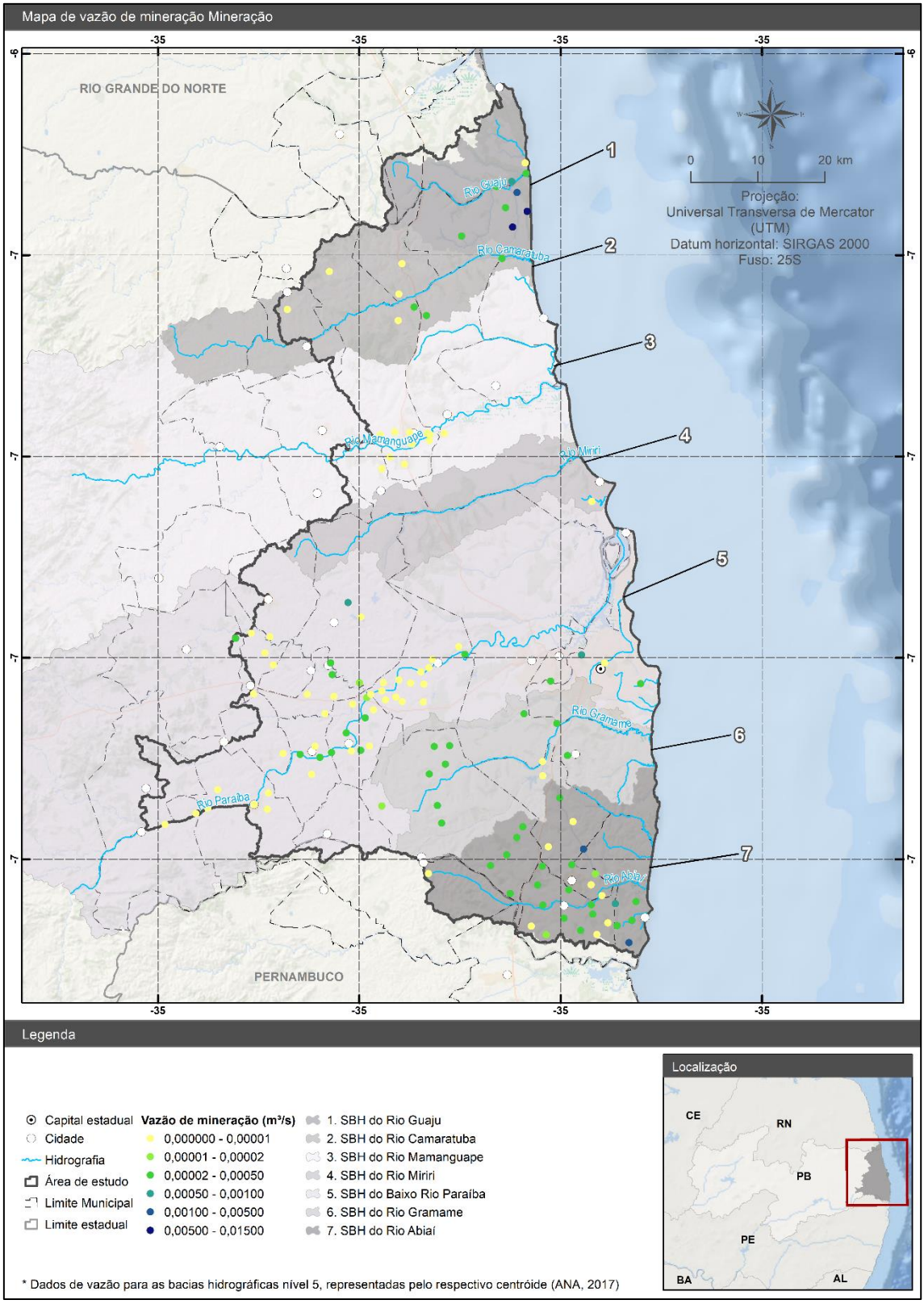


Figura 3.199 – Mapa da localização das demandas para mineração da BD-Usos.

3.8.8 *Síntese das demandas*

Este subcapítulo buscou analisar diferentes bases de informações para compor a base de dados de demandas do presente estudo que tem como foco as águas subterrâneas. Sendo assim, a base de demandas a ser considerada deve fornecer as informações necessárias para o entendimento deste aspecto. Conforme descrito na apresentação dos usos por tipologia, o BD-Consolidado é a base disponível que apresenta distinção entre demandas superficiais e subterrâneas; as demandas estimadas no Atlas Águas, Atlas Irrigação e na BD-Usos, justamente por serem estimadas, não fornecem essa informação.

Por isso o BD-Consolidado figura como a base preferencial para a aquisição das informações de demanda. Exclusivamente para as demandas de criação animal e mineração foram utilizadas as informações da BD-Usos pois este dado não existe para no BD-Consolidado. Como o BD-Usos não fornece informações de fonte de manancial superficial e subterrâneo, as demandas foram distribuídas considerando a proporção da área de estudo como um todo. Embora seja uma aproximação bem generalista, como essas duas tipologias de uso configuram demandas muito baixas, de cerca de 1% da demanda total da bacia, essa aproximação não causará prejuízos de sub ou superestimativas.

No Quadro 3.88, Quadro 3.89, Figura 3.200, Figura 3.202 e Figura 3.202 estão apresentadas as demandas totais selecionadas para compor a base oficial do estudo.

No mapa da Figura 3.203 estão apresentadas as distribuições das demandas em relação à fonte superficial ou subterrânea, por município. Os municípios de Cabedelo, Bayeux e João Pessoa são os únicos que dependem mais das demandas subterrâneas do que superficiais. Isso torna a questão das dinâmicas hidrogeológicas de especial interesse nessa região, em relação ao resto da área. Estes três municípios sozinhos representam 56% da demanda subterrânea da área de estudo.

Quadro 3.88 – Síntese das demandas distribuídas por município (m³/s).

Município	Abastecimento público			Consumo humano			Irrigação			Agroindustrial			Industrial			Aquicultura			Criação animal			Mineração			Total		
	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total
Alhandra	0,543	0,018	0,561	0,001	0,002	0,003	0,395	0,006	0,401	0,000		0,000	0,000	0,013	0,013	0,009	0,000	0,009	0,002	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,951	0,039	0,990
Baía da Traição									0,000										0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Baía Formosa									0,000										0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
Bayeux	0,000	0,046	0,046						0,000				0,001	0,003	0,004				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,050	0,050
Caaporã	0,583	0,002	0,586	0,000	0,003	0,003	0,361	0,001	0,362	0,041	0,000	0,041	0,000	0,003	0,003	0,046	0,000	0,046	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	1,034	0,009	1,042
Cabedelo	0,001	0,038	0,039	0,000	0,0002	0,000			0,000				0,004	0,017	0,021				0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,055	0,060
Caldas Brandão							0,091	0,000	0,091							0,002	0,000	0,002	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,095	0,000	0,095
Canguaretama							0,004	0,000	0,004										0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,005
Capim						0,000	0,315	0,000	0,315							0,037	0,000	0,037	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,353	0,000	0,353
Conde	2,950	0,042	2,992	0,000	0,003	0,003	0,157	0,002	0,159				0,050	0,036	0,086				0,004	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	3,161	0,084	3,245
Cruz do Espírito Santo	0,022	0,000	0,022	0,000	0,013	0,013	0,346	0,000	0,346	0,037		0,037				0,048	0,000	0,048	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,455	0,013	0,469
Cuité de Mamanguape									0,000										0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,002
Curral de Cima							0,004	0,000	0,004										0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006
Gurinhém				0,000	0,000	0,000			0,000										0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Itabaiana				0,000	0,001	0,001			0,000				0,001	0,001	0,001	0,083	0,012	0,095	0,005	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,088	0,015	0,103
Itambé									0,000										0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Itapororoca							0,029	0,000	0,029										0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,000	0,029
Jacaraú	0,018	0,000	0,018				0,062	0,000	0,062				0,000		0,000				0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,082	0,000	0,083
João Pessoa	0,167	0,503	0,670	0,000	0,001	0,001	0,004	0,001	0,005	0,000	0,013	0,013	0,004	0,207	0,212				0,005	0,001	0,006	0,001	0,000	0,001	0,182	0,726	0,908
Juripiranga							0,075	0,000	0,075							0,001	0,000	0,001	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,078	0,000	0,078
Lucena	0,000	0,008	0,008				0,572	0,064	0,636	0,000	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,005	0,003	0,008	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,578	0,085	0,663
Mamanguape	0,056	0,003	0,060	0,002	0,002	0,003	0,852	0,004	0,856	0,241	0,002	0,243	0,000	0,001	0,001	0,033	0,000	0,033	0,005	0,001	0,005	0,000	0,000	0,000	1,189	0,012	1,201
Marcação									0,000										0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mari				0,000	0,001	0,001	0,125	0,003	0,128				0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,007	0,001	0,008	0,000	0,000	0,000	0,138	0,005	0,143
Mataraca				0,000	0,001	0,001	0,211	0,002	0,214										0,002	0,000	0,002	0,046	0,005	0,050	0,259	0,008	0,267
Mogeiro				0,000	0,0002	0,000	0,001	0,000	0,001				0,000	0,001	0,001	0,066	0,002	0,068	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,068	0,003	0,071
Pedras de Fogo	0,039	0,006	0,045	0,007	0,006	0,013	0,636	0,003	0,639	0,038	0,002	0,040	0,058	0,012	0,070	0,000	0,003	0,003	0,008	0,001	0,009	0,001	0,000	0,002	0,788	0,033	0,821
Pedro Régis									0,000										0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
Pilar				0,000	0,0004	0,000	0,007	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000				0,200	0,000	0,200	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,210	0,001	0,211
Pitimbu	0,000	0,015	0,015	0,000	0,002	0,002	0,071	0,003	0,074				0,000	0,022	0,022				0,001	0,000	0,001	0,004	0,000	0,004	0,076	0,042	0,118
Riachão do Poço				0,000	0,003	0,003	0,000	0,001	0,001				0,000	0,002	0,002	0,042	0,000	0,042	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,043	0,007	0,050
Rio Tinto	0,046	0,000	0,046	0,000	0,002	0,002	0,820	0,112	0,932	0,214	0,000	0,214				0,002	0,000	0,002	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	1,083	0,116	1,199
Salgado de São Félix							0,000	0,000	0,000							0,025	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,000	0,026
Santa Rita	0,356	0,073	0,429	0,001	0,005	0,006	1,126	0,046	1,173	0,189	0,001	0,190	0,110	0,012	0,122	0,039	0,000	0,039	0,007	0,001	0,008	0,001	0,000	0,001	1,830	0,138	1,968
São José dos Ramos				0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000							0,003	0,000	0,003	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,006	0,001	0,007
São Miguel de Taipu	0,000	0,003	0,003	0,000	0,006	0,006	0,002	0,001	0,003							0,129	0,011	0,141	0,003	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,135	0,023	0,157
Sapé	0,173	0,000	0,173	0,000	0,001	0,001	0,605	0,007	0,612	0,018	0,000	0,019	0,004	0,001	0,004	0,033	0,000	0,033	0,006	0,001	0,007	0,001	0,000	0,001	0,840	0,009	0,849
Sobrado				0,000	0,001	0,001	0,043	0,005	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,006	0,000	0,006	0,002	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,050	0,011	0,061
Total	**4,954**	**0,759**	**5,713**	**0,011**	**0,055**	**0,067**	**6,915**	**0,261**	**7,177**	**0,778**	**0,029**	**0,807**	**0,231**	**0,336**	**0,567**	**0,814**	**0,031**	**0,845**	**0,088**	**0,009**	**0,097**	**0,057**	**0,006**	**0,063**	**13,848**	**1,487**	**15,335**

Fonte: BD-Consolidado: Abastecimento Público, Consumo Humano, Irrigação, Agroindustrial, Industrial, Aquicultura.
BD-Usos: Criação animal, Mineração.

Quadro 3.89 – Síntese das demandas distribuídas por bacia hidrográfica (m³/s).

Bacia Hidrográfica	Abastecimento público			Consumo humano			Irrigação			Agroindustrial			Industrial			Aquicultura			Criação animal			Mineração			Total		
	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total	Sup	Sub	Total
Abiaí	1,126	0,048	1,175	0,001	0,008	0,008	1,042	0,011	1,053	0,041	0,003	0,044		0,046	0,046	0,052		0,052	0,007	0,001	0,008	0,006	0,001	0,006	2,224	0,169	2,393
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,718	0,633	1,351	0,001	0,035	0,035	2,304	0,061	2,365	0,226	0,020	0,246	0,009	0,093	0,102	0,662	0,026	0,688	0,042	0,004	0,046	0,003	0,000	0,003	3,429	1,407	4,836
Camaratuba	0,018	0,000	0,018	0,002	0,002	0,004	0,400	0,006	0,406	0,214	0,002	0,215			0,000	0,022		0,022	0,008	0,001	0,008	0,022	0,002	0,024	0,664	0,035	0,699
Gramame	2,989	0,066	3,055	0,007	0,008	0,015	0,819	0,007	0,826	0,038	0,005	0,043	0,111	0,195	0,306	0,015	0,003	0,017	0,015	0,002	0,017	0,002	0,000	0,002	3,985	0,297	4,282
Guaju			0,000		0,001	0,001	0,181		0,181	0		0			0,000	0,000		0,000	0,002	0,000	0,002	0,024	0,003	0,027	0,207	0,004	0,210
Mamanguape	0,102	0,004	0,106	0,000	0,002	0,002	0,832	0,019	0,851	0,241	0,000	0,241		0,001	0,001	0,050		0,050	0,008	0,001	0,008	0,000	0,000	0,000	1,183	0,076	1,259
Miriri		0,008	0,008		0,001	0,001	1,336	0,158	1,494	0,018		0,018	0,111	0,001	0,111	0,013	0,003	0,016	0,006	0,001	0,007	0,000	0,000	0,000	1,488	0,168	1,656
Total	**4,954**	**0,759**	**5,713**	**0,011**	**0,055**	**0,066**	**6,915**	**0,261**	**7,177**	**0,778**	**0,029**	**0,808**	**0,231**	**0,336**	**0,567**	**0,814**	**0,031**	**0,845**	**0,088**	**0,009**	**0,097**	**0,057**	**0,006**	**0,063**	**13,180**	**2,155**	**15,334**

Fonte: BD-Consolidado: Abastecimento Público, Consumo Humano, Irrigação, Agroindustrial, Industrial, Aquicultura.
BD-Usos: Criação animal, Mineração.

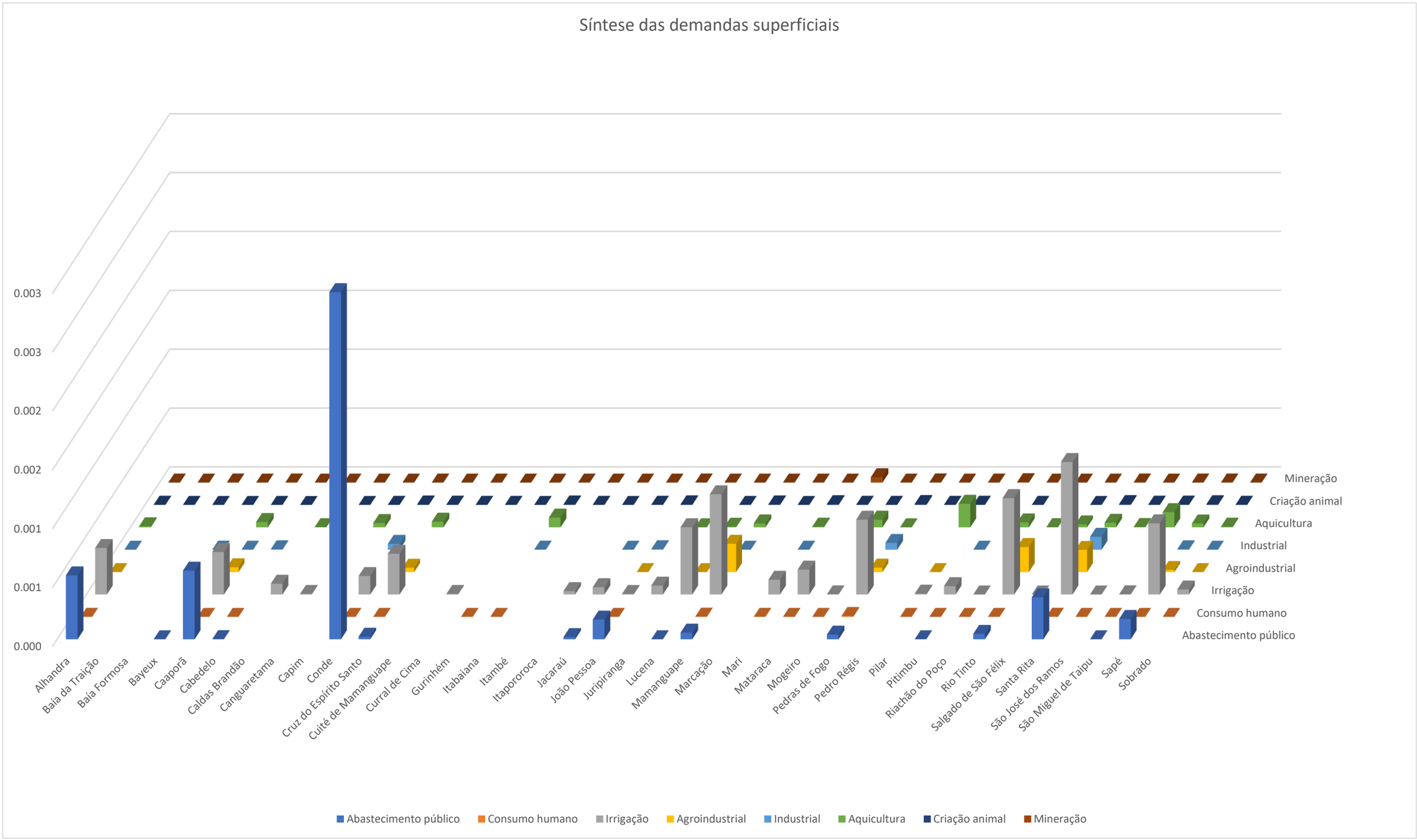


Figura 3.200 – Síntese das demandas superficiais por município (m³/s)

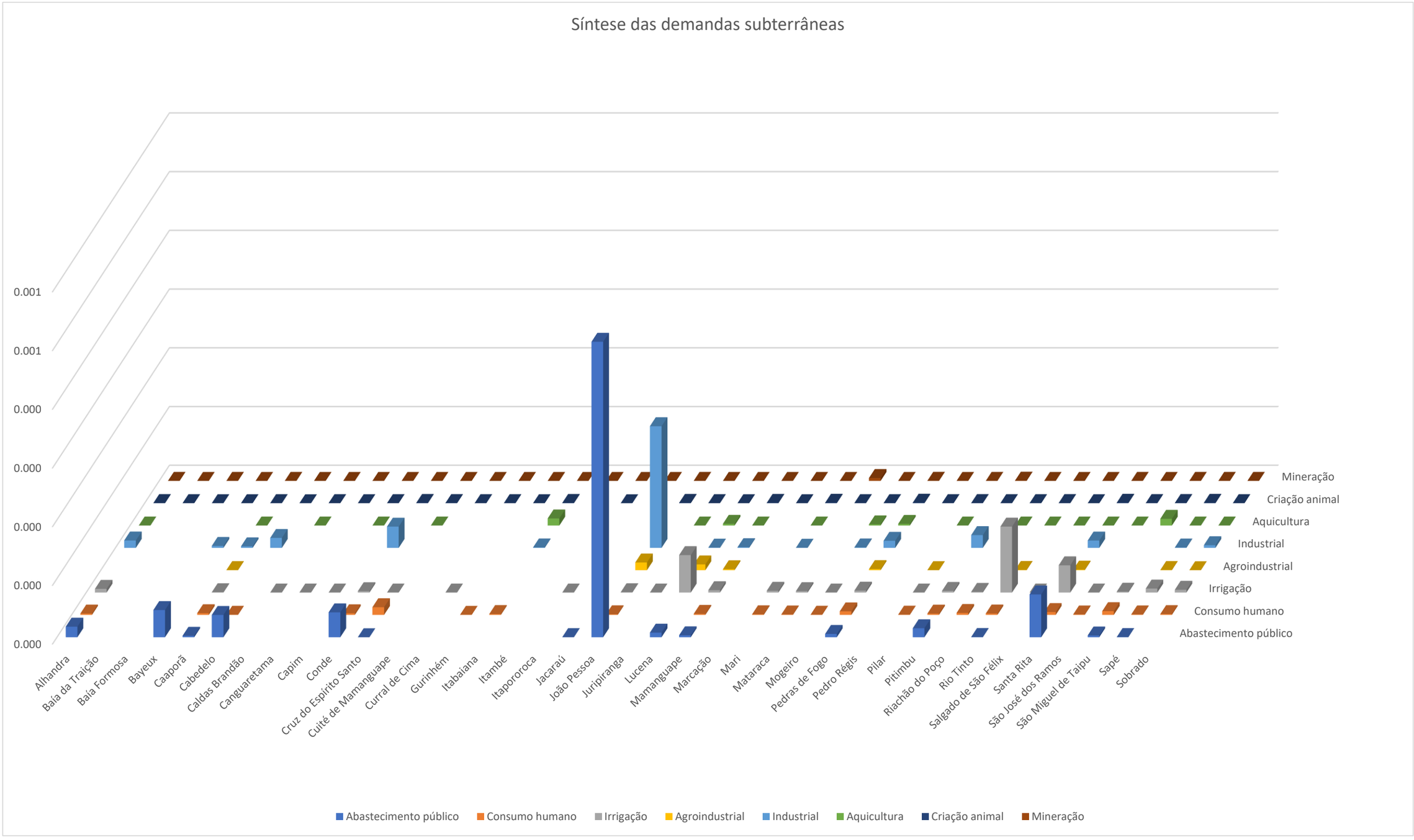


Figura 3.201 – Síntese das demandas subterrâneas por município (m³/s)

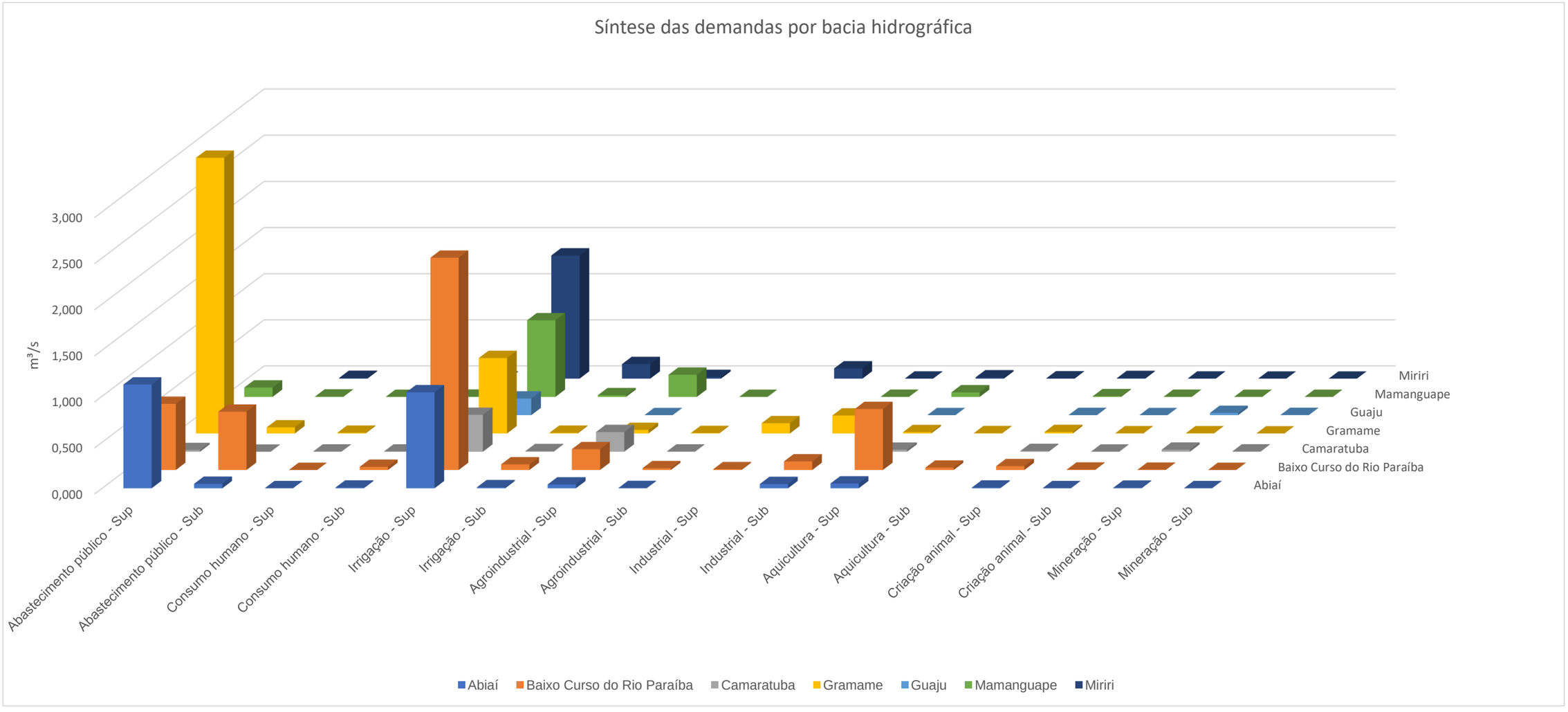


Figura 3.202 – Síntese das demandas por bacia hidrográfica.

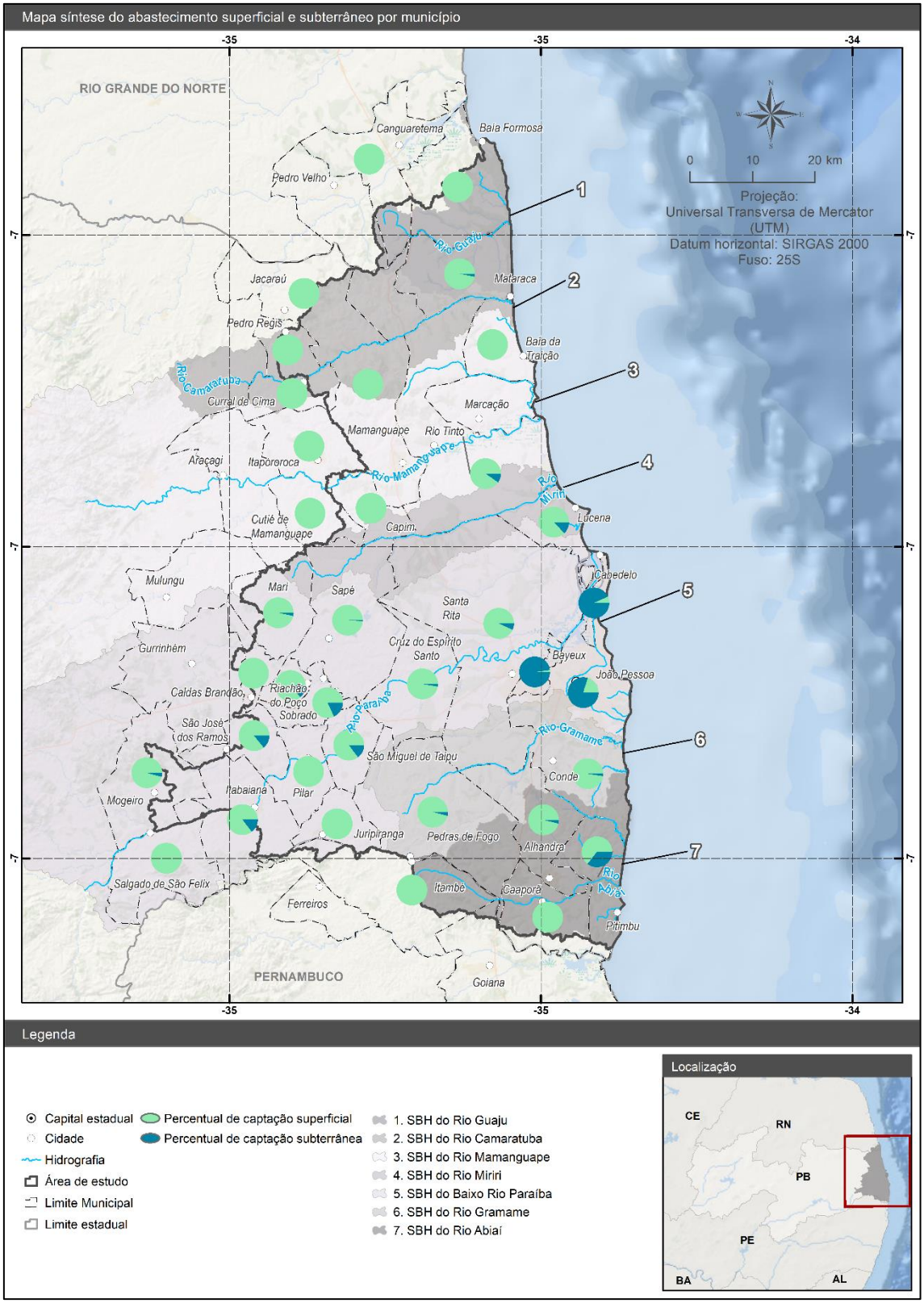


Figura 3.203 – Mapa da localização das demandas totais distribuídas em superficial e subterrânea.

3.8.9 *Demandas subterrâneas*

Conforme já mencionado, é de especial interesse para este estudo a parcela de captação exclusivamente subterrânea das demandas hídricas. Embora menos expressivas que as demandas superficiais, os efeitos dessa extração podem existir, dependendo de fatores como a disponibilidade subterrânea, e variam dependendo da profundidade da captação. Eis alguns dos efeitos:

- Captação em aquíferos rasos (freáticos):
    - Redução do nível freático: O uso excessivo pode resultar na diminuição do nível da água, exigindo a perfuração de poços cada vez mais profundos para acessar a água.
    - Interferência nos ecossistemas de superfície: A redução do nível freático pode afetar zonas úmidas, riachos e outros ecossistemas que dependem da proximidade do lençol freático.
    - Degradação da qualidade da água: A captação próxima à superfície pode facilitar a contaminação da água por atividades antrópicas, como agricultura e indústria, já que os contaminantes presentes na superfície têm menor distância para percorrer até alcançar o aquífero.
- Captação em aquíferos profundos (confinados):
    - Compactação e subsidência: A remoção da água pode causar a compactação do solo acima do aquífero, o que pode levar a um fenômeno chamado subsidência, onde a superfície do terreno afunda. Este é um problema particularmente grave em algumas áreas urbanas ao redor do mundo.
    - Diminuição do armazenamento: Aquíferos profundos geralmente têm taxas de recarga mais lentas que os aquíferos rasos. A extração contínua pode resultar em esgotamento a longo prazo.
    - Mistura de águas de diferentes qualidades: A extração excessiva pode induzir o fluxo de água de outras partes do aquífero, ou mesmo de outros aquíferos, o que pode alterar a qualidade da água.
    - Alterações nas pressões interaquíferas: Em regiões onde existem múltiplos aquíferos sobrepostos em diferentes profundidades, a extração de um pode afetar o equilíbrio hídrico dos outros, conduzindo a movimentos de água entre eles.

- Salinização: Em áreas costeiras, a extração excessiva de água doce pode facilitar a intrusão de água salgada, tornando o aquífero salinizado e, portanto, inutilizável para muitos propósitos.

Para os poços que possuem essa informação no BD-Consolidado, as demandas foram agrupadas em faixas de profundidade, apresentadas no Quadro 3.90.

As demandas exclusivamente subterrâneas estão apresentadas no Quadro 3.91 por município e no Quadro 3.92 por bacia hidrográfica.

Quadro 3.90 – Demandas por faixa de profundidade das captações (m³/s).

Bacia hidrográfica	0 a 10 metros	10 a 25 metros	25 a 50 metros	50 a 75 metros	75 a 100 metros	100 a 200 metros	200 a 500 metros	S/I	Total
Abiaí	0,002	0,001	0,009	0,008	0,005	0,046	0,014	0,031	0,115
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,002	0,047	0,203	0,081	0,014	0,211	0,055	0,254	0,867
Camaratuba		0,001	0,001	0,002	0,000	0,003		0,003	0,010
Gramame	0,000	0,012	0,077	0,023	0,022	0,106	0,029	0,014	0,283
Guaju				0,001					0,001
Mamanguape	0,001	0,000	0,003	0,002	0,000	0,007	0,012		0,026
Miriri		0,001	0,001	0,001		0,014	0,078	0,075	0,170
Total	**0,006**	**0,061**	**0,294**	**0,119**	**0,041**	**0,387**	**0,188**	**0,376**	**1,472**

S/I: Sem informação

No mapa da Figura 3.204 estão apresentadas as demandas subterrâneas totais por município. Fica claro que a demanda subterrânea se concentra principalmente em João Pessoa e seus arredores, e diminui progressivamente com a distância da capital.

Quadro 3.91 – Demandas subterrâneas por município (m³/s).

Município	Abastecimento público	Consumo humano	Irrigação	Agroindustrial	Industrial	Aquicultura	Criação animal	Mineração	Total
Alhandra	0,018	0,002	0,006		0,013	0,000	0,000	0,000	0,039
Baía da Traição							0,000	0,000	0,000
Baía Formosa							0,000	0,000	0,000
Bayeux	0,046				0,003		0,000	0,000	0,050
Caaporã	0,002	0,003	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,009
Cabedelo	0,038	0,0002			0,017		0,000	0,000	0,055
Caldas Brandão			0,000			0,000	0,000	0,000	0,000
Canguaretama			0,000				0,000	0,000	0,000
Capim			0,000			0,000	0,000	0,000	0,000
Conde	0,042	0,003	0,002		0,036		0,000	0,000	0,084
Cruz do Espírito Santo	0,000	0,013	0,000			0,000	0,000	0,000	0,013
Cuité de Mamanguape							0,000	0,000	0,000
Curral de Cima			0,000				0,000	0,000	0,000
Gurinhém		0,000					0,000	0,000	0,000
Itabaiana		0,001			0,001	0,012	0,000	0,000	0,015
Itambé							0,000	0,000	0,000
Itapororoca			0,000				0,000	0,000	0,000
Jacaraú	0,000		0,000				0,000	0,000	0,000
João Pessoa	0,503	0,001	0,001	0,013	0,207		0,001	0,000	0,726
Juripiranga			0,000			0,000	0,000	0,000	0,000
Lucena	0,008		0,064	0,010	0,000	0,003	0,000	0,000	0,085
Mamanguape	0,003	0,002	0,004	0,002	0,001	0,000	0,001	0,000	0,012
Marcação							0,000	0,000	0,000
Mari		0,001	0,003		0,000	0,000	0,001	0,000	0,005
Mataraca		0,001	0,002				0,000	0,005	0,008
Mogeiro		0,0002	0,000		0,001	0,002	0,000	0,000	0,003
Pedras de Fogo	0,006	0,006	0,003	0,002	0,012	0,003	0,001	0,000	0,033
Pedro Régis							0,000	0,000	0,000
Pilar		0,0004	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,001

Município	Abastecimento público	Consumo humano	Irrigação	Agroindustrial	Industrial	Aquicultura	Criação animal	Mineração	Total
Pitimbu	0,015	0,002	0,003		0,022		0,000	0,000	0,042
Riachão do Poço		0,003	0,001		0,002	0,000	0,000	0,000	0,007
Rio Tinto	0,000	0,002	0,112	0,000		0,000	0,000	0,000	0,116
Salgado de São Félix			0,000			0,000	0,000	0,000	0,000
Santa Rita	0,073	0,005	0,046	0,001	0,012	0,000	0,001	0,000	0,138
São José dos Ramos		0,001	0,000			0,000	0,000	0,000	0,001
São Miguel de Taipu	0,003	0,006	0,001			0,011	0,000	0,000	0,023
Sapé	0,000	0,001	0,007	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,009
Sobrado		0,001	0,005	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,011
Total	**0,759**	**0,055**	**0,261**	**0,029**	**0,336**	**0,031**	**0,009**	**0,006**	**1,487**

Quadro 3.92 – Demandas subterrâneas por bacia hidrográfica (m³/s).

Bacia Hidrográfica	Abastecimento público	Consumo humano	Irrigação	Agroindústria	Indústria	Aquicultura	Criação animal	Mineração	Total
Abiaí	0,048	0,008	0,011	0,003	0,046		0,001	0,001	0,117
Baixo Curso do Rio Paraíba	0,633	0,035	0,061	0,020	0,093	0,026	0,004	0,000	0,872
Camaratuba	0,000	0,002	0,006	0,002			0,001	0,002	0,013
Gramame	0,066	0,008	0,007	0,005	0,195	0,003	0,002	0,000	0,285
Guaju		0,001					0,000	0,003	0,004
Mamanguape	0,004	0,002	0,019	0,000	0,001		0,001	0,000	0,027
Miriri	0,008	0,001	0,158		0,001	0,003	0,001	0,000	0,170
Total	**0,759**	**0,055**	**0,261**	**0,029**	**0,336**	**0,031**	**0,009**	**0,006**	**1,487**

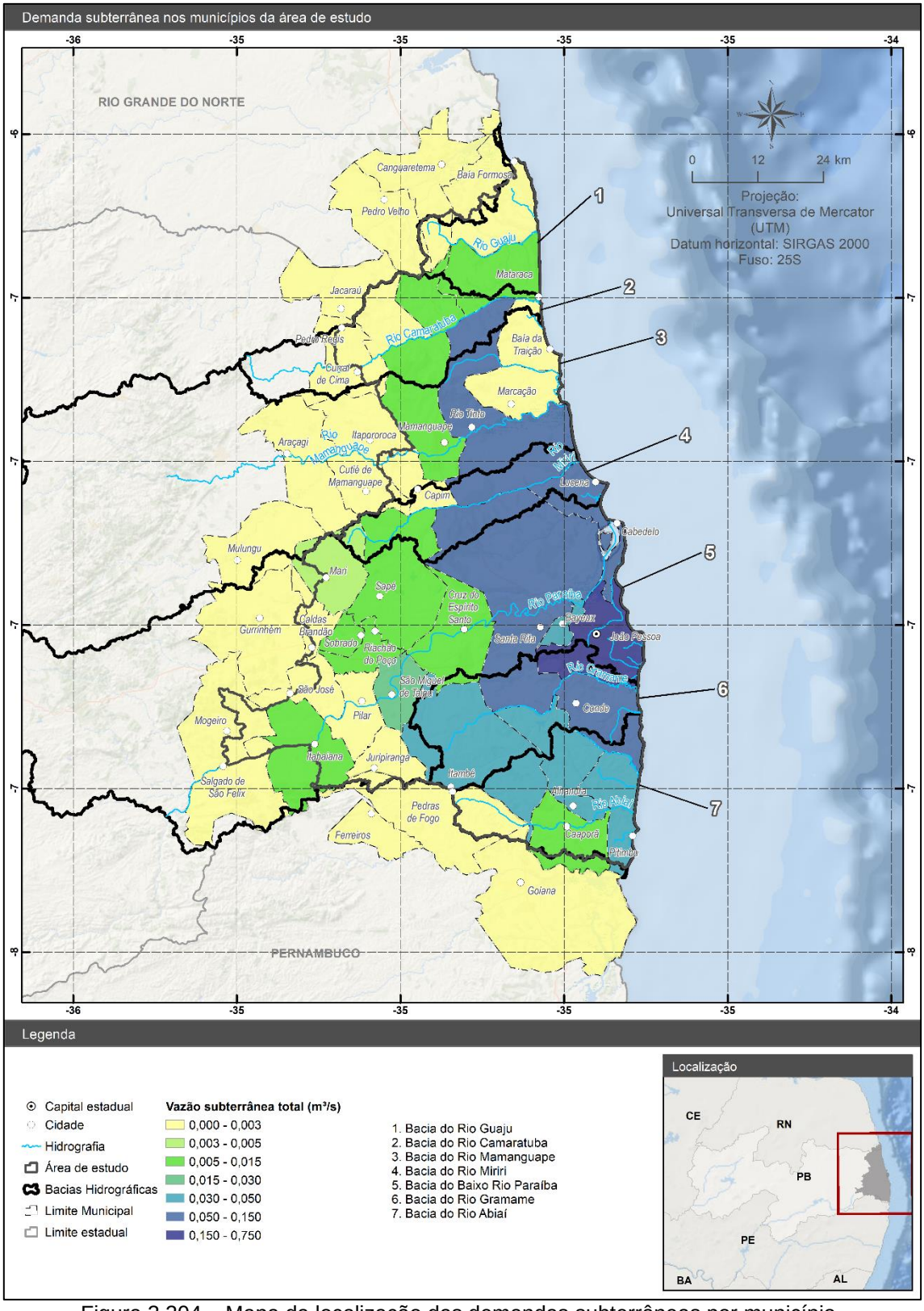


Figura 3.204 – Mapa da localização das demandas subterrâneas por município.

4 CONCLUSÕES

O Diagnóstico buscou apresentar o panorama atual da área de estudo em relação a seus aspectos físicos, climáticos, sociais e também sobre a situação geral do entendimento e monitoramento das águas subterrâneas, visando com isso subsidiar as próximas etapas do estudo. As informações aqui levantadas subsidiarão a construção do modelo conceitual, a delimitação das zonas e subzonas de gerenciamento, a estimativa do potencial e disponibilidade de águas subterrâneas, a proposição de uma rede de monitoramento quali-quantitativa e, por fim, a proposição de diretrizes e critérios técnicos para outorgas. O presente capítulo traz um compilado geral das informações mais relevantes levantadas e suas principais conclusões encontradas para os diferentes temas abordados no diagnóstico.

A Bacia Paraíba está localizada na margem leste da Província Borborema e abrange a faixa sedimentar costeira que se estende desde o Lineamento Pernambuco, nas proximidades da cidade de Recife, até o Alto Estrutural de Mamanguape, ao norte de João Pessoa. É subdividida em três sub-bacias: Olinda, Alhandra e Miriri.

Em relação à estratigrafia, bioestratigrafia e ao arcabouço estrutural da Bacia Paraíba em seus diferentes compartimentos, ainda persistem algumas incertezas. Isto porque, apesar de ser composta por uma sucessão simples de depósitos continentais, transicionais e marinhos, não existem informações detalhadas sobre o arcabouço estrutural desses depósitos e de seus estratos mais profundos. Seu preenchimento compreende sequencias que envolvem um ciclo de subsidência mais intenso, representado pelos sedimentos clásticos da Formação Beberibe; uma sequência transgressiva, constituída pelos clásticos da Formação Itamaracá e os calcários e sedimentos fosfáticos da Formação Gramame; e uma sequência sobreposta final da Formação Barreiras, na qual se desenvolveram os sedimentos aluviais. Essas sequências teriam sido tectonicamente afetadas do Neógeno ao Quaternário, no entanto, sua constatação em campo nem sempre é ratificada.

Relativamente aos gradientes topográficos, a área de estudo está situada entre o nível do mar na extremidade da linha litorânea do Estado da Paraíba e, para além do limite ocidental da área de estudo, a sinuosa linha base das escarpas orientais do Planalto da Borborema. O maciço elevado a mais de 600/700 m de altitude, com elevações interiores que se aproximam dos 1.000 m, exerce imponente barreira orográfica às correntes atmosféricas úmidas do litoral para o interior do estado. Tais barreiras induzem um regime precipitações no local com valores anuais entre aproximadamente 700 mm e 1800 mm, esses volumes são os responsáveis pelos eventos

de recarga subterrânea do SAPP quando ocorre a saturação do solo nas áreas favoráveis a ocorrência de recarga.

As principais faixas altimétricas estão situadas entre os 30 m de altitude, nas superfícies dos tabuleiros da faixa litorânea, e 250 m de altitude ao longo dos interflúvios tabulares entre as principais bacias hidrográficas da região. Destacam-se, pela extensão das áreas que ocupam, os terrenos situados abaixo de 50 m de altitude, que penetram pelo interior da zona costeira e correspondem aos fundos de vales abertos e de fundo chato, às planícies fluviais de inundação, planícies aluvionares e baixos terraços, planícies fluviomarinhas e dunas, zonas estuarinas, barras, falésias e praias, em estreita faixa litorânea. As baixas declividades do relevo da área de estudo permitem que os eventos de precipitação saturem o solo, favorecendo a ocorrência de recarga subterrânea. frente à geração de escoamento superficial direto para as drenagens locais. Somado a isso, a predominância de solos dos Grupos A e B (alto e moderado coeficiente de infiltração, respectivamente) favorece eventos episódicos de recarga subterrânea.

Localizado na microrregião da zona da Mata Paraibana, essa região exibe características geoclimáticas distintas, que podem ser facilmente reconhecidas a partir das características topográficas da bacia sedimentar costeira e de sua localização em relação ao Planalto da Borborema, justificando, assim, sua diferenciação em relação ao restante do estado da Paraíba. O período chuvoso ocorre entre os meses de março e agosto e o período seco entre os meses de setembro e fevereiro. Durante os meses de março a agosto, as precipitações são mais frequentes e intensas, sendo junho o mês em que ocorrem os maiores índices pluviométricos. A resposta dos níveis de água dos aquíferos aos meses chuvosos é claramente perceptível nos dados de monitoramento de nível estático.

As bacias drenantes para a zona litorânea, onde se encontram os depósitos sedimentares do SAPP e que perpassam a área de estudo são um total de sete, das quais as vazões subterrâneas específicas são baixas (máximo de 0,87 L/s.km² para 86% das estações avaliadas). A bacia do rio Guaju apresenta os maiores valores de vazões específicas, indicando uma maior capacidade de produção de escoamento por unidade de área nessa bacia, porém esta ocupa parte pequena da área estudada. Já a sub-bacia do rio Paraíba, que contempla uma área maior, apresentou baixas vazões específicas, indicando uma baixa capacidade de produção de escoamento da bacia. As vazões específicas subterrâneas são um importante indicador da capacidade de determinada bacia hidrográfica em regularizar as vazões. Apesar de a maior parte das estações fluviométricas indicarem a ocorrência de rios intermitentes na região, o aumento dos níveis na estação chuvosa permite que a água infiltrada seja lentamente devolvida aos rios, permitindo

maior disponibilidade temporal para os múltiplos usos existentes na bacia. Essa delicada relação entre o nível de água dos aquíferos e a cota do leito dos rios é tema central da gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos. O uso excessivo das águas subterrâneas acima da capacidade de recuperação sazonal das reservas pode acarretar em reduções permanentes nos níveis afetando de forma direta a permanência das vazões nos rios. Ainda, quando se observa o papel da descarga subterrânea nas vazões totais dos rios monitorados, percebe-se que a maior parte da água tem origem subterrânea, atingindo até 82% da vazão total.

O monitoramento dos recursos hídricos superficiais, por meio da análise do escoamento de base, é ferramenta fundamental no monitoramento das descargas dos aquíferos. Os resultados obtidos no presente diagnóstico mostram claramente anos secos (menor recarga sazonal) com fluxos de base reduzidos ou nulos (com destaque para os anos posteriores a 2015) quando comparados a anos mais úmidos (maior ocorrência de recarga sazonal), claramente trazendo à tona a delicada relação entre aquífero e rio. Séries históricas levantadas, como as observadas no piezômetro 2600008444 da rede RIMAS, mostram claramente a tendência de longo prazo nos níveis aquíferos na qual o uso inadequado do recurso pode agravar. O diagnóstico mostra a lacuna existente no monitoramento do quantitativo do SAPP, onde somente algumas poucas séries de dados permitem que as tendências de longo prazo sejam avaliadas, tais tendências são fundamentais na compreensão da disponibilidade hídrica da região.

Em relação aos usos e ocupação do solo no SAPP, a agropecuária compõe o percentual mais expressivo, e quando somadas às áreas edificadas, compõem o percentual de 67,88% da área de estudo ocupada por usos antrópicos. As áreas naturais (compostas por vegetação florestal, campestre e herbácea e áreas úmidas) correspondem a 29,67% da área total, majoritariamente caracterizadas por vegetação florestal. Os corpos d'água, tanto de origem natural como artificiais, ocorrem em 2,18% da área de estudo. As áreas de solo exposto de origem natural ou antrópica representam o percentual menos expressivo (0,27%). Tal dinâmica de uso e ocupação do solo destaca a importância do monitoramento da qualidade das águas do SAPP, uma vez que a intensa atividade agropecuária da região pode comprometer a qualidade dessas reservas.

A maior parte da população residente na área de estudo concentra-se na região litorânea principalmente na capital, João Pessoa, sendo esta região também a que possui o maior IDH. São os municípios litorâneos também os que concentram o maior PIB per capita, Alhandra e Pedro Régis, ficando a capital atrás destes dois. Em relação ao índice que mede a qualidade da gestão municipal (IGMA) apenas quatro municípios da área de estudo foram classificados como "em desenvolvimento", os demais foram definidos como em situação crítica. Essas áreas de

maior ocupação pela população são prioritárias no planejamento das redes de monitoramento das águas subterrâneas, em especial quando associados a áreas aquíferas mais vulneráveis. As informações levantadas aqui serão fundamentais na delimitação das zonas e subzonas de gerenciamento a serem executadas em etapas posteriores do presente estudo.

Em relação aos usos das águas subterrâneas, os municípios de Cabedelo, Bayeux e João Pessoa dependem substancialmente dos recursos hídricos subterrâneos. Isso torna a questão das dinâmicas hidrogeológicas de especial interesse nessa região, em relação ao resto da área. Estes três municípios sozinhos representam 56% da demanda subterrânea da área de estudo. Apesar disso, os mananciais subterrâneos e superficiais interagem de forma direta e contínua, e mesmo nos locais que não dependem exclusivamente das retiradas subterrâneas, o uso excessivo dessas reservas poderá afetar diretamente a disponibilidade superficial dessas áreas, uma vez que a descarga aquífera é bastante sensível a ocorrência de períodos secos, como exposto no presente diagnóstico. As diretrizes e critérios técnicos para outorgas a serem abordadas em etapas posteriores deste projeto deverão levar em conta essa delicada relação entre esses mananciais.

Os reservatórios subterrâneos componentes do SAPP integram as unidades hidroestratigráficas Beberibe, Gramame, Barreiras e Coberturas Sedimentares, identificadas pelos mesmos nomes atribuídos às unidades litoestratigráficas que os encerram. As Coberturas Sedimentares reúnem os depósitos aluvionares, sedimentos de praias, dunas e coberturas colúvio-eluviais e têm expressão hidrogeológica secundária e acessória, assim como os calcários da formação Gramame, considerados como um aquitardo por diversos autores. As demais unidades hidroestratigráficas constituem aquíferos importantes no contexto hidrogeológico da região costeira, principalmente a Beberibe e a Barreiras.

A partir de dados de poços profundos e de dados de sondagens geoelétricas, foi gerado o contorno estrutural do embasamento da Bacia do Paraíba. O mapa gerado neste diagnóstico mostra variações de cota entre -450 m e 250 m. As espessuras totais do SAPP foram mostram tendência de aumento do interior ao sentido do litoral, onde podem superar os 500 m.

Para determinação da potenciometria da área de estudo foram utilizados dados de níveis estáticos obtidos num mesmo período, todavia, em poços com diferentes profundidades e em diferentes condições – livres a semiconfinadas/confinadas. Para realizar a separação entre poços livres e confinados, foram aplicadas técnicas de correlação entre a altitude e nível da água, pois como a superfície potenciométrica dos aquíferos superficiais é controlada pela altitude do

terreno, esses dados mostram uma correlação aproximadamente linear. A partir dos poços então determinados como aquíferos livres, foi elaborado o mapa potenciométrico.

O mapa elaborado para representar a espessura saturada do Sistema Aquífero Paraíba (SAPP) foi o resultado da subtração dos grids do mapa potenciométrico e do contorno estrutural e mostrou um incremento acentuado das espessuras saturadas em direção à costa, a partir dos limites próximos ao embasamento aflorante, refletindo um controle estrutural na sua distribuição, segundo falhamentos sugeridos por Costa et al. (2007). O volume rochoso saturado calculado por geoprocessamento foi de 782 km³ e a espessura média saturada do SAPP foi calculada em 187 m. Em relação às reservas e disponibilidades hídricas subterrâneas, os valores obtidos são apresentados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Resumo dos resultados de disponibilidade e reservas do SAPP

Disponibilidades das reservas renováveis (km³/ano)	0,39
Disponibilidades das reservas permanentes (km³/ano)	0,16
Disponibilidades das reservas totais (km³/ano)	0,55
Reservas permanentes (km³)	78,18
Reserva reguladora (km³/ano)	0,78
Reservas totais (km³)	78,96

Sendo recarga a quantidade de água que entra na zona saturada do solo, sua avaliação é crucial para a gestão dos recursos hídricos. A maior parte desse recurso hídrico compõe a reserva renovável e a parte menor alcança os reservatórios subterrâneos profundos. Para o SAPP, a partir de uma revisão bibliográfica sobre o tema na área, a recarga foi considerada como 13% da precipitação média anual, resultando num valor de 0,78 km³/ano.

O Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco (SAPP) engloba unidades hidroestratigráficas diversas, podendo resultar em situações de confinamento parcial ou local, como previamente identificado por autores como Costa et al. (2007), AESA (2022), ASUB (2009) e BRAMAR (2018). A região sob confinamento que compõe o subsistema confinado é situada no Bloco Estrutural João Pessoa-Pitimbu. Parte dos dados estudados no diagnóstico apresentaram interpretações alternativas em relação ao confinamento do aquífero Beberibe/Itamaracá, propondo um enquadramento como um sistema multicamada. No entanto, a falta de dados precisos sobre o arcabouço estratigráfico e hidroestratigráfico do SAPP requer validação em futuras pesquisas. O modelo hidrogeológico em uso ainda considera o aquífero como confinado.

5 REFERÊNCIAS

Accioly, A.C.A. 2000. Geologia, Geoquímica e Significado Tectônico do Complexo Metanortosítico de Passira – Província Borborema – Nordeste Brasileiro. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 224 p.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2006. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba – PERH-PB. Resumo executivo e atlas. AESA, João Pessoa-PB.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. 2022. Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba. PERH-PB. Governo do Estado da Paraíba – João Pessoa. 227 p.

AESA (2016). Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba – PERH-PB. AESA, João Pessoa-PB.

Agência Nacional de Águas (ANA). Base Hidrográfica Ottocodificada. Brasília: ANA, 2017.

Agência Nacional de Águas (ANA). Massas d'água. Brasília: ANA, 2019.

ALBUQUERQUE, J.P.T., CEBALLOS, B.S.O., RÊGO, J.C., BARBOSA, D.L., RIBEIRO, M.M.R., SOUZA, J.A., GALVÃO, C.O. (2011). Proposta para o monitoramento das águas subterrâneas da bacia sedimentar costeira da Paraíba. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. ANAIS. 1-17.

ANA – Agência Nacional de Águas. 2004. Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013). 106 p.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2005. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília. Cadernos de Recursos Hídricos. 134 p.

ANA - Agência Nacional de Águas. 2005. Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. - Brasília ANA, SPR. 176 p.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2013. Mapeamento das Áreas Aflorantes dos Aquíferos e Sistemas Aquíferos do Brasil, escala 1:1.000.000. Gerência de Águas Subterrâneas (GESUB) da Agência Nacional de Águas.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (2017). Avaliação Hidrogeológica dos Sistemas Aquíferos Cársticos e Fissuro-Cársticos na Região Hidrográfica do São Francisco com Vistas à Gestão Integrada e Compartilhada de Recursos Hídricos. Relatório Final – Relatório Técnico - BALANÇO HÍDRICO. Consórcio PROJETEC – TECHNE – Brasil: ANA, SIP, 189 p.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Águas (2021a): segurança hídrica do abastecimento urbano. Brasília, DF: 2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Irrigação 2021b: Uso da Água na Agricultura Irrigada (2ª edição). Brasília, DF: 2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água no Brasil - Atualização de 2022. Brasília, DF. 2022

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília DF. 2019

BAPTISTA, V. S. G. Performance of different configurations of rooftop rainwater harvesting used for managed aquifer recharge: a stormwater management approach in an urbanized area. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 134p, 2020.

BARBOSA, Antonio José; LEMOS, Luiz Bernardo SG. Fosfato de Miriri, estados de Pernambuco e Paraíba. 2001.

BARBOSA, J.A., SOUZA, E.M., LIMA FILHO, M.F., NEUMANN, V.H. 2003. A estratigrafia da Bacia Paraíba: uma reconsideração. Estudos Geológicos, Recife, 13: 89-108.

BARBOSA, Johildo Salomão Figueirêdo; SABATÉ, Pierre; MARINHO, Moacyr Moura. O Cráton do São Francisco na Bahia: uma síntese. 2003.

BARBOSA, José Antonio et al. Estratigrafia da faixa costeira Recife-Natal (Bacia da Paraíba e Plataforma de Natal), NE Brasil. Estudos geológicos, v. 17, n. 2, p. 3-30, 2007.

BARBOSA, José Antonio. Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichitano-paleoceno-formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

BARBOSA, José Antonio; LIMA FILHO, Mário. Os domínios da Bacia da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás. 2005. p. 287-306.

BARNES, B. S. The structure of discharge-recession curves. Transactions, American Geophysical Union, v. 20 (4), p. 721 - 725, 1939.

Beurlen K. 1967. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Bol. Geol. São Paulo, SP. 16(1): 43-53.

BEURLEN, Karl. Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, v. 16, n. 1, p. 43-53, 1967.

BEZERRA, Francisco HR et al. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin—the Cariatá trough, northeastern Brazil. Geomorphology, v. 97, n. 3-4, p. 555-582, 2008.

BRAGA, A. C. R. 2014. Avaliação da potencialidade hídrica subterrânea e proposta para metodologia de outorga em uma região da bacia sedimentar costeira do baixo curso do rio Paraíba. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil.

Brito Neves, B.B., Santos, E.J., Van Schmus, W.R. 2000. Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil. In: Cordani, U., Milani, E.J., Thomaz Filho, A., Campos, D.A. (Eds.), Tectonic Evolution of South America: Proceedings of the 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, pp. 151–182.

BRITO NEVES, Benjamim Bley de et al. O sistema tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado Proterozóico. Revista Brasileira de Geociências, v. 34, n. 1, p. 127-134, 2004.

BRITO NEVES, Benjamim Bley de; SANTOS, EJ dos; VAN SCHMUS, Williams Randall. Tectonic history of the Borborema Province, northeastern Brazil. Tectonic Evolution of South America, 2000.

Brito−Neves, B. B., Riccomini, C., Fernandes, T. M. G., Sant'Anna, L. G. 2004. O sistema tafrogênico terciário do saliente oriental nordestino na Paraíba: um legado Proterozóico. Revista Brasileira de Geociências, 34(1), 127−134.

CARNIER NETO, D. 2006. Análise das Séries Temporais de Monitoramento de Nível d'Água em Poços no Aquífero Rio Claro, (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro (SP). 88 p.

CHAPMAN, T. G.; MAXWELL, A. I. Baseflow separation – Comparison of numerical methods with tracer experiments.1996. In: Hydrological and Water Resources Symposium, Institution of Engineers Australia, Hobart. p. 539–545.

CHAPMAN, T.G. Comment on 'Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses' by R. J. Nathan and T. A. McMahon.1991. Water Resources Research. V.27. p.1783–1784.

COELHO, V. H. R. 2011. Monitoramento e análise da variação do nível d´água para estimativa da recarga do aquífero livre da bacia do rio Gramame – PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 147p.

COLLISCHONN, W.; FAN, F. Defining Parameters for Eckhardt's Digital Base Flow Filter. Hydrological Processes, v.27, n.18, p. 2614-2622, 2013.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. 6 ed. IPH UFRGS, 2008. 274 p.

CONAMA. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Brasília, DF.

Costa – Consultoria e Serviços Técnicos e Ambientais Ltda. 1999. Plano diretor dos recursos hídricos da bacia do rio Mundaú. Secretaria de Estado de Recursos Hídricos e Irrigação. Maceió. Alagoas. 746 p.

COSTA, W. D. (2006). Diagnóstico preliminar sobre as condições de captação de água subterrânea na Bacia Sedimentar Costeira do Estado da Paraíba. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-estrutura Hídrica. Brasília-DF.

COSTA, W.D.C.; ALBUQUERQUE, J.P.T.; BRANCO, R.L.C.; MARANHÃO, C.M.L.; GOLDFABER, M. Estudos de caracterização e verificação da disponibilidade hídrica da vertente

litorânea do Estado da Paraíba. Estudos Hidrogeológicos. Relatório Final. Tomo I. Ministério da Integração Nacional. 2007.

COUTINHO, J.V., ALMEIDA, C.N., GADELHA, C.L.M., TARGINO, D.F., LINHARES, F.M., COELHO, V.H.R. Avaliação Integrada da Qualidade da Água Subterrânea em uma Bacia Hidrográfica Representativa do Litoral da Região Nordeste do Brasil. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 18 n.4 –Out/Dez 2013,197-212.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL 2008. Hidrogeologia : Conceitos e Aplicações. 3ª Ed CPRM, Feitosa, F. A. C. et. al. (Coords). 812p.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2011. Levantamento da geodiversidade: projeto atlas pluviométrico do Brasil: isoietas anuais médias: período 1977 a 2006.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2004. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Brasília: CPRM, 2004. Escala 1: 1.000.000. Programa Geologia do Brasil.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2019. Mapa Hidrogeológico do estado da Paraíba. Escala 1:500.000. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Ministério de Minas e Energia. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 18 (4), 197-2012.

CUSTÓDIO, E., LLAMAS, M. R. 1996. Hidrologia Subterrânea. 2ed. Barcelona: Omega. 2 tomos.

DE BRITO NEVES, Benjamim Bley et al. Novos dados geológicos e geofísicos para a caracterização geométrica e estratigráfica da Sub-bacia de Alhandra (Sudeste da Paraíba). Geologia USP. Série Científica, v. 9, n. 2, p. 63-87, 2009.

DWR – California Department of Water Resources. 2003. Basic groundwater concepts. Bulletin n.246. p.

ECKHARDT K. A comparison of baseflow indices, which were calculated with seven different baseflow separation methods. 2008.Journal of Hydrology, v.352. p. 168-173.

ECKHARDT K. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. 2005.Hydrological Processes, v.19. p. 507-515. FABHAT. (2016). Relatório – I: Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - UGRHI 06. Ano Base 2016/2035. São Paulo. 257 p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1979. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

Esri. ArcGIS Living Atlas. 2022. Disponível em: https://livingatlas.arcgis.com/landcover/. Acesso em: ago. de 2023.

Fauth, G. & Koutsoukos, E. A. M. 2002. Paleoecological inferences from marine ostracode assemblage of the Maastrichtian and Danian in the Pernambuco-Paraíba Basin. in: 6o Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e 2o Simpósio sobre el Cretácico de América Del Sur. São Pedro, São Paulo, Boletim de resumos, 1: 261-265.

FAUTH, G.; KOUTSOUKOS, E. A. M. Paleoecological inferences from marine ostracode assemblage of the Maastrichtian and Danian in the Pernambuco-Paraíba Basin. Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, v. 4, p. 261-265, 2002.

Fernandes, L.A. 2017. Aplicação do método WTF para estimativa da recarga do aquífero livre da região da bacia do rio Gramame e do baixo curso do rio Paraíba, PB. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. 142p.

Fetter, C.W. 2001. Applied Hydrogeology. 4th Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2, 8.

FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro). Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM. 2016. Disponível em: https://www.firjan.com.br/ifdm/. Acesso em: set. de 2023.

FLORESTAL, Novo Código. Lei 12.651 de 25 de maio de 2012. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2017.

FOSTER, Stephen et al. Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. 2006. 144 p.

FREEZE, Allan; CHERRY, John. Groundwater. Englewood Cliffs: Prentice-Hall Inc., 1979. 604 p.

FUNAI. Fundação Nacional do Índio. Terras Indígenas. 2019.

FURRIER, M.; ARAÚJO, M. E. DE; MENESES, L. F. de. (2006). Geomorfologia e tectônica da formação Barreiras no Estado da Paraíba. Geologia USP. Série Científica, 6(2), 61-70.

FURRIER, Max; DE ARAÚJO, Magno Erasto; DE MENESES, Leonardo Figueiredo. Geomorfologia e tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. Geologia USP. Série Científica, v. 6, n. 2, p. 61-70, 2006.

GOPINATH T. R., COSTA C. R. S., JÚNIOR M. A. S. 1993. Minerais pesados e processos deposicionais dos sedimentos da Formação Barreiras, Paraíba. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 15. Atas… Natal: SBG/Núcleo Nordeste. 1: 47-48p.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo demográfico 2022. 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html. Acesso em: set. de 2023.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Produto Interno Bruto (PIB). 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php. Acesso em: set. de 2023.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Quilombos. 2019.

LEAL E SÁ, L. T. 1998. Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB. Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Pernambuco, 127p.

LEAL E SÁ, L. T. Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba, no trecho compreendido entre Recife-PE e João Pessoa-PB. 1998. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Pernambuco, Recife, 1998.

LEITE, J.A.P.C. 2018. Aplicação do índice de qualidade da água de Bascarán para aos rios Gramame, Abiaí e Araú na zona costeira sul da Paraíba. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal da Paraíba. 50p

Lima Filho, M. F., Monteiro, A. B., Souza, E. M. 1998. Carbonate sections of the Paraiba and Pernambuco Basins, Northeastern Brazil: Implications for the late stages of opening of Southern Atlantic Ocean. Alicante (Espanha), 15th, Intern. Cong. Sediment., Abstracts, 504 –505.

LIMA FILHO, Mario Ferreira de; BRITO NEVES, Benjamim Bley de. Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco. 1998.

Lima, E. A., Nascimento, D. A., Dourado, T. D. C., Brandão, L. C. R. 2004. Mapeamento hidrogeológico da folha Sb.25-Y-C João Pessoa – Paraíba. XIII. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá – MT.

LIMA, J. C.; BEZERRA, F. H.; ROSSETTI, D. F.; BARBOSA, J. A.; MEDEIROS, W. E.; DE CASTRO, D. L.; VASCONCELOS, D. L. 2016. Neogene-Quaternary fault reactivation influences coastal basin sedimentation and landform in the continental margin of NE Brazil. Quaternary International, 438: 92-107.

LYNE, V.; HOLLICK, M. Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling. 1979.In: PROCEEDINGS OF THE HYDROLOGY AND WATER RESOURCES SYMPOSIUM,Perth, 10-12 September. Institution of Engineers National Conference Publication, N 79/10. p. 89-92.

MACE, R. E.; MULLICAN, W. F.; WAY, T. 2001. Estimating Groundwater Availability in Texas. Texas Water Development Board – TWDB. Texas. 16 p.

MEDEIROS, C.M., BARBOSA, D.L., CEBALLOS, B.S.O., RIBEIRO, M.R., ALBUQUERQUE, J.P.T. (2009). Qualidade das águas subterrâneas na porção sedimentar da região do baixo curso do rio paraíba. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 1-15

MEDEIROS, L.T.G., FARTO, C.D., ATHAYDE JR., G.B, (2021). Avaliação da qualidade da água subterrânea na região dos Bancários em João Pessoa – PB. Research, Society and Development v. 10, n. 6., 1-15.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Brasília, DF.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Painel de Unidades de Conservação Brasileiras. Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMDNmZTA5Y2ItNmFkMy00Njk2LWI4YjYtZDJlNzFkOGM5NWQ4IiwidCI6IjJiMjY6YmY4YTYxYjMtNjZlMC00ZThhLTllNTItZWIyYmJmODNkNWUzMyIsImMiOjF9. Acesso em: ago. de 2023.

Mohriak, W.U. 2003. Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil.L. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.) CPRM, Brasília.

Nimmo, J.R., Healy, R.W., Stonestrom, D.A. 2005. Aquifer recharge. In: Anderson, M.G., Bear, J. (Eds.), Encyclopedia of Hydrological Science, vol. 4. Wiley, Chichester, UK, pp. 2229– 2246.

Nº, L. E. I. 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art, v. 21, 2011.

NÓBREGA, V. A.; ALHEIROS, M. M. 1991. Petrografia do Arenito Beberibe, Bacia Pernambuco-Paraíba. In: XIV Simpósio de Geologia do Nordeste. Atas, 75-77.

NÓBREGA, V. A.; ALHEIROS, M. M. Petrografia do arenito Beberibe, Bacia Pernambuco-Paraíba. XIV Simpósio de Geologia do Nordeste. Anais... Recife: SBG/Núcleo Nordeste, v. 1, p. 75-77, 1991.

Paula e Silva, F. 2003. Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 166 p.

Pazdro, Z. Hydrogeologia Ogólna, W.G.Warszawa, p.575. 1983. Planet. *Planet Explorer*. 2022. Disponível: <https://www.planet.com/explorer/>.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). Índice de Desenvolvimento Humano - IDH. 2010. Disponível em: https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html. Acesso em: set. de 2023.

Projeto MapBiomas – Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. 2021. Disponível em: https://mapbiomas.org/download. Acesso em: ago. de 2023.

RESOLUÇÃO, Nº. 15, DE 11 DE JANEIRO DE 2001. Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH. Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas.

ROSSETTI, D. F.; BEZERRA, F. H. R.; GOES, A. M.; NEVES, B. B. B. 2011. Sediment deformation in Miocene and post-Miocene strata, Northeastern Brazil: evidence for paleoseismicity in a passive margin. Sedimentary Geology 235, 172-187.

ROSSETTI, D. F.; GÓES, A. M.; VALERIANO, M. M.; MIRANDA, M. C. C. 2008. Tectônica quaternária em margem passiva: Ilha de Marajó, norte do Brasil. Journal of Quaternary Science 23, 121-135.

ROSSETTI, Dilce F. et al. Quaternary tectonics in a passive margin: Marajó Island, northern Brazil. Journal of Quaternary Science: Published for the Quaternary Research Association, v. 23, n. 2, p. 121-135, 2008.

ROSSETTI, Dilce F. et al. Sediment deformation in Miocene and post-Miocene strata, Northeastern Brazil: evidence for paleoseismicity in a passive margin. Sedimentary Geology, v. 235, n. 3-4, p. 172-187, 2011.

SABESP-CEPAS. 1994. Diagnóstico hidrogeológico da região metropolitana de São Paulo. Relatório Final. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo e Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas da Universidade de São Paulo – USP. 115p.

Scanlon, B. R.; Healy, R. W.; Cook, P. G. 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. Hydrogeology Journal. v. 10, p. 18 39.

Secretaria Extraordinária Do Meio Ambiente, Dos Recursos Hídricos E Minerais Do Estado Da Paraíba (SEMARH/PB). Plano estadual de recursos hídricos do Estado da Paraíba: atividades da primeira etapa. João Pessoa: SEMARH/PB, 2004.

SEMARH – SECRETARIA EXTRAORDINÁRIA DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E MINERAIS, 2000. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame. Relatório Final – Volume 2. João Pessoa/PB, 2000.

Simmers, I. 1990. Aridity, groundwater recharge and water resources management. In: Groundwater recharge: A guide to understanding and estimating natural recharge. David N. Lerner, Arie S. Issar, Ian Simmers. Internat. Association of Hydrogeologists – Hannover: Heisse.

SOUZA, E. M. 2006. Estratigrafia da sequência clástica inferior (andares Coniaciano-Maastrichtiano Inferior) da Bacia da Paraíba, e suas implicações paleogeográficas. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências, UFPE, 350p.

SUDENE/CONESP-OESA. 1975. Estudos de reconhecimento e estudos hidrogeológicos para aproveitamento integrado. Região centro-leste da Bacia Potiguar e bacias costeiras da Paraíba e Pernambuco. Área A. Estudos hidrogeológicos – minuta do relatório final.

TARGINO, D. F. Análise espaço-temporal da qualidade da água subterrânea da bacia do Rio Gramame/PB. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 128p, 2012

Todd, D.K. (1959) Groundwater hydrology. John Wily & Sons, Inc., New York.

UOP Johnson Division Inc. e CETESB. 1978. Água Subterrânea e Poços Tubulares. 3°ed traduzida pela Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, São Paulo.

6 ANEXOS

6.1 ANEXO I (DIGITAL): - BACO DE DADOS

6.2 ANEXO II (DIGITAL) - SEIRHMA_PARAIB_EHIDG_REGISTRO_DE_PROCESSOS.PDF

6.3 ANEXO III (DIGITAL) - SEIRHMA_PARAIB_EHIDG_BANCO_DE_DADOS.PDF

6.4 ANEXO IV – SÉRIES MENSAIS PREENCHIDAS DOS 34 POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS.

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	1994	110,1	126,3	216	228,5	342,3	550,4	461,4	136	82,04	35,48	28,04	101,4	2418,0
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	1995	43,14	69,47	113,7	222,4	222,2	402,5	366,8	21,2	44,5	3,5	49,3	0,1	1558,8
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	1996	7,5	78,7	260,5	414,3	250,1	670,4	134,5	221,5	38,8	33,4	45,9	16,7	2172,3
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	1997	1,8	237,7	138,9	256,4	218,3	79,8	193	125,7	1,5	0	3,9	97,5	1354,5
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	1998	2,1	62,3	103,7	116,6	174,9	339,2	267,7	179,3	18,3	12,2	14,4	6,8	1297,5
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	1999	27,4	75	88,1	147,4	235,4	155	63,3	35,8	28,1	40,4	11,5	32,6	940,0
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2000	173,4	55,8	134,1	353,6	210,7	396,9	489,2	231,2	309,3	12,5	83,2	20,4	2470,3
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2001	28,3	0	94,7	354,2	57,8	286,5	112	96,7	46	10,4	8,1	81,6	1176,3
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2002	107,3	94,5	268	145,2	205,6	275,1	282,7	204,4	5,6	22,7	54,6	1,7	1667,4
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2003	50,3	223,4	474,2	265,8	176,2	495,8	195	92,5	80,6	44,8	9,8	90,8	2199,2
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2004	334,3	301,4	172	244,6	394,1	446,1	335,6	88,3	61,5	12,8	15,2	22,8	2428,7
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2005	81,7	14,5	100,5	79,6	354,3	459,8	166,2	158,8	69	43,2	7,6	22,4	1557,6
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2006	8,1	20,8	111	214,2	215,4	280,3	95,4	89,2	61,6	11	26,9	33,3	1167,2
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2007	25,7	68,2	233,7	287	119	609,6	147,3	152	62,5	18	35,9	30,6	1789,5
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2008	59,1	0,9	366,9	312,6	188,8	346	256,9	316,4	45,2	52,7	5	4,2	1954,7
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2009	111	182,1	171,1	429,8	437,5	300,7	345,1	160,2	57,5	4,3	10,7	26	2236,0
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2010	145,5	94,2	46,8	284,1	126,2	227,2	185,2	125	65,6	8,9	2,3	27,7	1338,7
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2011	241,6	47,9	113,4	448	575,1	216,7	374,9	213,9	23	15,3	13,1	19,9	2302,8
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2012	94,4	106,6	115,6	82	131,2	463,2	238,7	62,4	27,2	19	0	0,9	1341,2
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2013	18,2	35	27,1	235,4	279,2	365,1	413,1	259,2	268,7	12,7	46,9	31,7	1992,3
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2014	291,6	69,7	256,8	155,8	262,2	282,7	94,3	34,7	265,7	18,2	17,2	40,6	1789,5
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2015	62,4	57,3	331,1	62	110,1	237,9	419	58,3	17,1	9,4	2,3	169,4	1536,3
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2016	133,5	56,2	85,2	174,8	298,6	240,7	33,9	48,3	64,9	11,9	6,5	54,9	1209,4
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2017	99,6	113,1	319,5	231,7	198,6	245,7	344,6	46,5	69,8	21,8	0	28,1	1719,0
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2018	109,6	181,2	222,1	383,2	186	80,2	145,9	45,2	9,1	3,8	6,8	16,3	1389,4
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2019	32,1	201,3	251,1	217,8	171,3	267,7	320,4	71,2	29,6	29,6	3,2	17	1612,3
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2020	12,5	42	357,4	242	409,6	382,8	301,1	36,3	38	62,8	18,5	35,3	1938,3
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2021	31,2	145,3	208,8	188,8	297,8	57,8	75	153,8	42,5	17,2	38,2	42,2	1298,6
BAÍA DA TRAIÇÃO	634000	2022	166,4	23,7	245,4	150,8	398,1	334	433,7	115,2	25,5	14,8	10,7	15,2	1933,5
CABEDELO/CAGEPA	634002	1994	81,89	103,7	190,6	245,5	370,3	618,8	397,6	118,1	64,7	27,5	14,77	79,06	2312,5
CABEDELO/CAGEPA	634002	1995	26,51	69,29	126,2	171,4	229,7	316,5	313,3	37,4	24,02	12,34	52,11	7,927	1386,8

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
CABEDELO/CAGEPA	634002	1996	60,64	61,42	239,1	425,1	275,8	206,8	142,1	151,3	93,11	55,08	44,22	28,69	1783,3
CABEDELO/CAGEPA	634002	1997	24,22	162,8	196	254,9	274,1	87,85	134,7	118,1	9,296	5,165	6,463	51,42	1325,0
CABEDELO/CAGEPA	634002	1998	109,4	7,718	42,71	45,48	169,4	201,5	223,6	217,3	16,4	8,2	5,8	18	1065,6
CABEDELO/CAGEPA	634002	1999	10,6	41,7	87,5	28	169,6	110,4	149,9	65	27,3	68,7	2,2	34	794,9
CABEDELO/CAGEPA	634002	2000	69,5	62,9	194	284,2	298,1	669,6	311,7	226,4	252	11,8	35,9	77,7	2493,8
CABEDELO/CAGEPA	634002	2001	13,1	0,7	41,5	311,9	53,4	180,7	176,1	51	34,4	7,4	30,5	17	917,7
CABEDELO/CAGEPA	634002	2002	113,3	113,5	185	261	338	347,8	236,4	128,8	4,1	20,6	42,2	1,8	1792,5
CABEDELO/CAGEPA	634002	2003	51,7	189,7	288,4	200,5	165,2	760,8	174,1	77,7	58,3	0,8	0,7	28,9	1996,8
CABEDELO/CAGEPA	634002	2004	260,2	107,3	144,7	165,4	229	435,6	390,3	125,9	25,9	19,8	4,5	5,1	1913,7
CABEDELO/CAGEPA	634002	2005	38,2	44,7	48,8	35,3	358,3	543,1	162,2	123,3	32,9	22,7	0	7,5	1417,0
CABEDELO/CAGEPA	634002	2006	1	2	50	181	229,5	222,2	147,1	90,9	31,5	18,6	16	40,3	1030,1
CABEDELO/CAGEPA	634002	2007	40,1	185,1	201,2	252,6	179,5	533,5	124,7	194,3	60,5	18,6	22,7	21,9	1834,7
CABEDELO/CAGEPA	634002	2008	81,9	4,3	201,5	251,2	227,6	434,9	269,7	280,5	88	24,7	8,6	7,7	1880,6
CABEDELO/CAGEPA	634002	2009	84,3	253,6	176,7	315	639,4	281,1	557	112	135,7	1,2	2,9	9	2567,9
CABEDELO/CAGEPA	634002	2010	138,7	51,7	50	336,8	145,1	243,8	182,3	183	68,5	2,3	7,6	16,9	1426,7
CABEDELO/CAGEPA	634002	2011	147,4	64,3	30,5	402,8	377,3	196,5	412,7	227	22,7	18,5	24,5	16	1940,2
CABEDELO/CAGEPA	634002	2012	146,4	99,2	52,7	24,1	178	497	254,6	50,3	22,4	11,8	1,6	1,1	1339,2
CABEDELO/CAGEPA	634002	2013	22,1	19,6	33,9	216,9	157,3	433,9	315,9	270,8	223,1	47,7	17	29,7	1787,9
CABEDELO/CAGEPA	634002	2014	69,3	100,8	146,1	86	224	307,4	111	57,8	235,2	39,1	8,2	37,3	1422,2
CABEDELO/CAGEPA	634002	2015	24,5	29,1	121,7	49,3	101,9	254,7	356,5	51,9	33,2	10,1	0	88,6	1121,5
CABEDELO/CAGEPA	634002	2016	114,1	99,3	133,5	359,4	329,5	211,9	48,1	28,2	55,8	6,4	2,2	74,2	1462,6
CABEDELO/CAGEPA	634002	2017	56,3	71,89	158,4	245,9	507,7	264,5	349,8	64,02	100,3	40,23	1,505	12,91	1873,4
CABEDELO/CAGEPA	634002	2018	84,56	150,8	203,5	356,3	187,4	82,07	158,4	44,65	25,13	4,847	17,26	54,57	1369,6
CABEDELO/CAGEPA	634002	2019	57,44	214,2	171,1	174,7	200,9	558,9	299,9	73,93	50,96	30,98	-3,21	20,11	1849,9
CABEDELO/CAGEPA	634002	2020	15,33	108,8	191,1	234,6	442,8	289,9	294,2	50,29	28,16	21,1	31,26	24,65	1732,3
CABEDELO/CAGEPA	634002	2021	19,8	324,8	164,1	266,8	437,4	88,6	139,7	257	25,3	31,2	45,4	30,6	1830,7
CABEDELO/CAGEPA	634002	2022	136,8	21,6	307,4	140	553,7	435,2	441,7	118,4	32,8	22,6	12,6	19,5	2242,3
BELÉM	635066	1994	50,27	83,5	128,8	92,9	215,6	303,1	248,2	63,5	44	0	0	36,1	1266,0
BELÉM	635066	1995	3,3	37,9	78,6	132,4	77,9	154,6	221,4	19,4	3,8	3,8	23,2	0,5	756,8
BELÉM	635066	1996	6,7	33,7	272,7	227,1	68,5	105,1	94,9	80,7	36,6	16,8	26,6	16	985,4
BELÉM	635066	1997	12,4	97,4	180,3	161,9	237,5	43,2	86	106,9	3,6	0	3,5	59	991,7
BELÉM	635066	1998	31,9	41,5	51,8	23,4	77,8	91,5	177,3	116,2	9,9	8	0	25,5	654,8
BELÉM	635066	1999	42,6	170,1	128,6	39,9	105	61,4	51,7	34	16	28,3	20,4	57	755,0
BELÉM	635066	2000	43,6	94,1	53,7	148,6	111,3	252,8	263,8	130,9	181,7	2,5	5	111	1399,0
BELÉM	635066	2001	17	2	52	112,5	1,2	115,8	65,5	47,5	27	5	0	13,5	459,0
BELÉM	635066	2002	278,3	89,1	112,1	26,6	71,1	214,3	121,1	62,8	0	14,2	35,5	7,5	1032,6
BELÉM	635066	2003	32,5	164,7	165	78,4	90,5	210,3	82,3	43,4	16,9	0	0	0	884,0
BELÉM	635066	2004	489,8	281,2	73,3	79,2	205,8	243,8	141,8	36,8	25,8	0	0	0	1577,5
BELÉM	635066	2005	65,6	65,6	57,2	47,4	220,5	283	46,4	93,6	12,8	0	0	0	892,1
BELÉM	635066	2006	0	35,2	90,6	84	23,8	100,1	59,1	89,2	0,2	0	18	4,4	504,6
BELÉM	635066	2007	21,7	25,7	93,5	115	46,1	357,3	39,4	113,6	67,7	1,6	57	6	944,6
BELÉM	635066	2008	36,7	12,4	172,9	149,5	99,9	130,7	152,9	198,7	0	0	0	0	953,7
BELÉM	635066	2009	72	110,7	86,8	259,4	276,4	171,4	190,2	57,6	107,4	0	8,791	1,6	1342,3

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
BELÉM	635066	2010	79,8	16,4	58,9	59,6	30,2	69,5	81,6	94,3	18	0	0	22	530,3
BELÉM	635066	2011	151,9	92,4	133,7	177	293,4	96,4	270,5	59,4	10,9	2,3	26,8	43,7	1358,4
BELÉM	635066	2012	51,7	55,4	4	0	45,6	176,7	85,7	10,6	1,5	8,3	0	0	439,5
BELÉM	635066	2013	17,3	16,3	28	138,5	58,7	106,8	89	89,9	56,3	10,7	1,6	40,8	653,9
BELÉM	635066	2014	115	90,9	122,2	34,3	104,1	106,5	32,7	30,7	143,2	14,5	21,6	2,6	818,3
BELÉM	635066	2015	16,9	9,8	146,9	63,7	55,2	127	300,1	17,9	13,5	6,3	0	136,4	893,7
BELÉM	635066	2016	139,7	39,2	74,6	136,6	190,7	58,5	26,3	8,4	24,6	0	0	116,7	815,3
BELÉM	635066	2017	24,2	8,3	121,4	100,3	116,5	94,6	192	29,9	51,9	11,9	3	7,7	761,7
BELÉM	635066	2018	84,8	145,5	191,2	131,4	73,9	51,2	56,5	6,7	6	1,7	0,8	23,2	772,9
BELÉM	635066	2019	33,96	152,9	134,9	115,5	66,06	156	180,9	54,44	23,99	18,78	6,611	11,86	955,8
BELÉM	635066	2020	43,09	37,14	129,5	83,98	193,9	136	162,4	18,07	27,63	27,3	28,21	18,98	906,2
BELÉM	635066	2021	27,08	81,36	91,18	73,87	148,2	33,03	45,7	54,33	19,34	19,44	20,85	32,86	647,3
BELÉM	635066	2022	107,8	35,2	182,5	68,67	266,4	164,6	255,2	38,89	17,26	20,55	22,23	21,31	1200,7
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	1994	83,39	114,8	211,1	181	243	434,8	411,9	118,4	78,42	27,53	25,25	95,61	2025,1
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	1995	39,19	70,3	94,64	198	175,5	224,1	261,1	18,2	17,8	11,2	30,7	0	1140,8
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	1996	90,4	61,6	124,8	415,2	85,5	167,5	113,5	83,9	106,8	40	55,3	21	1365,5
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	1997	13,5	112,4	150,6	271,1	289,1	32	160,3	100,1	0,6	0	2,6	63,4	1195,7
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	1998	59,3	66	73,8	145,1	150,3	258,3	249,2	142,2	10,4	13,1	21,5	21,3	1210,5
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	1999	16,1	170,2	77,5	109,7	222,9	86	87,3	35,1	17,9	28,2	25	77	952,9
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2000	175,6	138,2	156	167	113	424,9	380,8	226,1	294,6	10,2	66,1	71,6	2224,1
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2001	67,4	17	121,4	246,4	80,9	266,8	67,4	49,1	62,2	0	14,2	67,9	1060,7
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2002	147,4	56,2	205,1	137,1	90	316,8	232	173	3	32,4	94,9	20,4	1508,3
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2003	53,1	290,8	362,1	135,8	139,8	245,8	71,4	80	61,1	20,5	17,1	126	1603,5
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2004	300,4	250,6	102,6	159,8	313	313,3	315	77,8	48	10	0	15	1905,5
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2005	16,2	85,6	61,3	71,2	292,8	541,4	82,8	98,2	58	33,6	2	19	1362,1
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2006	18,09	81,68	143,2	203,3	104	198,7	94,52	94,88	39,37	21,96	35,19	57,9	1092,7
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2007	50,77	98,67	152,9	275,5	118	453	79,47	97,35	59,7	28,93	47,56	36,55	1498,3
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2008	89,45	17,84	271,3	233	179,5	240,3	196,4	196,1	73,73	39,43	19,48	25,05	1581,6
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2009	157,2	198,7	185,1	263,5	328,4	245	232	158,1	63,17	19,56	23,66	26,43	1900,8
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2010	118,9	92,12	54,09	193,1	82,7	182,4	154,3	69	32,1	2,9	0,9	111,4	1093,9
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2011	186,5	219,7	179,1	313,1	398,8	177,3	312,3	171,3	30,6	25,3	51,1	42,7	2107,8
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2012	66,6	118,7	61,7	33,6	112,7	332,9	154	28,8	7,6	21,8	2,6	7,1	948,1
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2013	48,4	86,8	52,9	138,1	212,4	297,2	207,3	235,2	328,3	38,1	36	35,2	1715,9
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2014	185,6	45,5	206,2	69,5	214,6	218	97,2	32,9	235,6	25,4	22,7	50,8	1404,0
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2015	60,5	75,2	250	52,1	102,2	234,4	453,5	48,2	41	26	0	118,9	1462,0
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2016	119,9	52,5	191,7	189	252,4	170,6	47,7	38,6	29,9	14,8	2	108,1	1217,2
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2017	115,6	105	278,4	212,8	151,6	176,6	279,1	36,6	77,7	43	2	2,9	1481,3
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2018	95	378	282,1	209,2	87,2	65,5	141,4	30,5	41	0	8,6	40,2	1378,7
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2019	40,6	313,6	161,3	230,5	153,1	222,3	266,1	71,3	19,2	27,1	0	7,3	1512,4
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2020	111,3	30,8	204,9	145,1	436,9	208,2	278,3	29,6	48,9	59,4	28,9	30,7	1613,0
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2021	53,5	134,1	200,4	106,6	225,7	37	96,8	103,2	32,4	36,1	46,3	30,3	1102,4
MAMANGUAPE/ASPLAN	635117	2022	208,6	39,5	287,2	123,2	327,5	311,8	488	57,8	12,4	37,9	36,3	28,4	1958,6
DUAS ESTRADAS	635121	1994	49,96	79,81	111,4	117,1	170,1	284,9	280,7	75,21	38,57	11,28	9,321	61,85	1290,3

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
DUAS ESTRADAS	635121	1995	22,43	51,43	78,79	126,7	121,1	134	207	21,24	10,04	9,021	24,42	5,959	812,1
DUAS ESTRADAS	635121	1996	25,19	41,13	152,3	270,6	89,8	87,8	102,4	44,6	66	23,8	12	0	915,6
DUAS ESTRADAS	635121	1997	3,4	98,3	114,6	42,7	251,5	43	108,5	86,5	0	0	1,5	41	791,0
DUAS ESTRADAS	635121	1998	36,6	61	57	17,5	95,5	131	172,9	81,8	8	9,8	0	13,3	684,4
DUAS ESTRADAS	635121	1999	40,1	93,4	80,7	53,3	157,4	85	19,9	11,9	9,5	21,3	12,1	12,6	597,2
DUAS ESTRADAS	635121	2000	42,2	82,1	34,9	145,8	71,1	260,8	254,1	151,1	206	0	3,2	43	1294,3
DUAS ESTRADAS	635121	2001	37,8	11,1	92,4	138,8	24,4	138,6	87,1	17,8	20,8	0	3	2,2	574,0
DUAS ESTRADAS	635121	2002	243,8	39,6	140,8	50,5	99,3	206	129,8	77,8	0	10	17	13,9	1028,5
DUAS ESTRADAS	635121	2003	58,4	195,8	237,6	75,4	48,2	196,2	84,4	52,9	17,7	26,3	0	17,5	1010,4
DUAS ESTRADAS	635121	2004	344,9	198,5	95,8	84,6	199	135,2	168,3	25,3	3,1	1	0	0	1255,7
DUAS ESTRADAS	635121	2005	14,8	27	63,8	30,8	216,3	216,8	36,8	96,9	10,6	0	0	0	713,8
DUAS ESTRADAS	635121	2006	0	79	174,8	143,1	60,4	80,9	50,8	77,1	0	0	0	27,6	693,7
DUAS ESTRADAS	635121	2007	35,3	101,6	26,8	183,8	89,9	369,9	40,1	25,1	35,5	0	39,1	12,2	959,3
DUAS ESTRADAS	635121	2008	47,8	0	129,4	231,8	101,1	133,4	157,8	149,7	37,3	9,8	2,2	0	1000,3
DUAS ESTRADAS	635121	2009	56,3	218,1	69,5	214,9	233,9	248,2	203,7	164,6	38,2	0	2,9	0	1450,3
DUAS ESTRADAS	635121	2010	38,4	22	27	122,1	24,6	106,8	86,9	56,9	20,4	3	0	26,4	534,5
DUAS ESTRADAS	635121	2011	89,6	64,4	86,7	278,4	231,3	81,3	311,9	87,3	4,6	9,6	22,7	0	1267,8
DUAS ESTRADAS	635121	2012	29,9	109	10,1	22	42,9	234,4	103,6	4,6	0	12	0	0	568,5
DUAS ESTRADAS	635121	2013	23,5	22	14,5	104,6	79,8	205,7	184,2	54,2	46,1	0	0	22,9	757,5
DUAS ESTRADAS	635121	2014	121,7	80,6	91,6	22	130,4	47,1	78,4	60,4	167,2	25,5	21,1	5,8	851,8
DUAS ESTRADAS	635121	2015	2,5	37,9	167,7	46,7	68,6	200,5	239,7	16,8	12,8	9,5	0	93,3	896,0
DUAS ESTRADAS	635121	2016	152,9	43,2	84,9	104,2	213,7	92,7	17	17,5	43,6	0	0	128,7	898,4
DUAS ESTRADAS	635121	2017	48,2	58,9	216,7	133	134,4	51,1	236,9	40	54,1	15,2	0	6,1	994,6
DUAS ESTRADAS	635121	2018	57,9	167,6	159,2	139,7	47	90,9	64,8	2	0	0	0	0	729,1
DUAS ESTRADAS	635121	2019	13,5	110	116,4	163,6	26,8	98,9	217,8	73,1	0	10	5,659	10,89	846,7
DUAS ESTRADAS	635121	2020	42,7	36,22	128,4	83,61	194,3	135,7	162,2	17,23	26,88	26,63	27,25	18,16	899,3
DUAS ESTRADAS	635121	2021	26,26	81,09	91,14	73,6	148,2	32,29	45,01	53,65	18,49	18,68	20,12	31,81	640,4
DUAS ESTRADAS	635121	2022	107,8	34,31	182,2	67,91	266,5	164,6	255,7	38,03	16,3	19,15	20,84	19,89	1193,2
PIRPIRITUBA	635124	1994	58,25	85,31	148,8	131,2	178,3	286,4	260,1	75,57	53,23	16,68	18,84	66,14	1378,9
PIRPIRITUBA	635124	1995	31,36	82,78	131,1	178,2	132,4	159,3	216,1	29,23	16,64	17,58	42,83	13,6	1051,1
PIRPIRITUBA	635124	1996	20,72	62,56	131,9	249,2	119,4	90,7	89,5	70,7	59,4	10,5	28,7	17	950,3
PIRPIRITUBA	635124	1997	13,2	139,6	178,9	106,6	220,3	42,8	87	83,2	14	4,1	1	98	988,7
PIRPIRITUBA	635124	1998	53	34,7	49,2	25,5	57,9	76,5	129,4	94,8	7,2	22,2	2	10,5	562,9
PIRPIRITUBA	635124	1999	70,2	107,3	133,7	72,9	156	79	45,3	30,8	23,3	28,7	15	36,1	798,3
PIRPIRITUBA	635124	2000	75,1	67	87,5	184,2	105,5	260,2	320,6	136,3	205,6	0	10,2	68,2	1520,4
PIRPIRITUBA	635124	2001	24,6	3,6	90,8	92,4	14,6	113,8	100,6	30	49	3	0	28,6	551,0
PIRPIRITUBA	635124	2002	314,5	48,8	125,8	64,9	84,4	159,2	102,8	36,2	2,4	26,4	21,9	23,1	1010,4
PIRPIRITUBA	635124	2003	8,4	54,2	185	51,4	41,4	73,7	46,8	20,7	5,2	5,8	1	21,6	515,2
PIRPIRITUBA	635124	2004	300,5	288,3	77,6	86,2	207,1	232,8	175	49,6	14,8	0	0,6	0	1432,5
PIRPIRITUBA	635124	2005	67,7	39,5	31,1	32,5	255	400,6	65,4	116,6	13,9	4,3	0,4	12,9	1039,9
PIRPIRITUBA	635124	2006	0	72,2	100,6	124,4	71,7	105,9	112,6	100,3	1	0	13,5	38,8	741,0
PIRPIRITUBA	635124	2007	47,9	76	79,3	205,6	80,6	355,7	65,2	103,2	94,8	6,3	51	27,3	1192,9
PIRPIRITUBA	635124	2008	59,3	3,5	274,8	243	129,7	188,1	165,6	160,6	46,7	14,7	0	0	1286,0

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
PIRPIRITUBA	635124	2009	95,1	164,5	146,7	350,8	243,6	178,3	245	157	31,9	0	0	0	1612,9
PIRPIRITUBA	635124	2010	120,8	9,7	48,6	105,2	32,5	107,4	75,7	101,9	17,3	0	0	14,1	633,2
PIRPIRITUBA	635124	2011	145,5	91,9	160,8	206,6	339,6	128,5	349,5	72,8	21,2	19,78	38,73	40,83	1615,7
PIRPIRITUBA	635124	2012	93,16	126,4	12,8	18,33	77,6	231,6	80,6	2,5	0	23,31	0	0	666,3
PIRPIRITUBA	635124	2013	23,3	22,5	27,1	109	135,4	139,8	189,8	111,8	62,9	43	19,4	62	946,0
PIRPIRITUBA	635124	2014	87	174,5	130,6	30,3	95,7	157,3	51,1	42	163,4	50,8	29,7	25,3	1037,7
PIRPIRITUBA	635124	2015	20,4	27,5	226,7	105,9	58,3	142,8	295,8	17,9	16,7	18	0,5	82	1012,5
PIRPIRITUBA	635124	2016	192,4	46,1	89	161,3	237,2	73	14,8	19,9	28,1	12,9	5	144	1023,7
PIRPIRITUBA	635124	2017	30,5	32	95,3	131,7	135,9	106,2	199	44,8	56	16,9	3,5	5,8	857,6
PIRPIRITUBA	635124	2018	107,7	204,7	194,3	165,4	77,2	79,5	61,5	4,5	2,5	2,5	1,8	34,07	935,7
PIRPIRITUBA	635124	2019	41,41	166,7	147,8	127,3	75,33	169,8	195,8	62,87	30,86	25,41	12,74	18,22	1074,3
PIRPIRITUBA	635124	2020	51,24	44,66	141,4	94,09	209,6	148,6	176,2	24,8	34,87	34,56	35,32	25,75	1021,2
PIRPIRITUBA	635124	2021	34,25	91,39	101,8	83,56	161,6	40,54	53,83	62,84	26,12	26,28	27,76	40,19	750,1
PIRPIRITUBA	635124	2022	119,3	42,72	197,2	77,92	285,5	178,7	273,9	46,58	23,88	26,31	30,75	29,78	1332,5
RIO TINTO	635127	1994	79,27	101,6	141,5	181,2	273,4	471,3	380,8	104,3	57,3	29,07	22,85	77,67	1920,3
RIO TINTO	635127	1995	33,38	58,28	93,38	167,6	179,8	223	308,1	33,86	25,75	17,38	43,51	15,1	1199,1
RIO TINTO	635127	1996	28,2	40,8	187,5	295,7	146,8	136,7	95,7	72,3	80,4	53,4	67,4	35,2	1240,1
RIO TINTO	635127	1997	12,2	174,2	165,3	203	368,9	66,4	133,6	77,4	4,6	1,7	1,7	81	1290,0
RIO TINTO	635127	1998	50,7	39,3	51,4	46,9	139,3	237,5	217,4	163,8	12,1	11	1,3	10,5	981,2
RIO TINTO	635127	1999	26,2	76,9	53,9	37,3	239,3	89,7	68,6	20,2	35,2	25,4	12,8	105,5	791,0
RIO TINTO	635127	2000	147,2	149,3	90,2	268,7	179,2	470,6	241,5	218,7	295,8	5,4	35,8	78,7	2181,1
RIO TINTO	635127	2001	18,1	11,3	117,1	170,9	54,4	138,4	107,2	85,2	42,1	5,7	15	85,6	851,0
RIO TINTO	635127	2002	78,2	77,5	232,1	156,3	122,1	333,6	170	133,1	4,5	56	41,4	24,3	1429,1
RIO TINTO	635127	2003	50	270	400,6	142	95,5	384,8	127,7	63,8	35,5	19,3	12,3	20,6	1622,1
RIO TINTO	635127	2004	378,3	158,5	128,4	105	200,3	307,5	226,9	71,6	14,6	8,8	8,2	16,7	1624,8
RIO TINTO	635127	2005	20,8	32	99,3	87,9	293,8	533,9	72,3	113	40,4	8,2	3,1	28,8	1333,5
RIO TINTO	635127	2006	1,2	120,5	173,9	209,3	66,1	152,8	87,8	87,4	16,9	3,8	24	59,6	1003,3
RIO TINTO	635127	2007	38,4	117,8	151,4	313,4	102,8	503,6	68,9	100,9	41,1	14,5	54,7	41,7	1549,2
RIO TINTO	635127	2008	72	2,8	254,3	234,1	232,6	273,5	228	199,5	76,2	30,1	3,4	9,6	1616,1
RIO TINTO	635127	2009	182	216,2	184,6	338,4	349,5	271,6	275,8	129,4	68,6	7	7,9	18,9	2049,9
RIO TINTO	635127	2010	134,9	166,9	22,7	196,8	78,8	164,9	96,3	70,2	44,1	15,1	4	56,5	1051,2
RIO TINTO	635127	2011	206,5	236,8	130,6	360,5	303,3	164,3	326,8	156,4	25,2	17,3	28,5	41,5	1997,7
RIO TINTO	635127	2012	57	94,6	33,2	22	125	373,4	196,3	6,9	5,7	39,6	1,1	2,7	957,5
RIO TINTO	635127	2013	29,2	30,2	13,5	130,1	158,6	260,5	195,2	203,7	149,3	45,1	54,2	44,7	1314,3
RIO TINTO	635127	2014	138,3	153,8	115,3	103,9	207,4	162,7	85,3	31,3	171,6	39,2	27,8	50,9	1287,5
RIO TINTO	635127	2015	89,7	78,4	294,7	66,2	64,7	265,5	298,2	42,7	22,7	15,3	1,8	97	1336,9
RIO TINTO	635127	2016	88,4	89,1	212,4	257	290,6	134,9	16,6	26,9	36,8	8,6	6,9	99,6	1267,8
RIO TINTO	635127	2017	67,3	37,2	260	220,4	174,5	192,1	263,6	35	66,3	38,6	6	14,9	1375,9
RIO TINTO	635127	2018	123,9	183,1	237	267,5	109	107,6	138,2	30,8	11,2	0,6	17,2	42,2	1268,3
RIO TINTO	635127	2019	72,9	295,4	304,1	167	127,7	350,4	315,3	70,3	46,2	14,6	1,7	3,6	1769,2
RIO TINTO	635127	2020	41,3	35,6	201,8	133,7	286,1	226,2	250,5	16,8	34,8	31,6	26,9	11,4	1296,7
RIO TINTO	635127	2021	26,8	134,7	122,9	136,1	263,4	63,8	51,4	66,2	15,5	22	11,5	47,3	961,6
RIO TINTO	635127	2022	193,5	58,2	277,2	127,2	557,3	248,5	346,5	44,1	16,4	22,9	23,8	29,8	1945,4

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
CAPIM	635129	1994	35,6	90	135,4	133,8	155,4	283,6	294,9	90,4	20,2	15,3	4,2	125,6	1384,4
CAPIM	635129	1995	21,5	43,4	72,2	115,4	109,1	158,1	215,5	18,7	0,5	0	30	1,5	785,9
CAPIM	635129	1996	30	71,2	94,6	122,4	123,2	145,3	71,7	72,2	18,7	0	43,4	0	792,7
CAPIM	635129	1997	14,4	113,3	217,7	124,8	200,7	38,5	81	73,7	2,6	1,3	0,7	68	936,7
CAPIM	635129	1998	53,5	19,7	62	23,9	72,4	90,5	139,1	101,7	6	30,1	2,2	4,8	605,9
CAPIM	635129	1999	25	97,8	89,2	27,6	157,1	78,2	42,6	15,5	19,7	31,5	38,8	37,5	660,5
CAPIM	635129	2000	75,9	121,9	28,1	223,7	69,6	283,7	297,6	166,5	219,9	3,6	19,5	72,6	1582,6
CAPIM	635129	2001	25,2	0	84,2	97,5	12,2	108,3	81,1	29,2	33,8	8,5	5,3	10,5	495,8
CAPIM	635129	2002	165,8	40,2	147,8	56,2	109,3	179,6	131,6	49,1	1,5	16	30,8	0,9	928,8
CAPIM	635129	2003	16,2	195,5	206,4	111,1	72,1	235,6	89	43,8	14,5	6,9	6,9	53,5	1051,5
CAPIM	635129	2004	385,9	221,2	97,4	62,6	150,1	186,5	206,1	25	9,2	11,2	4,5	0	1359,7
CAPIM	635129	2005	32,5	9,1	63,6	31,9	224	344,8	41,7	83,6	16,3	2,5	5,4	15	870,4
CAPIM	635129	2006	0,6	40,1	57,7	122,6	58,5	98,2	85,8	108,1	7,5	0,7	24,9	43,3	648,0
CAPIM	635129	2007	27,5	51,8	122,7	208,8	85,7	325,4	46,5	95,7	35,1	8,6	37,8	34,9	1080,5
CAPIM	635129	2008	64,9	6,5	243,7	184,8	151,1	164,8	132,2	147,6	50,8	8,9	0	10,7	1166,0
CAPIM	635129	2009	117,4	178,7	110,6	187,2	191,8	219,3	210,9	108,1	26,4	0	7,2	8,8	1366,4
CAPIM	635129	2010	80,4	6,2	5,5	94,1	42,4	82,8	39,1	53,2	12,1	5,7	1,6	29,9	453,0
CAPIM	635129	2011	80,7	80,8	113,5	226,8	338	97,4	293,4	80,4	3,6	5,6	62,1	54,6	1436,9
CAPIM	635129	2012	68,6	78	11,7	13,7	50,3	276,3	122,6	2	3,2	21,4	0	0,4	648,2
CAPIM	635129	2013	16,8	31	9,6	137,2	87,2	109,5	210,9	113,7	58,6	11,8	15,2	113,4	914,9
CAPIM	635129	2014	62,2	109,5	76,1	7,6	120,3	108,6	52,9	50,9	137,4	29,5	18,3	32,3	805,6
CAPIM	635129	2015	31,5	26,5	271,4	61	60,1	154,6	244,2	9	16,7	14,6	0,3	56,1	946,0
CAPIM	635129	2016	149	35,6	88,2	157,5	187	129	9,4	5,3	20,6	3,7	0,9	92,7	878,9
CAPIM	635129	2017	65,7	38,7	111,8	97,1	166,4	109,2	207,7	42,1	58,6	14,2	3,3	6,1	920,9
CAPIM	635129	2018	108,7	135	278,2	142,6	52,1	72	60,5	9	3,7	1,5	4,2	33,41	900,9
CAPIM	635129	2019	36,74	157,1	153,7	102	89,68	255,5	165,9	52,86	33,08	22,11	8,884	14,93	1092,5
CAPIM	635129	2020	22,85	65,98	142,6	115,2	228,8	152,7	175,8	25,79	24,48	18,7	27,93	19,51	1020,3
CAPIM	635129	2021	20,81	81,65	79,81	116,3	182,4	46,67	65,64	60,73	24	16,7	16,07	43,4	754,2
CAPIM	635129	2022	116,6	48,96	178,5	71,66	314	188,2	229,8	55,24	22,06	19,12	26,32	27,65	1298,0
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	1994	91,8	52,6	298,3	139,6	214,3	399,1	315,7	104,8	109,2	8	5,2	71,3	1809,9
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	1995	18,4	28,2	89,6	230,9	182,4	243,7	333,3	37,2	9,7	16,8	55,2	0,4	1245,8
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	1996	20,5	48	186,7	236,9	104,6	167,6	182,8	152,4	120,6	40,4	141,6	22,4	1424,5
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	1997	10,6	202,6	230,6	92,2	295,8	100,6	128,1	136,5	16,7	2,7	1,9	86,7	1305,0
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	1998	42,4	42,5	146,5	28,7	117,5	107,9	173,1	207,8	21,1	32,6	7,5	22,5	950,1
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	1999	43,1	122,6	142	62	140,9	110,4	113,8	76,9	35,4	28,4	7,7	56,4	939,6
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2000	110	155,3	119,8	269,4	120,5	323,5	349,7	308,1	219,9	20	25	45,1	2066,3
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2001	46,6	19,7	174,5	155,3	10,5	235,1	160,8	139,6	65,3	21,3	20,6	62,7	1112,0
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2002	123,4	123,6	209	69,7	148,1	327,6	122,8	118,6	5,5	40,8	58,9	20,6	1368,6
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2003	51,6	199,7	153,6	128,8	147,8	176,9	197,4	116	43,6	46	21,1	71,5	1354,0
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2004	457,9	267	151,4	200,8	283,2	283,7	253	71,1	51,1	14,6	13,5	14,3	2061,6
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2005	53,7	45,2	25,7	57,1	246,5	342,7	90,7	233	35,7	10,2	6,5	53,7	1200,7
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2006	5,8	31,4	130,8	162,7	121,6	178	117,2	162,7	53,8	9,2	56,2	24,2	1053,6
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2007	49,4	93,3	105,3	211,7	151	285,9	158,3	156,8	159	20,7	30,9	60,4	1482,7

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2008	114,7	4,7	307,4	149,5	190,5	217	222,7	238,1	76,4	21,3	4,2	13,6	1560,1
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2009	48,9	171,5	83,2	245,2	271,4	212,2	319,6	183,4	40,4	1	13,6	36,5	1626,9
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2010	125,4	45,1	97,8	137,2	50,3	180,6	136,4	105,5	59,4	15,4	2,7	64,4	1020,2
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2011	140,7	48,5	67,6	280,2	462,1	181,4	363	156,9	19,9	13,8	48,3	29,9	1812,3
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2012	183,3	154,8	34,5	32,1	102,5	302,2	163,3	25,9	6,7	13,9	0,8	5,6	1025,6
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2013	40,7	59,9	49,6	192,1	110	221,2	263,7	124	60	37,1	48,4	66,5	1273,2
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2014	34,8	156,6	73,1	48,2	117,9	153,7	156,2	92,2	203,8	78	40,9	34,1	1189,5
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2015	50,9	65	133,3	45,3	91,2	164	379,6	68,7	27,9	24,9	4,7	92,1	1147,6
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2016	188	47,6	136,8	228,3	236,9	77,6	39,1	26,8	32	19,8	3,1	172,3	1208,3
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2017	28	43,8	88,4	185,6	134,6	172,3	366,3	64,9	74,8	68,4	6	23,8	1256,9
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2018	66,6	139,4	174,5	224,7	106	105,1	87,7	21,1	22,6	14,6	7,8	54,5	1024,6
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2019	55,59	196,2	175,3	176,4	118,6	196,7	237,9	83,1	47,28	44,93	30,32	36,18	1398,7
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2020	72,79	62,67	173,6	136,6	263,9	199,4	214,1	45,92	56,21	60,1	50,81	47,37	1383,4
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2021	53,2	125,6	143,8	124,7	207,3	64,22	77,2	93,49	47,65	46,5	50,62	56,46	1090,8
CANGUARETAMA_Cunhau	635131	2022	155	59,12	223,8	104,3	325,1	222,8	324,1	72,92	42,08	46,82	48,77	47,67	1672,5
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	1994	77,5	75,5	284,7	171,9	214,1	401,4	346,8	88,1	73,7	10,3	10,3	83,8	1838,1
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	1995	26,7	81,9	89,9	222,2	155,4	187,2	247,6	30,4	2,2	4,6	34,2	0	1082,3
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	1996	55,6	39	143,8	198	54,3	150,3	121,1	130,4	94,3	26,5	68,4	23,8	1105,5
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	1997	41,1	200,3	305,1	134,8	281,1	58,9	115,2	100,1	16	3,2	0,4	50,6	1306,8
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	1998	32,4	49,2	88,4	48,7	97,3	96,9	132,6	173,2	9,9	14,5	3,6	19,9	766,6
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	1999	52,5	162	126,5	57,2	152,9	105,5	105,8	78,4	41,5	34,6	32,5	71,7	1021,1
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2000	162,8	140,5	87,8	193,7	171,3	353,8	391,4	232,4	243,4	8,7	34,7	45	2065,5
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2001	38,9	17	140,7	197,1	17,2	175,7	153,5	89,1	58,4	8,5	32,2	82,8	1011,1
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2002	192,4	113	102,3	77,1	143,9	298,4	158,9	133,1	4,6	32,4	74,5	30,5	1361,1
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2003	67,1	134,9	185,9	116,8	105,3	242,7	188	94,4	29,5	22	0	25	1211,6
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2004	447,3	414,2	72	137,8	280,7	218,3	214,8	75,3	48	0	0	0	1908,4
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2005	84	59,4	94,5	77,9	240,2	425,7	86,7	172	27,6	0,5	0	20,7	1289,2
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2006	5,7	61	124,4	168,6	102,3	142,7	126,4	160,6	23,8	0	49,6	40,2	1005,3
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2007	46	45,7	93,1	296,8	111,5	398	117	191	126	22,1	37,2	28	1512,4
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2008	66	12,7	323,3	233,7	166,2	159,6	259,3	260,1	86,6	18,9	4	13,7	1604,1
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2009	94,7	161,2	168,1	272,7	208,6	199,7	284,7	222,5	30,8	3,6	0,6	11,5	1658,7
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2010	99	38,8	95,4	141,4	52	129	85,7	68,6	39,3	0,8	3,3	60,3	813,6
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2011	191,1	111,7	198,1	195,6	335,6	129,6	356,8	99,4	8,9	16,6	34,6	26	1704,0
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2012	121,4	149,5	5,4	19	83,2	264	155,6	27,6	1,1	17,8	0,6	3,4	848,6
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2013	31,6	90,7	33,6	177,7	89,3	115,6	228,7	128,1	74,8	42,1	28,2	74,7	1115,1
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2014	173,6	114,3	184,1	33,8	129,9	176,7	101,8	92,6	200,8	74,1	35	34,9	1351,6
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2015	15,5	66,6	163,3	85,1	77,3	201,6	334,7	39,2	15	23,7	0	59,8	1081,8
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2016	146,2	64,3	204,4	227,4	194,4	75,1	38,1	25,2	47,9	13,5	1	138,8	1176,3
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2017	41	29,2	125,9	170,4	108,6	130,9	233,9	71,9	75,7	37,4	3,5	7,4	1035,8
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2018	113,3	198,4	226,9	226,8	112,9	95,7	70,8	38,9	37,46	25,07	27,59	45,33	1219,2
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2019	51,67	193,7	172,1	173,2	114,9	193,8	235	79,24	43,16	40,77	25,86	31,74	1355,2
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2020	68,92	58,42	170,2	132,8	261,7	196	211,3	41,57	52,03	55,89	46,56	43,01	1338,4
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2021	49,03	122	140,2	120,9	204,4	60,09	73,26	89,39	43,29	42,23	46,32	52,34	1043,4

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
GOIANINHA_Rua Tabelião Antonio	635132	2022	152	55,08	221,2	100,6	323,8	220,1	322,5	68,67	37,71	42,57	44,56	43,46	1632,4
GUARABIRA	635136	1994	59,8	58	169,1	148,8	172,4	265,7	286,1	90,8	50,5	11,2	7,1	104,1	1423,6
GUARABIRA	635136	1995	51,2	117,1	197,4	213,6	242,1	175,6	229,5	27,4	1,5	6,1	30,9	0	1292,4
GUARABIRA	635136	1996	20,2	55,6	196,8	220,7	77	135,9	82,6	130,7	61,3	20,8	65,6	28,2	1095,4
GUARABIRA	635136	1997	13,8	96	171,8	104,1	255,5	63,3	94,3	76	2,5	9,8	2,3	70,8	960,2
GUARABIRA	635136	1998	59,3	39,4	85,2	32	100,9	93,7	130,9	126,2	6	19,4	1,1	18,7	712,8
GUARABIRA	635136	1999	79,5	83,5	226,2	53,6	156,2	106,3	58,2	31,2	32,4	32,4	26,2	67,8	953,5
GUARABIRA	635136	2000	86,9	110,1	59,4	184,1	145,2	287,6	439,2	210,1	218,8	4,8	16	95,4	1857,6
GUARABIRA	635136	2001	28,2	19,5	222,7	128,1	9,6	239,7	109,6	47	63,8	6,2	10	34,8	919,2
GUARABIRA	635136	2002	186,5	54,3	120,9	61,5	87,3	238,2	148,1	73,7	4,3	21,2	24,8	5,2	1026,0
GUARABIRA	635136	2003	31,1	207,4	205,5	127,4	55,5	281,8	136,3	72,7	20,9	35	6,6	36,5	1216,7
GUARABIRA	635136	2004	386,3	328,4	86,4	148,2	137,5	365,1	251,5	115,9	3	3,5	5,2	0	1831,0
GUARABIRA	635136	2005	51,9	31,1	45,2	56,7	297,1	422,6	15,5	116	15,3	20,71	19,52	23,84	1115,5
GUARABIRA	635136	2006	0	21,2	67,7	107,1	39,3	107,2	109,7	88,57	0	0	29,67	44,07	614,5
GUARABIRA	635136	2007	36,6	71,3	55,9	179,1	75,6	242,8	51,5	82,4	66	6,2	7,8	37,5	912,7
GUARABIRA	635136	2008	124,4	13,7	231,3	259,2	127,3	121,5	144,8	156,7	42,7	6,9	0,7	4,9	1234,1
GUARABIRA	635136	2009	114,7	108,5	89,3	295,7	167,3	126	222,6	183,1	28	18,19	7,1	5,3	1365,8
GUARABIRA	635136	2010	102,4	7,1	7,7	108,2	28,6	80,2	69,8	46,4	16,7	1,1	2,2	33,7	504,1
GUARABIRA	635136	2011	170,7	81,1	87	150,7	334,8	102,7	306	89,8	8,6	17,3	51,3	49,3	1449,3
GUARABIRA	635136	2012	122,8	227,4	12,3	0	56,6	250,9	135,2	5,2	1,2	14,7	2	0	828,3
GUARABIRA	635136	2013	13,3	50	22,3	116,6	96,5	93,5	221,5	114,5	46,9	23,9	12,9	119	930,9
GUARABIRA	635136	2014	51	181,9	87,6	7,9	109,1	146,3	47,6	44,3	149,6	48,9	14,8	31,3	920,3
GUARABIRA	635136	2015	72,6	35,8	142	97	52,2	163,5	273,4	28,7	15,1	3	0	41,6	924,9
GUARABIRA	635136	2016	162,6	65,9	81,2	171,7	233,5	51,9	11,9	34,7	26,4	4,6	0	121,8	966,2
GUARABIRA	635136	2017	60,8	57,3	92,5	119,5	141,5	73	247	43,1	47,7	20,9	0,8	9	913,1
GUARABIRA	635136	2018	86	134,8	181,9	140,3	91,4	93,32	70,91	21,9	22,31	20,5	20,84	39,18	923,4
GUARABIRA	635136	2019	47,42	175,9	155,9	135	82,2	179,1	205,7	69,34	36,7	30,99	16,99	22,42	1157,8
GUARABIRA	635136	2020	44,58	59,4	167,8	107,8	244,6	155,4	188,1	29,73	36,71	34,72	40,88	28,72	1138,4
GUARABIRA	635136	2021	36,94	86,89	96,36	100,4	175,4	49,25	65,57	69,4	31,38	27,91	27,85	52,22	819,5
GUARABIRA	635136	2022	123,9	52,1	206,1	90,18	311,3	190,2	275,1	56,01	29,06	31,74	36,33	35,34	1437,5
JACARAÚ	635137	1994	56	88,5	119,6	180,5	200,8	408,5	464,8	100,1	55,3	4	9,7	45,9	1733,7
JACARAÚ	635137	1995	16,5	35,5	49,3	174	158	174	327,5	21,5	9	6,5	23,3	0	995,1
JACARAÚ	635137	1996	7,2	61,6	213	275,3	109,2	113,4	128,9	63,3	52,8	21,8	23,8	12,4	1082,7
JACARAÚ	635137	1997	8,9	129,6	94,7	177,7	216,1	35,2	139,7	86,7	3	0,8	5	47,8	945,2
JACARAÚ	635137	1998	90,4	43,9	32,7	63,1	118,6	149,5	201,1	101,1	6,6	11,6	1,2	28,2	848,0
JACARAÚ	635137	1999	42,6	111	14,1	29,7	228	72,9	45	34,2	12	38,3	9,2	55,9	692,9
JACARAÚ	635137	2000	137,7	85,3	37,3	175,1	80,6	310,5	260,4	135,7	214,9	3,8	29,6	44,6	1515,5
JACARAÚ	635137	2001	46,3	3,2	55,5	209	28,4	151,1	70,8	51,3	32,5	4,3	7,9	36,2	696,5
JACARAÚ	635137	2002	205,1	56,4	166,6	67,4	94,6	240	121,2	119,2	0	24,7	40,6	9	1144,8
JACARAÚ	635137	2003	35,5	200,3	264,4	152,8	35,1	238,9	108	57,7	32	35,1	16,8	43,4	1220,0
JACARAÚ	635137	2004	368,5	147,1	95,5	118,1	257,6	205,8	224	44,8	13,4	8,1	6,5	7,7	1497,1
JACARAÚ	635137	2005	25,9	35,1	35,8	26,2	213,6	341	52,6	119,1	29,2	9,6	0,6	22,6	911,3
JACARAÚ	635137	2006	2,1	53,9	106,4	254,4	72,4	180,5	91,4	90,4	13,5	3,8	12,2	27,7	908,7

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
JACARAÚ	635137	2007	35,3	77,1	40,2	311,2	61,3	488	52,5	65,3	47,4	9,1	32,3	12	1231,7
JACARAÚ	635137	2008	93,7	1,9	278,4	206	118,8	170	155,2	177,7	77	17,3	3,3	5,6	1304,9
JACARAÚ	635137	2009	146,4	211,5	194,8	192,6	249,6	188,6	201,5	146,9	36,7	1,1	7,7	3	1580,4
JACARAÚ	635137	2010	76,5	41,2	18,2	173,5	42,9	169,3	102	54,7	27,9	0	3,7	68,8	778,7
JACARAÚ	635137	2011	153,7	146,8	118,1	243,9	250,2	113,5	296,6	106,7	19	16,9	35,5	34,6	1535,5
JACARAÚ	635137	2012	55,9	59,2	24,7	26,8	95,7	271,5	141,8	13,6	5	29,3	0,6	0,3	724,4
JACARAÚ	635137	2013	28	31,8	11,6	104,5	163,4	222,3	154,6	153,9	121,5	24,3	16,7	14,3	1046,9
JACARAÚ	635137	2014	181,5	43,7	109,7	13,5	169,8	148,6	62,1	40,2	181,8	28	30,5	38,3	1047,7
JACARAÚ	635137	2015	57	44,7	179,7	39,9	119	159,4	342,9	28,7	17,5	11,9	0,2	84,4	1085,3
JACARAÚ	635137	2016	129,2	33,1	88,6	201,7	258,4	84,7	25,1	20,4	40,5	8,3	5,5	95,5	991,0
JACARAÚ	635137	2017	76,4	44,6	154,2	210,2	109,2	129,6	259,9	37,7	59,3	28,9	6,5	12,8	1129,3
JACARAÚ	635137	2018	125,5	206,9	193,4	111,8	103,3	90,6	119,3	24,6	13,9	1,2	14,5	30,6	1035,6
JACARAÚ	635137	2019	36,61	194,1	174,8	153,6	93,38	196,8	226,5	63,25	26,3	21,01	6,599	12,71	1205,7
JACARAÚ	635137	2020	51,58	40,5	156,6	117,8	252	183,4	199,6	22,94	33,85	37,84	28,18	24,45	1148,7
JACARAÚ	635137	2021	30,75	106,7	125,6	105,4	192,3	42,2	55,97	72,62	24,72	23,67	27,91	34,15	841,9
JACARAÚ	635137	2022	137,9	37,05	210,1	84,37	316,7	208,7	315,6	51,07	18,92	24,03	26,12	24,94	1455,5
MAMANGUAPE	635138	1994	61,4	160,2	115,8	159,8	317,6	545,6	482,7	100,8	42,4	6,2	4,2	38,1	2034,8
MAMANGUAPE	635138	1995	17,8	64,7	71,8	138,6	164	150,1	345,8	25,7	6,2	2,4	27	8,6	1022,7
MAMANGUAPE	635138	1996	30,4	37,5	182,6	298,4	149,3	142,4	71,4	82,3	46,7	33,3	56	38	1168,3
MAMANGUAPE	635138	1997	14,1	138,9	177,9	173,4	345,4	49,1	118	49,7	5,9	2,6	1,6	64,7	1141,3
MAMANGUAPE	635138	1998	59,5	26,8	59,1	34,8	117,8	175,2	193,9	142,9	15,9	23,9	6,5	12,3	868,6
MAMANGUAPE	635138	1999	27,5	69,8	34,4	29,8	259,1	79	52	38,1	38,4	32,4	22,9	52,2	735,6
MAMANGUAPE	635138	2000	171,3	104	47,9	227,5	144,1	424,4	210,4	219,3	269,6	5,2	24	81,3	1929,0
MAMANGUAPE	635138	2001	14,6	5,5	65,7	175,3	26,2	124,1	75,3	31,7	17,7	2,5	2,7	50,3	591,6
MAMANGUAPE	635138	2002	101,6	57,1	199,2	89,8	127,4	270,2	168,7	93,1	2,8	18,9	34	6,4	1169,2
MAMANGUAPE	635138	2003	24,9	273,6	418,7	149,8	62,9	299,5	105	70,1	34,4	30	20,6	53,7	1543,2
MAMANGUAPE	635138	2004	436,8	153,4	107,7	108,7	174,8	264,6	221,4	64,7	18,9	12,1	7,9	9,8	1580,8
MAMANGUAPE	635138	2005	67,7	45,2	45,8	47,1	279,4	501,8	61,1	120,7	38,8	28,9	1,1	26,6	1264,2
MAMANGUAPE	635138	2006	1,1	84,3	158,7	193,8	64,5	142,7	68,2	81,7	13	7,6	23,2	85,4	924,2
MAMANGUAPE	635138	2007	57,4	117,6	186,6	284,7	110,5	492,2	68,1	98,7	43,5	13,2	38,4	24,1	1535,0
MAMANGUAPE	635138	2008	65,4	3,9	218,4	203,1	152,1	223,8	167,3	176,9	63,4	26,7	4,8	21	1326,8
MAMANGUAPE	635138	2009	206,8	175,8	206	300,2	303,2	216,7	280,4	130,8	78,6	4	7,7	6,4	1916,6
MAMANGUAPE	635138	2010	111,7	68,7	87,4	169,5	51,1	163,6	100,1	67,7	33,5	25,2	3,6	21,5	903,6
MAMANGUAPE	635138	2011	140,3	169,9	126,7	299,6	274,3	126,6	312	111,6	23,9	12	21	38,3	1656,2
MAMANGUAPE	635138	2012	46,8	89,1	46,3	5,6	116,4	361,7	170,6	7,2	6,8	35,5	1	2,6	889,6
MAMANGUAPE	635138	2013	28,7	27,8	19,4	138,2	167,5	208,4	192,8	195,5	140,3	52,2	32,6	39,2	1242,6
MAMANGUAPE	635138	2014	73,5	125,2	123,8	42,1	138,8	145,3	57,7	29,6	147,4	32,8	23,4	50,9	990,5
MAMANGUAPE	635138	2015	50,5	68,4	242,7	41	60,3	257,5	238,5	40,5	20,7	11,1	3,5	89,8	1124,5
MAMANGUAPE	635138	2016	126,8	79	141,8	212,9	266,5	110,7	17,6	17,8	34,5	7,4	4,9	80,2	1100,1
MAMANGUAPE	635138	2017	62	37,2	173,8	162,4	194,2	152	282,8	31,3	50,6	24,7	12,6	11	1194,6
MAMANGUAPE	635138	2018	80,8	178,6	188	171,2	56,6	84,6	130,2	30,5	6,1	2,6	12,2	21,8	963,2
MAMANGUAPE	635138	2019	43,2	224,9	281,8	122,2	87,5	288,9	249,4	60,4	32,2	15,3	0,3	8,6	1414,7
MAMANGUAPE	635138	2020	31,9	47,2	184,3	123,4	229,3	202,6	231,5	12,6	27,6	22,6	28,9	14,3	1156,2

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
MAMANGUAPE	635138	2021	24,9	121,9	97	120,8	224,6	51,4	57	50,3	11,7	10,3	13,8	57,2	840,9
MAMANGUAPE	635138	2022	151,5	52,5	245,1	102,7	471	230	389,3	50,4	18,5	12,8	24,8	28,3	1776,9
MATARACA	635140	1994	83,91	114,2	209,6	179,1	239,7	427,3	404,4	118,1	79,18	29,14	26,85	96,03	2007,4
MATARACA	635140	1995	40,52	70,8	94,97	196,2	174,1	226,9	316,2	38,86	30,7	23,6	49,34	17,6	1279,7
MATARACA	635140	1996	47,04	67,09	191,1	467,6	87,3	200,3	90,2	88,6	110,1	14,6	26,7	12	1402,6
MATARACA	635140	1997	2,1	262,7	112,4	272	190,5	66,9	221,6	131,3	0,9	0	0	94,9	1355,3
MATARACA	635140	1998	41,5	60,7	82,5	156,9	163	252,1	236,6	148,4	33,1	12,7	19,2	12,2	1218,9
MATARACA	635140	1999	12,1	90,3	58,1	124,4	229,1	101,1	68,2	34,4	15,5	18,4	4,1	68,9	824,6
MATARACA	635140	2000	120,7	109,4	130,3	147	190,8	409,3	314,7	199,9	285,4	13,6	58,5	57,6	2037,2
MATARACA	635140	2001	49,8	4,4	78,6	248	85,2	304	106,1	88,6	43,5	0,6	13,1	49,5	1071,4
MATARACA	635140	2002	148,1	31,5	165,7	94,1	128	316,2	177,5	161,4	3,2	23,5	35,2	10,9	1295,3
MATARACA	635140	2003	62,9	244,3	312,8	149,4	115,4	316,9	134,9	50,5	9	42,1	18,6	116,4	1573,2
MATARACA	635140	2004	352,1	256,6	114,5	232,8	385,4	300,6	316,2	56,3	62,5	33,6	7,4	2,8	2120,8
MATARACA	635140	2005	35,1	71,2	66,3	89,5	258,8	432,1	94	98,3	14,7	0	0	4,2	1164,2
MATARACA	635140	2006	0	67,8	138	133,2	90,5	255	83,3	77,7	32,3	7,4	20,5	20,4	926,1
MATARACA	635140	2007	28,2	63,5	169,5	202,5	169,8	298,6	28	42,4	45,2	16,9	10,2	6,9	1081,7
MATARACA	635140	2008	99,4	0	284,7	242,8	208,2	239,6	191,8	135,9	43,4	7,8	2,5	7,6	1463,7
MATARACA	635140	2009	107,6	196,5	151,9	130,9	392,3	286,7	97,5	204,4	17,5	3,4	7,9	7,3	1603,9
MATARACA	635140	2010	103,3	53,5	35,2	159,7	89,4	175,8	135,2	65,5	42	2,3	2,2	56	920,1
MATARACA	635140	2011	325,8	241,3	155,3	347,4	540,6	205,5	316,4	157,5	32,9	43,7	8,4	30,7	2405,5
MATARACA	635140	2012	105	163,9	125,2	45,1	116,6	303,2	145,8	45,4	21,1	27,2	0,6	4,7	1103,8
MATARACA	635140	2013	27,9	71,4	32,9	187,8	230,3	320,3	268,3	234	244,7	15,8	19	4,7	1657,1
MATARACA	635140	2014	203,3	67,8	221,1	75,3	160,2	210,1	92,4	34,6	129,8	34,2	17,5	35,2	1281,5
MATARACA	635140	2015	69,2	94	327,5	59,1	126,6	246,7	585,7	98,1	37,7	36,7	6,5	45,2	1733,0
MATARACA	635140	2016	196	85,2	158,1	221,9	170,4	205,6	45,3	37,9	29,9	13,3	5	107,1	1275,7
MATARACA	635140	2017	120	137,1	347,3	219,6	172,9	151,5	272,2	36,6	71,9	43,4	5	22,9	1600,4
MATARACA	635140	2018	104	216,5	302,8	240	159,8	87,5	173,3	31,6	25,3	6,1	6,6	45,7	1399,2
MATARACA	635140	2019	21,3	237,4	180,9	218,6	168,3	237,9	302,7	68,1	33,9	26,8	0,8	13	1509,7
MATARACA	635140	2020	110	83,3	116,2	146,2	351,2	232,6	278,1	26,2	43,9	49,6	48,5	40,3	1526,1
MATARACA	635140	2021	34,5	159,3	210,6	144,1	280,1	40,4	65,7	103,2	33,1	36,9	45,9	15	1168,8
MATARACA	635140	2022	183,6	34,1	342,8	40,3	360,4	283,3	472,9	56	18,9	35,6	40,5	26,6	1895,0
SANTA RITA	734001	1994	101,4	89,28	140,4	218,6	342,9	510,1	254,3	88,32	66,17	30,11	22,06	47,14	1910,8
SANTA RITA	734001	1995	26,88	59,14	107,4	146,5	200,9	238,7	259,3	37,35	24,92	21,92	55,02	15,64	1193,7
SANTA RITA	734001	1996	45,3	64,01	205,5	381,1	195,7	173,9	114,8	141,4	76,57	39,92	41,82	20,99	1501,0
SANTA RITA	734001	1997	29,69	140,4	159,1	233,6	253,8	65,19	117,4	90,49	10,55	10,75	8,94	48,22	1168,1
SANTA RITA	734001	1998	76,33	14,41	38,43	45,52	122,6	144,6	163,2	149,5	23	28,9	11,8	18,2	836,5
SANTA RITA	734001	1999	22,5	77,8	105,5	36	190,7	108,8	110	74,1	24,2	76,3	16,7	62,6	905,2
SANTA RITA	734001	2000	177,7	148,9	72,5	146,2	282,1	359,7	292	149,1	298,8	8,4	25	80	2040,4
SANTA RITA	734001	2001	28,6	9,6	73,5	176,4	26,3	177,5	100,1	68,1	48,7	19,5	10,9	23,3	762,5
SANTA RITA	734001	2002	139,2	110,6	224,1	101,5	158	370,5	108	108	17,5	36,2	28,5	6,1	1408,2
SANTA RITA	734001	2003	34,7	235	344,6	161,8	147,4	372,5	118,1	83,1	46,9	11,5	12,6	48,3	1616,5
SANTA RITA	734001	2004	208,2	114	224,1	66,1	209,6	198,9	197	37,1	12,2	7,7	0	4,9	1279,8
SANTA RITA	734001	2005	11,7	45,2	41,5	66,9	219,9	312,8	55,3	87,4	46,9	12,3	2,6	20,5	923,0

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
SANTA RITA	734001	2006	5,6	21,2	51,5	150,2	74,2	140	58,5	70,1	30,7	8,8	29	54,1	693,9
SANTA RITA	734001	2007	51,9	154,3	193	221,7	110,3	475,7	69,5	187	47	21,8	31,9	16,1	1580,2
SANTA RITA	734001	2008	99,3	10,4	201,4	253,5	249,8	235,8	147,6	207	61,2	16	4,4	17,4	1503,8
SANTA RITA	734001	2009	168,7	242,3	208,7	226	258,7	232,2	374,2	104	42,5	9,4	30,6	25,3	1922,6
SANTA RITA	734001	2010	131,3	46	53,1	99,5	62	196,4	117	107,9	30,3	15,1	11,7	52,2	922,5
SANTA RITA	734001	2011	129,5	142,4	54,7	444,9	281	196,5	410,3	148	16,3	22,1	30,5	24,7	1900,9
SANTA RITA	734001	2012	162,6	126,2	28,9	10,5	82,4	507	243,1	31,3	13,9	19,1	1,1	6	1232,1
SANTA RITA	734001	2013	33,6	20,1	34,7	213,4	159,7	335,8	234,8	192,6	189,8	61,4	33,6	46,1	1555,6
SANTA RITA	734001	2014	79,6	89	142,7	49,9	173,9	229,1	113,4	49,5	184,6	68,8	33,8	34,1	1248,4
SANTA RITA	734001	2015	64,4	49,8	239,5	53,7	94,2	210,4	251,9	50,9	21,1	14,5	0,6	137,1	1188,1
SANTA RITA	734001	2016	187,9	116,6	118,9	356,3	252,8	117,8	24,5	18,7	27,5	11,9	6,3	94,6	1333,8
SANTA RITA	734001	2017	34,8	87,8	150,8	185,3	461,5	176,1	226	52,7	80,9	40	1,5	7,6	1505,0
SANTA RITA	734001	2018	78,4	117,9	135,2	287,5	122,6	70,9	116,6	33,1	15,4	6,2	14,2	37,4	1035,4
SANTA RITA	734001	2019	43,5	208,7	137,2	130,6	152,1	441,8	204,6	57,9	32	28,4	0	23,7	1460,5
SANTA RITA	734001	2020	10,6	104,2	203,9	224,5	310	218,9	246,1	37,4	26,2	13	31,6	28,8	1455,2
SANTA RITA	734001	2021	28,7	147	117,7	171,2	337	84,1	115,2	93,1	34,5	16,7	25,4	50,5	1221,1
SANTA RITA	734001	2022	171,6	70,4	255,1	117,8	539,1	328,4	323,5	91,9	30,3	19,4	40,9	30,9	2019,3
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	1994	192,7	55,1	187,8	342,8	653,6	786,9	320,2	105,1	45,2	46,9	17,8	50,3	2804,4
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	1995	30,9	43,3	146,8	243	316	332,6	482,7	24,2	22	10,8	62,9	3,3	1718,5
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	1996	103	51,8	293,5	444	318	310,3	217,6	209,9	117,1	80,1	28,8	49,3	2223,4
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	1997	21,8	207,4	288,4	306,4	316,5	90,5	182,4	122,1	9,4	7,2	8,7	88	1648,8
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	1998	106,3	16,8	44,9	37,9	199,8	231,1	263,3	284,7	31,8	27,8	18,5	8,2	1271,1
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	1999	16,7	84	116,9	46,4	247,1	112,2	132,1	50,8	61,7	63,2	3	38,8	972,9
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2000	96,1	149,4	106,5	212,1	330,3	557,7	453,4	167,4	228,8	16,1	45,8	81,4	2445,0
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2001	25,3	7,1	197	267,2	47,7	255,5	184,7	62,1	43,4	22,3	16,1	40	1168,4
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2002	179,4	142,7	251	190,4	256	470,8	262,3	138,9	15,4	43,1	35,9	10,8	1996,7
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2003	51,3	252,9	275	206,7	212,6	626,2	96,3	106,5	97,2	36,3	15,4	65,5	2041,9
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2004	283,7	182,8	158,8	133,9	312	482,2	475,8	162,5	27,9	27,4	5,8	5,1	2257,9
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2005	37,4	58,9	106,6	125,4	545,5	575,3	154,2	215,8	63,6	24,6	3,3	21,2	1931,8
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2006	10,8	17,8	85,3	200,9	156,4	270,5	129,1	105,5	53,1	9,5	42,1	41,6	1122,6
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2007	33,8	166,1	198,1	234,3	239,5	573,7	143,6	273,3	73	32,7	34	8,2	2010,3
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2008	80,6	7,8	299,3	313,5	335,7	397,4	283,5	318	86,7	44,2	5	57,7	2229,4
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2009	57,7	260,6	129,8	540,4	521,2	303,9	447	122,3	77,1	19,4	45,8	25,2	2550,4
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2010	120,2	76,9	30,9	175,1	105,7	250,5	241,4	189	92,4	16	5,5	29,7	1333,3
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2011	223	221,1	66,2	427,4	484,7	228,3	404,9	204,9	32,4	9	44,9	8,4	2355,2
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2012	186,2	141,9	71	46,6	216,5	540,7	290,5	81,1	36,7	30,5	1,8	7,5	1651,0
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2013	61,8	39,5	17,5	268,9	185,9	488,8	460,5	252,2	286,9	39,1	33,4	20,8	2155,3
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2014	81,6	111,2	150,5	133,9	265	240,2	157,1	79	199,4	32,6	17,2	20,9	1488,6
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2015	54	38,7	406,1	48,3	81,2	332,9	379	50,6	56,9	16,7	4,1	149,7	1618,2
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2016	86,9	102,2	145,1	374,5	353,3	254,7	45,8	46,4	52	11,8	8,6	87,4	1568,7
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2017	68,5	52,6	130,2	276,5	493,8	320,3	450,4	72,9	124,4	51,6	10,2	27,2	2078,6
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2018	89,1	138,7	195,6	368,5	233,6	103,7	207,2	81,8	32,1	1,9	16,3	56,9	1525,4
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2019	72,6	219,9	239,8	182,7	204,5	659,6	354,7	84,6	62,6	29,4	0	24,6	2135,0

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2020	29,5	157,3	244	250,3	595,3	387,1	289,3	52,5	30,9	34,9	26	15,4	2112,5
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2021	19,8	329,7	165,3	267,7	438,2	88,6	141	258,3	25,1	31,2	45,4	30,1	1840,4
JOÃO PESSOA/DFAARA	734002	2022	218,4	27,7	402	132,4	654,2	354,2	509,9	147,8	47,8	29,5	89,8	29,4	2643,1
ALHANDRA	734008	1994	50,3	92,5	315	422,1	477,8	775,9	343	155,8	115,1	29,8	14,2	50,2	2841,7
ALHANDRA	734008	1995	17,4	109,8	186,6	109,3	308,2	513,6	288,2	40,2	23,3	8,4	100,7	0	1705,7
ALHANDRA	734008	1996	55	125,1	266,2	438,6	261,8	279,2	185,2	275,5	118,3	45,7	74,6	34,8	2160,0
ALHANDRA	734008	1997	29,7	191,3	129,6	389,9	400,6	118,4	187,7	133,1	5,1	6,3	10,2	70,2	1672,1
ALHANDRA	734008	1998	66,1	10,9	83,8	155,6	206,7	160,8	278,6	235,4	34,3	19	14,2	15,9	1281,3
ALHANDRA	734008	1999	11,9	104,8	163,1	81,2	229,1	102,3	176,6	129,8	42,4	67,8	29,9	69,2	1208,1
ALHANDRA	734008	2000	191,2	120,2	71,8	338,8	420,6	590,8	289,2	195,6	325,6	5,8	25,5	272,8	2847,9
ALHANDRA	734008	2001	32,3	31,2	167,4	194,1	26,9	254,2	184,9	96,3	69,7	45,5	17,5	39,4	1159,4
ALHANDRA	734008	2002	180,1	82,1	272,1	77,5	160	483,2	217,7	137,7	20,3	39,9	54	8,9	1733,5
ALHANDRA	734008	2003	78,9	281,6	298,7	173,2	154,1	440,8	209,2	136,4	60,2	52,8	13,1	88,5	1987,5
ALHANDRA	734008	2004	289,3	329,7	185,9	106,5	232,8	428,2	445,1	125,4	64,1	28,5	4,7	5,3	2245,5
ALHANDRA	734008	2005	17,2	45,2	81,7	135,9	463,2	541,8	150,5	254,5	66,8	26,7	10,7	27,6	1821,8
ALHANDRA	734008	2006	15,7	20,2	155,3	308,2	180,4	296	163,8	191	68,6	7,5	35,6	49,8	1492,1
ALHANDRA	734008	2007	53,4	154,2	183,2	194,2	222,6	539	173,9	208,3	124,8	48,7	25,3	32,1	1959,7
ALHANDRA	734008	2008	125,2	7	204,6	252,8	402	339,1	207,1	314,9	63,4	61	8,4	20,4	2005,9
ALHANDRA	734008	2009	128	270,5	118,9	311,2	449,5	289,7	425,2	237,9	57,7	7,1	35,6	44,6	2375,9
ALHANDRA	734008	2010	95,5	83,5	78,6	213,4	65,1	282,5	183,1	162,2	60,3	68,1	5,4	35,3	1333,0
ALHANDRA	734008	2011	200,7	167,8	65,2	462,6	550,4	341,8	464,9	215,9	79,8	38,5	37	39,8	2664,4
ALHANDRA	734008	2012	197,9	180,5	49,2	41,1	142,8	463,9	244,2	85,3	23,3	57,3	7,3	18,7	1511,5
ALHANDRA	734008	2013	39,4	155,4	72,5	292	161,9	426,4	433,5	217,7	212,2	65	59,6	48	2183,6
ALHANDRA	734008	2014	78,2	104,4	198,7	66,7	304,6	299,1	184,2	119,5	256,2	86,6	20,1	68,7	1787,0
ALHANDRA	734008	2015	74,3	103,6	314,6	50,2	129,3	402,8	341,4	59,6	43,6	13,7	8,6	161,7	1703,4
ALHANDRA	734008	2016	66,9	94,3	228,2	245,9	367,8	169,9	83,5	26,8	58,4	18,6	17,6	152,3	1530,2
ALHANDRA	734008	2017	51,6	67,9	188,3	239,3	421,5	301	419,5	108,1	107,4	66,2	12	5,5	1988,3
ALHANDRA	734008	2018	150,9	112	179,3	332,3	223,5	159,2	195,3	61,2	45	6,9	15,2	33,4	1514,2
ALHANDRA	734008	2019	120,6	140,7	225	144,2	284	481	385,6	113,4	75,7	46,7	0,4	25,3	2042,6
ALHANDRA	734008	2020	35	138,9	314,5	202,6	431,5	191,3	252,9	74,2	28,5	40,2	43,2	24,7	1777,5
ALHANDRA	734008	2021	74,2	191,2	168,9	281	271	116,5	233,3	173,1	61,8	52,2	15,5	125,4	1764,1
ALHANDRA	734008	2022	209,1	46,7	357,3	165,6	536,8	350,9	340,2	133	54,8	27	77,8	42,6	2341,8
BAYEUX	734036	1994	115	100,7	157,4	242,4	377,4	557	279,9	100,6	76,35	37,75	28,98	56,09	2129,5
BAYEUX	734036	1995	34,22	68,84	121,3	163,7	222,9	263,6	286,9	45,28	29,18	22,8	65,52	15,99	1340,2
BAYEUX	734036	1996	62,84	64,79	220,3	396,2	241,3	164,5	108,8	155,4	81,1	52,4	45,9	13,7	1607,2
BAYEUX	734036	1997	16,6	160,8	151,1	258,2	275,7	71,2	131,9	115,4	5,4	5,2	7,4	62,7	1261,6
BAYEUX	734036	1998	151,8	8,2	48,1	46,5	161,2	189,2	201	171,5	40,9	15,8	15,2	24,7	1074,1
BAYEUX	734036	1999	11,2	85,7	163,4	39	193,1	122,6	116,6	76,4	34,2	47,8	26,1	48,9	965,0
BAYEUX	734036	2000	154,5	130,5	117	195,5	352,9	264,6	308,8	165,8	248,9	9,3	23,2	90,3	2061,3
BAYEUX	734036	2001	34	0	66	203,5	24,8	228,5	121,1	72,3	37,4	7	11,6	49,3	855,5
BAYEUX	734036	2002	80,4	81,2	228,8	128,8	189,8	367,6	89,9	117,5	1	33,1	37,5	10	1365,6
BAYEUX	734036	2003	59,7	230,7	257	142,3	145,6	440,4	123,8	88,8	50,6	48,3	13,4	87,6	1688,2
BAYEUX	734036	2004	254,2	138,8	85,6	124,1	214,8	315,3	324	75,6	37,6	27,4	4,8	7,5	1609,7

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
BAYEUX	734036	2005	10	70,8	94	99,9	347,9	344,4	83,9	149,4	61,1	21,9	3,6	16,8	1303,7
BAYEUX	734036	2006	2,4	71,2	98,2	134	82	249,4	92,5	112,3	41,4	13,7	33,9	39,3	970,3
BAYEUX	734036	2007	66,5	160,2	220,5	289,1	152,6	521,8	92,1	235,3	62,8	28	28,6	38,2	1895,7
BAYEUX	734036	2008	87,6	11,7	264,7	359,7	252,4	283,7	208,4	256,9	74,6	39,5	3,8	27,8	1870,8
BAYEUX	734036	2009	116,9	200,2	124,4	184	349,1	225,2	365,4	115,1	57	5,4	42,2	23,8	1808,7
BAYEUX	734036	2010	163,5	107,6	60	134,4	41,5	226,2	156,8	170,5	38,4	4,9	13,4	66,8	1184,0
BAYEUX	734036	2011	159,3	202,8	80,8	507,1	365,9	189,3	418	159,3	25,5	28,7	38,8	36,5	2212,0
BAYEUX	734036	2012	237,2	135,9	43,1	24,5	140,3	540,6	188,8	35,8	18,9	19,8	1,5	2,8	1389,2
BAYEUX	734036	2013	36,1	42,3	25,5	240,9	160,5	325,6	206,2	179,5	213,9	59,6	19,5	31	1540,6
BAYEUX	734036	2014	95,7	105,4	109,6	79,3	177	235,4	121,8	60,1	188	146,2	27,6	48,2	1394,3
BAYEUX	734036	2015	71,6	49,3	274	59,6	134,2	287,8	353,1	63,3	39,4	20,3	0,7	93,4	1446,7
BAYEUX	734036	2016	171,3	126,5	154,9	403,1	324,1	175,9	43,6	39,1	47,4	14,5	13,5	115,8	1629,7
BAYEUX	734036	2017	74,5	95,6	176,3	265,9	515,6	209,8	338,4	65,6	113,3	42,2	5,9	17,2	1920,3
BAYEUX	734036	2018	104,6	137,8	210	370,8	161,2	42,4	150	39,5	24,7	13,7	15,2	41,9	1311,8
BAYEUX	734036	2019	30,9	180,6	121,5	171,6	196,5	529,9	271	79,3	43,8	43,2	0	22,2	1690,5
BAYEUX	734036	2020	19,9	91,4	160,5	238,1	458,5	263,6	290,5	64,1	36	28,8	34,3	28,8	1714,5
BAYEUX	734036	2021	28,6	196,6	119,2	270,6	298,8	96,9	128	132	44,4	25,6	29,4	66,1	1436,2
BAYEUX	734036	2022	212,8	56,8	299,5	179,8	491,4	334,3	415,4	101,5	34,6	26,1	45,9	18,4	2216,5
JOÃO PESSOA/MARES	734037	1994	100,1	83,36	201,3	280,3	401,3	627,3	303,4	118,1	80,19	40,35	27,47	59,19	2322,3
JOÃO PESSOA/MARES	734037	1995	35,23	66,36	123,1	197,2	221,7	288,4	313,9	50,68	32,61	25,58	72,46	18,15	1445,4
JOÃO PESSOA/MARES	734037	1996	80	74	266,5	428,5	258,6	216,5	166,7	192,4	117,9	54,7	40,1	27,3	1923,2
JOÃO PESSOA/MARES	734037	1997	43,9	161,3	211,2	322,4	289,1	83,8	132,5	133,7	9,2	6,4	0	45,6	1439,1
JOÃO PESSOA/MARES	734037	1998	107,3	3	35,1	49,6	188,9	229,2	260,2	219,5	43,9	37,1	12,7	22,1	1208,6
JOÃO PESSOA/MARES	734037	1999	9,4	59,3	143,7	52,9	245,8	144,3	153,8	92,7	34,2	63,9	27,1	57,7	1084,8
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2000	208,9	174,3	119,5	284,4	393,9	466	379,3	182,3	328,2	13,7	36,8	147,6	2734,9
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2001	39,4	11,4	152,7	210,4	48,5	276,3	148,3	80,7	35,1	0	82,1	42,5	1127,4
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2002	156,8	99,6	263,4	137,8	232,5	447,2	125	153,2	3,7	32,1	21,5	13,1	1685,9
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2003	44,6	280,8	322,9	171,7	179,9	425,7	148,7	84,4	58,7	48	19,4	76,8	1861,6
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2004	286,5	129,2	88,4	115,2	270	346,9	352,1	90,5	31,9	14,2	0	5,5	1730,4
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2005	14,6	82,3	106,2	152,7	380,7	420,3	85,1	208,3	63,5	20,3	3,4	26,1	1563,5
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2006	7,7	42,5	125,3	254,3	136,1	314,9	125,1	136,9	55,6	16,8	36,4	28,8	1280,4
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2007	71,2	224,5	206,5	279,7	164,8	599,7	104,6	232,7	78,7	26,5	29,7	16,9	2035,5
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2008	85	9,4	243,9	349,9	345,3	309,3	244,1	260	72,9	48,4	4,5	34,6	2007,3
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2009	175,8	237,5	144,8	272,3	399,9	207,9	408,1	121,5	53,2	4	35,2	38,4	2098,6
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2010	218,4	98,5	29,1	164,3	49	269,3	159,5	186,3	40,2	13,1	7,1	22,5	1257,3
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2011	177,3	222,6	49,4	519	386,5	199,5	433,3	182	20,2	36,9	27	22	2275,7
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2012	240,5	145,8	41,6	30	149,3	480,7	252,8	45,3	24,8	23,2	0,1	5,6	1439,7
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2013	41,3	41,9	24,7	235,3	147,2	421,3	312,6	204,3	241	58,8	26,7	26,3	1781,4
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2014	92,3	135,2	178,3	86,4	213,4	243,2	128,3	69,3	199,6	61,5	10	48,6	1466,1
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2015	64	56,5	248,9	55,3	117,1	286,1	311,1	52,3	31	6,2	3,6	125	1357,1
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2016	93,8	118,2	148	278,3	294,9	173,8	49,8	20,4	49,3	20,4	4,9	122,4	1374,2
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2017	71,3	70,3	186,3	240,3	513,6	242,8	316,8	62,8	100	34,4	4,9	16,9	1860,4
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2018	117,2	166,4	224,4	339	147,8	98,1	151,1	35,9	34,5	12	31,4	75,9	1433,7

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2019	97,3	239,9	190,1	182,2	232,2	557,8	312,7	84,3	69,4	36,3	0	27	2029,2
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2020	15,7	91	151,5	198,5	447,5	241,2	297,3	61,5	40,3	18	42,5	28,3	1633,3
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2021	49,5	164,9	170,7	262,2	325	112,1	176,2	126,4	66,7	26,1	30,4	80,7	1590,9
JOÃO PESSOA/MARES	734037	2022	239	55,1	273,3	129,4	539,2	332,1	423,7	94,1	47,9	33,2	95,2	40,3	2302,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	1994	102,9	83,04	214,4	303,7	440,4	689,2	327,8	121,7	79,11	35,32	20,92	56,19	2474,7
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	1995	29,63	64,01	127,4	210,2	238	347,1	350,9	38,02	26,99	19,09	71,15	10,89	1533,4
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	1996	82	74,67	263,6	447,1	376,5	244,1	195,4	194,6	106,8	64,23	44,41	35,09	2128,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	1997	18,2	169,4	194,2	210,6	322,6	140,9	127	145,1	18,6	1	13,7	20,2	1381,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	1998	118,3	5,7	47,2	44,9	223,9	183,9	244,2	313,5	40,2	36,5	22,8	27,8	1308,9
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	1999	54,2	77,7	164	24,9	183,4	138,8	169,7	62,8	25,2	51	10	30,2	991,9
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2000	129	202,6	130,9	331,9	352,7	445,4	507,2	120,7	291,1	15	33,2	121,7	2681,4
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2001	5,3	8,2	139,5	226	26,7	312,8	218,5	76,1	38	15,8	24,6	33	1124,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2002	95,9	121,2	291	139,5	269,7	577,9	299,9	151,4	9,2	27,8	33,2	16,8	2033,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2003	95,8	308,8	310,2	204	229,6	665,4	169,5	133,6	92,3	40,4	13,2	70,7	2333,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2004	251,6	126,4	140,8	109,5	314,4	511	457	147,4	43,1	34,6	5,8	1,2	2142,8
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2005	53,6	28,4	36,8	58,2	464,9	498,9	138,4	279,1	58,8	28,2	7,8	10,8	1663,9
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2006	9	2,4	124,2	201,3	251	357,9	223	154,4	56,8	10	55,6	4,2	1449,8
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2007	49,4	301,5	298,6	280,4	257,4	623,8	112,4	260,8	77,2	2,4	10,6	16	2290,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2008	95,4	38,2	392,8	379,7	374,8	377,5	244,4	233,4	73,8	38	0	59,4	2307,4
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2009	83,4	247,3	180	342	563,9	151,2	299,3	112,8	54,4	0	3,2	25,2	2062,7
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2010	137,9	39,2	35,1	133,6	17,5	210,4	167,1	122,8	74	10,2	1,2	13,2	962,2
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2011	90,8	165,6	80,8	413,6	414	195,5	453,7	212,3	22	22	18,6	22,4	2111,3
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2012	173,6	107,5	77,2	18,6	145,8	572,3	279,3	68,9	32,7	32,4	2,5	12,1	1522,9
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2013	53,3	61	37,8	63,5	128,1	431,8	300	207,6	254	14,2	29,6	32	1612,9
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2014	105,3	100,4	23,1	89,1	255	258,5	107,2	108,5	199,3	40,7	15,7	40,4	1343,2
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2015	81,9	44,6	208,8	44,4	95,3	268,1	376,1	40,4	36,9	12,3	5,9	107,5	1322,2
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2016	76,3	166,2	145,4	187,9	355,6	244,3	51,4	38,8	38,3	4,4	1,1	84,8	1394,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2017	42	49,2	134,9	256,9	503,8	394,3	429,2	77,4	88,6	45,2	1,2	11,8	2034,5
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2018	30,7	197,8	254,8	398,8	293,6	110,6	177,6	50,7	34,6	3,8	23,4	74,9	1651,3
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2019	56,2	211,6	178,4	210,5	217,2	581,5	362,8	72,2	61,7	27,7	0	15,1	1994,9
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2020	17	110,3	194	250,9	392,5	349,1	335	45,1	17,8	26,8	32,1	32,8	1803,4
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2021	5,1	186,6	143,8	330,2	337,9	109,6	202,3	214,4	37,1	41,9	24,2	44,7	1677,8
JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	734038	2022	203,9	3	181,5	111,9	575	437	331	206,7	34,4	10,6	71,5	19,7	2186,2
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	1994	85,29	71,18	180,5	253,1	363,8	575,3	274,8	103,2	68,1	30,73	18,76	48,22	2073,0
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	1995	25,97	55,04	107,3	176,4	197,8	330	273	29,5	13,4	6,6	40,6	0	1255,6
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	1996	11	59	212,2	346,8	134	202,2	155,6	178,2	98,4	34	48,8	19,2	1499,4
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	1997	33	170,2	118,8	316,2	270	28,6	145,7	87,2	0	0	0	14,4	1184,1
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	1998	1,4	12,8	8,6	29,3	62,4	64,1	130,2	148,6	27,3	27,2	15	3,4	530,3
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	1999	6,2	72,4	176,4	18,7	191,7	121,9	123,8	93,3	23,3	62,2	14,5	68,3	972,7
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2000	148,1	226,7	49,7	229,4	354,6	474,5	334,5	153,8	329,4	9,8	22,4	124,6	2457,5
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2001	26	19,4	94,2	178,4	22,6	265,2	117,4	60,2	47,6	9,8	27,4	41,8	910,0
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2002	197,6	75,8	114,5	97,6	76,6	370,9	124,4	145	2,8	28,6	38,6	1,5	1273,9
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2003	27	281,4	254	149,8	129,5	430,8	128	87,2	69,4	37,6	7,3	95	1697,0

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2004	402,7	231,4	111,8	138,4	168,6	342	335	59,4	13,2	9,8	5,1	12	1829,4
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2005	4,7	32,4	55,8	88,6	321,2	382,8	97,7	179,2	58,6	17,5	4,6	15,8	1258,9
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2006	6,2	32,8	119,1	217	114,2	248,8	107,4	88,2	42,8	4,2	29,6	38,6	1048,9
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2007	56,2	128	235	143,1	99,4	557,6	134,8	191,8	103,4	29,4	21,3	26,8	1726,8
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2008	90,2	9,6	196,4	276,4	333,2	322,8	179,4	225,6	50	40,2	8,6	47,6	1780,0
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2009	151,1	249,4	109,8	219,8	328,6	200,2	331	146	56,2	3,8	33,4	23,6	1852,9
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2010	147,8	74,2	64,1	87,1	43,8	275,9	136,4	180,6	43,4	17,6	2,4	16,4	1089,7
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2011	142	140,4	64	390,6	362,5	235,8	549,3	182,2	24,6	12,4	41,6	23,4	2168,8
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2012	161,1	146,6	70	35,1	106,4	453,1	240,8	56,9	17,3	37,6	2,6	5	1332,5
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2013	38,4	28,2	22,8	238,4	181	396,4	305,8	185,2	189,8	54,2	39,6	29,6	1709,4
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2014	86,2	84,4	147,4	74,2	185,4	205,8	127,2	98	194,1	59,8	17,7	53,1	1333,3
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2015	47,2	49,8	225,6	37	99,3	215	356,7	47,4	47,5	15,4	1,4	104	1246,3
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2016	143,6	83,1	150	247	379,9	140,2	64,7	21,8	29,7	15,2	4,4	128,8	1408,4
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2017	53,4	79,6	210,8	154,9	459,4	227,8	338	105,1	173,7	62,2	18,3	5,4	1888,6
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2018	133,2	194,7	171,8	329,6	121,2	91	150	48,5	25,7	7,4	9,6	39,6	1322,3
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2019	43,6	122	201,3	165,6	156,2	518,3	298,5	57	50,4	35,1	0	69	1717,0
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2020	27,5	91	256,7	213,2	442,4	269,4	302,1	67,4	31,9	17,3	43,2	13	1775,1
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2021	36,6	127,3	103,1	147,3	224,5	91,1	130,6	154,2	42,4	20,8	5,4	59	1142,3
CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	734040	2022	162,2	105,2	352,1	125,3	388,9	332,5	372,1	125,8	45,8	25,1	58,6	19,9	2113,5
PITIMBU	734041	1994	102	84,74	212,1	297,5	427,2	670,1	320,7	122	81,02	37,99	24,05	58,16	2437,5
PITIMBU	734041	1995	32,44	66,2	127	206,6	232,9	383,8	351,9	40,56	28,41	19,65	67,79	12,43	1569,6
PITIMBU	734041	1996	66,06	94,52	239	419,7	302,1	315,1	212	100,9	7	73,6	49,9	17,8	1897,7
PITIMBU	734041	1997	34,87	188,6	174,2	361,6	289	118,8	61,8	20,9	15,14	13,6	13,92	54,82	1347,3
PITIMBU	734041	1998	63,91	15,81	61,16	91,17	167,3	122	211,7	200,2	27,3	14,3	9,4	13,6	997,8
PITIMBU	734041	1999	21,1	67,6	79,2	54,9	265,9	84,6	132,7	131,8	34,1	78,6	3	66,5	1020,0
PITIMBU	734041	2000	89,7	113,2	66,1	321,3	461,9	506,8	377	150,2	240	7,5	21,6	273,3	2628,6
PITIMBU	734041	2001	15,3	46,6	153,2	200,6	59	344,1	237,2	89,8	64,1	33,7	16,6	46,8	1307,0
PITIMBU	734041	2002	164,7	114,6	197,8	95,2	180,1	469,7	230,5	135,4	30,3	41	26,9	14	1700,2
PITIMBU	734041	2003	98,7	222,7	238,8	216	238,5	420,3	224,7	119,3	84,7	49,2	1	49,4	1963,3
PITIMBU	734041	2004	245,7	175	141,5	146,5	280,6	478	404,6	104,8	78,9	23,3	5,9	12,8	2097,6
PITIMBU	734041	2005	10,1	35	101,5	123,5	332,5	478,4	129,5	208	57,3	12	8,3	6,7	1502,8
PITIMBU	734041	2006	4,6	1,8	34,1	262	202,4	220,8	217,4	144,1	46,2	3,3	20,8	53,6	1211,1
PITIMBU	734041	2007	16,3	131	205,5	253	188,1	482,5	147,4	132,6	74,2	20,5	35,2	24,8	1711,1
PITIMBU	734041	2008	25,7	7	133,5	276,7	363,3	284,8	274,9	149,5	2,6	34,6	11,6	34,9	1599,1
PITIMBU	734041	2009	48,7	226,2	132,9	316,1	446,2	302,4	410,9	254,7	41,3	1,9	63,9	34	2279,2
PITIMBU	734041	2010	42,5	15	80,7	246,7	80,2	272	236,5	127,9	30,1	27,6	15,1	19,7	1194,0
PITIMBU	734041	2011	144,6	64,2	94,9	452,7	551	283,3	516	199,7	15,3	14,4	32,6	26,1	2394,8
PITIMBU	734041	2012	213,7	77	40,1	24	92,8	449,9	258,1	36,3	20,5	14,5	2,7	8,4	1238,0
PITIMBU	734041	2013	35,1	84,9	60,4	221	119,4	404,2	397,8	156,6	169,1	38,8	30,7	36,1	1754,1
PITIMBU	734041	2014	94,2	102,9	163,4	90,6	238,1	200,2	120,8	130	249,3	36,2	0	11,8	1437,5
PITIMBU	734041	2015	44,5	33,6	299,6	102,6	154,5	349,5	451,7	90,6	31,3	5,7	1,3	150,9	1715,8
PITIMBU	734041	2016	125,5	82,5	280	345	443,5	240,5	83	35,1	26,5	6,5	1,8	97,1	1767,0
PITIMBU	734041	2017	38,7	43	140,9	271,2	455,5	301,8	495,9	92	72,9	55,4	9,7	5,5	1982,5

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
PITIMBU	734041	2018	154,7	160,6	115	493,9	289,2	153,3	120,8	43,5	52,6	8,3	15,7	35,9	1643,5
PITIMBU	734041	2019	82,9	129,5	186,5	173,7	211,9	599,8	367,1	89,6	58,4	35,5	0	10,8	1945,7
PITIMBU	734041	2020	17,9	68,7	308,1	308,5	454,5	372,1	343,4	87,4	90,2	28	28,7	41	2148,5
PITIMBU	734041	2021	51,5	222,1	172	290,9	361,5	138,1	227,9	174,8	41,8	38,8	13,3	94	1826,7
PITIMBU	734041	2022	174,2	54,7	325,2	137,6	474,4	288,3	317,3	171,6	60,6	15,2	75,7	29,1	2123,9
CAAPORÃ	734043	1994	111,2	136,2	197,6	278,4	382,9	625,8	318,4	129,7	100,9	46,33	37,19	68,79	2433,4
CAAPORÃ	734043	1995	43,94	86,49	129,3	198,6	216,3	387,5	273,1	61,45	40,43	34,98	78,75	28,19	1579,0
CAAPORÃ	734043	1996	73,3	109,3	236,5	400,9	237	244,8	197,1	152,2	87,4	5,7	73,86	41,17	1859,2
CAAPORÃ	734043	1997	28,6	208,9	72,8	276,5	285,8	114,7	152,1	101	4,2	13,8	4,4	67,3	1330,1
CAAPORÃ	734043	1998	74,5	7,1	67,5	109,6	157	109,8	192	113,7	43,8	42,4	0	13,8	931,2
CAAPORÃ	734043	1999	21,3	94,1	92	91,2	203,1	90,6	192,1	123,6	54	39,7	24,1	28,1	1053,9
CAAPORÃ	734043	2000	229,3	123	78,5	290,3	347	513,9	423,3	196,6	292,1	11,3	20,6	208,3	2734,2
CAAPORÃ	734043	2001	59,2	36,4	172,8	238,6	39,3	219,3	239,6	103,8	44,6	61,1	11,7	65,5	1291,9
CAAPORÃ	734043	2002	179	93,8	185,7	132,6	153,9	398,9	210,8	149,1	18,8	35,1	41,8	15,4	1614,9
CAAPORÃ	734043	2003	90,5	272	310,2	182,4	221,4	401,6	162	104,8	55,8	70,4	10,4	85,7	1967,2
CAAPORÃ	734043	2004	258	339,2	230,6	160,9	232,1	431	410,7	88	65,2	23,6	14,6	8,2	2262,1
CAAPORÃ	734043	2005	10,6	28,4	80,2	104,9	322,6	563,6	155,6	226,8	38,5	21,2	18,7	27,4	1598,5
CAAPORÃ	734043	2006	15,3	35,3	177,9	364,7	169,3	259,4	163,5	158	66,9	20,5	49,9	62,7	1543,4
CAAPORÃ	734043	2007	55	154,3	209,7	236,6	208	469,8	181,2	154,2	158,2	38	18,1	19,7	1902,8
CAAPORÃ	734043	2008	131,3	3,2	247,2	296,5	316,9	327,9	157,7	202,4	65,9	65,9	9,2	38,4	1862,5
CAAPORÃ	734043	2009	125	190,9	137,2	335,4	427,3	318,5	384,1	191,8	59,2	2,2	93,1	38	2302,7
CAAPORÃ	734043	2010	65,3	87,1	66,4	200,3	122,6	313,8	148,9	157,7	37,3	28,2	6,5	20	1254,1
CAAPORÃ	734043	2011	186,9	179,4	95,7	341,1	500,6	303,4	508,8	179,7	57	30,5	32	16,2	2431,3
CAAPORÃ	734043	2012	216,7	167,5	68	38	144	372,8	275,3	83,9	27,3	39,9	4,2	44,4	1482,0
CAAPORÃ	734043	2013	40,7	145,1	59,4	239,3	208,7	461,6	348,8	261,2	171,7	84,5	54,3	24,1	2099,4
CAAPORÃ	734043	2014	66,9	80,6	306	123,7	165,5	154,5	201	73,3	187,2	81,7	55	38,5	1533,9
CAAPORÃ	734043	2015	115,8	66,3	341,8	96,3	145,8	296,8	355,1	70,2	59,6	9,6	2,7	142,6	1702,6
CAAPORÃ	734043	2016	136,6	89,9	216,3	324	447,6	187,1	54,6	35,1	36,3	9,4	6,7	76,5	1620,1
CAAPORÃ	734043	2017	40,2	48,4	145,5	188,3	349	262,4	380,2	119,5	70,4	51,6	15,8	9,4	1680,7
CAAPORÃ	734043	2018	171,2	142,6	121,3	421,8	268,1	130,7	115,1	50,9	38,6	10,3	19,8	46,5	1536,9
CAAPORÃ	734043	2019	63	162,5	130,2	181,8	182,8	447,2	399,6	128,7	52,3	51,6	1,3	11,8	1812,8
CAAPORÃ	734043	2020	48,5	116,2	288,8	256,2	413,7	302,2	291,9	82,2	73,4	25,5	57,6	41,5	1997,7
CAAPORÃ	734043	2021	92,9	238,7	167	290,2	352,4	117,1	221,8	191,5	62,2	38,8	17,8	94	1884,4
CAAPORÃ	734043	2022	173,9	81,9	255,4	141,5	596,9	321,4	305,7	150,4	38,4	44	61	25,5	2196,0
MULUNGU	735009	1994	66,1	88,2	167,6	121,9	165,4	278,1	202,3	49,1	36,8	1,7	6,9	55,2	1239,3
MULUNGU	735009	1995	15,7	97,4	163,4	200,7	100,1	155,6	183	10,4	1,9	3,4	42,5	0	974,1
MULUNGU	735009	1996	3,6	62,2	101,6	254,6	92	111,2	52,6	91	70,3	5,9	44,1	7,1	896,2
MULUNGU	735009	1997	38,1	111,1	126,4	63,4	188,1	46,5	64,9	34,9	0,8	0	0,5	80,1	754,8
MULUNGU	735009	1998	38,5	9	70,6	14,1	47,4	38,4	114,8	85,1	4,4	8,9	2,3	2	435,5
MULUNGU	735009	1999	70,3	34,1	148,2	39,5	152,6	61,6	38,8	25,3	12,3	8,1	0,5	40,5	631,8
MULUNGU	735009	2000	61,4	84,5	65,5	139,9	128	253,2	170,6	163,8	119,1	2,6	18,5	72	1279,1
MULUNGU	735009	2001	13	5,1	100,6	61	13,4	99,9	78,7	47	31,9	10,2	15,9	38	514,7
MULUNGU	735009	2002	109,9	8,4	76,1	39	68,7	207,8	87,5	46,7	2,8	10,2	17,2	3,3	677,6

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
MULUNGU	735009	2003	63,6	210,1	165	101,4	80	209,4	121,1	38,4	18,8	24,9	2,4	16,1	1051,2
MULUNGU	735009	2004	530,1	319,4	99,5	115	189,4	153,4	168,8	26,4	18,6	7,4	4,2	2,4	1634,6
MULUNGU	735009	2005	2,2	16,9	95	23	151,7	260,3	34,4	123,8	9,7	4,2	3,1	7,9	732,2
MULUNGU	735009	2006	0,6	33	60	50,8	89,1	66,5	45,4	41,8	9	4,4	13,6	35,1	449,3
MULUNGU	735009	2007	14,2	41,9	59,5	163,1	235	207,2	109,8	52,6	52,7	5	0	14,9	955,9
MULUNGU	735009	2008	38,6	0	158,8	161	118,3	118,7	95,9	142,3	25,3	7,5	0	6	872,4
MULUNGU	735009	2009	77,5	88,8	203,7	163,3	222,9	186,6	113,6	64,6	18,2	0	3,2	0,2	1142,6
MULUNGU	735009	2010	122,1	19,1	14	51,3	14,9	157,9	48,5	54,7	7,5	0,4	0	14,7	505,1
MULUNGU	735009	2011	164,1	106,1	54,6	214,4	375,3	118,3	329,9	110,5	7,3	1,4	17,3	29,4	1528,6
MULUNGU	735009	2012	114	112,7	7,5	0,2	61,1	264,3	124,4	7,4	1,4	7,7	1,2	2,1	704,0
MULUNGU	735009	2013	31,5	11,2	22,7	115,4	48,8	149,2	150,8	109,8	44,5	15,5	8,5	35,4	743,3
MULUNGU	735009	2014	44,1	108,9	72,5	7,3	108	89,4	82,2	39,2	114,4	37,4	16,7	13,4	733,5
MULUNGU	735009	2015	32	19,8	85,9	35,8	29,6	188	204,1	17,9	11,2	12,3	1,2	66,1	703,9
MULUNGU	735009	2016	85,3	36,1	74,3	153	228,8	36,8	7,9	4,6	17,7	5,7	0	56,6	706,8
MULUNGU	735009	2017	27,2	74,6	74,5	94	154,4	70,9	180,3	24,9	18	22,3	0,6	15,6	757,3
MULUNGU	735009	2018	74,4	119,3	138,9	140,8	83,8	78,9	40,4	2,9	6,1	4,2	5,3	26,5	721,5
MULUNGU	735009	2019	30,7	124,7	72,9	81,6	50,4	129,3	170	52,3	29,6	19,4	0	9	769,9
MULUNGU	735009	2020	8,7	38,3	197,8	59,1	161,2	128,8	161,1	8,3	13,9	7,4	31,6	6,1	822,3
MULUNGU	735009	2021	21,1	44,2	48,3	30,7	113,3	16,7	35,2	49,6	10,6	3	2,9	42,9	418,5
MULUNGU	735009	2022	63,7	33,8	197,1	75,4	266,8	150,7	230,7	39,3	15,7	16,16	28,61	22,14	1140,1
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	1994	92,25	90,36	123,4	190,3	301,4	468,9	231,2	82,05	58,23	26,75	18,33	42,17	1725,4
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	1995	24,68	47,33	82,84	158,7	154,8	218,8	156,6	50,9	21,15	18,46	48,3	12,81	995,4
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	1996	27,9	75,5	220,3	365,4	133,1	179,8	82,1	130	50,8	23,4	39,6	8,3	1336,2
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	1997	19,5	140,1	217,7	212,3	358,5	82,4	110,3	64,8	3,4	6,4	2,5	65,9	1283,8
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	1998	71	13,4	46,5	46,7	151	126,2	140,4	146,2	5,7	22	3,8	5,5	778,4
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	1999	23,4	81,9	121,4	18	136,4	144,1	75,6	40,2	14,2	51,8	6,1	38,8	751,9
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2000	152	195,4	77,2	117,2	195,4	439,5	289,4	126,7	238,8	3,5	8,8	60,5	1904,4
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2001	22,9	8	152,2	155,8	24,1	121,7	77,1	43,3	34,3	9,5	8,6	38	695,5
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2002	158,3	52,7	116,7	115,3	119,8	292,6	181,3	78,6	5,7	25,7	27,1	4,5	1178,3
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2003	42,7	219,4	329,2	171,7	114,9	340,6	98,5	63,5	23	32,1	6,8	29,3	1471,7
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2004	237,5	111,6	89,8	90,2	166,4	228,8	263,2	52,6	24,4	8	8,9	7,2	1288,6
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2005	3,3	44,5	38,2	65,1	316,2	359,9	55,2	160,6	34,4	1,5	2,4	10,3	1091,6
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2006	16,5	124,2	122,1	169,6	87,4	160,9	106,2	81,4	19,1	14,6	28,2	20,1	950,3
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2007	43,3	90,8	175,1	199,9	78,3	389,2	102,5	127,6	51	15	28,8	17,9	1319,4
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2008	106,4	6,2	173,2	234,1	146,3	219,3	112,8	191,1	43,9	23,4	1,9	14,6	1273,2
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2009	137,1	131,5	109,7	143,1	310,2	236,2	295	126,4	23	7,4	18,5	13,2	1551,3
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2010	110,4	22,2	25,2	75	45	155	85,1	110,1	26,6	10,7	5,2	15,3	685,8
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2011	95	103,5	60,1	297,3	390,5	152,1	352,8	117,7	19,1	16,4	31,5	35,9	1671,9
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2012	143,6	126,7	22,3	7,9	78,6	421,9	208,1	11,1	3,4	15,7	0,9	6,7	1046,9
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2013	15	53,5	18,2	181	117,1	258	234,2	207,8	106,3	36,6	16	44,8	1288,5
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2014	96,6	85,1	94,3	21,6	180	164,6	100,6	41,6	171,8	49,5	13,1	29,9	1048,7
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2015	115	53,8	232,1	34,7	50,2	226,1	238,4	25,1	18,6	10,4	1,7	101,9	1108,0
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2016	190,8	117,1	116,9	205,3	278,6	110,7	22,5	14,2	16,2	11,2	8,3	85	1176,8

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2017	28,8	79	159	139,8	364,5	200,3	185,5	40,9	78,8	23,1	7,7	7,9	1315,3
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2018	112,2	116,6	144,8	221,2	111,3	73,9	98,4	13,9	5,5	2,6	2	44,7	947,1
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2019	23,2	177	190,4	154,4	125,5	363,7	177,8	70,8	30,3	25,1	0,2	8,4	1346,8
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2020	10,7	130,5	209,5	166,7	453,1	178,5	243	23,2	15,3	9,2	42,4	21,7	1503,8
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2021	12,7	57,5	91,4	189,9	264,1	57,5	95,1	88,6	30,7	10,1	7	56,8	961,4
CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	735019	2022	133,3	55,1	270,4	71,4	381,6	245,7	313,6	72,3	18,5	7,9	23,9	27	1620,7
PONTE DA BATALHA	735036	1994	31,3	23,2	108	96,3	162,3	500,8	295,9	58,8	58	7,3	3,4	36,5	1381,8
PONTE DA BATALHA	735036	1995	5,1	29,5	91,9	152,3	169,9	217	242,7	25,2	9,2	11,2	49,4	0	1003,4
PONTE DA BATALHA	735036	1996	15,8	62,1	182,6	168,6	83,6	174,5	103,7	105,1	53,4	28,6	26,1	18,1	1022,2
PONTE DA BATALHA	735036	1997	22,3	118,7	145,9	171,1	171,4	61	103,2	77,1	8,7	9,1	7,2	42,5	938,2
PONTE DA BATALHA	735036	1998	61,1	9,3	40	47,8	83,9	169,4	153,1	119,1	18	25,8	8,6	7,1	743,2
PONTE DA BATALHA	735036	1999	28,8	89,3	135,2	30,1	158,3	102,7	96,6	50,9	22,3	46,9	0,9	56	818,0
PONTE DA BATALHA	735036	2000	165,1	138,6	67,2	170,7	217,3	374,8	296,8	105,3	259,3	11,5	18,2	131,5	1956,3
PONTE DA BATALHA	735036	2001	28,2	6,8	71,7	128,7	14,8	133,6	87,1	47,8	46,9	12,7	12,6	16,9	607,8
PONTE DA BATALHA	735036	2002	107,5	56,1	115,1	103,9	156,2	326,8	218,3	105,9	9,8	38,6	50,2	16,7	1305,1
PONTE DA BATALHA	735036	2003	70,5	278,1	360,4	180	99,8	348,6	129,1	126	36,1	34,8	11,2	42,4	1717,0
PONTE DA BATALHA	735036	2004	230,6	128,9	87	103,1	222,1	237,1	316,3	61	13,8	23,9	17,6	6,8	1448,2
PONTE DA BATALHA	735036	2005	9,3	45,8	34,4	65,9	234,2	311,6	72,5	168,5	43,5	5	2,6	13,5	1006,8
PONTE DA BATALHA	735036	2006	4,7	55,5	116	200,9	125,9	248,8	61,7	92,6	28,1	8,1	27,1	84,9	1054,3
PONTE DA BATALHA	735036	2007	42,5	135	144	206,4	91,8	510	73,8	166,2	53	16,4	43,7	13,6	1496,4
PONTE DA BATALHA	735036	2008	83	16	124,4	211,6	188,3	209,1	142,6	199,3	73,1	19,3	0	19,8	1286,5
PONTE DA BATALHA	735036	2009	198,9	176,2	107,7	171,6	238,9	256,4	819,9	111,6	44,7	9,8	21,9	12,8	2170,4
PONTE DA BATALHA	735036	2010	112,1	40,5	66,8	73,5	61,7	165,9	113,7	140,3	26,4	0	0	35,5	836,4
PONTE DA BATALHA	735036	2011	105,9	203,4	58,1	337	340,2	186	412,4	161,9	26,7	15,3	26,6	41,7	1915,2
PONTE DA BATALHA	735036	2012	183,5	103,3	39,7	12,3	78,9	535,4	234,3	26,4	9,4	19,7	0	3,2	1246,1
PONTE DA BATALHA	735036	2013	21,1	27,3	25,2	171,2	167,7	280,7	250,9	184,4	148,4	44,7	28,7	41,4	1391,7
PONTE DA BATALHA	735036	2014	89,2	67,5	133,4	35,9	162,9	215,5	106,5	53,4	163,7	66,9	19,1	13,4	1127,4
PONTE DA BATALHA	735036	2015	68,6	51,7	248,5	25,6	100,6	223,3	275,1	36,8	26,6	10,8	1	106,6	1175,2
PONTE DA BATALHA	735036	2016	164,8	99	117,5	347,1	287,7	91,2	32,7	18,6	21,7	13,3	3,7	105,8	1303,1
PONTE DA BATALHA	735036	2017	39,7	88,8	178,4	227,3	399,3	199,5	248,6	54,5	86,6	39,3	0,7	7,8	1570,5
PONTE DA BATALHA	735036	2018	131,4	172,2	154,2	330	93,2	119,7	165,4	18,7	31,9	0	5,7	48,6	1271,0
PONTE DA BATALHA	735036	2019	35,2	243,4	195,7	145,1	137,3	479,2	270,7	83	50,1	21,4	0,2	5,3	1666,6
PONTE DA BATALHA	735036	2020	14,4	128,8	237,1	181,1	421,1	296,7	327,1	46,6	18,8	0	17	22,75	1711,4
PONTE DA BATALHA	735036	2021	0	108	124,3	218,3	256,5	36,5	128,2	108,5	27,7	3,2	0	56,1	1067,3
PONTE DA BATALHA	735036	2022	188,7	78,4	260,7	67	410,3	347,8	328,1	107,1	21,2	19,8	24,4	31,6	1885,1
MOGEIRO	735164	1994	41,8	45	110	149,4	159,2	216	109,1	49,5	53,1	5,2	2,7	37,2	978,2
MOGEIRO	735164	1995	10	62,2	58,1	81,2	101	123,2	133,8	11,2	1,8	6,4	25,7	1,2	615,8
MOGEIRO	735164	1996	15	42,6	102,2	275,2	106,7	97,7	39,9	81,1	28,3	3,8	109,8	10,6	912,9
MOGEIRO	735164	1997	13,1	64,4	94,4	99,3	195,4	40	46,8	24,1	5,1	3,9	2,8	41,1	630,4
MOGEIRO	735164	1998	20,8	0,3	38,2	10,1	38,8	25,4	99,3	98,8	3,9	8,2	0	4,4	348,2
MOGEIRO	735164	1999	22,2	90,2	46,1	14,3	58	23,2	36,4	23,1	10,5	10,6	0	22,8	357,4
MOGEIRO	735164	2000	101,2	61,8	26	128,6	53	185,3	147,5	116,6	87	9	13	56	985,0
MOGEIRO	735164	2001	4	0	84,7	77,3	4,1	122,2	78	39	16,6	20	4	24,9	474,8

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
MOGEIRO	735164	2002	81,1	29	90,6	24,6	87	150	86,8	14,9	0	21,5	17,5	4	607,0
MOGEIRO	735164	2003	60	97,6	113,3	67,8	69,2	155,1	76,1	32,3	15	0	1,2	13	700,6
MOGEIRO	735164	2004	409,2	140	55,3	131	118,2	138,3	102,3	19	20,8	0	6,1	2,1	1142,3
MOGEIRO	735164	2005	24,6	21,8	73,5	19,4	159,6	314,1	19,7	81,8	11,6	4,1	0	21,3	751,5
MOGEIRO	735164	2006	3,2	47,3	72,3	70,7	51,7	97,9	52,3	51,3	21,8	8,4	10,7	8,3	495,9
MOGEIRO	735164	2007	48,8	134,9	81,8	120,3	40,3	149,9	61,3	40,9	42,7	2,9	0	10,1	733,9
MOGEIRO	735164	2008	67,9	6,8	158,3	122,3	94,9	77,9	104,8	99,3	30,1	0	0	13,1	775,4
MOGEIRO	735164	2009	12,7	9,5	103,7	105,5	49,2	87,4	167,9	111,7	87,5	0	11	24,9	771,0
MOGEIRO	735164	2010	90,2	22,1	17,3	85,9	44	141,4	75,2	41	9,2	0	0	19,5	545,8
MOGEIRO	735164	2011	151,6	37,3	43,9	161,2	348,1	141	288,1	135,2	0	0	11,1	14,3	1331,8
MOGEIRO	735164	2012	100,2	94,5	1,3	0	40,3	192,8	108,1	5,9	0	11,6	1,8	1,2	557,7
MOGEIRO	735164	2013	21,4	12,6	12	100,9	94,5	83,2	103	94,9	36,9	13,8	22,1	11,7	607,0
MOGEIRO	735164	2014	15,3	78	59,1	9,5	108,7	120,7	81,8	42,8	78,9	17,7	10,5	9,7	632,7
MOGEIRO	735164	2015	12,8	22,8	62,9	12	11,6	85	98,1	14,2	15,6	12,17	9,316	56,36	412,8
MOGEIRO	735164	2016	150,1	44	47,8	111	140,5	9,1	5,4	3	18,24	0	0	91,4	620,5
MOGEIRO	735164	2017	6,6	82,9	76,22	79,8	51,7	96	189,6	23,53	8,3	7,5	1	0	623,2
MOGEIRO	735164	2018	48,25	69,7	89,3	121,6	23,4	70,6	40,2	2,5	0	0	4,8	43,3	513,6
MOGEIRO	735164	2019	28,24	84,59	87,2	74,47	66,19	178,6	125,2	37,79	27,9	20,76	7,475	17,33	755,8
MOGEIRO	735164	2020	13,03	50,61	104,6	79,97	175,7	109,4	130,1	22,91	18,54	12,93	25,71	17,26	760,8
MOGEIRO	735164	2021	17,82	51,45	49,78	76,17	111,4	29,98	49,58	57,37	17,62	12,87	9,662	34,95	518,6
MOGEIRO	735164	2022	67,74	36,77	138,6	49,44	181,7	134	151,7	45,32	18,25	14,09	25,31	19,08	882,1
MARI	735190	1994	65,22	93,12	127,7	134,5	183,6	307,1	191	63,66	59,3	19,34	19,81	53,59	1318,0
MARI	735190	1995	27,93	79,29	109,6	156,5	115	173	163,5	29,03	17,42	18,57	45,4	15,02	950,2
MARI	735190	1996	21,97	65,95	125,7	198,3	92,7	221,5	82,6	118,9	67,5	14,6	38	8,7	1056,4
MARI	735190	1997	13,6	146,4	179	98,6	146,4	59,5	88,5	51,8	1,2	5,4	2,2	85,7	878,3
MARI	735190	1998	90,6	11,4	54,4	23,9	86,5	68,7	132,4	112,1	7,7	16	0,8	4,5	609,0
MARI	735190	1999	27,1	46,9	129,4	37,1	201,9	81	57,2	33,2	21,3	33,6	0,6	61	730,3
MARI	735190	2000	93	102,2	37	216	99,3	331,8	211,7	141,5	178,8	3,7	15,9	56,9	1487,8
MARI	735190	2001	19,2	3,8	61,3	64,3	9,9	119,2	86,4	51,9	42,5	6,8	3,1	33,4	501,8
MARI	735190	2002	104,6	25,8	113,7	54,8	97,2	285,1	150	67,2	6,7	21,5	30	4,9	961,5
MARI	735190	2003	92,1	284,4	341,7	141,4	65,4	229,4	103,6	60,7	17,6	46,4	6	24	1412,7
MARI	735190	2004	351,2	283,6	106,9	142,7	214,3	239,5	162,8	49,1	24,4	10,4	11,7	7,1	1603,7
MARI	735190	2005	55,9	21	74,3	37,5	175,1	299,8	25,7	137,6	23,2	3,9	2,9	16,1	873,0
MARI	735190	2006	2,7	108,2	72,3	75,4	104,1	90,4	85,7	61,4	12,1	1,2	10,5	27,4	651,4
MARI	735190	2007	23,2	33,4	71,4	227	67,4	284,4	79,5	93,8	60,7	15,1	18,9	70,5	1045,3
MARI	735190	2008	78,8	6,7	199,2	97,6	129,8	155	145,9	200,6	36	9,1	0,6	8,1	1067,4
MARI	735190	2009	124,5	98,4	57,9	163,7	187,6	196,3	257,6	110,1	34,2	1,3	9,4	9,6	1250,6
MARI	735190	2010	112,9	18,9	16,8	54,7	22	172,8	64,4	84	17,6	21,4	1,7	28,4	615,6
MARI	735190	2011	110,4	74,4	31,9	181	316,1	153,1	359,8	99,1	19,3	4,5	24,7	26	1400,3
MARI	735190	2012	140,6	155,8	8,7	6	60,2	277,8	169	11,9	3,2	17,7	0,2	1,6	852,7
MARI	735190	2013	13,1	39,8	19,4	195,2	105,8	167,4	173,1	166,3	76,9	18,2	13,6	38,9	1027,7
MARI	735190	2014	35,7	208,1	56	14,5	143,3	114,4	92,1	52,2	163,6	32	12,8	21	945,7
MARI	735190	2015	48,5	35,2	147,9	29,9	31,3	148,4	236	32,5	16,1	8,8	0,9	41,4	776,9

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
MARI	735190	2016	144,4	62,1	59,4	190,3	274,9	28,2	18,2	14,8	15	7,4	0	81	895,7
MARI	735190	2017	58,5	52,5	84,8	83,7	236,3	111,6	216	55,6	55,7	34,7	0	0,8	990,2
MARI	735190	2018	134,8	104,5	166,9	146,4	121,6	55,9	53,9	10,9	7,5	0,3	3,7	27,7	834,1
MARI	735190	2019	40,04	132,4	117,7	102,6	94,82	249,8	167,4	54,31	37,63	28,81	10,69	19,46	1055,5
MARI	735190	2020	16,74	74,9	143,9	117,2	237,7	151,5	180,3	29,59	25,77	17,86	35,1	26,1	1056,6
MARI	735190	2021	24,31	76,44	73,69	113,4	174,4	42,59	70,15	74,94	24,66	17,91	16,31	48,85	757,7
MARI	735190	2022	99,42	48,96	186,6	69,78	279,6	192,9	212,1	61,48	24,41	18,62	32,79	25,54	1252,2
GURINHÉM	735191	1994	52,29	76,63	109,3	115,3	158,6	267,6	164	50,56	46,65	10,54	10,99	41,75	1104,1
GURINHÉM	735191	1995	25	65	40,5	130	89	106	132,8	12,1	1	0	9,8	0	611,2
GURINHÉM	735191	1996	8,2	51,9	95,5	172,7	72,8	129,8	66,3	73,4	39,8	0	42	4,2	756,6
GURINHÉM	735191	1997	25,2	113,1	138	94,2	150,1	44,6	56,2	33,6	6,2	1	0	70	732,2
GURINHÉM	735191	1998	25,8	19,6	59,5	33,5	29,7	20,5	121,8	76,3	2,7	9,5	0	0	398,9
GURINHÉM	735191	1999	43,5	62,2	146,5	15,5	163,4	35,4	40,2	28,1	10,8	8,8	3,2	34,2	591,8
GURINHÉM	735191	2000	52	54,5	63,9	185,2	74	233,8	212,6	110,2	119,8	4,4	19,1	92,7	1222,2
GURINHÉM	735191	2001	11,2	4,8	101,5	58,1	0	142	74,8	38,3	25,9	12,2	2,4	24,6	495,8
GURINHÉM	735191	2002	119,7	28,8	166,4	9,3	58,9	176,2	134,9	28,5	2,1	1,9	7,2	3,6	737,5
GURINHÉM	735191	2003	58,6	134,8	145,5	83,5	64,1	190,4	75,6	45	11,5	25,1	4,4	18,7	857,2
GURINHÉM	735191	2004	508,1	110,1	45,8	106,5	167,3	186,7	121,3	20,7	15,7	2,1	0	5,8	1290,1
GURINHÉM	735191	2005	0	16,9	81,8	18,5	188,2	278,5	23,7	81,9	7,8	2	0	7,8	707,1
GURINHÉM	735191	2006	6,1	86,2	57,1	131,7	55,1	87,8	47	64,5	15,6	8,5	8,7	9,9	578,2
GURINHÉM	735191	2007	26,6	58,7	75,8	143,6	56,7	179,7	70,6	46	58,3	7,6	21,8	10,6	756,0
GURINHÉM	735191	2008	96,7	0	114,4	188,4	153	106,4	89,1	121,9	30,6	7,1	0	20,7	928,3
GURINHÉM	735191	2009	78,5	104,9	140,2	177,3	144,9	156,8	162,4	93,7	24,8	0	5,7	5,8	1095,0
GURINHÉM	735191	2010	105,2	42,4	16,6	114,6	31,4	128,5	54,9	40,5	14	3,6	3,6	16,9	572,2
GURINHÉM	735191	2011	102,9	18,3	59,9	248,6	420,8	130,7	317,8	111,7	5,9	3,3	26,5	12,7	1459,1
GURINHÉM	735191	2012	80,3	115,8	12	8,9	37,4	319,1	138,2	4,2	3,8	18,7	0	0	738,4
GURINHÉM	735191	2013	12,1	25,4	2,7	164,8	69,4	187	106	95,8	62,8	14,5	21,1	34,6	796,2
GURINHÉM	735191	2014	21,2	155,3	62,2	9,9	79,6	82,4	43,6	46,5	119,6	27,6	0	3,4	651,3
GURINHÉM	735191	2015	17,8	25	80,2	17,6	50,7	116	190,1	24,6	6,6	0	0	55,1	583,7
GURINHÉM	735191	2016	158,3	39,2	67,5	206,9	204,4	36,6	12,65	2,4	17	0	0	75	820,0
GURINHÉM	735191	2017	30,1	59,7	118,2	83,3	178	95,6	194	33,9	17,9	18,7	0	0	829,4
GURINHÉM	735191	2018	68,8	96,8	161,8	148,8	79,5	47,5	50,8	0	6,4	6,461	10,24	39,81	716,9
GURINHÉM	735191	2019	30,69	110,1	97,09	84,41	77,47	210	140,5	43	28,57	20,99	5,343	12,93	861,1
GURINHÉM	735191	2020	10,58	60,32	120,8	96,59	200,1	126,4	151,3	21,48	18,35	11,55	26,51	18,09	862,0
GURINHÉM	735191	2021	17,22	61,79	59,43	92,95	145,9	32,71	56,25	60,54	17,34	11,55	10,18	38,3	604,2
GURINHÉM	735191	2022	81,43	38,25	157,3	56,53	237,1	161,9	179,2	48,93	17,19	12,62	24,77	18,48	1033,7
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	1994	113	184	57	155,5	281	431	212	63	61	6	3	23	1589,5
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	1995	7	57	68,5	110,4	130	261	169	9	2	5	34	0	852,9
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	1996	24,25	58,89	107,3	188,3	135,8	131,6	75,62	92,05	47,8	17,58	36,37	12,09	927,7
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	1997	9	151	228	184	209	37	105	44	0	0	23	39,8	1029,8
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	1998	35,2	11,1	28,6	37,7	66,4	34,7	148	94,5	12,4	20,9	2,1	0	491,6
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	1999	4,5	63,3	56,9	9,5	78,7	57,7	53,7	24,3	10,4	16,6	38,7	26	440,3
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2000	130	89	42,2	139,3	57	292,4	194,1	185,7	164,5	0	12,5	78,5	1385,2

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2001	0	7,6	81,8	68,7	7,3	175,4	68,2	45,4	29,2	14,5	3,2	22,22	523,5
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2002	99,7	36,1	39	19,1	24,8	233,8	130,9	64,6	0	0	15,6	4,5	668,1
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2003	6,3	143,4	194,5	86,2	69,8	270,4	49,4	41,5	18,3	0	0	28,5	908,3
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2004	123,1	176,4	99,6	44,7	158,1	218,5	193,6	22,5	5,5	0	0	8,3	1050,3
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2005	0	20,1	90,7	14	150,9	255,2	53	118,7	19,2	0	0	3	724,8
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2006	0	55,7	105,5	78,1	50,1	176,7	66,9	67,1	0	3,3	0	9,2	612,6
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2007	24,7	86	71,1	127,6	43,2	243,1	60,1	54,2	49,2	8,8	14,7	53,8	836,5
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2008	38,1	3,4	174,1	153,8	217,5	114	85,1	141,3	23,4	4,8	0	14,4	969,9
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2009	70,9	186,2	75	138,6	184,5	154,7	216,5	112,6	22,4	0	12	0	1173,4
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2010	100,4	31,7	12,6	62,8	19,5	140,6	76,8	40,9	6,1	4,8	0	56,5	552,7
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2011	157,1	39,3	23,1	228,2	370,4	179,7	398,3	91,7	3,5	0	0	28,7	1520,0
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2012	85	155,9	14,5	15,2	63,3	234,7	202,5	8,9	0	3,5	0	0	783,5
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2013	46,7	39,3	31,8	156,9	126,7	200,2	159,6	115,4	86,2	0	20	38	1020,8
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2014	34,2	76,7	36,1	25,1	76,9	112,2	66	37,2	144,9	25,5	6,9	24,9	666,6
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2015	24,2	22,1	136	16,5	51,4	139,8	190,4	5	21,5	0	0	74,7	681,6
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2016	209,9	103,2	35,1	261	222,7	47	3,8	0	5	9,8	0	67	964,5
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2017	56,6	25	109,3	156,5	125,6	91,6	157	5,1	54,3	0	0	0	781,0
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2018	0,7	38,1	78,6	171,4	6,2	15,3	3,8	0	0	0	1,7	23,4	339,2
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2019	29,35	111,9	116,8	95,98	93,3	274,7	159,3	40,66	27,8	19,24	0,742	15,98	985,7
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2020	8,298	67,78	125	120,6	247,2	147,6	173,9	25,88	16,91	8,574	24,14	16,03	981,9
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2021	14,69	72,92	66,22	114,2	168,4	40,13	68,41	73,4	17,55	9,885	6,479	37,44	689,8
SÃO MIGUEL DE TAIPU	735196	2022	95,7	44,67	179,5	59,99	263	192,2	200,4	58,47	16,79	9,527	25,48	16,67	1162,3
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	1994	42,84	64,24	101,8	115,1	150,3	247,6	138,1	47,93	39,19	6,719	5,418	32,08	991,4
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	1995	12,7	50,6	58,46	107	75	140,6	126,2	12,13	4,369	5,359	22,73	2	617,1
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	1996	16,4	49,1	60,6	227,6	49	71,6	44,3	59,2	27,8	6,2	34,1	6	651,9
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	1997	17,4	50,4	77,8	126,2	158,2	47,2	29	0	9	0	0	53	568,2
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	1998	3	0	46,5	22,5	23	3	92,4	65,5	0	0	0	0	255,9
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	1999	53	66,8	113	12,5	83,1	23,4	5,1	19,1	0	2,2	22	3,8	404,0
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2000	58,1	67,7	20,8	115,7	75,3	263	135,7	112,7	84,9	0	0	83,8	1017,7
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2001	0	8,2	175,3	45,1	10,7	124,7	77,4	26,4	11,2	32,7	0	37,6	549,3
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2002	134,4	45,1	103,9	14,8	47,3	141,6	80,5	10,8	0	0	10,5	0	588,9
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2003	48,3	63,4	92,8	62,9	89,9	144,4	73,8	22,4	12,3	0	0	15,2	625,4
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2004	302,7	114,5	55	92,9	128,4	132,6	118	0	25,2	1,5	0	0	970,8
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2005	10,2	19	48,3	27,1	151,7	251,2	5,2	56	0	0	0	6,8	575,5
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2006	0	39,6	100,5	131,8	27,6	88	30,7	40,2	7,8	4,6	21,3	0	492,1
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2007	25,2	71,4	94,2	141,8	40,1	146,9	52,7	26,3	34,6	2,3	0	2,4	637,9
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2008	27,4	17,4	140,8	228,9	96,1	65,2	74,7	78,6	9,6	0	0	12,6	751,3
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2009	33,4	183,2	43,9	64,7	158,6	57,6	169,1	101,4	7,2	0	24,7	19	862,8
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2010	124,3	35,8	16,9	85,6	24,7	142,4	75,6	22,9	9,5	0	0,5	23	561,2
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2011	90,2	18,5	39,1	205,8	376,3	127,1	338,6	93,1	0,5	4,3	20,5	28,4	1342,4
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2012	101,3	99,8	17,8	9,4	41,4	210,4	99,6	1,2	1,2	18,2	0	0,5	600,8
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2013	13,2	18,9	19,3	124,9	59,2	163,7	181,5	56,5	29,6	19,2	26,7	36	748,7
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2014	42,6	200,6	25,9	10,8	141,6	77,9	62	14,9	49,1	24,6	8,5	7,9	666,4

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2015	32,4	23,6	117,9	23,2	58,2	113,9	90,2	5,6	0	0	2,2	62,7	529,9
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2016	230,6	65,2	45,9	117,8	96,7	16,2	3,4	0,5	7,2	1,9	1,1	48,3	634,8
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2017	4,8	4,4	81,5	98,1	58,5	55,7	142,9	10,8	12,9	6,4	3,5	5,8	485,3
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2018	43,2	107,3	91,1	190,9	49	47,88	24,7	4,7	0	0	8,1	57,7	624,6
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2019	24,07	82,43	85,5	72,12	63,66	180,8	124,3	34,01	23,78	16,4	2,668	12,93	722,7
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2020	8,442	47,57	103	78,08	177,7	108,3	129,7	18,77	14,11	8,303	21,49	12,67	728,1
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2021	13,31	48,24	46,58	74,3	110,5	26,12	46,51	54,45	13,26	8,279	4,931	31,07	477,5
SALGADO DE SÃO FÉLIX	735201	2022	65,3	33,1	138,3	45,99	182,9	133,9	152	42	13,85	8,907	20,63	14,14	851,1
PEDRAS DE FOGO	735203	1994	41,3	128	227,2	287,4	324,7	662,6	280,3	135,5	79,5	19,5	0	36	2222,0
PEDRAS DE FOGO	735203	1995	14,9	47	59	248,5	79,1	406,2	287	32,6	11,7	8,5	34,5	1,1	1230,1
PEDRAS DE FOGO	735203	1996	58	112,3	133,6	444,8	156	208,4	179,9	179,2	95,5	23,6	74,1	16	1681,4
PEDRAS DE FOGO	735203	1997	23,6	154,1	129	239	322,2	67,5	149,1	71,1	10,6	7,5	4,6	58,2	1236,5
PEDRAS DE FOGO	735203	1998	32,2	3,9	59,4	75,4	155,5	67,1	179,1	165,7	24,9	29,8	2,4	14	809,4
PEDRAS DE FOGO	735203	1999	14,2	95,6	83,2	59	119	90,4	133,4	88,1	34,6	39,8	23	63,4	843,7
PEDRAS DE FOGO	735203	2000	185,8	141,3	79,4	222,9	183,2	422,9	301,9	181,4	266,8	16,7	34,7	78,2	2115,2
PEDRAS DE FOGO	735203	2001	25,5	11,6	189,7	167,9	24,8	241,7	137,7	76	38,8	66,4	11,5	37,4	1029,0
PEDRAS DE FOGO	735203	2002	133	79,9	163,1	81,3	118,7	370	225,5	108	10,2	38,9	47,1	5	1380,7
PEDRAS DE FOGO	735203	2003	52,7	299,5	174,2	112,5	184,5	345,7	144,2	82,7	48	36,7	10,3	122	1613,0
PEDRAS DE FOGO	735203	2004	285,6	351,4	97,5	184,4	231,6	291,9	288,9	73,7	39,5	20,2	7,2	8,6	1880,5
PEDRAS DE FOGO	735203	2005	16,9	31,1	68,2	42,6	244	381,9	84,8	214,8	18,7	16,1	7,1	18,7	1144,9
PEDRAS DE FOGO	735203	2006	6,4	65,2	117	115,8	75,3	200,7	134,5	128,5	47,4	6,6	37,3	19,5	954,2
PEDRAS DE FOGO	735203	2007	54,4	57,9	132	188,5	128	437,5	110,2	125,7	103,3	24	25,2	31,8	1418,5
PEDRAS DE FOGO	735203	2008	77,8	8,9	147,1	160,5	228,5	198,9	179,5	237,6	55,5	17,6	5,5	28,3	1345,7
PEDRAS DE FOGO	735203	2009	70,2	155,8	96,6	192,2	275	201,1	340,3	178,5	25,1	3,4	45,8	33,2	1617,2
PEDRAS DE FOGO	735203	2010	126,1	21,1	56,7	100,3	60,4	255,6	104,1	108,5	32,9	22	10	24,7	922,4
PEDRAS DE FOGO	735203	2011	180,7	90	31,1	373,6	522,3	240,4	555,5	167,4	15,8	13,6	34,7	23,3	2248,4
PEDRAS DE FOGO	735203	2012	248,6	162	23	27,2	135,7	347,3	218,4	31,6	8,5	30	2,8	12,5	1247,6
PEDRAS DE FOGO	735203	2013	49,5	75	39,3	179	140,3	296,7	267,2	187,4	109,4	53,4	68,9	72,9	1539,0
PEDRAS DE FOGO	735203	2014	59,6	69,9	62,1	36,2	226,1	229,6	125,1	101,2	206,1	62,7	17,6	27	1223,2
PEDRAS DE FOGO	735203	2015	29,4	65,5	186	34,1	71,2	212,7	270,4	47,9	39,9	14	4,8	125	1100,9
PEDRAS DE FOGO	735203	2016	142	68,4	121,3	280,7	237,8	97,2	27	25,4	37,3	8,2	3	137,3	1185,6
PEDRAS DE FOGO	735203	2017	64,4	14	168,3	179,7	170,4	180,8	336,3	78,6	59,7	38,9	6,5	2,6	1300,2
PEDRAS DE FOGO	735203	2018	148	175,3	95,3	221,8	162,4	112	123,6	16,8	16,5	8,8	15,2	50,8	1146,5
PEDRAS DE FOGO	735203	2019	80	122	184	149,5	155,2	358,6	299,4	45,9	52,7	36,4	1,7	18,6	1504,0
PEDRAS DE FOGO	735203	2020	0	69,9	76,1	156,8	300,5	200,9	246	28,9	36,8	23	48	43,5	1230,4
PEDRAS DE FOGO	735203	2021	32,9	132,2	80,7	160,9	226,3	41,7	67,8	129,5	0	22,4	8,4	65,7	968,5
PEDRAS DE FOGO	735203	2022	95,9	42,2	263,5	86,1	333,3	256,3	231,5	63	14,1	1,2	49	17,3	1453,4
NATUBA	735205	1994	70	102,5	145,4	163,1	207	329,5	191,1	79,7	68,46	28,24	26,4	59,01	1470,3
NATUBA	735205	1995	35,67	81,67	91,5	151,9	111,9	195,8	176	35,33	25,77	26,94	48,3	6,4	987,2
NATUBA	735205	1996	17,2	69,1	92,9	277,5	104,8	153,3	167,6	152,3	85	26,1	99,9	0	1245,7
NATUBA	735205	1997	0,3	129,7	124	174	171,1	48,6	131,1	81	8,2	0	9,8	55	932,8
NATUBA	735205	1998	18,4	13,7	42,9	59	83	46,8	127,6	159,3	14,5	15,7	2	4,7	587,6
NATUBA	735205	1999	28,1	68,7	44,1	50	132,4	80,4	103,8	54,9	25	31,2	0	33,1	651,7

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
NATUBA	735205	2000	123,4	62,7	45,8	270,5	85,4	278	200,7	160,4	218,6	21,3	15,3	87,4	1569,5
NATUBA	735205	2001	27	6	124,6	76	5	220,9	191,8	120,2	90,2	41,3	9,2	0	912,2
NATUBA	735205	2002	119,6	45,8	181,8	29,2	132	252,6	109,6	82,1	4,4	52,6	90,6	23	1123,3
NATUBA	735205	2003	36,8	136,2	133	85,4	106,4	132,4	147,7	55,2	63,4	15,2	11,1	54,8	977,6
NATUBA	735205	2004	236,3	240,1	98,4	140,3	176,4	215,3	229,5	54,4	67,3	3,9	10,7	0	1472,6
NATUBA	735205	2005	0	71,8	59,2	49,9	170,4	409,8	65,8	134,4	8	14,8	2,2	2	988,3
NATUBA	735205	2006	7,8	23,4	77,2	96,3	125,4	222,4	69,8	69,9	14,6	9,2	67,5	19	802,5
NATUBA	735205	2007	56,8	77,4	199	172,1	85,7	266,9	131	109,5	97,3	4,8	19,8	19	1239,3
NATUBA	735205	2008	49,6	2,5	142	55,9	200,4	134,5	164,5	114,1	29,8	6,8	7,6	26,2	933,9
NATUBA	735205	2009	18,4	246,4	25,8	94,6	193,3	134,1	184,9	178,2	18,1	1,4	22,5	15,4	1133,1
NATUBA	735205	2010	106,9	36,6	42,1	128,7	55,8	348,7	148,4	120	70,7	38,5	7,1	86,5	1190,0
NATUBA	735205	2011	153,5	43,8	287,5	221,6	454,6	176,5	349,8	181,7	10,5	24	35,2	13,1	1951,8
NATUBA	735205	2012	111,5	115,1	22,7	11,9	72,1	179,6	144,8	35,3	0	35,8	10,6	22,4	761,8
NATUBA	735205	2013	43,9	5,4	18	139,9	105,5	239,7	223,8	122,1	42,7	46	56,7	15,2	1058,9
NATUBA	735205	2014	24,3	69,6	82	12,4	153,3	123,9	106,7	70,8	195,2	76,4	9,4	27,4	951,4
NATUBA	735205	2015	49,3	22,6	103,6	7	83	146,1	250,1	54,7	23,6	6,2	4,1	104,5	854,8
NATUBA	735205	2016	130,8	110,6	96,2	174	211,3	73,9	31,9	16,4	23,1	2,2	1,8	97,42	969,6
NATUBA	735205	2017	12,9	4,1	86	147,3	164,1	187,5	245,4	50	60,1	28,7	8,7	16,5	1011,3
NATUBA	735205	2018	87,7	76,6	152,3	327,9	100	70,6	39,3	19,6	17,8	6	20,1	38,3	956,2
NATUBA	735205	2019	53,03	108,3	114,3	104	109,7	231,2	190,8	65,11	44,45	36,84	15,33	23,89	1097,1
NATUBA	735205	2020	26,71	75	150,7	116,9	232,2	140,3	165,5	39,83	35,22	27,32	43,1	31,7	1084,5
NATUBA	735205	2021	42,36	93,44	81,61	127,3	166	55,66	90,68	91,09	33,92	29,28	20,97	61,62	893,9
NATUBA	735205	2022	96,67	47,44	184,2	81,2	276,2	178,6	195,3	69,72	31,71	22,94	44,43	28,52	1256,9
JOÃO PESSOA	734006	1994	177,4	57,2	190,1	356,3	620,5	709,4	361	102,7	41,4	25,5	20,4	59,4	2721,3
JOÃO PESSOA	734006	1995	31,2	41,5	118,6	247,3	316	334,9	482,7	24,1	22	10,8	62,9	3,3	1695,3
JOÃO PESSOA	734006	1996	102,8	51,6	294,3	504	314,4	310,7	317,6	204,7	90,4	81,1	29,5	49,6	2350,7
JOÃO PESSOA	734006	1997	21,8	196,2	290	306,4	260,7	98,8	168,9	121,2	9,4	7,2	8,9	88	1577,5
JOÃO PESSOA	734006	1998	106,3	16,9	44,7	37,9	203,8	230,7	257,7	286,7	30,9	27,8	18,5	8,2	1270,1
JOÃO PESSOA	734006	1999	16,7	84	116,3	46,4	247,3	112,2	142,5	88,1	56,7	64,6	3,7	38,8	1017,3
JOÃO PESSOA	734006	2000	96,4	149,4	109,2	209,2	333,9	557,7	444,4	167,9	228,8	15,9	45,7	81,4	2439,9
JOÃO PESSOA	734006	2001	25,3	7,1	197	267,2	47,8	254,9	184,7	62,1	44	22,3	16,1	50	1178,5
JOÃO PESSOA	734006	2002	179,4	133,3	251	196,7	265,5	472,3	262,4	140,1	13,4	43,1	35,9	10	2003,1
JOÃO PESSOA	734006	2003	51,3	252,9	275	206,7	212,6	626,2	149,8	173	97,2	36,3	15,4	65,5	2161,9
JOÃO PESSOA	734006	2004	303,2	128,2	158,8	136,9	302	483,1	475,8	162,5	37,5	27,4	9,1	5,1	2229,6
JOÃO PESSOA	734006	2005	37,4	56,6	107,5	125,1	549,5	573,3	156,9	215,8	63,6	25,3	4,1	25,6	1940,7
JOÃO PESSOA	734006	2006	7,2	14,6	85,3	197,1	187,9	271,2	139,2	119	63,3	9,7	42	41,8	1178,3
JOÃO PESSOA	734006	2007	33,8	166,6	187,1	234,3	240,6	573,7	143,8	273,5	73	30,9	34	12,6	2003,9
JOÃO PESSOA	734006	2008	80,6	8,8	299,3	313,5	335,9	397,4	294,1	326,4	86,8	44,9	6,6	60,2	2254,5
JOÃO PESSOA	734006	2009	57,7	260,1	138,8	547,4	521,2	303,9	419,8	127,9	77,1	19,3	45,8	25,5	2544,5
JOÃO PESSOA	734006	2010	110,9	76,9	30,9	165,9	111,7	256,3	222,4	189	92,4	16	10,1	38,5	1321,0
JOÃO PESSOA	734006	2011	223,4	222	66,2	428	484,7	248,7	425,8	215,5	36,5	9,6	45,2	8,4	2414,0
JOÃO PESSOA	734006	2012	206,4	141,3	71	47	216,5	538,1	290,5	81,1	36,7	30,5	2	7,5	1668,6
JOÃO PESSOA	734006	2013	51,3	39,7	17,5	271,2	185,7	488,7	142,8	252,2	287,5	40,2	33,4	21,4	1831,6

Município/Posto	Código	Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
JOÃO PESSOA	734006	2014	85,8	108,2	150,5	134,1	265	234,2	153,1	79	199,2	40,5	1,6	23,1	1474,3
JOÃO PESSOA	734006	2015	54,8	40,7	406,6	9,3	77,6	325,6	379,6	50,6	56,9	19,5	4,8	62,3	1488,3
JOÃO PESSOA	734006	2016	100,5	104,2	145,1	374,3	359,7	254,7	45,8	47,3	52,8	11,4	8,6	64,8	1569,2
JOÃO PESSOA	734006	2017	45,9	41,7	145,5	276,5	493,8	320,9	442,8	75,3	120,6	51,6	11	26,6	2052,2
JOÃO PESSOA	734006	2018	100,7	142,3	204,4	357,7	245,8	108,9	198,8	82,8	35,6	1,9	17,8	57,7	1554,4
JOÃO PESSOA	734006	2019	72,6	200,8	239,8	182,7	204,5	672,2	330,9	88,39	63,82	42,3	5,673	30,65	2134,3
JOÃO PESSOA	734006	2020	25,59	125,8	213,9	260,5	484,3	320,2	324,5	63,03	39,29	31,78	42,59	35,48	1967,0
JOÃO PESSOA	734006	2021	35,6	226,3	161,8	288	384,7	113,5	171,3	180,5	51,95	36,01	39,34	66,72	1755,7
JOÃO PESSOA	734006	2022	234,9	55,14	315,2	154,4	617,3	395,8	443,7	142,9	48,19	31,95	79,5	36,37	2555,3

6.5 ANEXO V – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE AS SÉRIES PREENCHIDAS E AS SÉRIES ORIGINAIS DA AESA

Código	Nome	Operador	Área do SAAP	Séries preenchidas			Séries originais (AESA)			Diferença Relativa		
				Precipitação Total Média (mm)								
				Anual	Período Seco	Período Chuvoso	Anual	Período Seco	Período Chuvoso	Anual	Período Seco	Período Chuvoso
634000	BAÍA DA TRAIÇÃO	AESA-PB	Interna	1.716,9	331,7	1.385,2	1.696,8	329,0	1.370,0	1%	1%	1%
634002	CABEDELO/CAGEPA	AESA-PB	Interna	1.652,1	299,1	1.353,0	1.660,7	302,0	1.354,5	1%	1%	0%
635066	BELÉM	AESA-PB	Externa	901,8	226,2	675,7	892,0	225,2	680,4	1%	0%	1%
635117	MAMANGUAPE/ASPLAN	AESA-PB	Interna	1.469,8	379,7	1.090,0	1.467,7	391,6	1.059,8	0%	3%	3%
635121	DUAS ESTRADAS	AESA-PB	Externa	901,7	210,4	691,3	883,6	212,2	673,7	2%	1%	3%
635124	PIRPIRITUBA	AESA-PB	Externa	1.018,6	265,4	753,2	994,9	252,6	743,4	2%	5%	1%
635127	RIO TINTO	AESA-PB	Interna	1.397,0	332,7	1.064,2	1.384,9	336,6	1.048,3	1%	1%	2%
635129	CAPIM	AESA-PB	Interna	958,1	235,8	722,4	958,1	235,8	722,4	0%	0%	0%
635136	GUARABIRA	AESA-PB	Externa	1.084,3	285,9	798,4	1.051,3	267,3	784,0	3%	7%	2%
635137	JACARAÚ	AESA-PB	Externa	1.115,0	269,7	845,3	1.125,7	272,2	853,4	1%	1%	1%
635138	MAMANGUAPE	AESA-PB	Interna	1.241,6	291,4	950,1	1.241,6	291,4	950,1	0%	0%	0%
635140	MATARACA	AESA-PB	Interna	1.444,9	342,8	1.102,1	1.431,2	347,6	1.085,8	1%	1%	1%
734001	SANTA RITA	AESA-PB	Interna	1.356,0	316,2	1.039,8	1.363,1	326,9	1.042,2	1%	3%	0%
734002	JOÃO PESSOA/DFAARA	AESA-PB	Interna	1.893,1	371,5	1.521,5	1.893,1	371,5	1.521,5	0%	0%	0%
734008	ALHANDRA	AESA-PB	Interna	1.884,1	419,3	1.464,9	1.884,1	419,3	1.464,9	0%	0%	0%
734036	BAYEUX	AESA-PB	Interna	1.548,1	355,6	1.192,4	1.531,4	360,7	1.173,6	1%	1%	2%
734037	JOÃO PESSOA/MARES	AESA-PB	Interna	1.701,7	388,3	1.313,5	1.688,2	393,3	1.294,9	1%	1%	1%
734038	JOÃO PESSOA/MANGABEIRA	AESA-PB	Interna	1.776,8	346,0	1.430,8	1.745,8	347,2	1.411,1	2%	0%	1%
734040	CONDE/AÇ.GRAMAMEMAMUABA	AESA-PB	Interna	1.503,4	342,4	1.161,0	1.491,4	347,2	1.141,7	1%	1%	2%
734041	PITIMBU	AESA-PB	Interna	1.739,4	329,6	1.409,8	1.758,0	335,9	1.406,0	1%	2%	0%
734043	CAAPORÃ	AESA-PB	Interna	1.775,8	408,4	1.367,4	1.754,9	408,6	1.344,2	1%	0%	2%
735019	CRUZ DO ESPÍRITO SANTO	AESA-PB	Interna	1.217,8	271,7	946,1	1.207,3	273,3	932,6	1%	1%	1%
735164	MOGEIRO	AESA-PB	Externa	691,1	175,1	516,1	702,4	177,1	525,3	2%	1%	2%
735190	MARI	AESA-PB	Externa	995,1	257,2	737,9	981,6	264,1	722,4	1%	3%	2%
735191	GURINHÉM	AESA-PB	Externa	806,6	195,0	611,6	784,7	190,7	594,0	3%	2%	3%
735196	SÃO MIGUEL DE TAIPU	AESA-PB	Interna	872,9	198,7	674,1	875,4	199,4	676,0	0%	0%	0%
735201	SALGADO DE SÃO FÉLIX	AESA-PB	Externa	673,6	164,8	508,8	674,3	168,0	505,6	0%	2%	1%
735203	PEDRAS DE FOGO	AESA-PB	Interna	1.365,2	320,1	1.045,1	1.365,2	320,1	1.045,1	0%	0%	0%
735205	NATUBA	AESA-PB	Externa	1.071,2	268,0	803,3	1.070,0	257,2	811,9	0%	4%	1%

Percebe-se que as variações entre os resultados das séries preenchidas com os das séries originais variaram, em sua grande maioria, entre 0 e 3%. As estações Pirpirituba, Guarabira e Natuba foram as únicas estações, que, no período seco, os resultados entre as séries preenchidas e as séries originais variaram acima de 4%. As três estações estão localizadas fora da área do SAAP.

6.6 ANEXO VI (DIGITAL) - NIVEIS_MONITORADOS_AQUIFERO_LIVRE (AGO.2023)

6.7 ANEXO VII (DIGITAL) - NIVEIS_MONITORADOS_AQUIFERO_CONFINADO (AGO.2023)

6.8 ANEXO VIII - GRAMAME

1- Subsídios para definição da área de ocorrência da Unidade Gramame

A Formação Gramame aflora em apenas 23 km² da região sudeste da Paraíba (CPRM, 2004), em porções alongadas e estreitas ao longo da Falha de Mata Redonda (Figura 6.1). Em subsuperfície sua extensão ainda não está bem clara, por conta da inexistência de perfilagens geofísicas e de escassos dados litológicos de poços. O presente anexo se propõe a apresentar as evidências existentes até o momento e que podem contribuir para nas próximas etapas do trabalho, delimitar a área de ocorrência da Unidade Gramame.

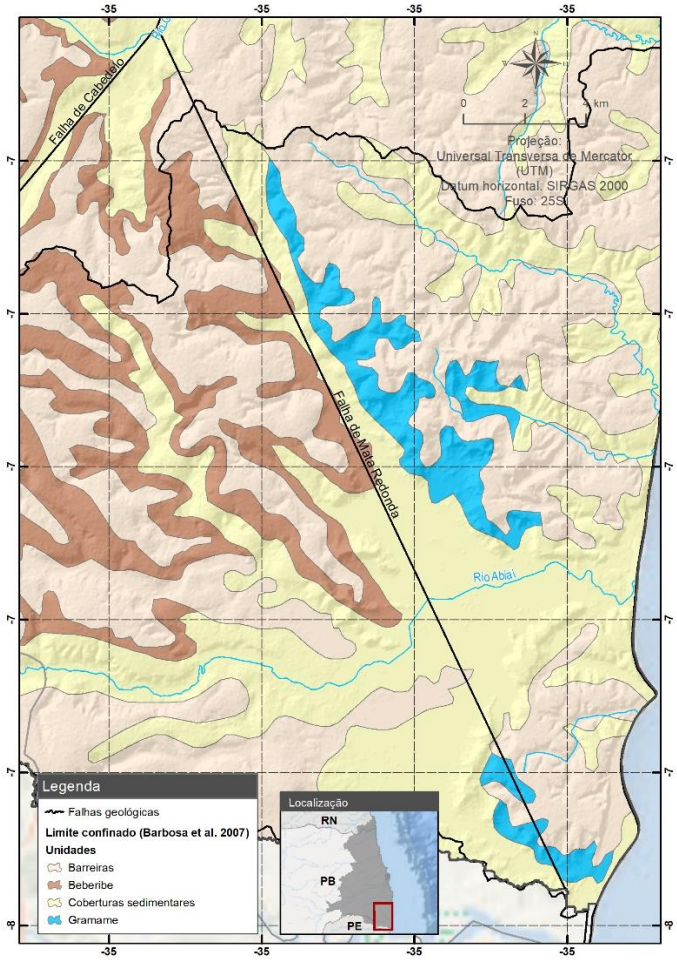


Figura 6.1 – Mapa geológico da porção sul do SAAP (CPRM,2004).

Barbosa et al. (2007) apresentaram uma delimitação dessa unidade no Estado da Paraíba, cujo limite norte situa-se na Falha de Miriri e o limite sul na divisa com o Estado de Pernambuco. A área abrange 686 km², com largura máxima da ordem de 30 km e espessura máxima em torno de 100 m (Figura 6.2).

Em sondagens elétricas, Costa et al. (2007) observaram que essa unidade ocorre descontinuamente na bacia e de modo restrito no norte da área, e que sua espessura pode atingir até mais de 100 m. Os estudos geofísicos revelaram que esta formação não ocorre nem na parte norte da Bacia, a partir do curso do Rio Mamanguape, nem na sua parte oeste a partir da BR-101. Sua presença restringe-se a uma faixa mais próxima do litoral paraibano, particularmente no bloco estrutural denominado João Pessoa-Pitimbu, onde ocorrem as maiores espessuras.

Poços do cadastro SIAGAS contendo descrição litológica de 129 poços profundos foram analisados e plotados no mapa da Figura 6.3. Os poços contendo camadas de calcário (Gramame) em espessuras individuais variáveis, distribuídas em até 6 camadas, com totais variando de 3 m a 141 m, ocorrem em toda a área delimitada por Barbosa et al. (2007), com exceção da região entre a falha de Cabedelo e a Falha de Mata Redonda. Ressalva-se que o mapa geológico (CPRM, 2004) registra um afloramento da unidade Gramame entre as citadas falhas. Deve-se ter em mente que somente nessa área estão cadastrados 2.629 poços no SIAGAS e que 2.500 deles não possuem nenhuma descrição litológica. Também se observa, Figura 6.3, que ao lado de poços com registros de camadas de calcário estão poços sem camadas de calcário.

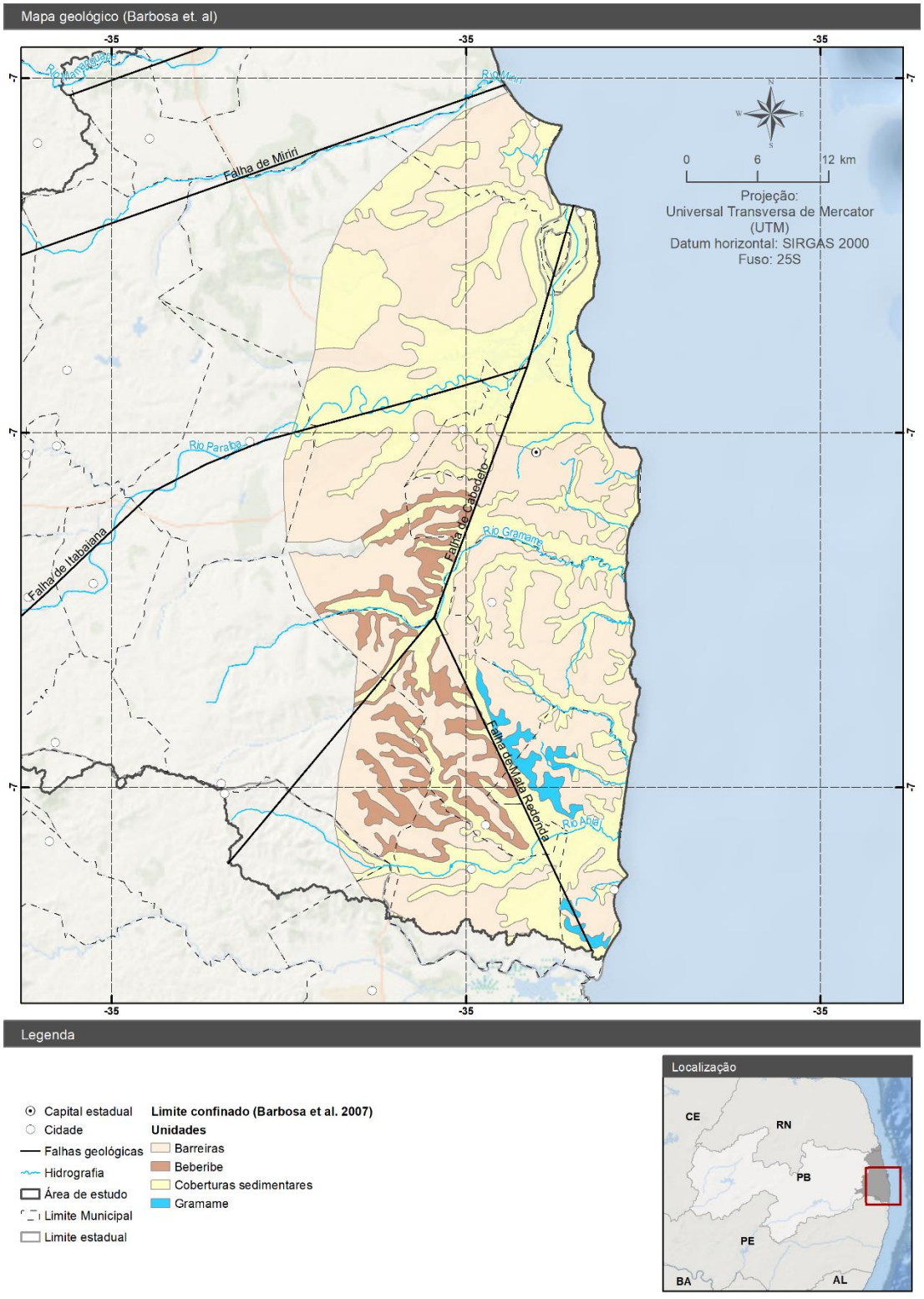


Figura 6.2 – Área de ocorrência do SAPP segundo Barbosa et al.(2007).

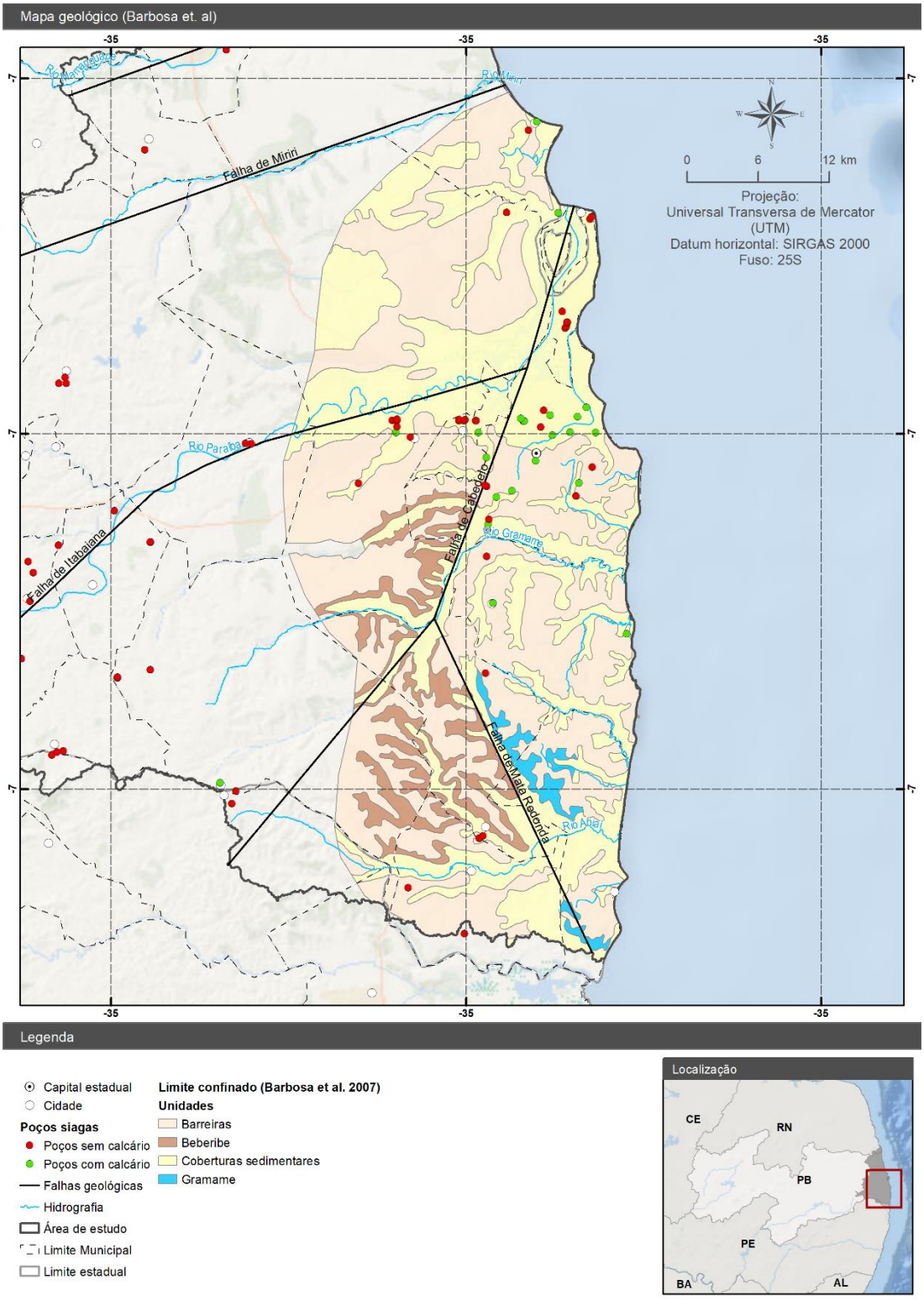


Figura 6.3 – Poços com descrição litológica extraídos do cadastro SIAGAS, plotados sobre a área da Formação Gramame, definida por Barbosa et al. (2007).

A seção geológica da Figura 6.4 mostra uma correlação entre poços com dados litológicos do cadastro SIAGAS, localizados na região de João Pessoa. A seção evidencia camadas de calcário associadas à Formação Gramame com espessuras variáveis e posicionadas em diferentes cotas, incluindo o poço 8454 no qual não foram constatadas camadas de calcário.

A análise desse escasso conjunto de informações, suscita dúvidas sobre a delimitação e extensão da área de ocorrência da Unidade Gramame. Essa questão poderá ser elucidada com a obtenção de novos dados geológicos de subsuperfície. Essa questão será observada e tratada quando da elaboração da rede de monitoramento que visa, entre outras coisas, fornecer mais subsídios à compreensão da dinâmica das águas subterrâneas como um todo.

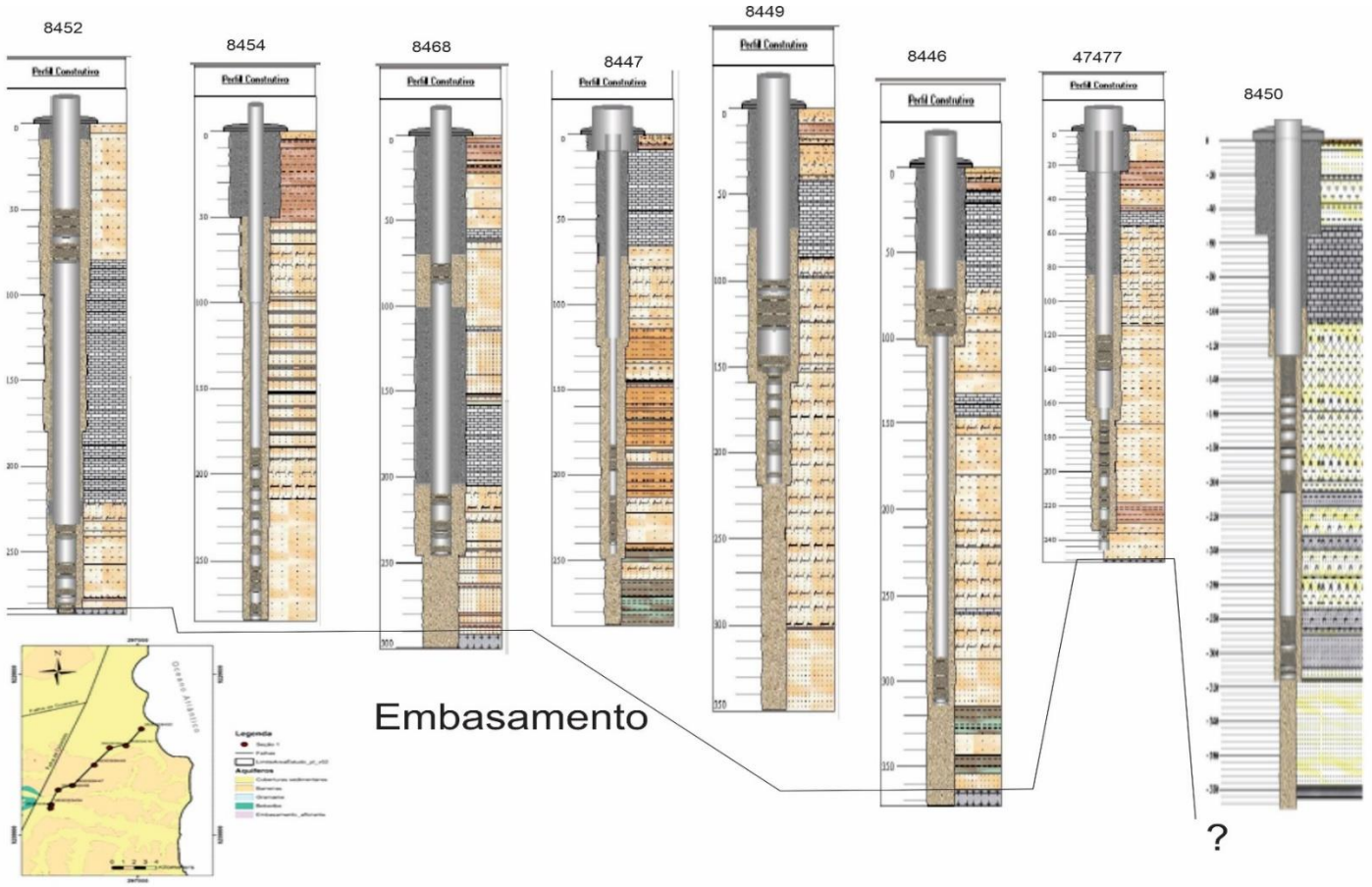


Figura 6.4 – Seção geológica com perfis de poços do cadastro SIAGAS, mostrando camadas de calcário com espessuras variáveis e posicionadas em diferentes cotas e mapa de localização da seção.

2- Limites e Potenciometria do subsistema confinado a partir dos dados do projeto BRAMAR.

A potenciometria do subsistema confinado foi elaborada com dados do projeto BRAMAR, referentes ao ano de 2018 (apresentados no anexo VII). As cargas hidráulicas variam entre -11 m e 40 m, e mostram oscilações que podem estar associadas às interferências entre poços em bombeamento. Todavia, os poços estão distribuídos irregularmente e em quantidade insuficiente para uma avaliação adequada. A Figura 6.5 apresenta o resultado da potenciometria obtida e a localização dos poços com os dados de interpolação para geração da superfície potenciométrica.

Além disso, a AESA disponibilizou um *shapefile* (Figura 6.5 – Limite hachurado) com uma feição que seria uma sugestão dos limites do aquífero confinado proposta pelo projeto BRAMAR, entretanto essa feição não é apresentada no documento publicado em 2017, tampouco foram recebidos os critérios utilizados para o estabelecimento de tal limite.

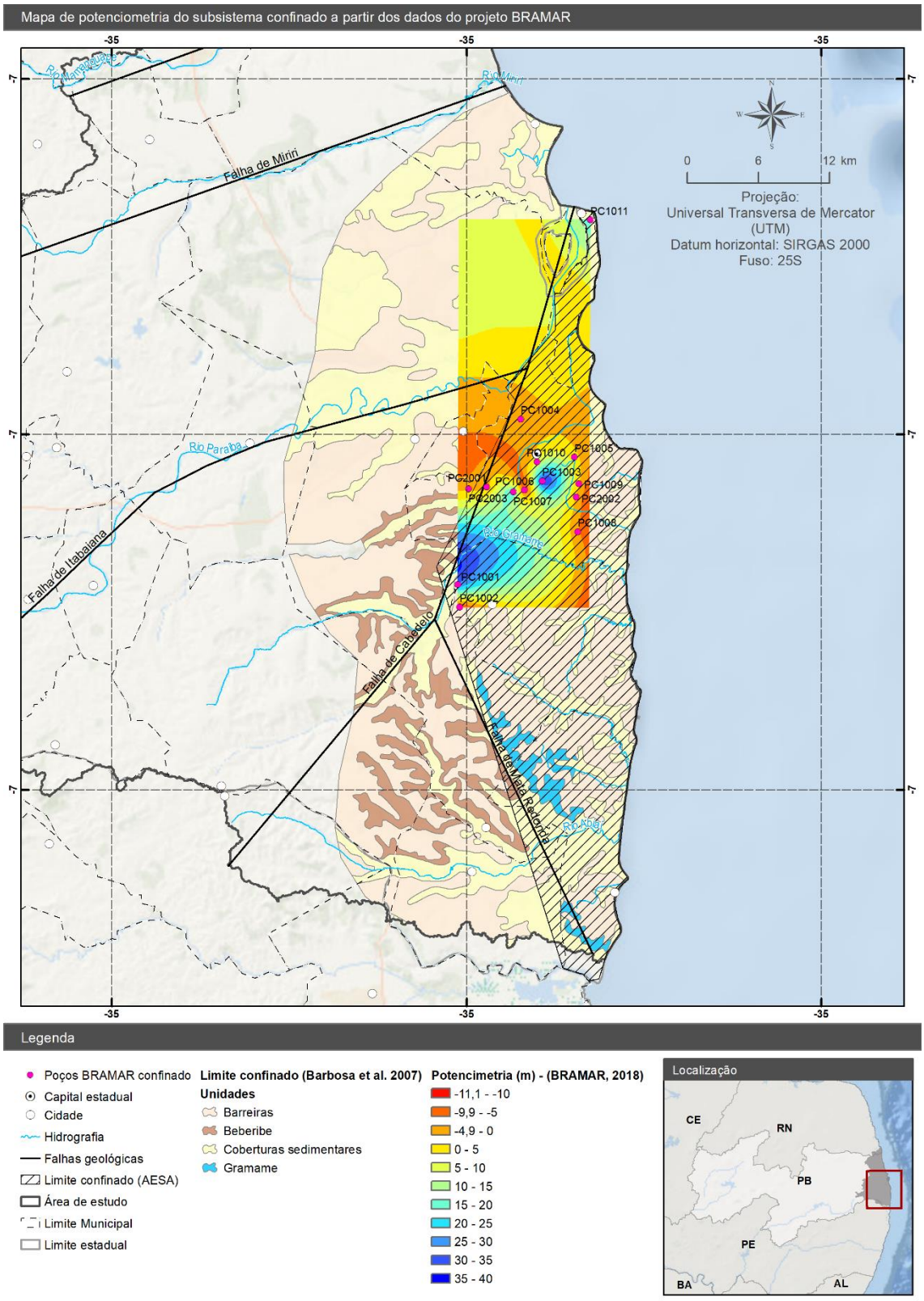


Figura 6.5 – Potenciometria do subsistema confinado a partir de dados do projeto BRAMAR (dados de 2018).

No relatório do Projeto BRAMAR, foi apresentada outra potenciometria, que utilizou os dados do ano de 2017. Neste documento, é relatado que foram utilizados 30 perfis litoestratigráficos e uma seção geológica para reconstrução do aquífero confinado. A partir desse limite e do limite da área de estudo de níveis de poços, foi estabelecida a potenciometria para o ano de 2017, conforme apresentado na Figura 6.6. É importante ressaltar que a potenciometria da Figura 6.5 e da Figura 6.6 são diferentes por terem sido obtidas a partir de dados de anos distintos.

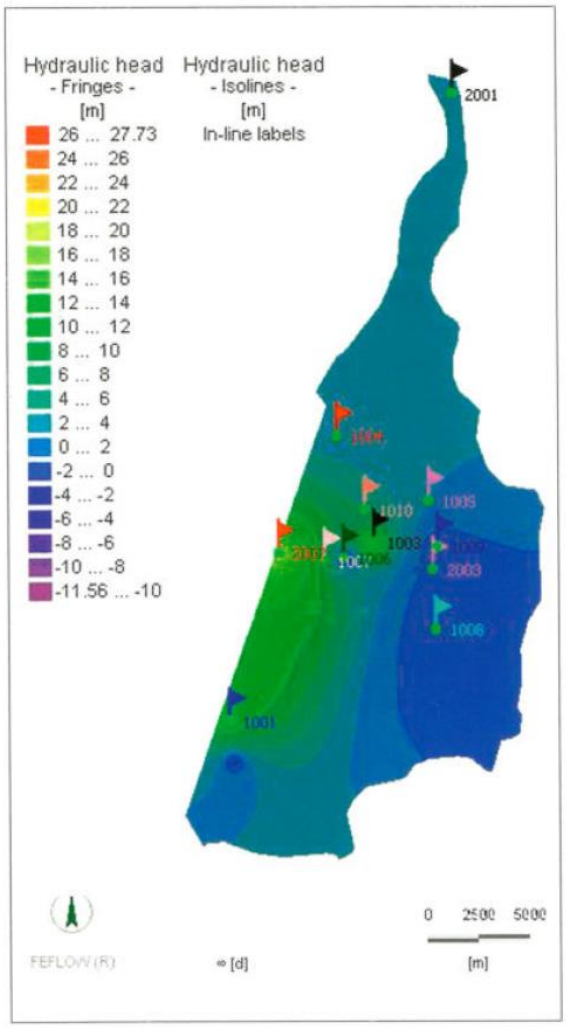


Figura 6.6 – Potenciometria do subsistema confinado definida para o ano de 2017 e limitada conforme modelagem numérica. Fonte: Projeto BRAMAR.