

Água

Sabendo usar não vai faltar.



PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

ALTO RIO SÃO FRANCISCO

Minas Gerais

ETAPA 5 – CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS



Programa de Revitalização do Rio São Francisco



CBH-Pará

Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará



DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO PARÁ

COORDENAÇÃO

ASSOCIAÇÃO DE USUÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

Coordenadora Geral

Regina Greco – Presidente da Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

EMPRESA CONSULTORA – TESE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ESPACIAIS LTDA.

Coordenadora Geral

Mirna Cortopassi Lobo – Arquiteta Urbanista

Coordenadora Técnica

Cecile Miers – Arquiteta Urbanista

REFERÊNCIA

Prestação de Serviços Tomada de Preço nº 01/2006
Processo Licitatório nº 02/2006
Contrato nº 04/2006
Convênio nº 1 93 05 0038-00 CODEFASF
1ª Superintendência Regional – Sede Montes Claros

EQUIPE TÉCNICA

TESE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ESPACIAIS LTDA.

Geoprocessamento

Maria Lúcia Lopes – Arquiteta e Urbanista

Robinson Brandão Vieira – Técnico em Geoprocessamento

Informação

Alessandra Chollet Moreira – Arquiteta Urbanista

Andrezza Pimentel – Arquiteta Urbanista

Eneida Kuchpil – Arquiteta Urbanista

Recursos Hídricos

Luiz Vasconcelos da Silva Filho – Mestrando em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental

Cartografia

Rodrigo Rocha Capel – Engenheiro Cartográfico

Processamento de Dados

Jonatas Gabriel Arndt – Analista de Sistemas

Programação Visual

Maria Lúcia Lopes – Arquiteta Urbanista

Levantamento de Campo

Marcello Cardoso de Moraes – Mobilizador Comunitário

Administrativo

Denison Barcik Alves – Administrador

Turismo

Ana Carolina Rehme Siqueira – Turismóloga

Apoio

Lincoln José Pereira – Logística

Consultores

Consultoria Sênior em Hidrologia

Prof. Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes – Engenheiro Civil – Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – Doutor em Engenharia Civil e Ambiental.

Consultores Associados em Hidrologia

Fernando Weigert Machado – Engenheiro Civil – Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental

Nicolás Lopardo – Engenheiro Civil – Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Consultoria em Hidrogeologia e Águas Subterrâneas:

Prof. Sandro Jose Briski – Geógrafo – Mestre em Geologia Ambiental e Doutorando em Geomorfologia-Geoquímica.

Consultor Sênior em Solos

Prof. Gláucio Roloff – Engenheiro Agrônomo – Mestre em Agronomia – Doutor em Ciência dos Solos – Pós-Doutor em Modelagem Ambiental

Consultor em Geologia

Prof. Helder de Godoy – Geólogo – Doutor em Geotecnia e Solos – Pós-Doutor em Geologia.

Consultores em Turismo

Ronaldo Ferreira Maganhotto – Turismólogo – Especialista em Análise Ambiental – Mestre em Geografia.

Marcos Antonio Miara – Turismólogo – Especialista em Geoprocessamento – Mestre em Geografia.

Diogo Lourdes Fernandes – Turismólogo – Mestre em Turismo.

ASSOCIAÇÃO DE USUÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

Presidenta

Regina Greco

Apoio Administrativo

Patrícia Rattton – Mestre em Química

Apoio em Geoprocessamento

Moisés Júnio da Silveira – Graduando em Química

Parceiro Executivo – IGAM- Instituto Mineiro de Gestão das Águas

Coordenação

Luiza de Marillac Moreira Camargos – Diretora de Gestão de Recursos Hídricos

Célia Maria Brandão Fróes – Gerência de Planejamento de Recursos Hídricos

Equipe Técnica

Célia Maria Brandão Fróes – Engenheira Química e mestranda em Administração Pública

Cristiane Fernanda da Silva – Engenheira Civil e mestranda em Engenharia Sanitária

Janaína de Andrade Evangelista – Engenheira Civil e especialista em Engenharia Sanitária

Lílian Márcia Domingues – Geógrafa

Robson Rodrigues dos Santos – Geógrafo e especialista em Educação Ambiental

Rodrigo Antonio Di Lorenzo Mundim – Geógrafo e especialista em Geoprocessamento
Rodolfo Carvalho Salgado Penido – Engenheiro Civil e mestrando em Engenharia Sanitária

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

Presidente

Flávio Lucas Greco Santos

Câmara Técnica de Acompanhamento de Projetos do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Membros – Representantes dos Órgãos:

1. IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas
2. IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária
3. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
4. COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
5. Corpo de Bombeiros – Polícia Militar de Minas Gerais
6. IEF – Instituto Estadual de Florestas
7. SESAM – Serviço de Saneamento Ambiental Municipal de Carmópolis de Minas
8. Cooperativa dos Suinocultores Paraminenses Ltda – COSUIPAM
9. ASCINDI – Associação Comercial, Industrial, Agropecuária e de Serviços de Itaúna
10. CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
11. Cooperativas Agrícolas
12. FADOM – Faculdades Integradas do Oeste de Minas

ETAPA 5 – CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

SUMÁRIO

ETAPA 5 – CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	IV
SUMÁRIO	V
INDICE DE FIGURAS.....	VII
INDICE DE TABELAS	XIII
I INTRODUÇÃO	XVII
II OBJETIVOS DO PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	XIX
III ESTRATÉGIA OPERACIONAL – ASPECTOS METODOLÓGICOS	XIX
VOLUME 1	
5 CARACTERIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	1
5.1 HIDROGRAFIA BÁSICA	1
5.2 HIDROLOGIA	35
5.2.1 <i>Caracterização Pluviométrica</i>	35
5.2.1.1 Análise dos dados Pluviométricos	35
5.2.2 <i>Caracterização Pluviométrica</i>	52
5.2.3 <i>Análise de Frequência e Regionalização Hidrológica</i>	59
5.2.3.1 Regionalização das Vazões Mínimas	59
5.2.3.1.1 Determinação da série de vazões mínimas diárias	60
5.2.3.1.2 Determinação das curvas individuais de probabilidade	60
5.2.3.1.3 Definição da equação de regressão	61
5.2.3.1.4 Definição das regiões homogêneas para vazões mínimas	61
5.2.3.1.5 Ajuste estatístico da distribuição de probabilidade de Weibull.....	63
5.2.3.2 Regionalização das Vazões Máximas.....	65
5.2.3.2.1 Determinação da série de vazões máximas para cada estação fluviométrica	65
5.2.3.2.2 Determinação das curvas individuais de probabilidade	66
5.2.3.2.3 Definição da equação de regressão	68
5.2.3.2.4 Definição das regiões homogêneas para vazões máximas	68
5.2.3.2.5 Ajuste estatístico da distribuição de probabilidade de Gumbel.....	68
5.2.3.3 Regionalização da Curva de Permanência.....	70
5.2.3.3.1 Determinação da curva de permanência de cada estação fluviométrica.....	71
5.2.3.3.2 Determinação das vazões de 50% e 95% de permanência	71
5.2.3.3.3 Definição das equações de regressão para Q_{50} e Q_{95}	72
5.2.3.3.4 Definição das regiões homogêneas para as curvas de permanência.....	74
5.2.3.3.5 Ajuste da equação 22 para cada região homogênea	74
5.2.3.4 Exemplo de aplicação das equações de regionalização	77
5.2.3.4.1 Vazão mínima e máxima	77
5.2.3.4.2 Vazão de permanência.....	78
5.2.4 <i>Curvas de Depleção</i>	79
5.2.5 <i>Balanco Hídrico</i>	83
5.3 HIDROGEOLOGIA.....	88
5.4 USO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	94
5.4.1 <i>Irrigação</i>	95
5.4.1.1 Localização dos pontos de captação para irrigação e demandas.....	103
5.4.1.1.1 Sub-bacia Alto Rio Pará	107
5.4.1.1.2 Sub-bacia Ribeirão Boa Vista.....	109
5.4.1.1.3 Sub-bacia Rio Itapecerica	111
5.4.1.1.4 Sub-bacia Médio Rio Pará.....	112
5.4.1.1.5 Sub-bacia Ribeirão da Paciência.....	114
5.4.1.1.6 Sub-bacia Rio São João	115
5.4.1.1.7 Sub-bacia Rio Lambari	117
5.4.1.1.8 Sub-bacia Rio do Peixe.....	118
5.4.1.1.9 Sub-bacia Rio Picão.....	120
5.4.1.1.10 Sub-bacia Baixo Rio Pará.....	121
5.4.1.2 Conclusão sobre a Captação para Irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.....	123
5.4.2 <i>Energia</i>	133
5.4.3 <i>Abastecimento Doméstico e Industrial</i>	144
5.4.3.1 Abastecimento Doméstico.....	144
5.4.3.2 Abastecimento Industrial.....	153

5.4.4	Navegação.....	170
5.4.5	Mineração.....	171
5.4.6	Agroindústria.....	178
5.4.7	Outros Usos (Hotéis, Motéis, Clubes Recreativos, Condomínios, etc.).....	191
5.4.8	Aquicultura.....	200
5.4.9	Criação Animal.....	202
5.4.9.1	Avicultura.....	202
5.4.9.2	Bovinocultura.....	205
5.4.9.3	Suinocultura.....	208
5.4.10	Usos Insignificantes.....	224
5.4.11	Conclusão sobre o uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.....	241

VOLUME 2

5.5	QUALIDADE DA ÁGUA.....	243
5.5.1	Avaliação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.....	243
5.5.1.1	Análise das Violações.....	252
5.5.1.2	Avaliação dos Resultados.....	262
5.5.1.2.1	Sub-bacia Alto Rio Pará.....	262
5.5.1.2.2	Sub-bacia Ribeirão Boa vista.....	282
5.5.1.2.3	Sub-bacia Rio Itapecerica.....	282
5.5.1.2.4	Sub-bacia Médio Rio Pará.....	298
5.5.1.2.5	Sub-bacia Ribeirão da Paciência.....	310
5.5.1.2.6	Sub-bacia Rio São João.....	319
5.5.1.2.7	Sub-bacia Rio Lambari.....	334
5.5.1.2.8	Sub-bacia Rio do Peixe.....	347
5.5.1.2.9	Sub-bacia Rio Picão.....	347
5.5.1.2.10	Sub-bacia Baixo Rio Pará.....	360
5.5.2	Simulação Matemática – QUAL2E.....	374
5.5.2.1	Formatação dos dados para calibração e simulação do modelo de qualidade da água.....	374
5.5.2.1.1	Caracterização Topológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.....	374
5.5.2.1.2	Características Hidráulicas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.....	375
5.5.2.2	Calibração do Modelo de Qualidade da Água.....	383
5.5.2.3	Resultados e Discussão.....	387
5.5.2.3.1	Ribeirão Boa vista.....	388
5.5.2.3.2	Rio Itapecerica.....	390
5.5.2.3.3	Ribeirão da Paciência.....	395
5.5.2.3.4	Rio São João.....	398
5.5.2.3.5	Rio Lambari.....	402
5.5.2.3.6	Rio do Peixe.....	405
5.5.2.3.7	Rio Picão.....	407
5.5.2.3.8	Rio Pará.....	410
5.5.2.4	Conclusões e recomendações.....	415
ANEXO 1 – FIGURAS.....		418
ANEXO 2 – TABELAS.....		418
ANEXO 3 – SHAPEFILES.....		418
ANEXO 4 – TAXAS DE CRESCIMENTO.....		418
ANEXO 5 – CADASTRO DOS SIGNIFICANTES.....		418
ANEXO 6 – CADASTRO DOS INSIGNIFICANTES.....		418
ANEXO 7 – CLIMA – ARQUIVOS ORIGINAIS E PROCESSADOS.....		418
ANEXO 8 – CLASSIFICAÇÃO DAS INDÚSTRIAS.....		418
ANEXO 12 – SUB-BACIAS PARA PLOTAGEM.....		418
ANEXO 13 – MUNICÍPIOS PARA PLOTAGEM.....		418
ANEXO 14 – DADOS PLUVIOMÉTRICOS.....		418
ANEXO 15 – DADOS FLUVIOMÉTRICOS.....		418
ANEXO 16 – CURVAS DE PERMANÊNCIA.....		418

ANEXO 17 – CURVAS DE DEPLEÇÃO	418
ANEXO 18 – CURVAS INDIVIDUAIS DE PROBABILIDADE	418
ANEXO 19 – GRÁFICOS DE AJUSTE DE PROBABILIDADE	418
ANEXO 20 – GRÁFICOS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	418
ANEXO 21 – DADOS DE CARGA PARA O QUAL 2E	418
ANEXO 22 – MONITORAMENTO PARÂMETROS DE QUALIDADE (IGAM).....	418
ANEXO 23 – ÍNDICES POLÍGONOS DE THIESSEN	418
ANEXO 24 - DADOS DE VAZÃO TRABALHADOS PARA O CÁLCULO DO COEFICIENTE DE MANNING.....	418
ANEXO 44 – GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA (DADOS ORIGINAIS CEMIG)	418
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	419

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - SUB-BACIAS DA COMPARTIMENTAÇÃO HIDROMORFOLÓGICA PARA O PLANO DIRETOR.....	3
FIGURA 2 - SUB-BACIAS E RESPECTIVAS MICRO-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	5
FIGURA 3 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE ARAÚJOS	17
FIGURA 4 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE BOM DESPACHO	18
FIGURA 5 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE CARMÓPOLIS DE MINAS	18
FIGURA 6 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE CARMO DA MATA.....	19
FIGURA 7 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE CARMO DO CAJURU.....	19
FIGURA 8 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE CLÁUDIO	20
FIGURA 9 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO PARÁ.....	20
FIGURA 10 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE DESTERRO DE ENTRE RIOS.....	21
FIGURA 11 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE DIVINÓPOLIS	21
FIGURA 12 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE FLORESTAL.....	22
FIGURA 13 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE FORMIGA	22
FIGURA 14 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE IGARATINGA.....	23
FIGURA 15 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE ITAÚNA.....	23
FIGURA 16 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE ITAGUARA	24
FIGURA 17 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE ITAPECERICA	24
FIGURA 18 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE ITATIAIUÇU	25
FIGURA 19 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE LEANDRO FERREIRA.....	25
FIGURA 20 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE MARAVILHAS	26
FIGURA 21 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE MARTINHO CAMPOS.....	26
FIGURA 22 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE NOVA SERRANA	27
FIGURA 23 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE OLIVEIRA	27
FIGURA 24 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE ONÇA DE PITANGUI	28
FIGURA 25 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE PAPAGAIOS.....	28
FIGURA 26 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE PARÁ DE MINAS	29
FIGURA 27 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE PASSA-TEMPO	29
FIGURA 28 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE PEDRA DO INDAIÁ	30
FIGURA 29 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE PERDIGÃO	30
FIGURA 30 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE PIRACEMA	31
FIGURA 31 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE PITANGUI.....	31
FIGURA 32 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE POMPÉU.....	32
FIGURA 33 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE RESENDE COSTA	32
FIGURA 34 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DO MONTE	33
FIGURA 35 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DE PAULA	33
FIGURA 36 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO PARÁ	34
FIGURA 37 – MICRO-BACIAS NO MUNICÍPIO DE SÃO SEBASTIÃO DO OESTE.....	34
FIGURA 38 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS.....	36
FIGURA 39 – ISOIETAS DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL	40

FIGURA 40 – ISOIETAS DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL MÁXIMA	41
FIGURA 41 – ISOIETAS DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL MÍNIMA	42
FIGURA 42 – POLÍGONOS DE THIESSEN PARA O CÁLCULO DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	43
FIGURA 43 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	46
FIGURA 44 – ISOIETAS DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA NO PERÍODO ÚMIDO.	48
FIGURA 45 – ISOIETAS DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA NO PERÍODO SECO.	49
FIGURA 46 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS	54
FIGURA 47 – CURVAS INDIVIDUAIS DE PROBABILIDADE PARA VAZÕES MÍNIMAS	60
FIGURA 48 – REGIÕES HOMOGÊNEAS PARA AS VAZÕES MÍNIMAS.	62
FIGURA 49 – AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA DE WEIBULL AOS PONTOS MÉDIOS DAS REGIÕES HOMOGÊNEAS.	63
FIGURA 50 – CURVAS INDIVIDUAIS DE PROBABILIDADE PARA VAZÕES MÁXIMAS	66
FIGURA 51 – REGIÕES HOMOGÊNEAS PARA AS VAZÕES MÁXIMAS	67
FIGURA 52 – AJUSTE DA DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA DE GUMBEL AOS PONTOS MÉDIOS DAS REGIÕES HOMOGÊNEAS PARA AS VAZÕES MÁXIMAS.	69
FIGURA 53 – REGIÕES HOMOGÊNEAS PARA AS CURVAS DE PERMANÊNCIA	73
FIGURA 54 – AJUSTE DA EQUAÇÃO EXPONENCIAL ÀS CURVES DE PERMANÊNCIA DA REGIÃO HOMOGÊNEA I.....	74
FIGURA 55 – AJUSTE DA EQUAÇÃO EXPONENCIAL ÀS CURVES DE PERMANÊNCIA DA REGIÃO HOMOGÊNEA II.	75
FIGURA 56 – AJUSTE DA EQUAÇÃO EXPONENCIAL ÀS CURVES DE PERMANÊNCIA DA REGIÃO HOMOGÊNEA III.	75
FIGURA 57 – AJUSTE DA EQUAÇÃO EXPONENCIAL ÀS CURVES DE PERMANÊNCIA DA REGIÃO HOMOGÊNEA IV.....	76
FIGURA 58 – AJUSTE DA CURVA DE DEPLEÇÃO TEÓRICA PARA A REGIÃO HOMOGÊNEA I DE VAZÕES MÍNIMAS.....	80
FIGURA 59 – AJUSTE DA CURVA DE DEPLEÇÃO TEÓRICA PARA A REGIÃO HOMOGÊNEA II DE VAZÕES MÍNIMAS	81
FIGURA 60 – AJUSTE DA CURVA DE DEPLEÇÃO TEÓRICA PARA A REGIÃO HOMOGÊNEA III DE VAZÕES MÍNIMAS	81
FIGURA 61 – AJUSTE DA CURVA DE DEPLEÇÃO TEÓRICA PARA A REGIÃO HOMOGÊNEA IV DE VAZÕES MÍNIMAS	82
FIGURA 62 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS CONSIDERADAS PARA O CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO.....	84
FIGURA 63 – POLÍGONOS DE THIESSEN PARA O CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÉDIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	86
FIGURA 64 – ABRANGÊNCIA DO SISTEMA AQUÍFERO GNAISSICO-GRANÍTICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	90
FIGURA 65 – ABRANGÊNCIA DO SISTEMA AQUÍFERO PELÍTICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	91
FIGURA 66 – ABRANGÊNCIA DO SISTEMA AQUÍFERO QUARTZÍTICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	92
FIGURA 67 – ABRANGÊNCIA DO SISTEMA AQUÍFERO PELÍTICO-CARBONÁTICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	93
FIGURA 68 – SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO CONVENCIONAL	97
FIGURA 69 – ASPERSOR MONTADO SOBRE CARRINHO.....	98
FIGURA 70 – MANGUEIRA ARRASTADA PELO EQUIPAMENTO	98
FIGURA 71 – TRATOR ENROLANDO A MANGUEIRA	99
FIGURA 72 – MANGUEIRA SENDO ENROLADA PELO CARRETEL	99
FIGURA 73 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA OS SULCOS POR MEIO DE SIFÕES	100
FIGURA 74 – DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PARA OS SULCOS POR MEIO DE TUBOS JANELADOS.....	100
FIGURA 75 – ÁREA COM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO EM FASE DE ENCHIMENTO.....	101
FIGURA 76 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA ALTO RIO PARÁ.....	108
FIGURA 77 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIBEIRÃO BOA VISTA	110
FIGURA 78 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO ITAPECERICA	111
FIGURA 79 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA MÉDIO RIO PARÁ	113
FIGURA 80 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIBEIRÃO DA PACIÊNCIA	114
FIGURA 81 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO SÃO JOÃO.....	116
FIGURA 82 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO LAMBARÍ.....	118
FIGURA 83 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE	119
FIGURA 84 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO PICÃO.....	120
FIGURA 85 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA BAIXO RIO PARÁ	122
FIGURA 86 – GERAÇÃO DE ENERGIA NA SUB-BACIA ALTO RIO PARÁ.....	138
FIGURA 87 – GERAÇÃO DE ENERGIA SUB-BACIA RIBEIRÃO BOA VISTA	139
FIGURA 88 – GERAÇÃO DE ENERGIA SUB-BACIA RIO ITAPECERICA	139
FIGURA 89 – GERAÇÃO DE ENERGIA SUB-BACIA MÉDIO RIO PARÁ	140
FIGURA 90 – GERAÇÃO DE ENERGIA SUB-BACIA RIBEIRÃO DA PACIÊNCIA.....	140
FIGURA 91 – GERAÇÃO DE ENERGIA SUB-BACIA RIO SÃO JOÃO.....	141
FIGURA 92 – GERAÇÃO DE ENERGIA SUB-BACIA RIO LAMBARÍ.....	142
FIGURA 93 – GERAÇÃO DE ENERGIA SUB-BACIA RIO PICÃO	143
FIGURA 94 – GERAÇÃO DE ENERGIA SUB-BACIA BAIXO RIO PARÁ.....	143
FIGURA 95 – ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	245

FIGURA 96 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	263
FIGURA 97 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA001 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	264
FIGURA 98 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA002 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	264
FIGURA 99 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA003 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	265
FIGURA 100 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	265
FIGURA 101 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA001 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	266
FIGURA 102 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA002 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	266
FIGURA 103 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA003 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	267
FIGURA 104 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	267
FIGURA 105 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA001 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	268
FIGURA 106 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA002 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	268
FIGURA 107 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA003 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	269
FIGURA 108 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	269
FIGURA 109 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA001 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	270
FIGURA 110 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA002 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	271
FIGURA 111 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA003 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	271
FIGURA 112 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	272
FIGURA 113 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA001 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	272
FIGURA 114 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA002 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	273
FIGURA 115 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA003 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	273
FIGURA 116 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	274
FIGURA 117 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA001 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	274
FIGURA 118 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA002 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	275
FIGURA 119 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA003 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	275
FIGURA 120 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	276
FIGURA 121 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA001 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	277
FIGURA 122 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA002 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	277
FIGURA 123 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA003 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	278
FIGURA 124 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	278
FIGURA 125 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA001 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	279
FIGURA 126 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA002 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	279
FIGURA 127 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA003 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	280
FIGURA 128 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	280
FIGURA 129 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA001 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	281
FIGURA 130 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA002 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	281
FIGURA 131 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA003 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	282
FIGURA 132 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	283
FIGURA 133 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA004 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	284
FIGURA 134 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA007 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	284
FIGURA 135 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	285
FIGURA 136 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA004 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	285
FIGURA 137 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA007 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	286
FIGURA 138 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	286
FIGURA 139 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA004 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	287
FIGURA 140 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA007 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	287
FIGURA 141 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	288

FIGURA 142 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA004 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	289
FIGURA 143 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA007 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	289
FIGURA 144 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.....	290
FIGURA 145 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA004 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	290
FIGURA 146 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA007 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	291
FIGURA 147 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	291
FIGURA 148 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA004 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	292
FIGURA 149 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA007 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	292
FIGURA 150 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	293
FIGURA 151 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA004 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	294
FIGURA 152 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA007 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	294
FIGURA 153 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	295
FIGURA 154 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA004 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	295
FIGURA 155 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA007 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	296
FIGURA 156 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	296
FIGURA 157 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA004 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	297
FIGURA 158 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA007 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	297
FIGURA 159 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	298
FIGURA 160 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA005 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	299
FIGURA 161 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA020 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	299
FIGURA 162 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	300
FIGURA 163 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA005 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	300
FIGURA 164 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	301
FIGURA 165 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA005 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	301
FIGURA 166 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA020 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	302
FIGURA 167 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	302
FIGURA 168 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA005 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	303
FIGURA 169 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA020 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	303
FIGURA 170 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.....	304
FIGURA 171 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA005 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	304
FIGURA 172 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	305
FIGURA 173 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA005 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	305
FIGURA 174 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA020 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	306
FIGURA 175 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	306
FIGURA 176 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA005 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	307
FIGURA 177 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA020 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	307
FIGURA 178 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	308
FIGURA 179 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA005 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	308
FIGURA 180 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	309
FIGURA 181 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA005 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	309
FIGURA 182 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA020 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	310
FIGURA 183 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	310
FIGURA 184 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA010 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	311

FIGURA 185 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	311
FIGURA 186 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA005 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	312
FIGURA 187 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	312
FIGURA 188 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA010 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	313
FIGURA 189 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	313
FIGURA 190 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA010 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	314
FIGURA 191 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	314
FIGURA 192 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA010 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	315
FIGURA 193 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	315
FIGURA 194 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA010 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	316
FIGURA 195 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	316
FIGURA 196 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA010 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	317
FIGURA 197 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	317
FIGURA 198 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA010 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	318
FIGURA 199 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	318
FIGURA 200 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA010 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	319
FIGURA 201 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	319
FIGURA 202 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA009 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	320
FIGURA 203 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA011 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	321
FIGURA 204 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	321
FIGURA 205 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA009 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	322
FIGURA 206 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA011 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	322
FIGURA 207 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	323
FIGURA 208 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA009 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	323
FIGURA 209 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA011 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	324
FIGURA 210 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	324
FIGURA 211 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA009 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	325
FIGURA 212 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA011 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	325
FIGURA 213 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	326
FIGURA 214 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA009 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	326
FIGURA 215 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA011 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	327
FIGURA 216 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	327
FIGURA 217 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA009 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	328
FIGURA 218 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA011 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	328
FIGURA 219 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	329
FIGURA 220 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA009 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	330
FIGURA 221 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA011 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	330
FIGURA 222 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	331
FIGURA 223 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA009 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	331
FIGURA 224 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA011 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	332
FIGURA 225 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	332
FIGURA 226 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA009 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	333

FIGURA 227 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA011 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	333
FIGURA 228 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	334
FIGURA 229 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA015 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	335
FIGURA 230 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA022 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	335
FIGURA 231 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	336
FIGURA 232 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA015 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	336
FIGURA 233 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	337
FIGURA 234 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA015 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	337
FIGURA 235 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA022 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	338
FIGURA 236 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	338
FIGURA 237 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA015 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	339
FIGURA 238 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA022 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	340
FIGURA 239 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	340
FIGURA 240 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA015 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	341
FIGURA 241 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	341
FIGURA 242 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA015 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	342
FIGURA 243 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA022 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	342
FIGURA 244 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	343
FIGURA 245 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA015 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	344
FIGURA 246 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA022 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	344
FIGURA 247 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	345
FIGURA 248 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA015 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	345
FIGURA 249 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	346
FIGURA 250 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA015 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	346
FIGURA 251 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA022 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	347
FIGURA 252 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	348
FIGURA 253 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA017 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	348
FIGURA 254 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA021 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	349
FIGURA 255 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	349
FIGURA 256 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA017 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	350
FIGURA 257 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	350
FIGURA 258 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA017 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	351
FIGURA 259 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA021 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	351
FIGURA 260 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	352
FIGURA 261 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA017 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	353
FIGURA 262 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA021 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	353
FIGURA 263 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.	354
FIGURA 264 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA017 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.	354
FIGURA 265 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.	355
FIGURA 266 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA017 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	355
FIGURA 267 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA021 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.	356
FIGURA 268 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.	356
FIGURA 269 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA017 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.	357

FIGURA 270 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA021 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.....	357
FIGURA 271 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.....	358
FIGURA 272 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA017 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.....	358
FIGURA 273 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.....	359
FIGURA 274 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA017 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.....	359
FIGURA 275 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA021 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.....	360
FIGURA 276 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.....	360
FIGURA 277 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA013 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.....	361
FIGURA 278 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA019 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.....	361
FIGURA 279 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.....	362
FIGURA 280 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA013 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.....	362
FIGURA 281 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA019 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.....	363
FIGURA 282 – VARIAÇÃO DE DBO PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.....	363
FIGURA 283 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA013 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.....	364
FIGURA 284 – VARIAÇÃO DE DBO PARA PA019 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.....	364
FIGURA 285 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.....	365
FIGURA 286 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA013 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.....	365
FIGURA 287 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA019 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.....	366
FIGURA 288 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.....	366
FIGURA 289 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA013 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.....	367
FIGURA 290 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA019 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.....	367
FIGURA 291 – VARIAÇÃO DE OD PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.....	368
FIGURA 292 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA013 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.....	368
FIGURA 293 – VARIAÇÃO DE OD PARA PA019 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.....	369
FIGURA 294 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO MONITORADO.....	369
FIGURA 295 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA013 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.....	370
FIGURA 296 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA019 EM TODOS OS ANOS MONITORADOS.....	370
FIGURA 297 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO SECO.....	371
FIGURA 298 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA013 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.....	371
FIGURA 299 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA019 EM RELAÇÃO AO PERÍODO SECO DE CADA ANO MONITORADO.....	372
FIGURA 300 – VARIAÇÃO DA TURBIDEZ PARA TODAS AS ESTAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO A TODO O PERÍODO ÚMIDO.....	372
FIGURA 301 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA013 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.....	373
FIGURA 302 – VARIAÇÃO DE TURBIDEZ PARA PA019 EM RELAÇÃO AO PERÍODO ÚMIDO DE CADA ANO MONITORADO.....	373
FIGURA 303 – SEÇÃO TRANSVERSAL.....	377

INDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PADRÕES DE CORES UTILIZADOS PARA CADA SUB-BACIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ TANTO PARA VISUALIZAÇÃO EM TELA (RGB – RED-GREEN-BLUE), QUANTO PARA IMPRESSÃO (CMYK – CIAN-MAGENTA-YELLOW-BLACK).....	2
TABELA 2 – MICRO-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	6
TABELA 3 – CARACTERÍSTICAS DO TAMANHO DAS SÉRIES DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	37

TABELA 4 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA, MÁXIMA, MÍNIMA ANUAIS E DESVIO PADRÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	38
TABELA 5 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL PARA AS 10 SUB-BACIAS DO PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	44
TABELA 6 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	45
TABELA 7 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA ACUMULADA PARA OS PERÍODOS SECO E ÚMIDO.....	46
TABELA 8 – CARACTERÍSTICAS DO TAMANHO DAS SÉRIES DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.....	50
TABELA 9 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO Nº DE ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS SUGERIDAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	52
TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS FISIOMORFOLÓGICAS DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO A MONTANTE DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS CONSIDERADAS.....	53
TABELA 11 – ÁREAS DE DRENAGEM DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	55
TABELA 12 – CARACTERÍSTICAS DAS SÉRIES DE DADOS BRUTOS DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS.....	56
TABELA 13 – CARACTERIZAÇÃO FLUVIOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	57
TABELA 14 – REGIÕES HOMOGÊNEAS DAS VAZÕES MÍNIMAS PARA AS SUB-BACIAS DEFINIDAS NO PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	65
TABELA 15 – REGIÕES HOMOGÊNEAS PARA AS VAZÕES MÁXIMAS PARA AS SUB-BACIAS DEFINIDAS NO PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	70
TABELA 16 – VAZÕES COM 50% E 95% DE PERMANÊNCIA NAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	71
TABELA 17 – PARÂMETRO α DA CURVA DE DEPLEÇÃO PARA CADA REGIÃO HOMOGÊNEA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	83
TABELA 18 – CARACTERÍSTICAS DOS DADOS BRUTOS DE INSOLAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	85
TABELA 19 – CARACTERÍSTICAS DOS DADOS BRUTOS DE TEMPERATURA MÉDIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	85
TABELA 20 – BALANÇO HÍDRICO NAS SUB-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	87
TABELA 21 – VAZÕES ESPECÍFICAS POR SISTEMAS AQUÍFEROS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	89
TABELA 22 – CAPTAÇÃO TOTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	94
TABELA 23 – CLASSIFICAÇÃO DOS PROJETOS DE IRRIGAÇÃO PELO MÉTODO EMPREGADO E DIMENSÃO DA ÁREA IRRIGADA.....	96
TABELA 24 – QUANTIDADE DE CAPTAÇÕES POR TIPO DE IRRIGAÇÃO EM CADA SUB-BACIA.....	104
TABELA 25 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO POR TIPO E MUNICÍPIOS – 2006.....	104
TABELA 26 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA ALTO RIO PARÁ – 2006.....	109
TABELA 27 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIBEIRÃO BOA VISTA – 2006.....	110
TABELA 28 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO ITAPECERICA – 2006.....	112
TABELA 29 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA MÉDIO RIO PARÁ – 2006.....	113
TABELA 30 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIBEIRÃO DA PACIÊNCIA – 2006.....	115
TABELA 31 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO SÃO JOÃO – 2006.....	116
TABELA 32 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO LAMBARÍ – 2006.....	117
TABELA 33 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO DO PEIXE – 2006.....	119
TABELA 34 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA RIO PICÃO – 2006.....	121
TABELA 35 – PONTOS E VAZÕES DE CAPTAÇÃO PARA IRRIGAÇÃO NA SUB-BACIA BAIXO RIO PARÁ – 2006.....	122
TABELA 36 – IRRIGAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ – QUADRO SINTÉTICO – 2006 E TENDENCIAL 2016.....	124
TABELA 37 – FATORES GERADORES DE IMPACTO NA IRRIGAÇÃO NAS SUB-BACIAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	126
TABELA 38 – CRITICIDADE EM RELAÇÃO À DIFERENÇA DE COTAS, NA SUB-BACIA, EM METROS.....	130
TABELA 39 – CRITICIDADE EM RELAÇÃO À % DE ÁREAS COM INCLINAÇÃO SUPERIOR A 30°.....	130
TABELA 40 – FATOR MULTIPLICADOR PARA CRITICIDADE SEGUNDO MÉTODO DE IRRIGAÇÃO, PARA CADA PONTO, DE ACORDO COM A QUANTIDADE MÉDIA DE ÁGUA UTILIZADA.....	131
TABELA 41 – CRITICIDADE EM RELAÇÃO À PONTUAÇÃO DOS MÉTODOS DE IRRIGAÇÃO.....	131
TABELA 42 – CRITICIDADE EM RELAÇÃO À VAZÃO DE CAPTAÇÃO (M ³ /DIA).....	131
TABELA 43 – LEGENDA PARA A HIERARQUIA DOS NÍVEIS DE CRITICIDADE PARA IRRIGAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	132
TABELA 44 – QUADRO RESUMO DAS CRITICIDADES DA IRRIGAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	132
TABELA 45 – SUBESTAÇÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	133
TABELA 46 – PCHS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.....	135
TABELA 47 – CAPTAÇÃO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA NAS PCH’S POR SUB-BACIA.....	144
TABELA 48 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO DOMÉSTICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIO – 2006.....	145
TABELA 49 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO DOMÉSTICO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ POR SUB-BACIA – (2006 E 2016).....	146

TABELA 50 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO DOMÉSTICO POR SUB-BACIA	148
TABELA 51 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA INDÚSTRIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIO – 2006	153
TABELA 52 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA INDÚSTRIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA (2006 E 2016).....	157
TABELA 53 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA ABASTECIMENTO INDUSTRIAL POR SUB-BACIA	165
TABELA 54 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA MINERAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIO – 2006	171
TABELA 55 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA MINERAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA – (2006 E 2016)	172
TABELA 56 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA MINERAÇÃO POR SUB-BACIA	174
TABELA 57 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA AGROINDÚSTRIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIOS – 2006.....	179
TABELA 58 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA AGROINDÚSTRIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA – 2006.....	182
TABELA 59 – PONTOS DE CAPTAÇÃO PARA AGROINDÚSTRIA POR SUB-BACIA	186
TABELA 60 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA OUTROS USOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIOS – 2006.....	192
TABELA 61 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA OUTROS USOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA – 2006	193
TABELA 62 – CAPTAÇÕES PARA OUTROS USOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	195
TABELA 63 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA AQUICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIOS – 2006.....	200
TABELA 64 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA AQUICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA – 2006 E 2016.....	201
TABELA 65 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA AVICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIO – 2006	202
TABELA 66 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA AVICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA – 2006 E 2016.....	204
TABELA 67 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA BOVINOCULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIO – 2006	205
TABELA 68 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA BOVINOCULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA – 2006.....	206
TABELA 69 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA SUINOCULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIO – 2006	208
TABELA 70 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA SUINOCULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA – 2006.....	209
TABELA 71 – CAPTAÇÕES PARA CRIAÇÃO ANIMAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	211
TABELA 72 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA OUTROS USOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR MUNICÍPIOS – 2006.....	224
TABELA 73 – PONTOS E VAZÃO DE CAPTAÇÃO PARA OUTROS USOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ, POR SUB-BACIA – (2006 E 2016)	226
TABELA 74 – CAPTAÇÕES PARA USOS INSIGNIFICANTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	227
TABELA 75 – CAPTAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ – 2006.....	241
TABELA 76 – CAPTAÇÕES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ – TENDENCIAL 2016	242
TABELA 77 – DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ.	244
TABELA 78 – NÚMERO DE ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS POR SUB-BACIA.....	246
TABELA 79 – CLASSES DE ENQUADRAMENTO NAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	246
TABELA 80 – SUB-BACIAS CONTRIBUINTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	247
TABELA 81 – LIMITES PARA OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS POR CLASSE.....	251
TABELA 82 – PERÍODOS AVALIADOS PARA CADA ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	253
TABELA 83 – PORCENTAGEM DE VIOLAÇÕES SOBRE O TOTAL DE AMOSTRAS DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	253
TABELA 84 – NÚMERO DE VIOLAÇÕES PARA OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA EM RELAÇÃO AOS PERÍODOS SECO E ÚMIDO	255
TABELA 85 – VIOLAÇÕES POR ESTAÇÃO DE QUALIDADE PARA OS 31 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA MONITORADOS NO PERÍODO ANUAL.	257
TABELA 86 – VIOLAÇÕES POR ESTAÇÃO DE QUALIDADE PARA OS 31 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA MONITORADOS NO PERÍODO ÚMIDO.....	258

TABELA 87 – VIOLAÇÕES POR ESTAÇÃO DE QUALIDADE PARA OS 31 PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA MONITORADOS NO PERÍODO SECO.	259
TABELA 88 – PERÍODO MAIS CRÍTICO DE CADA PARÂMETRO POR ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO E POR SUB-BACIA, EM % DE VIOLAÇÕES DAS AMOSTRAS.	261
TABELA 89 – CARACTERIZAÇÃO TOPOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	374
TABELA 90 – DECLIVIDADES LONGITUDINAIS DOS TRECHOS DOS RIOS CONSIDERADOS PARA A SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	375
TABELA 91 – CARACTERÍSTICAS DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS DOS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ ...	376
TABELA 92 – VAZÕES DE REFERÊNCIA POR SUB-BACIA PARA A SIMULAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	378
TABELA 93 – VAZÕES DE REFERÊNCIA NAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS.....	379
TABELA 94 – COEFICIENTES DE MANNING PARA AS DIFERENTES VAZÕES DE REFERÊNCIA.....	379
TABELA 95 – DISCRETIZAÇÃO ESPACIAL DOS RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ	380
TABELA 96 – CAPTAÇÃO SUPERFICIAL TOTAL PARA OS RIOS A SEREM SIMULADOS	381
TABELA 97 – CARGAS TOTAIS DE DBO PARA OS PERÍODOS SECO E ÚMIDO POR SUB-BACIA (2006)	381
TABELA 98 – VAZÃO DE LANÇAMENTO DAS CARGAS PONTUAIS.....	382
TABELA 99 – CARGA POLUIDORA UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDA AO LONGO DOS RIOS	382
TABELA 100 – CONCENTRAÇÃO DE DBO NA VAZÃO INCREMENTAL.....	383
TABELA 101 – INTERVALOS DE VALORES TÍPICOS PARA AS CONSTANTES DE QUALIDADE DA ÁGUA	384
TABELA 102 – ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DAS ÁGUAS CONSIDERADAS NA SIMULAÇÃO	384
TABELA 103 – VALORES MÍNIMOS, MÁXIMOS E MÉDIOS DAS SÉRIES DE MONITORAMENTO DE DBO E OD PARA O PERÍODO SECO.	385
TABELA 104 – VALORES MÍNIMOS, MÁXIMOS E MÉDIOS DAS SÉRIES DE MONITORAMENTO DE DBO E OD PARA O PERÍODO ÚMIDO.	386
TABELA 105 – COEFICIENTES TÍPICOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	387
TABELA 106 – PERFIS DE DBO PARA O RIBEIRÃO BOA VISTA.....	388
TABELA 107 – PERFIS DE OD PARA O RIBEIRÃO BOA VISTA	389
TABELA 108 – K_p 'S CALIBRADOS PARA O RIO ITAPECERICA.....	390
TABELA 109 – K_A 'S CALIBRADOS PARA O RIO ITAPECERICA	391
TABELA 110 – K_S 'S CALIBRADOS PARA O RIO ITAPECERICA.....	391
TABELA 111 – S_b 'S CALIBRADOS PARA O RIO ITAPECERICA	391
TABELA 112 – PERFIS DE DBO PARA O RIO ITAPECERICA	392
TABELA 113 – PERFIS DE OD PARA O RIO ITAPECERICA.....	394
TABELA 114 – COEFICIENTES CALIBRADOS PARA O RIBEIRÃO DA PACIÊNCIA	395
TABELA 115 – K_A 'S CALCULADOS PARA O RIBEIRÃO DA PACIÊNCIA.....	395
TABELA 116 – PERFIS DE DBO PARA O RIBEIRÃO DA PACIÊNCIA.....	396
TABELA 117 – PERFIS DE OD PARA O RIBEIRÃO DA PACIÊNCIA	397
TABELA 118 – K_p 'S CALIBRADOS PARA O RIO SÃO JOÃO	398
TABELA 119 – K_A 'S CALIBRADOS PARA O RIO SÃO JOÃO	398
TABELA 120 – K_S 'S CALIBRADOS PARA O RIO SÃO JOÃO.....	399
TABELA 121 – S_b 'S CALIBRADOS PARA O RIO SÃO JOÃO.....	399
TABELA 122 – PERFIS DE DBO PARA O RIO SÃO JOÃO	400
TABELA 123 – PERFIS DE OD PARA O RIO SÃO JOÃO.....	401
TABELA 124 – COEFICIENTES CALIBRADOS PARA O RIO LAMBARI.....	402
TABELA 125 – K_A 'S CALCULADOS PARA O RIO LAMBARI.....	402
TABELA 126 – PERFIS DE DBO PARA O RIO LAMBARI	403
TABELA 127 – PERFIS DE OD PARA O RIO LAMBARI.....	404
TABELA 128 – PERFIS DE DBO PARA O RIO DO PEIXE	405
TABELA 129 – PERFIS DE OD PARA O RIO DO PEIXE	406
TABELA 130 – COEFICIENTES CALIBRADOS PARA O RIO PICÃO.....	407
TABELA 131 – K_A 'S CALCULADOS PARA O RIO PICÃO.....	407
TABELA 132 – PERFIS DE DBO PARA O RIO PICÃO	408
TABELA 133 – PERFIS DE OD PARA O RIO PICÃO.....	409
TABELA 134 – K_p 'S CALIBRADOS PARA O RIO PARÁ	410
TABELA 135 – K_A 'S CALIBRADOS PARA O RIO PARÁ	411
TABELA 136 – K_S 'S CALIBRADOS PARA O RIO PARÁ.....	411
TABELA 137 – S_b 'S CALIBRADOS PARA O RIO PARÁ.....	412
TABELA 138 – PERFIS DE DBO PARA O RIO PARÁ	413
TABELA 139 – PERFIS DE OD PARA O RIO PARÁ.....	414

I INTRODUÇÃO

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foi contratado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, com recursos advindos do Convênio Nº. 1.93.05.0038-00 CODEVASF – 1ª Superintendência Regional- Sede – Montes Claros – Minas Gerais através Processo Licitatório Nº02 / 2006, Tomada de Preços 001/2006 através da qual foi contratada a empresa Tese Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda., vencedora do certame.

A Coordenação Executiva da elaboração do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará é de responsabilidade da Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e do IGAM- Instituto Mineiro de Gestão das Águas, da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, em perfeita sinergia com a empresa Tese Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Alto São Francisco, tem como objetivo geral estabelecer metas estratégicas e instrumentos de gestão com vistas ao desenvolvimento sustentado da região. Ali aprimora e detalha o Plano Diretor Rio São Francisco, seu escopo maior de contextualização.

Os Planos Diretores de Recursos Hídricos são instrumentos estratégicos que se consolidam através dos Sistemas de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Constituem-se em diretrizes que visam fundamentar e orientar a implementação da Política de Recursos Hídricos em bacias hidrográficas.

Os Planos Diretores de Recursos Hídricos são também referenciais para os instrumentos técnicos de gestão, cuja aprovação se insere no escopo decisório do Comitê da Bacia Hidrográfica, mesclando-se, nesse processo, o fator técnico e o fator político, nos moldes de um gerenciamento participativo e integrado.

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foi elaborado segundo itemização constante no Termo de Referência, parte integrante do Edital de Licitação do Processo Licitatório mencionado.

Todas as propostas do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará serão submetidas à população local via audiências públicas, adotando-se o mesmo procedimento para legitimação final das propostas constantes no documento definitivo.

Ressalte-se o papel do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará como instrumento indutor do processo de desenvolvimento sustentado da região compreendida pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Ali são enfatizados, em particular, os aspectos relacionados à gestão dos recursos hídricos, proporcionando ao seu Comitê e à futura Agência de Bacia Hidrográfica do Rio Pará, instrumento normativo e consultivo de suporte ao planejamento e a gestão do desenvolvimento regional, com vistas à correção de desconformidades sócio-ambientais detectadas.

Não obstante a inestimável importância dos Planos Diretores de Recursos Hídricos estruturados para a região, em especial daqueles que tratam dos Afluentes do Alto Rio São Francisco, estes documentos carecem de detalhes e escala adequada ao planejamento de ações e projetos locais ou regionais.

Alguns aspectos críticos quanto ao manejo dos recursos hídricos da região da Bacia Hidrografia do Rio Pará, que requerem soluções urgentes, foram detectados empiricamente, conforme explicitado no Termo de Referência do processo licitatório:

- Redução significativa da disponibilidade hídrica;

- Comprometimento do atendimento à demanda doméstica em alguns municípios;
- Deterioração da qualidade das águas superficiais;
- Implementação de ações ambientais isoladas, pobremente contextualizadas, resultando na diluição de recursos preciosos;
- Não atendimento à demanda das populações locais;
- Dispersão de esforços;
- Insucesso da maioria dos empreendimentos voltados à proteção e conservação dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

É necessária a integração das ações municipais com vistas à revitalização do ecossistema da Bacia Hidrográfica do Rio Pará através de ações emergenciais, corretivas e mitigadoras dos conflitos gerados pelo uso múltiplo da água. É necessária, fundamentalmente, a manutenção dos níveis de disponibilidade hídrica e de qualidade da água, adequados às demandas básicas da população.

Estas ações devem ser articuladas a partir do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, elemento balizador e referencial (conceitual e executivo) para garantir sua coerência e eficácia.

Adicionalmente, observa-se a necessidade premente de mobilização comunitária, promoção da cidadania das águas, criação da figura emblemática do Produtor de Águas, do Conservador das Águas e do Condomínio das Águas, para tornar cada habitante co-responsável pela gestão ambiental. É necessário também, introduzir a consciência de que os recursos naturais guardam interdependência, no contexto da sustentabilidade ambiental e que a conservação dos recursos hídricos, enquanto elemento finito e indispensável ao desenvolvimento econômico e social da região, é crítica para a vida.

Estas questões, somadas às bases conceituais e operacionais existentes consubstanciadas por grandes esforços anteriores, são o substrato que apóia o desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Enquanto instrumento diretivo, o Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, deve também promover o fortalecimento institucional do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, subsidiando de forma concreta e objetiva, os procedimentos para os estudos e projetos voltados à transformação da Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará na Agência de Bacia ou entidade equiparada.

O desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e a futura institucionalização da Agência de Bacia são ações imperativas, constituindo-se em bases concretas para a plena implementação e operacionalização das diretrizes legalmente estabelecidas nas esferas dos governos Federal e Estadual.

A implantação de um sistema consistente e objetivo de gestão dos recursos hídricos regionais possibilitará a melhoria significativa das condições de vida das populações locais, lançando bases sólidas que fundamentarão o desenvolvimento sustentado da região compreendida pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

II OBJETIVOS DO PLANO DIRETOR DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará tem os seguintes objetivos, conforme especificado no Termo de Referência do processo licitatório:

- Estabelecer bases analítico-operacionais para implantação da gestão de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará;
- Fornecer diretrizes e critérios para os instrumentos de gestão, quais sejam: outorga de direito de uso de recursos hídricos, cobrança pelo uso de recursos hídricos, reenquadramento dos corpos de água em classes segundo seus usos preponderantes, fiscalização e monitoramento;
- Prover ao Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e à futura Agência de Bacia, de instrumentos técnico-conceituais, como suporte à tomada de decisão;
- Estabelecer diretrizes gerais para a implementação de programas, projetos e ações que promovam a revitalização, a recuperação e a conservação hidro-ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Existem dois grandes entraves ao desenvolvimento do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e, conseqüentemente, à implantação de sistema de gestão integrada da região: i – a ausência ou descontinuidade das séries históricas de dados sobre o comportamento das características físicas da região compreendida pela Bacia Hidrográfica do Rio Pará, e ii – a inexistência de conceituação básica, referenciais técnicos consistentes e instrumentação analítica de suporte à tomada de decisões, detalhando ações pontuais que integrem o escopo maior das metas estabelecidas pelo Plano. O segundo entrave deve-se, principalmente, à escala de trabalho factível para o desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia do Rio Pará, que é de 1:50.000.

Estes aspectos são passíveis de atendimento a partir da inserção do conhecimento empírico dos técnicos da região, em especial do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, ambiente analítico de desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Desta forma serão atingidos os objetivos supra relacionados, ressaltando-se, neste contexto, a importância do cadastro de Usuários da Água, recentemente executado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Os dados ali contidos permitem a adoção de escala compatível com as demandas estabelecidas pelo conjunto de ações eminentemente operacionais, que frequentemente possuem foco pontual.

III ESTRATÉGIA OPERACIONAL – ASPECTOS METODOLÓGICOS

A metodologia de desenvolvimento do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está baseada em nove etapas de trabalho, a saber:

1. Suporte Institucional
2. Caracterização do Meio Físico
3. Avaliação e Análise Ambiental
4. Caracterização do Sistema Sócio-econômico
5. Caracterização dos Recursos Hídricos

6. Disponibilidade Hídrica
7. Cenários de Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos
8. Plano de Monitoramento
9. Modelos de Avaliação e Gestão

A elaboração do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está baseada nos fundamentos, objetivos e diretrizes gerais de ação previstos na Lei Estadual Nº. 13.199/99, coerentes com disposições correspondentes da Lei Federal Nº. 9.433/ 97 sob a perspectiva da gestão integrada.

Considera os estudos existentes da Bacia Hidrográfica do Rio Pará e ainda, o Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Concomitante à sua elaboração, está prevista a discussão do Plano Diretor do Rio Pará, com Coordenação Executiva do mesmo composta por membros da Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em especial com o IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas, da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Social e com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, além da sociedade civil e diferentes usuários desta Bacia.

O Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará da Bacia Hidrográfica do Rio Pará tem o horizonte de 10 anos (2007 – 2016). Será atualizado a cada quatro anos, objetivando a manutenção de um processo dinâmico e contínuo de avaliação dos resultados e atualização de dados, buscando, desta forma, aperfeiçoamentos sucessivos, deste fundamental instrumento de gestão.

O presente relatório apresenta o conteúdo correspondente à **Etapa 5** do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

5 Caracterização dos Recursos Hídricos

5.1 Hidrografia Básica

A Bacia Hidrográfica do Rio Pará corresponde à porção de território cujas águas contribuem para a formação do Rio Pará até o seu deságüe no Rio São Francisco. Esta área compreende aproximadamente 12.300 km². A extensão do Rio Pará, desde suas nascentes até sua foz, é de aproximadamente 365 km.

O mapeamento oficial mais atualizado da hidrografia da Bacia Hidrográfica do Rio Pará é o constante nas cartas do IBGE, datadas de 1970, nas escalas 1:50.000 e 1:100.000. A articulação das cartas do IBGE está no **Anexo 3**, no arquivo formato shapefile “Articulacao_CBH_IBGE”. Neste material, a porção norte da Bacia Hidrográfica do Rio Pará possui menor detalhamento dos afluentes do Rio Pará, em função da escala de 1:100.000.

No ano de 2001 a Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará contratou os serviços de restituição aerofotogramétrica de 4 cartas na escala 1:100.000 para a escala 1:50.000, cujo resultado foi a confecção de cartas planialtimétricas da porção da Bacia Hidrográfica do Rio Pará compreendida em região acima do paralelo 19º, em formato .DGL e .DXF. O presente Plano Diretor foi desenvolvido sobre esta base, inteiramente na escala 1:50.000.

De acordo com a hidrografia existente neste material, o Rio Pará possui 535 afluentes diretos. Destes, 5 são os afluentes diretos principais, que formam as maiores sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará: Rio Itapecerica, Rio São João, Rio Lambari, Rio do Peixe e Rio Picão; 58 são afluentes diretos cujas bacias de drenagem são maiores que 10 km² e o restante são bacias menores, de pequenos rios e córregos, que deságuam diretamente no Rio Pará. A hidrografia completa, fornecida pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, encontra-se no **Anexo 3**, no arquivo formato shapefile “Hidrografia_Completa_CBH”.

O Plano Diretor definiu, para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, a compartimentação hidromorfológica em dez sub-bacias para as análises e propostas de ações. Cinco destas sub-bacias são as bacias dos grandes afluentes do Rio Pará: Sub-bacia Rio Itapecerica, Sub-bacia Rio São João, Sub-bacia Rio Lambari, Sub-bacia Rio do Peixe e Sub-bacia Rio Picão.

Duas delas são bacias de afluentes destes afluentes do Rio Pará: A Sub-bacia Ribeirão Boa Vista, que é afluente do Rio Itapecerica e Sub-bacia Ribeirão da Paciência, que é afluente do Rio São João. As três sub-bacias restantes são as áreas de contribuição direta do Rio Pará, assim nomeadas: Sub-bacia Alto Rio Pará, Sub-bacia Médio Rio Pará e Sub-bacia Baixo Rio Pará. A **Figura 1** mostra esta compartimentação. O arquivo formato shapefile com esta divisão (SubBacias_Compart_Hidromorf) está no **Anexo 3**.

Os estudos efetuados para o Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foram agregados territorialmente por esta compartimentação hidromorfológica.

Para facilitar a leitura dos dados, foram padronizadas cores para cada sub-bacia, permitindo uma identificação visual imediata das mesmas. A **Tabela 1** contém os padrões de cores tanto para visualização em tela (RGB – Red-Green-Blue), quanto para impressão (CMYK – Cian-Magenta-Yellow-Black). As cores da impressão dependem também do papel usado e da escala cromática da impressora. A conversão de cores de RGB para CMYK foi feita considerando a paleta de cores do CorelDraw 12.

Tabela 1 - Padrões de cores utilizados para cada Sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Pará tanto para visualização em tela (RGB – Red-Green-Blue), quanto para impressão (CMYK – Cian-Magenta-Yellow-Black)

Padrões de Cores Utilizados por Sub-bacia							
SUB-BACIA	CORES PARA VISUALIZAÇÃO			CORES PARA IMPRESSÃO			
	R	G	B	C	M	Y	K
Alto Rio Pará	232	178	37	4	29	93	0
Ribeirão Boa Vista	205	189	145	13	17	42	0
Rio Itapecerica	215	140	158	8	47	18	0
Médio Rio Pará	255	255	0	4	3	92	0
Ribeirão da Paciência	232	190	255	26	39	0	0
Rio São João	178	178	178	23	18	18	0
Rio Lambari	225	225	225	7	5	5	0
Rio do Peixe	255	219	232	5	18	5	0
Rio Picão	255	143	110	1	53	64	0
Baixo Rio Pará	255	255	190	3	2	31	0

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As 10 sub-bacias da compartimentação adotada para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará estão re-agrupadas em Alto, Médio e Baixo Pará. Esta macro-divisão tem sido utilizada nas audiências públicas onde os participantes são convocados de acordo com a contribuição da sub-bacia onde moram ou desenvolvem atividades. Fazem parte de cada uma das três divisões as sub-bacias a montante do seu exutório. A **Figura 1** mostra esta macro-divisão com as respectivas sub-bacias que as formam. O arquivo formato shapefile com esta divisão (SubBacias_Macro-Divisao) está no **Anexo 3**.

As sub-bacias que compreendem cada uma das três macro-divisões são as seguintes:

- **Alto Pará:** Sub-bacia Alto Rio Pará;
- **Médio Pará:** Sub-bacias Ribeirão Boa Vista, Rio Itapecerica e Médio Rio Pará;
- **Baixo Pará:** Sub-bacias Ribeirão da Paciência, Rio São João, Rio Lambari, Rio do Peixe, Rio Picão e Baixo Rio Pará.

Sobre as 10 sub-bacias foram delimitadas as micro-bacias com mais de 10 km², totalizando 186 para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, com exceção das 10 já definidas pela compartimentação. A denominação “micro-bacia”, ainda que não convencional na literatura pertinente à compartimentação hidromorfológica do território, é aqui utilizada para uniformizar, na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, todas as bacias com mais de 10 km², dos afluentes do rio principal de cada uma das 10 sub-bacias.

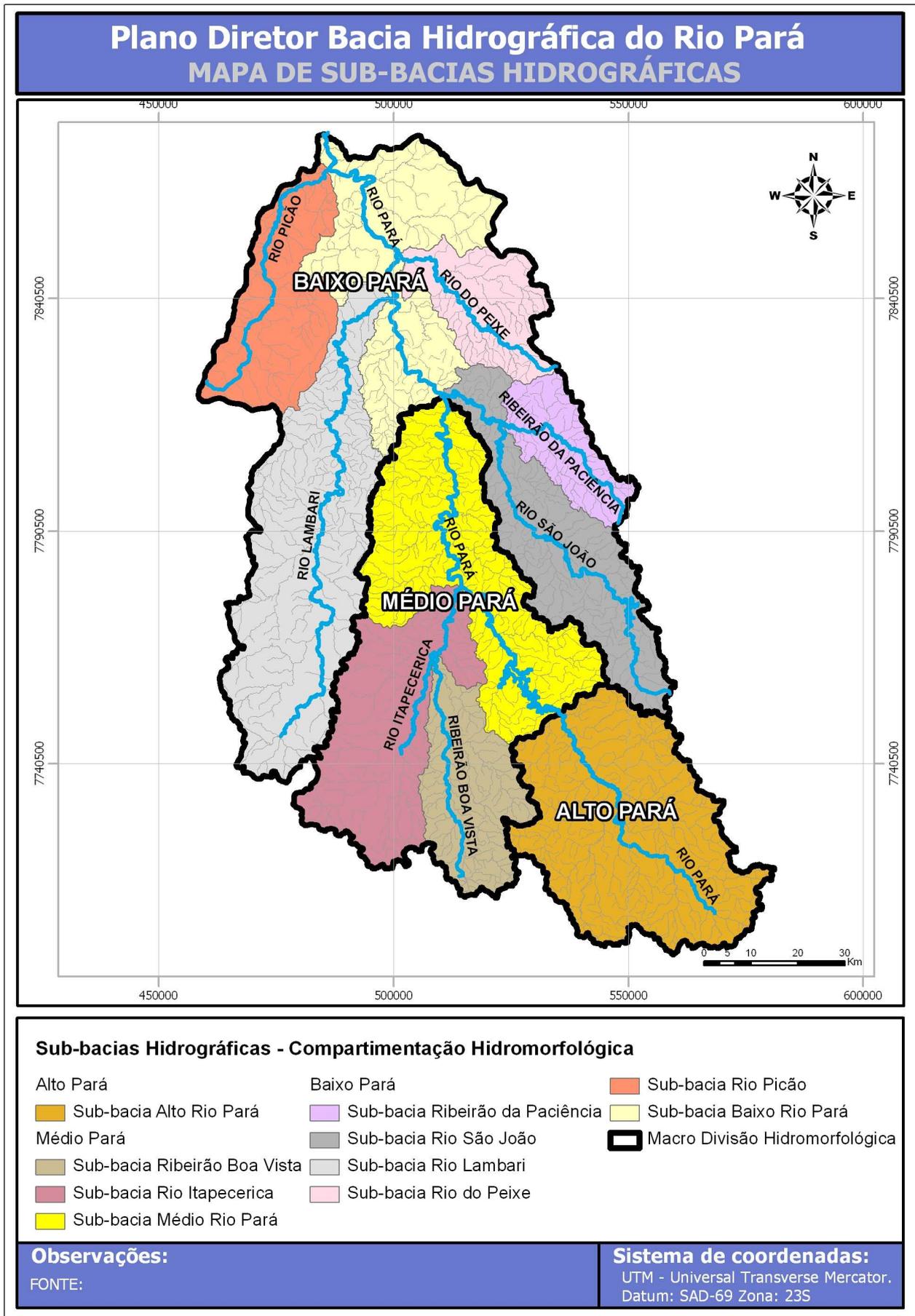


Figura 1 - Sub-bacias da Compartimentação Hidromorfológica para o Plano Diretor

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 2** mostra as 10 sub-bacias com suas micro-bacias numeradas de 1 a 186. O arquivo formato shapefile com esta divisão (MicroBacias_Compart_10km2) está no **Anexo 3**. Cada micro-bacia recebeu o nome do seu curso de água, que desemboca no rio principal da Sub-bacia. As micro-bacias dos cursos d'água que desembocam no rio principal da sub-bacia, mas que não atingiram os 10 km² formaram, todas juntas, uma micro-bacia incremental em cada sub-bacia, cuja foz coincide com a foz da sub-bacia.

As bacias que comportam os afluentes do rio principal das micro-bacias são denominadas no Plano Diretor como “nano-bacias”. Um exemplo está no Item 3.2.4.1.1 na Etapa 3 deste Plano Diretor, onde foi feito um detalhamento da Unidade de Proteção Integral Estação Ecológica Mata do Cedro. Para esta análise específica foram traçadas as micro-bacias e nano-bacias existentes na Mata do Cedro, contemplando as áreas de contribuição de todos os cursos d'água existentes, todas menores que 10km², para uma análise do uso e ocupação do solo nestas pequenas áreas.

Este critério uniformiza a denominação das bacias hidrográficas (sub, micro e nano-bacias) da Bacia Hidrográfica do Rio Pará nas diferentes escalas de detalhamento para as análises, propostas e conclusões do Plano Diretor.

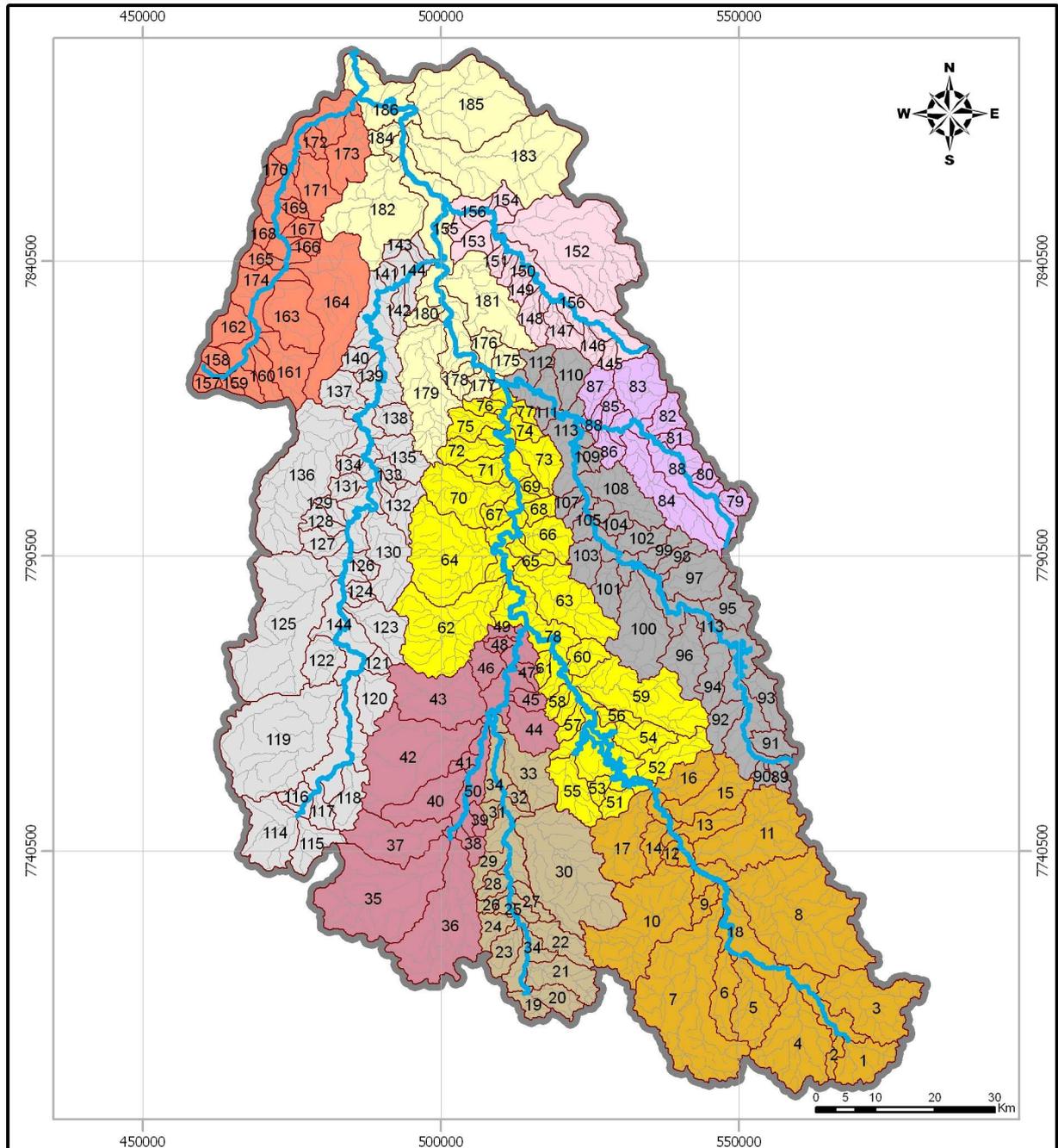
A **Tabela 2** mostra cada sub-bacia com suas respectivas micro-bacias na ordem de chegada no rio principal e as distâncias, em quilômetros, medidas a partir da foz do rio principal da Sub-bacia. No caso das Sub-bacias Alto Rio Pará, Médio Rio Pará e Baixo Rio Pará, as distâncias foram medidas a partir de seus exutórios, no próprio Rio Pará. Na Sub-bacia Médio Rio Pará a distância do exutório da micro-bacia 53 é maior que a distância do exutório da micro-bacia 52 até a foz da sub-bacia. Isto ocorreu porque esta distância foi medida na margem do Rio Pará, que neste trecho tem sua caixa alargada e sinuosa. O mesmo acontece com as micro-bacias 90 e 91, na Sub-bacia Rio São João. As figuras constantes da **Tabela 2** estão presentes no **Anexo 1**.

O **Anexo 12** contém os 10 arquivos formato jpg e cdr (para plotagem) com as sub-bacias da divisão hidromorfológica adotada para o Plano Diretor, contendo cada um: micro-bacias com seus respectivos números, hidrografia principal, hidrografia secundária, manchas das sedes urbanas municipais, comunidades, rodovias federais e estaduais, estradas municipais, mapa de situação da sub-bacia na Bacia Hidrográfica do Rio Pará e mapa de situação dos municípios dentro da sub-bacia.

As áreas das micro-bacias foram obtidas diretamente do *shapefile* com os limites das mesmas, traçados pela TESE Tecnologia sobre a base de hidrografia e curvas de nível fornecida pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em ambiente de Geoprocessamento, com a construção do *geodatabase*. O mesmo foi feito com as distâncias dos exutórios das micro-bacias até os exutórios das sub-bacias, tomando o cuidado de transformar cada trecho em uma única linha, emendando as quebras existentes. Os arquivos formato *shapefile* com o traçado das micro-bacias, com a hidrografia e com as curvas de nível encontram-se no **Anexo 3**. Para a obtenção dos valores é preciso carregar o shapefile no ArcView dentro do *geodatabase*.

Plano Diretor Bacia Hidrográfica do Rio Pará

MAPA DE SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS



Sub-bacias Hidrográficas - Compartimentação Hidromorfológica

Limite da Bacia do Rio Pará	Sub-bacia Médio Rio Pará	Sub-bacia Rio do Peixe
Sub-bacia Alto Rio Pará	Sub-bacia Ribeirão da Paciência	Sub-bacia Rio Picão
Sub-bacia Baixo Rio Pará	Sub-bacia Rio São João	Sub-bacia Baixo Rio Pará
Sub-bacia Rio Itapeçerica	Sub-bacia Rio Lambari	Micro-bacias maiores que 10km ²

Observações:
 FONTE: Agência Nacional de Águas - ANA - Hidroweb

Sistema de coordenadas:
 UTM - Universal Transverse Mercator.
 Datum: SAD-69 Zona: 23S

Figura 2 - Sub-bacias e respectivas micro-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
 Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

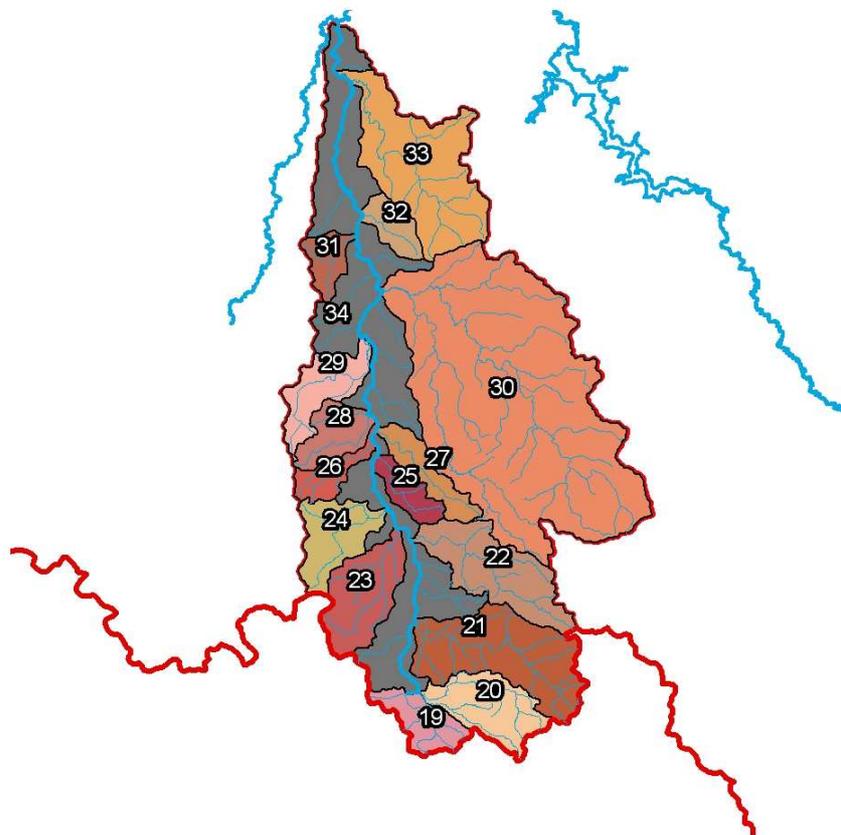
Tabela 2 – Micro-Bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor

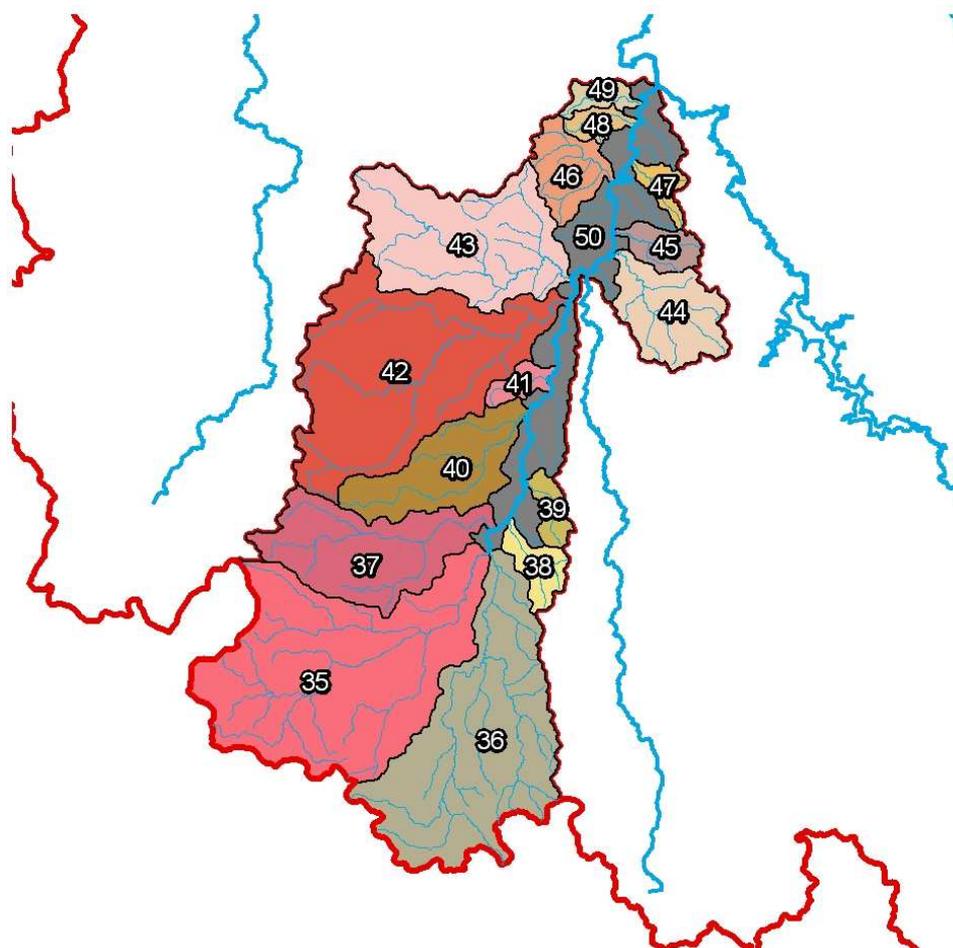
Sub-Bacia Alto Rio Pará – 18 Micro-Bacias



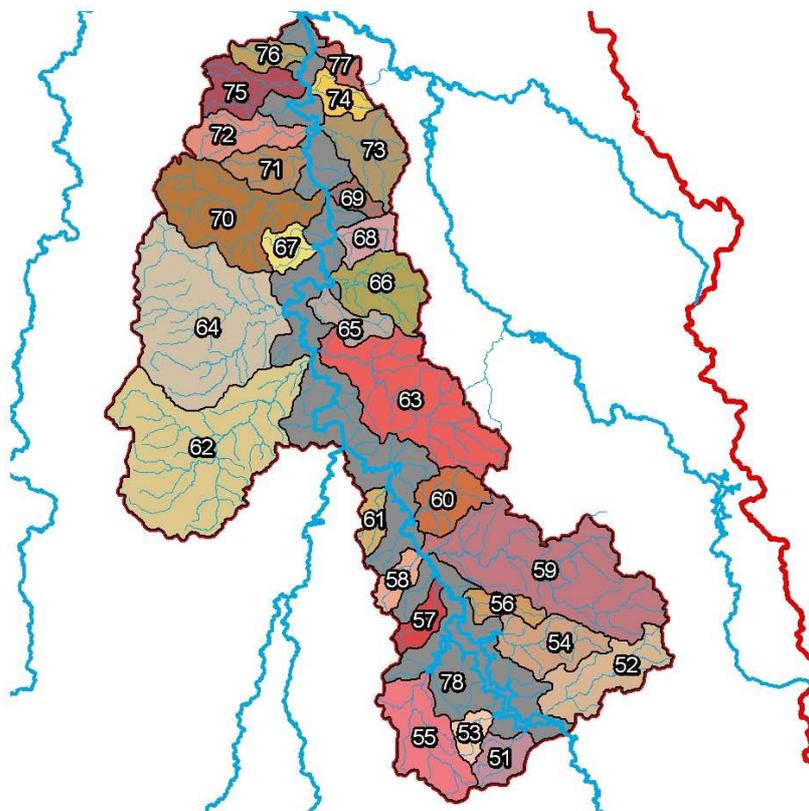
Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
01	Córrego do Potreiro	57,45	85,15
02	Córrego da Água Limpa	12,70	81,81
03	Ribeirão da Capela Nova	130,31	73,44
04	Ribeirão da Ponte Alta	139,62	67,49
05	Ribeirão Passa Tempo	75,52	53,72
06	Ribeirão da Pedra Montada	49,82	50,96
07	Ribeirão do Curral Recreio	300,89	38,36
08	Rio do Peixe ou Paracatu	323,00	33,66
09	Córrego Lagoão	18,51	31,94
10	Ribeirão Japão Grande	211,22	24,32
11	Ribeirão Itaguara ou Conquista	159,98	23,30
12	Córrego Catucá	8,52	16,90
13	Ribeirão Campo Grande	37,63	13,96
14	Ribeirão da Fábrica	25,52	12,05
15	Ribeirão Boa Vista	73,67	6,67
16	Ribeirão Joana Velha	51,99	1,06
17	Ribeirão Itamambé ou Palmital	102,14	0,13
18	Incremental Alto Rio Pará	203,04	0,00

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)
Sub-Bacia Ribeirão Boa Vista – 16 Micro-Bacias


Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
19	Córrego da Folha Larga	17,08	68,90
20	Córrego Água Suja	29,41	68,64
21	Ribeirão Mandembo ou dos Felix da Catinga	57,78	62,12
22	Ribeirão da Tamanca	42,39	55,98
23	Ribeirão Bom Jesus	31,88	54,54
24	Ribeirão Vermelho	24,86	52,57
25	Córrego Araras	11,60	46,93
26	Córrego das Pedras	10,97	45,22
27	Córrego da Barreira ou Bom Jardim	16,59	43,97
28	Córrego Jatobá	16,90	42,70
29	Córrego Sabarazinho	22,05	35,02
30	Ribeirão do Cláudio	245,89	30,17
31	Córrego Lava Pés	10,58	23,87
32	Córrego Fundo	11,37	21,75
33	Ribeirão Sete Lagoas ou da Bocaina	69,09	7,43
34	Incremental Ribeirão Boa Vista	158,44	0,00

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)
Sub-Bacia Rio Itapecerica – 16 Micro-Bacias


Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
35	Ribeirão Vermelho ou do Gama	246,62	66,31
36	Ribeirão Santo Antonio	197,62	65,55
37	Córrego Ponte Alta ou João de Barro	96,84	63,28
38	Córrego dos Magros	17,36	60,12
39	Córrego Areado	11,54	55,58
40	Ribeirão Partidário ou da Malhada	69,69	47,29
41	Córrego do Pinto	10,18	42,12
42	Ribeirão São Pedro	205,14	32,15
43	Ribeirão do Cacoco	127,34	28,03
44	Córrego Buriti	52,96	21,89
45	Córrego do Paiol	16,43	19,77
46	Córrego das Flechas	31,25	13,76
47	Córrego Ponte Funda	10,10	9,08
48	Córrego do Bagaço	10,18	5,04
49	Córrego Sujo	9,82	2,96
50	Incremental Rio Itapecerica	123,13	0,00

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)
Sub-Bacia Médio Rio Pará – 28 Micro-Bacias


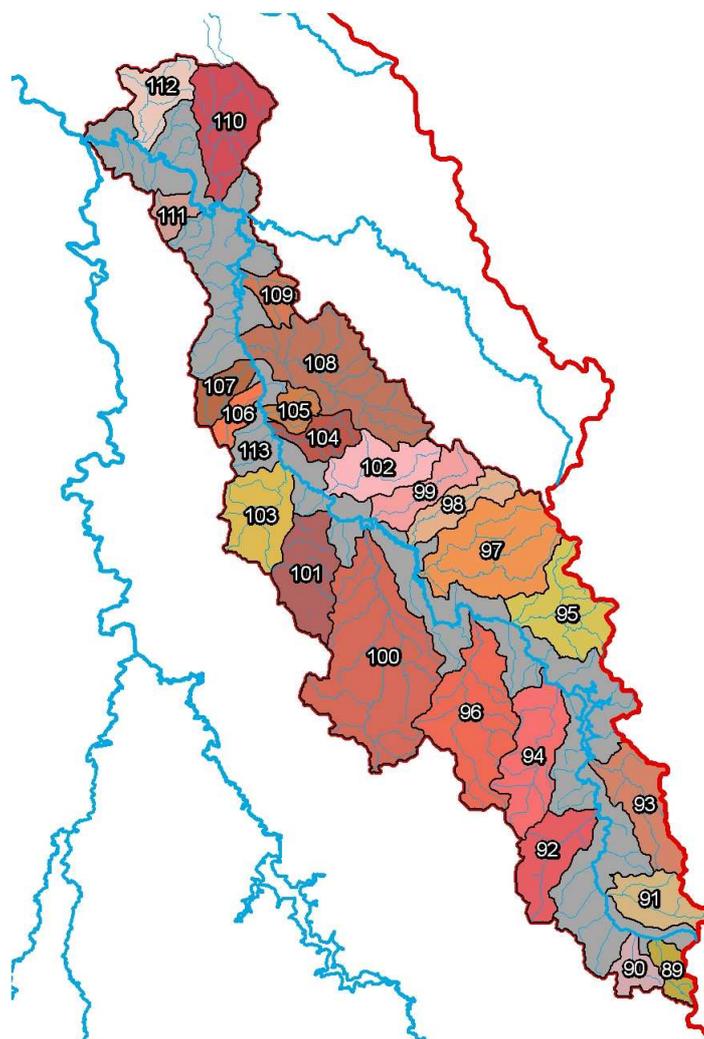
Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
51	Córrego do Sousa	20,83	149,24
52	Ribeirão do Sape	53,60	139,04
53	Córrego Machadinho	12,78	143,91
54	Ribeirão do Barreiro ou Ribeiro	42,46	117,48
55	Ribeirão do Corvo	58,58	121,32
56	Córrego Fundo	15,88	106,91
57	Córrego da Roseira	16,24	104,51
58	Córrego da Caveira	14,34	98,81
59	Ribeirão do Empanturrado	155,86	98,04
60	Córrego Moganga	31,75	91,89
61	Córrego da Divisa	12,37	87,10
62	Ribeirão do Vasis	189,71	58,09
63	Ribeirão dos Morais	121,79	56,31
64	Ribeirão dos Costas	177,18	48,87
65	Córrego Buriti	20,57	39,51
66	Ribeirão do Venâncio	45,97	38,32
67	Córrego da Ripa	15,96	34,82
68	Córrego Conquista	18,26	30,75
69	Córrego Quilombo	10,66	26,41
70	Ribeirão da Fatura ou Gama	94,04	26,71

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)**Sub-Bacia Médio Rio Pará – 28 Micro-Bacias (Cont.)**

Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
71	Córrego Bom Jardim	26,05	22,84
72	Córrego Boa Vista	35,26	19,73
73	Ribeirão da Prata	43,95	17,92
74	Ribeirão Capuava	16,24	9,35
75	Córrego Cachoeirinha Charneca	34,77	8,23
76	Córrego do Veado ou do Macaco	15,83	5,06
77	Córrego Carneiro	10,49	3,79
78	Incremental Médio Rio Para	352,99	0,00

Sub-Bacia Ribeirão da Paciência – 10 Micro-Bacias

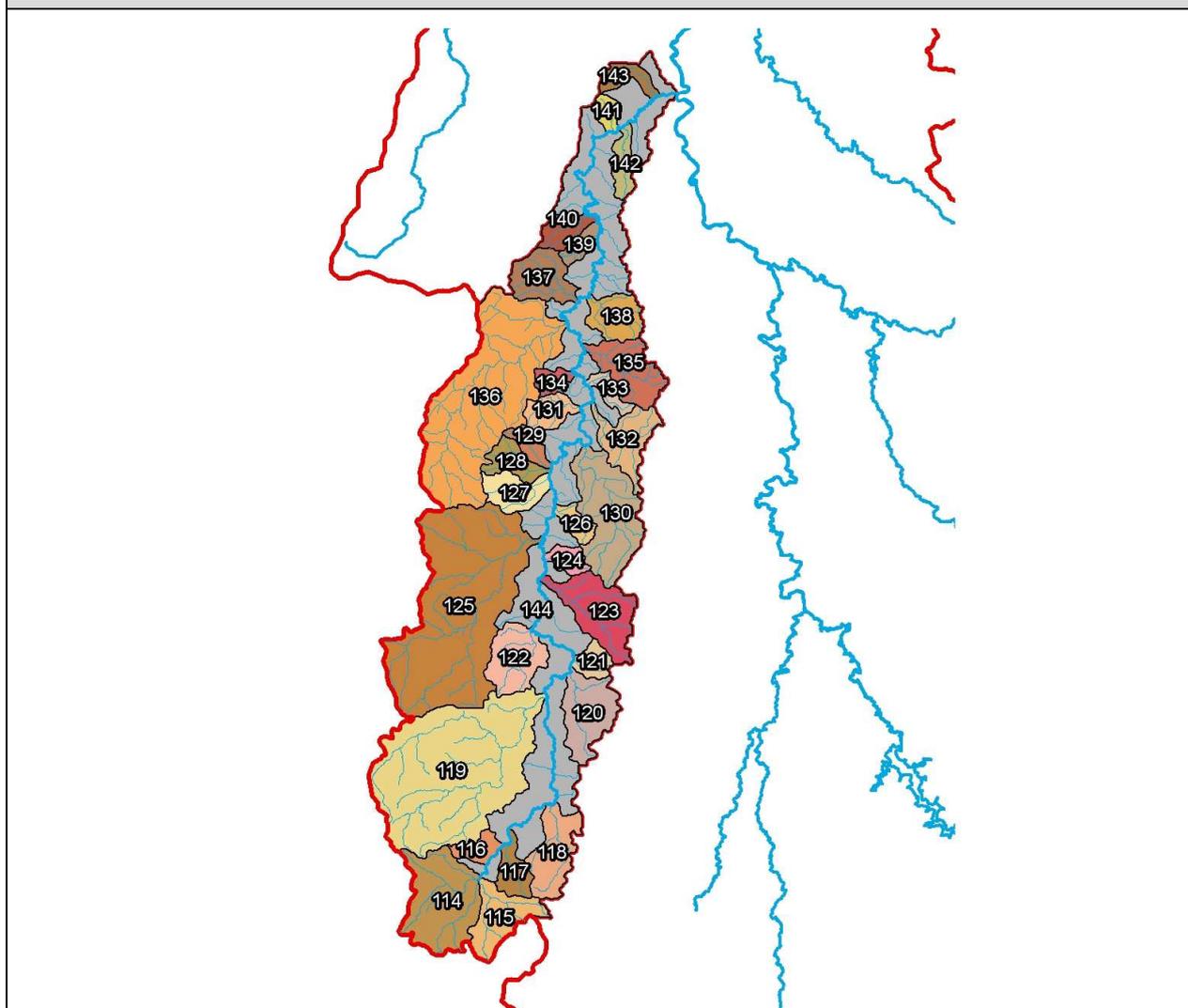
Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
79	Córrego do Cedro	18,61	47,03
80	Córrego Água Limpa	12,06	37,66
81	Córrego dos Limas	13,57	25,29
82	Córrego Aparição	28,34	22,13
83	Córrego da Colônia	73,17	15,69
84	Ribeirão dos Meireles	106,68	12,16
85	Córrego Capim de Cheiro	15,90	7,79
86	Córrego Fazenda Velha	19,41	7,10
87	Ribeirão dos Guardas	31,81	3,45
88	Incremental Ribeirão da Paciência	133,35	0,00

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)
Sub-Bacia Rio São João – 25 Micro-Bacias


Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
89	Córrego Gentil	10,99	150,08
90	Córrego das Paineiras	11,89	144,62
91	Córrego dos Clementinos	25,25	147,88
92	Ribeirão Jacuba	33,23	129,86
93	Córrego Retiro dos Pintos	34,75	128,65
94	Córrego do Soldado	44,33	110,19
95	Córrego Fundão	41,90	99,37
96	Ribeirão dos Campos ou dos Lopes	65,51	90,42
97	Ribeirão Calambau	66,82	79,82
98	Ribeirão Campo Redondo	20,57	75,81
99	Córrego do Sitio	24,28	68,94
100	Ribeirão dos Coelhos ou dos Machados	117,36	70,43
101	Ribeirão Pedra Negra	36,89	65,63

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)**Sub-Bacia Rio São João – 25 Micro-Bacias (Cont.)**

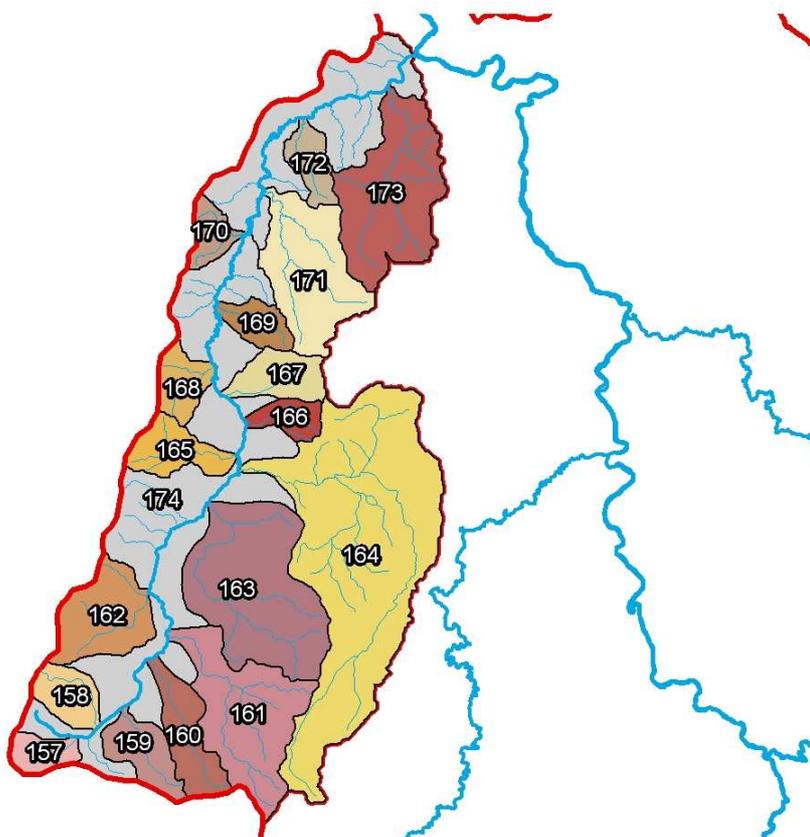
Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
102	Córrego dos Mateus	33,00	61,11
103	Córrego Campo Alegre	36,20	57,88
104	Córrego do Cedro	16,13	51,55
105	Córrego Ponte Caída	11,16	49,53
106	Córrego Barro Preto	10,02	49,12
107	Córrego Buriti	13,80	44,87
108	Ribeirão Areias	75,78	40,63
109	Córrego Ponte Alta	12,06	32,20
110	Ribeirão da Onça	44,93	21,43
111	Córrego Palmital	9,29	16,75
112	Córrego Engenho	24,99	7,14
113	Incremental Rio São João	351,17	0,00

Sub-Bacia Rio Lambari – 31 Micro-Bacias

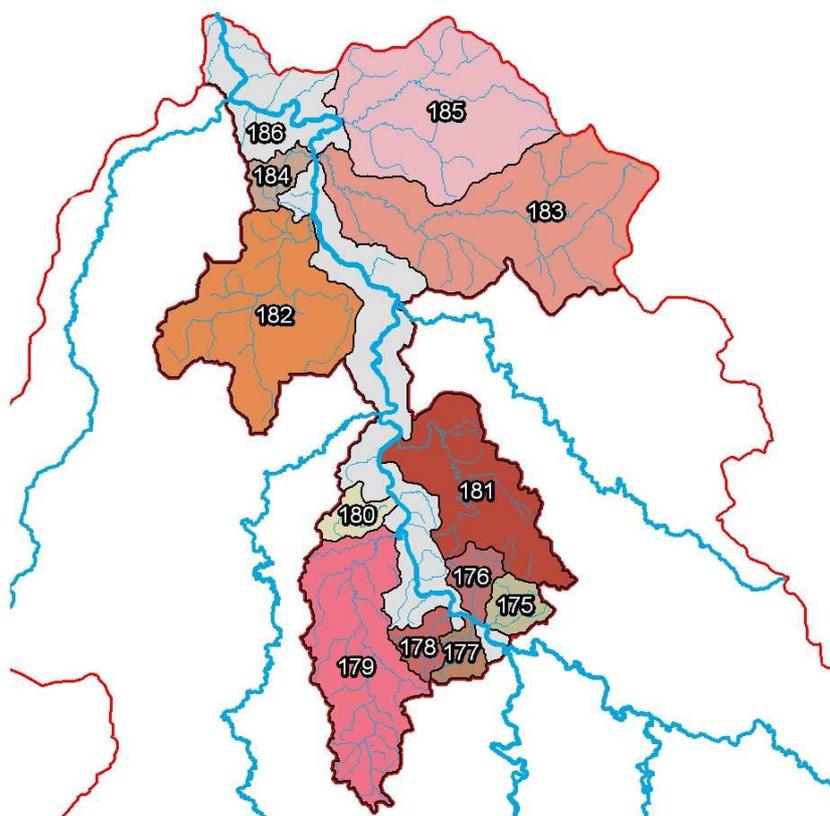
Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)			
Sub-Bacia Rio Lambari – 31 Micro-Bacias (cont.)			
Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
114	Córrego da Capivara	89,81	189,52
115	Córrego Água Comprida	43,26	189,52
116	Sem Nome 1	14,06	184,15
117	Córrego Daniel	20,76	181,53
118	Córrego da Cachoeirinha	45,13	170,54
119	Rio Indaiá	272,31	152,55
120	Córrego Água Limpa	50,56	144,54
121	Córrego do Bento	15,00	142,68
122	Córrego dos Patos	45,40	133,09
123	Ribeirão do Cedro	60,31	122,13
124	Córrego do Campo	13,12	119,09
125	Ribeirão Diamante	277,68	115,11
126	Córrego das Lajens	13,02	109,70
127	Córrego Morro Grande ou da Olaria	28,43	104,15
128	Córrego Ponte Funda	22,18	102,62
129	Córrego do Barro Branco	12,67	102,21
130	Ribeirão do Perdigão	89,27	91,95
131	Córrego dos Pintores	21,21	85,21
132	Córrego Fundo 1	10,79	83,53
133	Córrego da Cana do Reino	12,34	79,96
134	Córrego do Isidoro	11,55	75,86
135	Córrego dos Novaes ou dos Henriques	45,33	70,27
136	Ribeirão Capivari	232,98	65,15
137	Córrego do Ermo	37,98	58,68
138	Córrego dos Moinhos	30,51	55,92
139	Córrego da Água Doce	11,14	43,63
140	Córrego do Quilombo ou Álvares	19,52	36,52
141	Córrego Fundo 2	39,88	14,43
142	Córrego Capão da Tijuca	18,05	12,12
143	Córrego Paramirim	15,39	3,08
144	Incremental Rio Lambari	464,07	0,00

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)
Sub-Bacia Rio do Peixe – 12 Micro-Bacias


Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
145	Córrego Água Quente	12,46	79,93
146	Sem Nome 2	28,16	65,05
147	Córrego Jatobá	31,27	49,32
148	Córrego Cordeiro	30,48	45,00
149	Córrego Tijuco	16,88	36,44
150	Córrego Barnabé	10,09	29,19
151	Córrego Macaco	11,65	25,65
152	Ribeirão das Areias	270,34	17,04
153	Sem Nome 3	17,33	16,26
154	Córrego Capão das Cobras	16,91	11,93
155	Córrego da Aguada	10,69	2,98
156	Incremental Rio do Peixe	150,09	0,00

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)
Sub-Bacia Rio Picão – 18 Micro-Bacias


Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
157	Córrego Ventana	10,53	81,21
158	Córrego do Chicão	15,69	79,36
159	Córrego do Estreito	18,83	76,94
160	Córrego da Areia	24,35	72,39
161	Córrego Raposo	62,01	70,30
162	Córrego da Água Quente	34,53	65,76
163	Córrego Pulador	86,36	57,29
164	Ribeirão Capivari	186,69	53,83
165	Córrego da Barra ou do Deus Me Livre	19,25	52,18
166	Córrego Urucum	10,65	49,54
167	Córrego do Saco	18,58	46,56
168	Córrego da Cachoeira	14,48	43,66
169	Córrego da Susana	12,19	36,18
170	Córrego do Capão Alto	10,51	28,82
171	Córrego da Lagoa	54,00	22,43
172	Córrego da Fazendinha	12,96	11,72
173	Córrego da Bocaina	66,57	4,28
174	Incremental Rio Picão	243,99	0,00

Micro-Bacias das Sub-Bacias da Compartimentação Hidromorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para o Plano Diretor (Cont.)
Sub-Bacia Baixo Rio Pará – 12 Micro-Bacias


Nº. de ordem	Micro-Bacia	Área (km ²)	Distância do exutório da Micro-bacia até a foz da Sub-bacia (km)
175	Córrego Água Suja	21,66	91,12
176	Córrego Cachoeira	21,59	89,77
177	Córrego Morro Agudo	16,70	88,62
178	Córrego Santa Cruz	20,20	86,22
179	Ribeirão das Areias	158,87	73,85
180	Córrego Gentio	18,92	70,36
181	Ribeirão Campo Grande	126,00	64,03
182	Ribeirão da Formiguinha	186,00	33,19
183	Ribeirão do Pari	265,71	29,26
184	Córrego Criciúma	19,19	27,47
185	Córrego do Pesqueiro	210,16	23,22
186	Incremental Baixo Rio Para	286,02	0,00

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O endereçamento das micro-bacias, contendo o quilômetro onde se localiza o seu exutório, é de grande valia para o estabelecimento de responsabilidades, principalmente com relação à captação de água e ao lançamento de efluentes dos usuários destas porções territoriais, no contexto da gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Além de pensar nos usos que estão sendo praticados no município no qual o usuário está alocado, é preciso considerar que este uso está sendo praticado em uma micro-bacia, parte de

uma das dez sub-bacias da divisão hidromorfológica adotada para o Plano Diretor, e que existem requisitos de qualidade e quantidade das águas a serem atingidos.

As 35 figuras a seguir (**Figuras 3 a 37**) constituem uma seqüência de mapas demonstrativos do endereçamento geográfico das sub-bacias e micro-bacias nos municípios. Nelas estão apresentados cada um dos municípios componentes da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, considerando as porções dos mesmos situadas dentro da Bacia, contendo as sub-bacias e as micro-bacias que os compõem. Estes mapas retratam a necessidade de uma gestão integrada de duas divisões territoriais importantes que, em sintonia, levarão ao melhor desenvolvimento sustentável, com vistas à manutenção da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

As imagens das 35 figuras estão também no **Anexo 1**. O arquivo formato shapefile com os limites municipais (Limites_Municipais.shp) está no **Anexo 3**. O **Anexo 13** contém os 35 arquivos formato JPG e CDR (para plotagem em tamanho A0, para produção de cartazes, já utilizados nas audiências públicas realizadas durante a elaboração do presente Plano Diretor) contendo: mancha da sede urbana, comunidades, micro-bacias com seus respectivos números e mapa de situação do município nas sub-bacias.

Esta distribuição de sub-bacias e micro-bacias por município tornará possível o endereçamento geográfico das informações tabulares para a gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. A integração das diversas divisões territoriais (sub-bacias, micro-bacias e municípios) possibilitará a ordenação territorial do uso dos espaços, segundo suas características bióticas e abióticas (recursos naturais e qualidade ambiental, análise político-administrativa, sócio-econômica e padrões de uso da terra).

Isto facilitará a execução do Zoneamento Geoambiental para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, uma das propostas presentes neste Plano Diretor, com a identificação das diferentes unidades de paisagem, potencialidades e restrições de uso, representando o conhecimento do comportamento atual dos ecossistemas para um ordenamento e manejo adequado da paisagem natural.

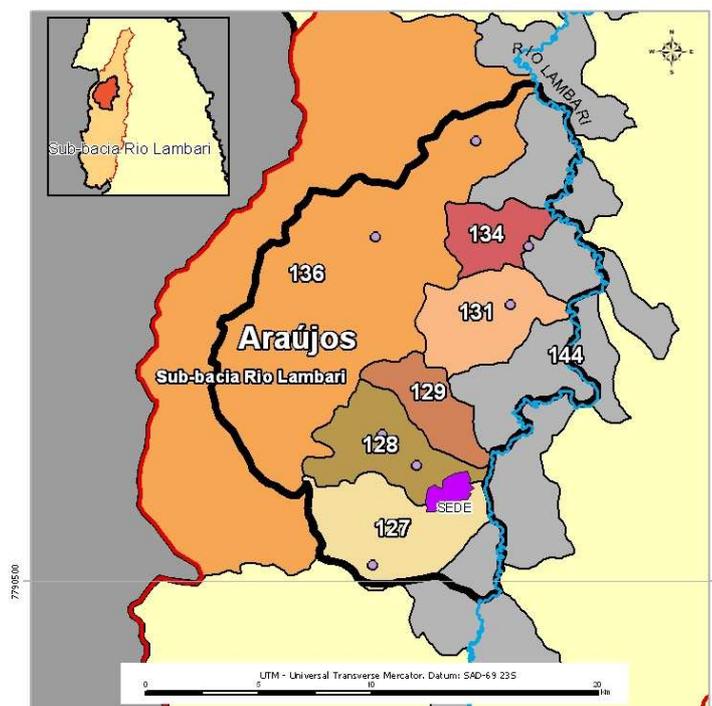


Figura 3 – Micro-bacias no município de Araújos

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

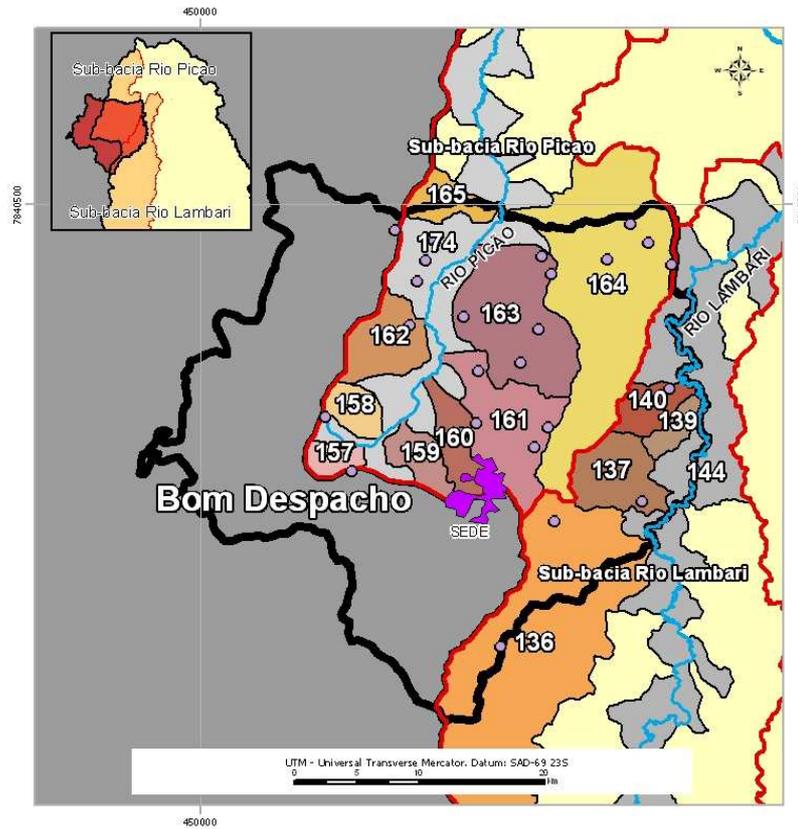


Figura 4 – Micro-bacias no município de Bom Despacho

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

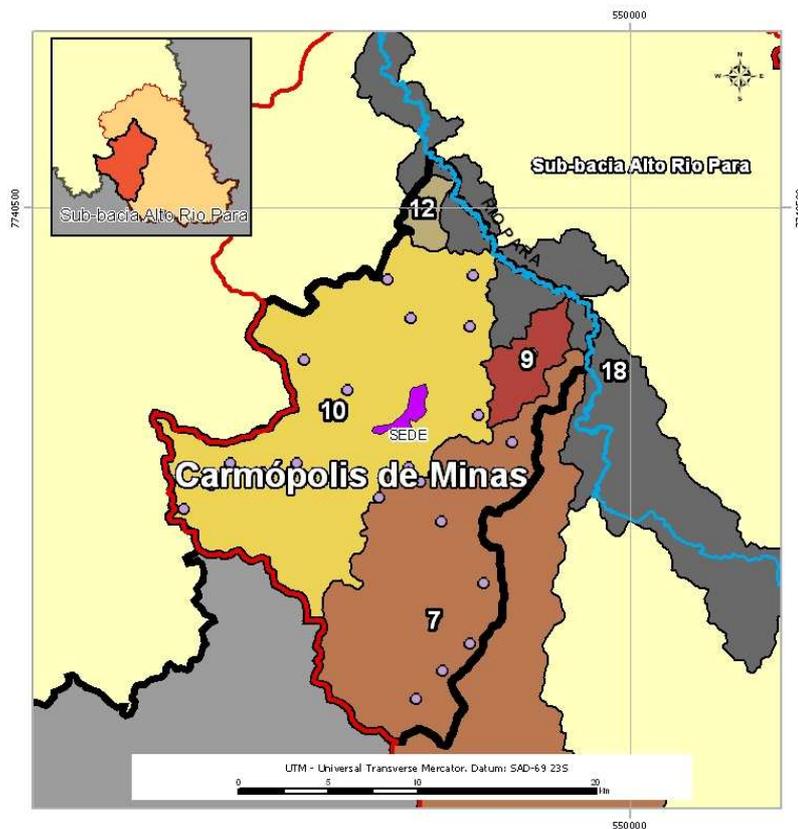


Figura 5 – Micro-bacias no município de Carmópolis de Minas

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

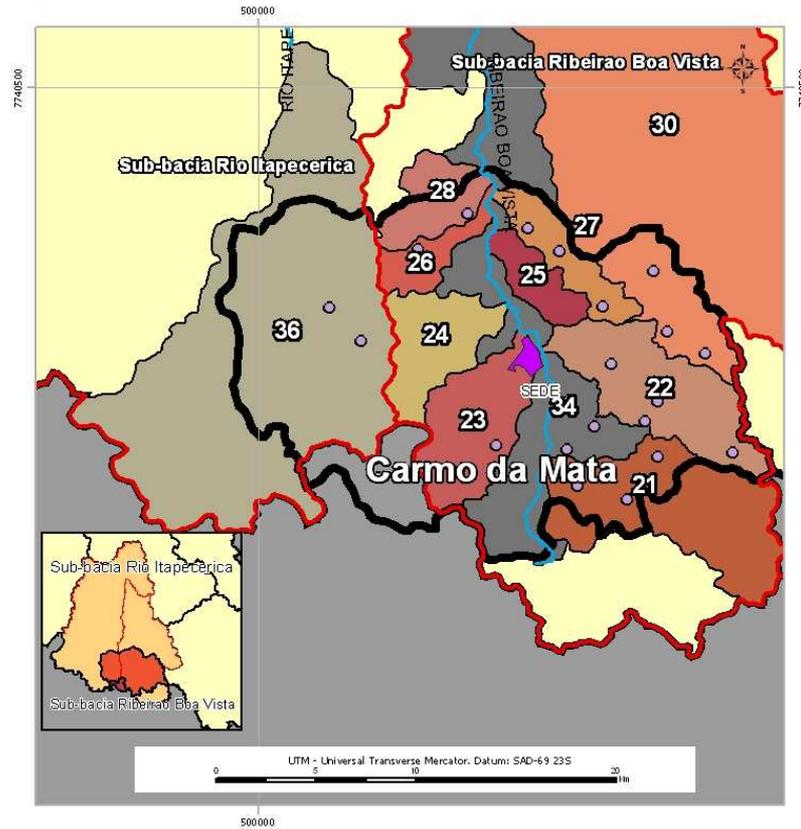


Figura 6 – Micro-bacias no município de Carmo da Mata

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

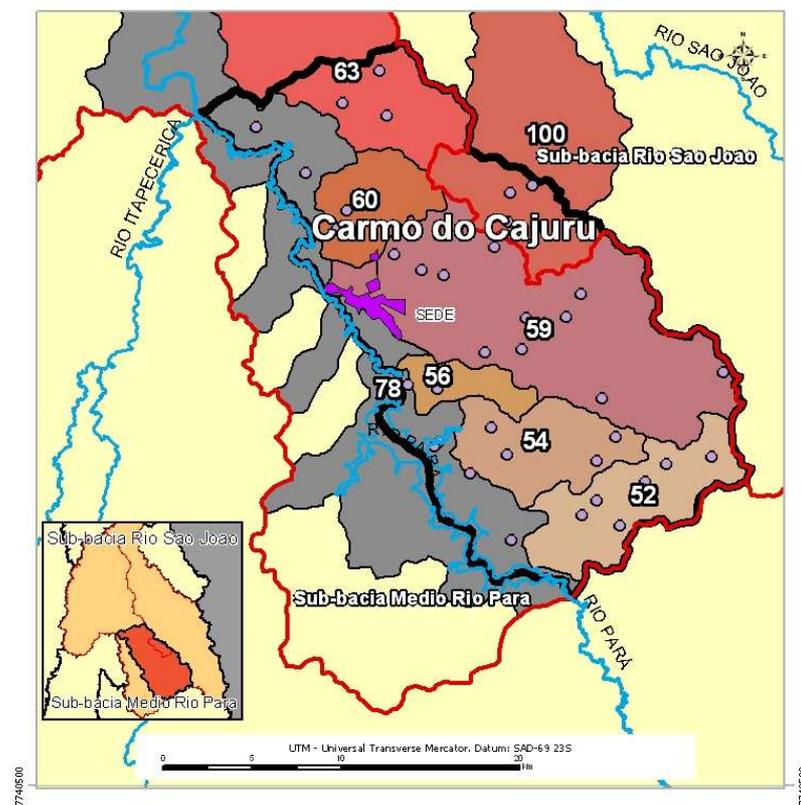


Figura 7 – Micro-bacias no município de Carmo do Cajuru

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

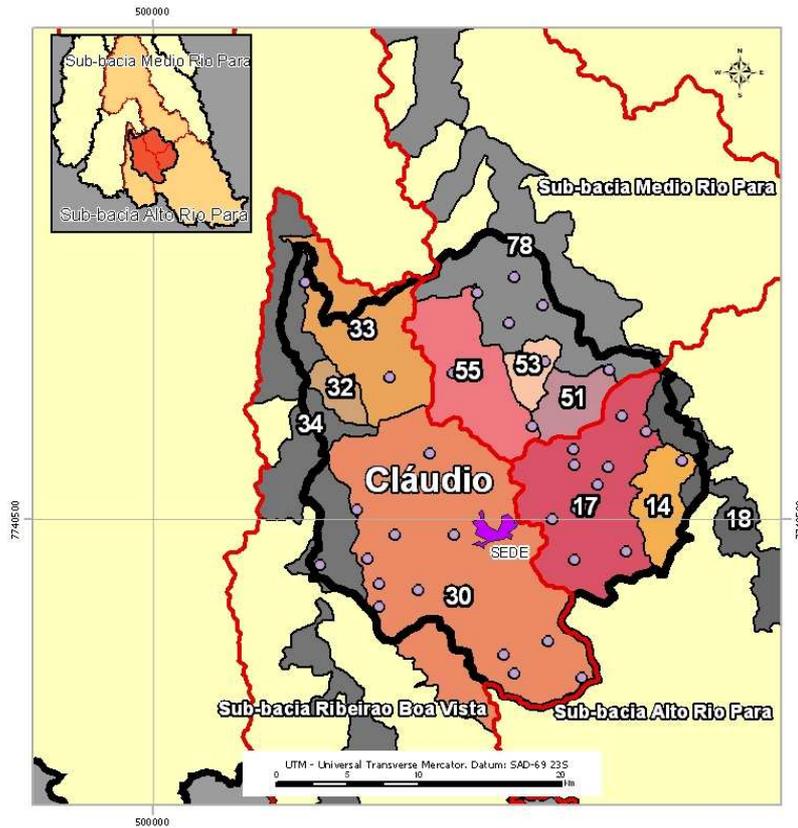


Figura 8 – Micro-bacias no município de Cláudio

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

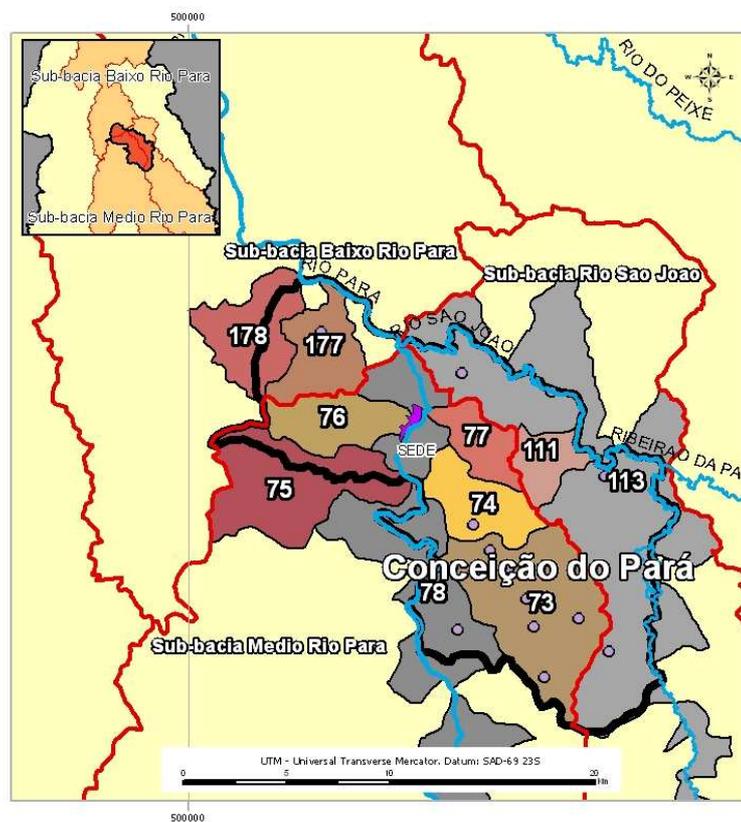


Figura 9 – Micro-bacias no município de Conceição do Pará

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

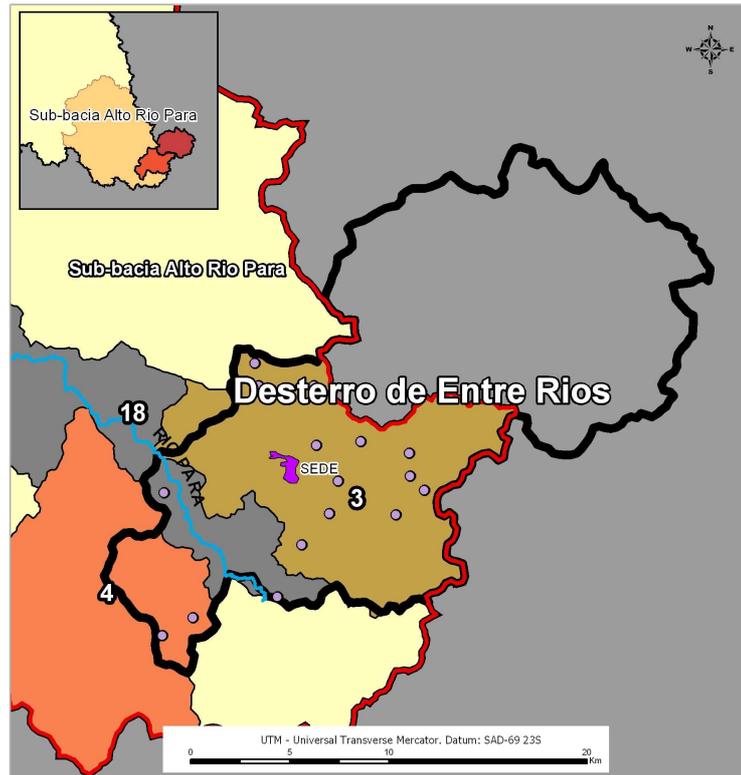


Figura 10 – Micro-bacias no município de Desterro de Entre Rios

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

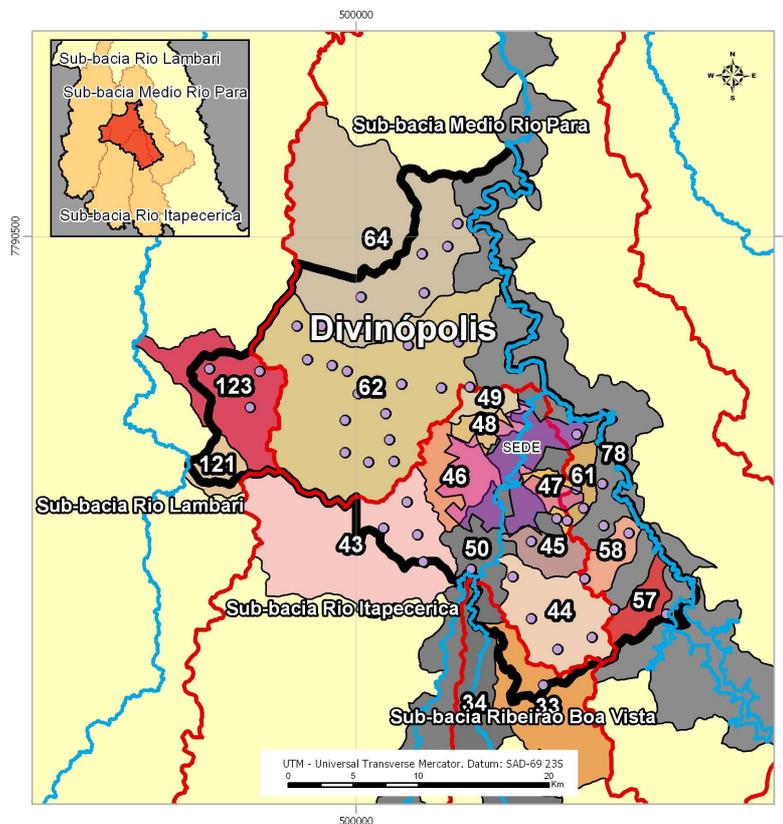


Figura 11 – Micro-bacias no município de Divinópolis

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

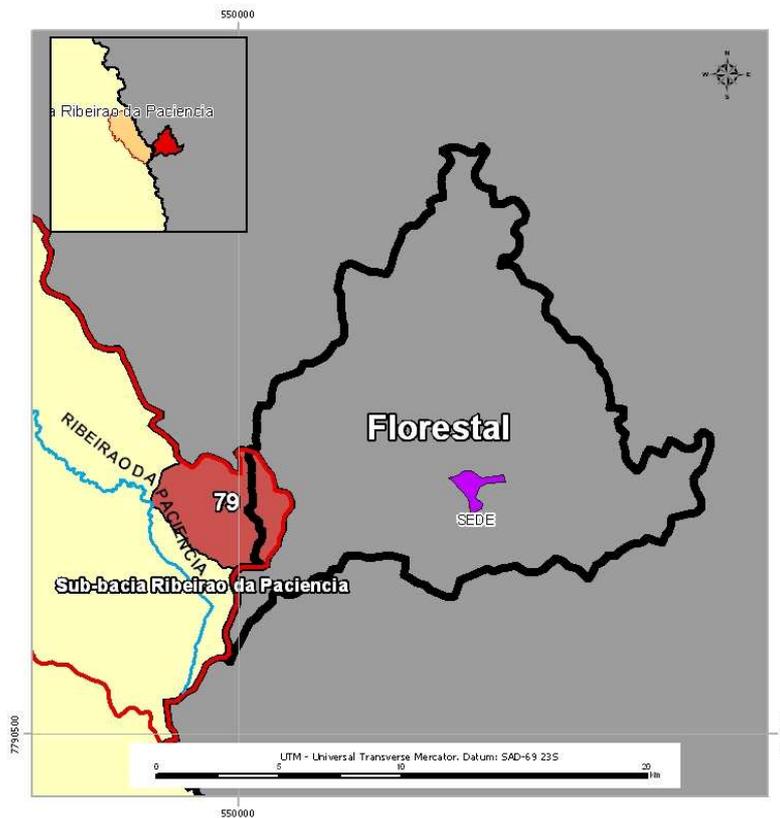


Figura 12 – Micro-bacias no município de Florestal

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

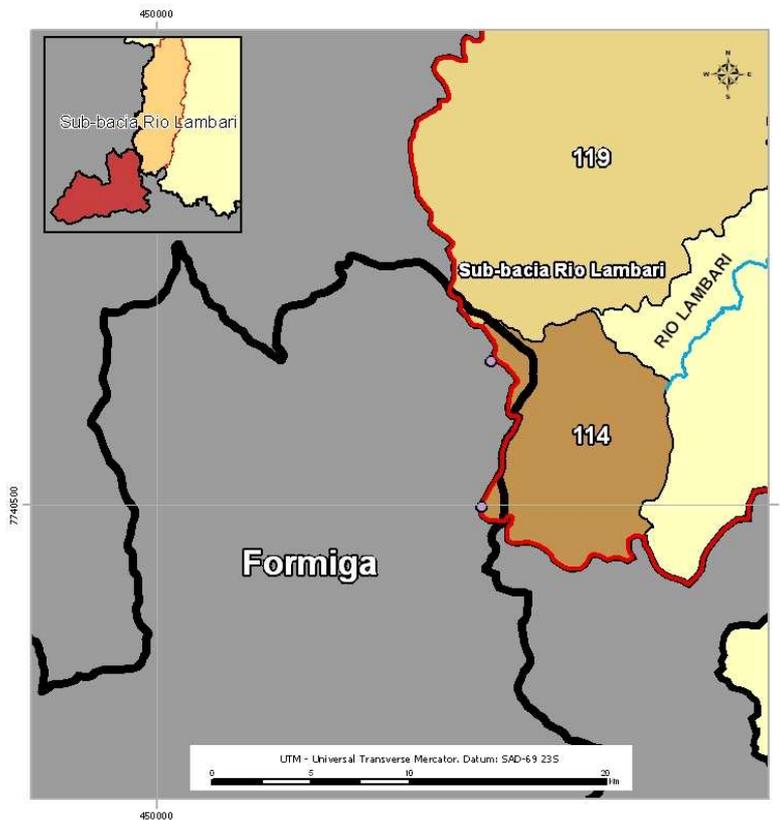


Figura 13 – Micro-bacias no município de Formiga

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

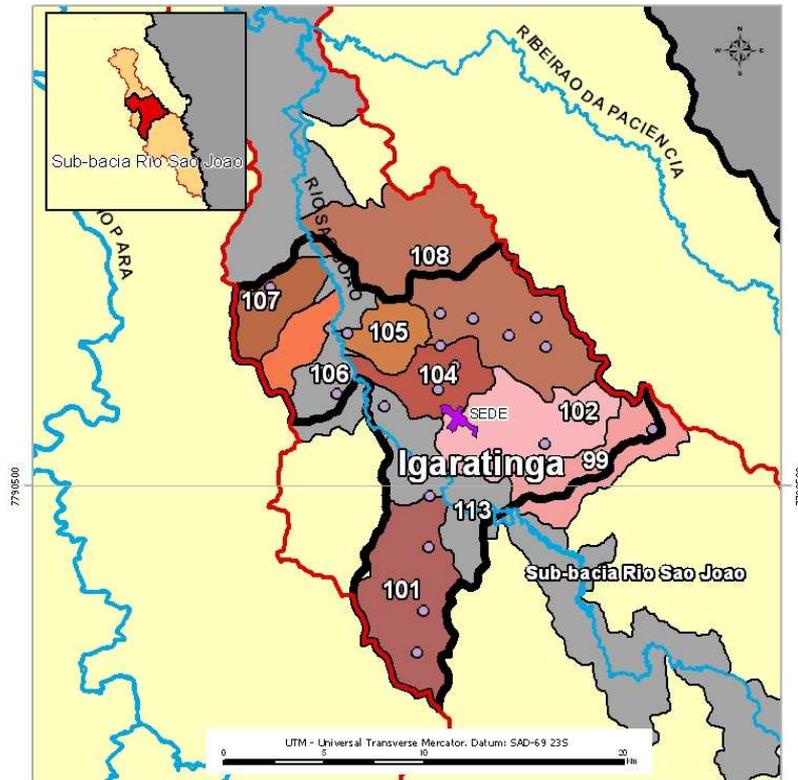


Figura 14 – Micro-bacias no município de Igaratinga

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

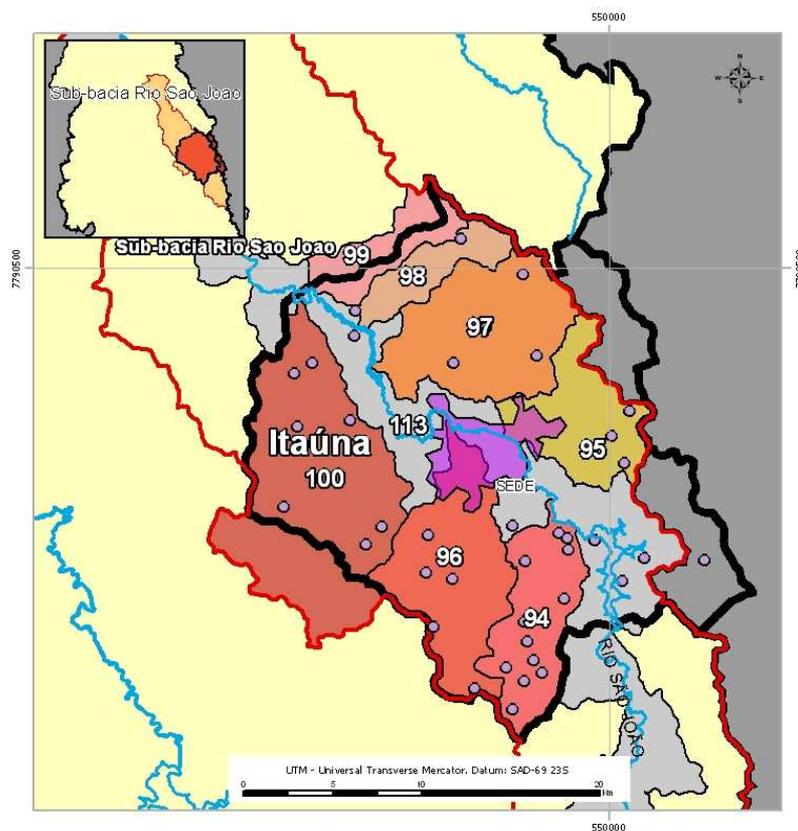


Figura 15 – Micro-bacias no município de Itaúna

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

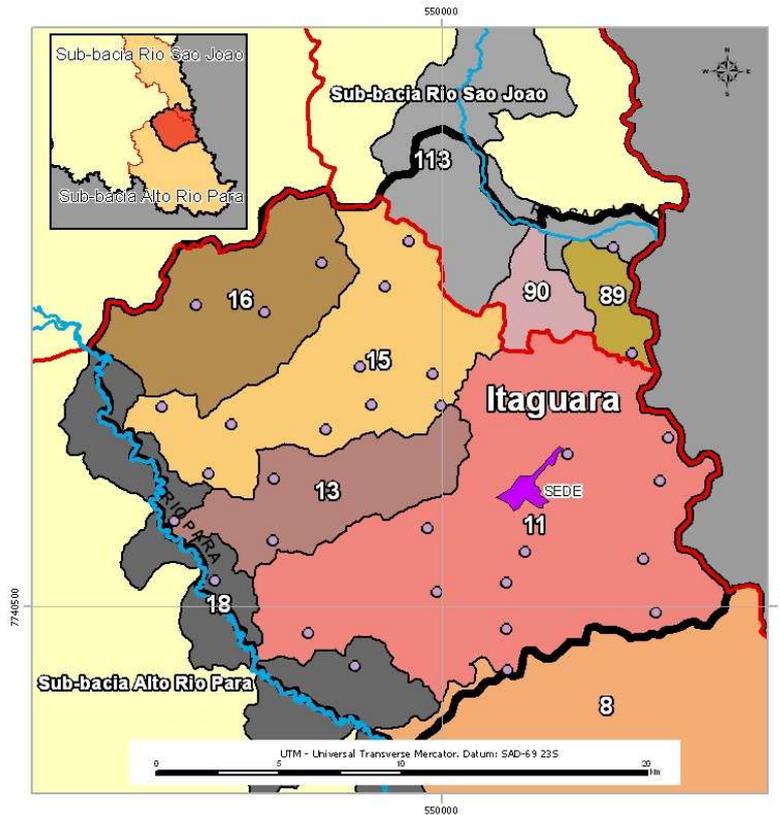


Figura 16 – Micro-bacias no município de Itaguara

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

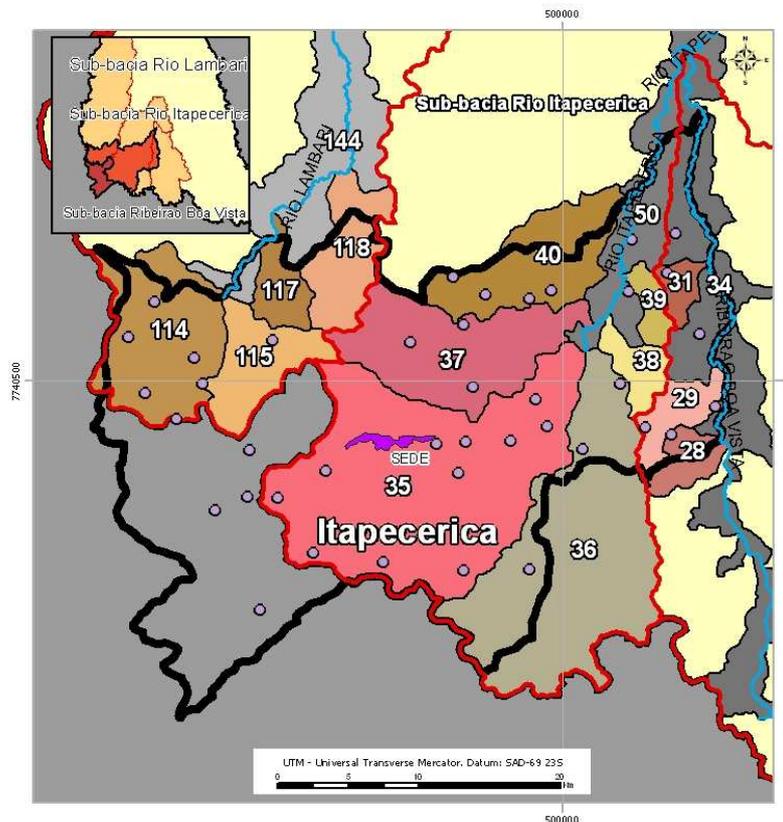


Figura 17 – Micro-bacias no município de Itapecerica

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

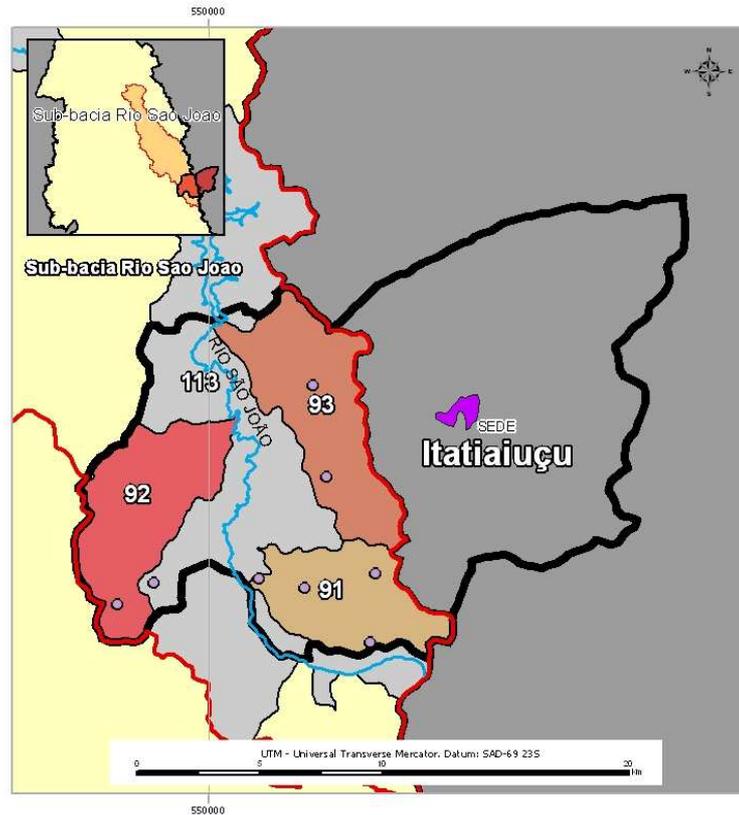


Figura 18 – Micro-bacias no município de Itatiaiuçu

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

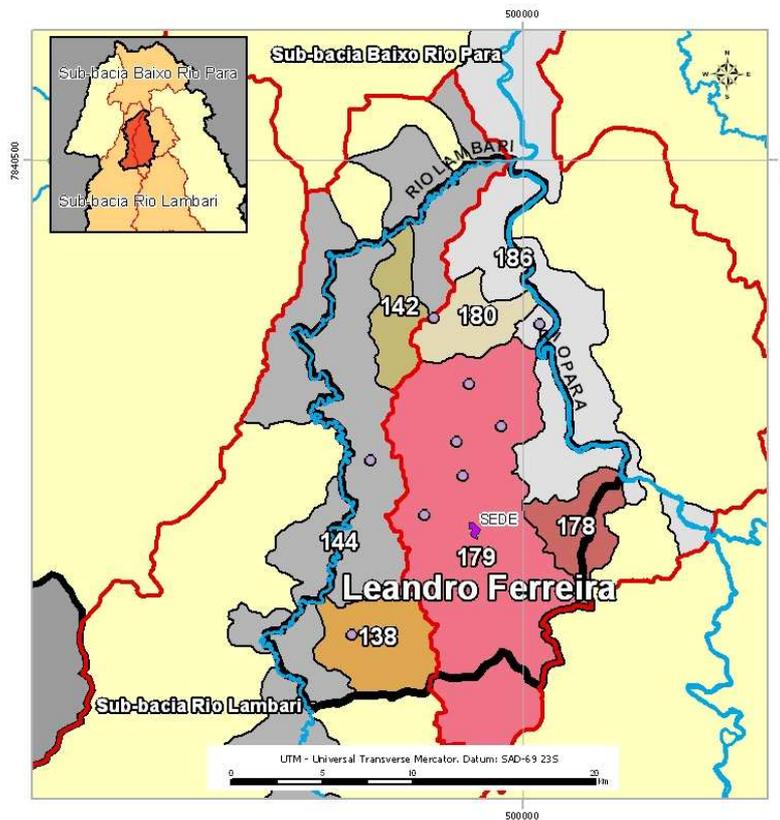


Figura 19 – Micro-bacias no município de Leandro Ferreira

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

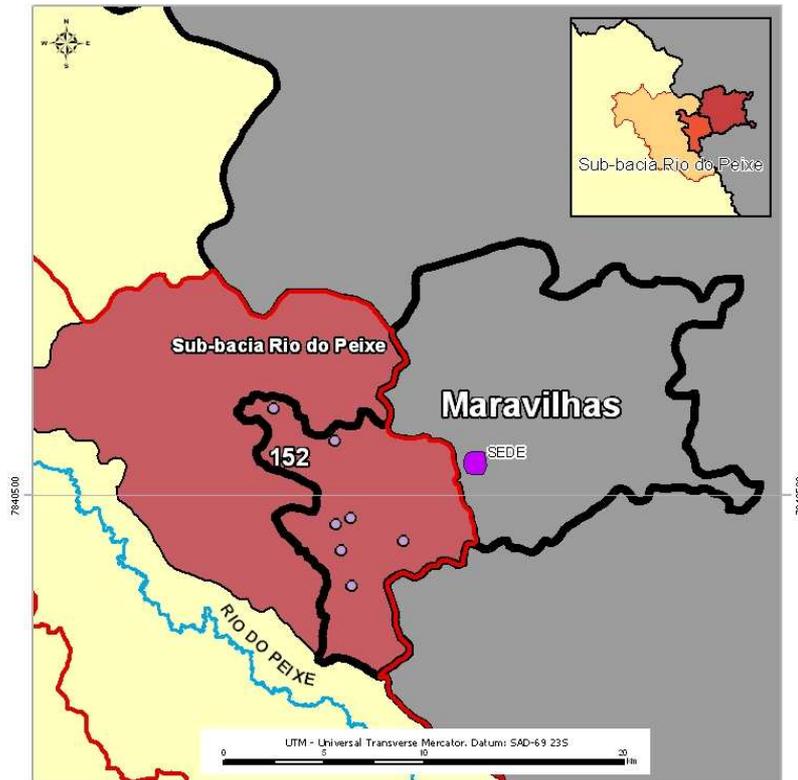


Figura 20 – Micro-bacias no município de Maravilhas

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

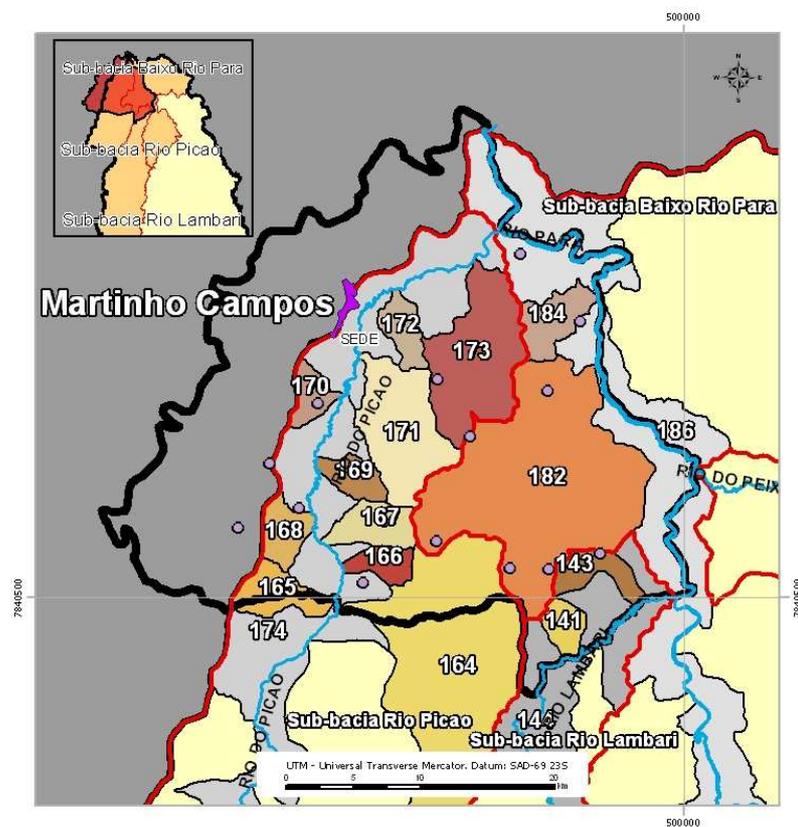


Figura 21 – Micro-bacias no município de Martinho Campos

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

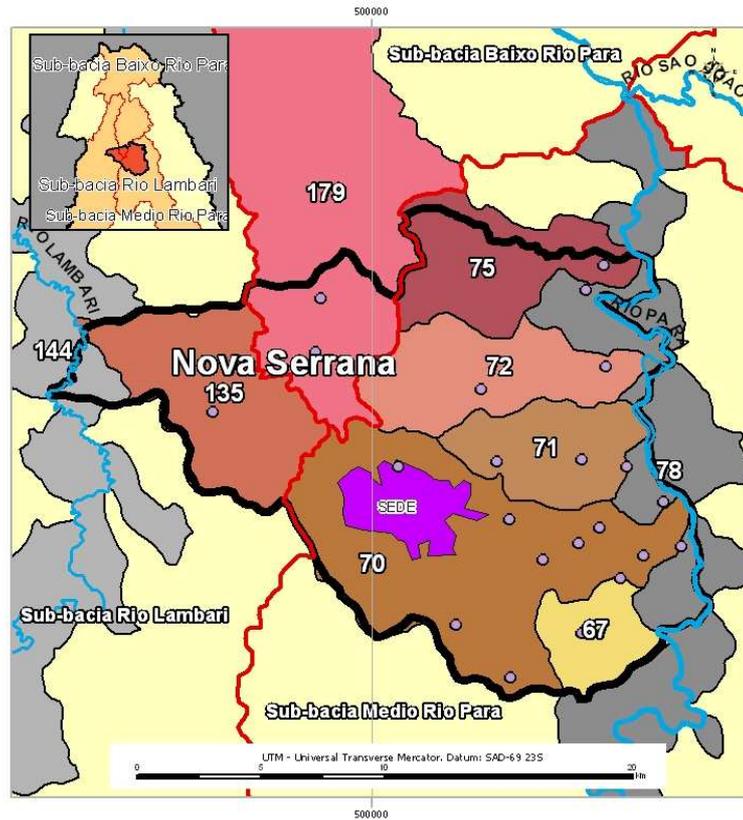


Figura 22 – Micro-bacias no município de Nova Serrana

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

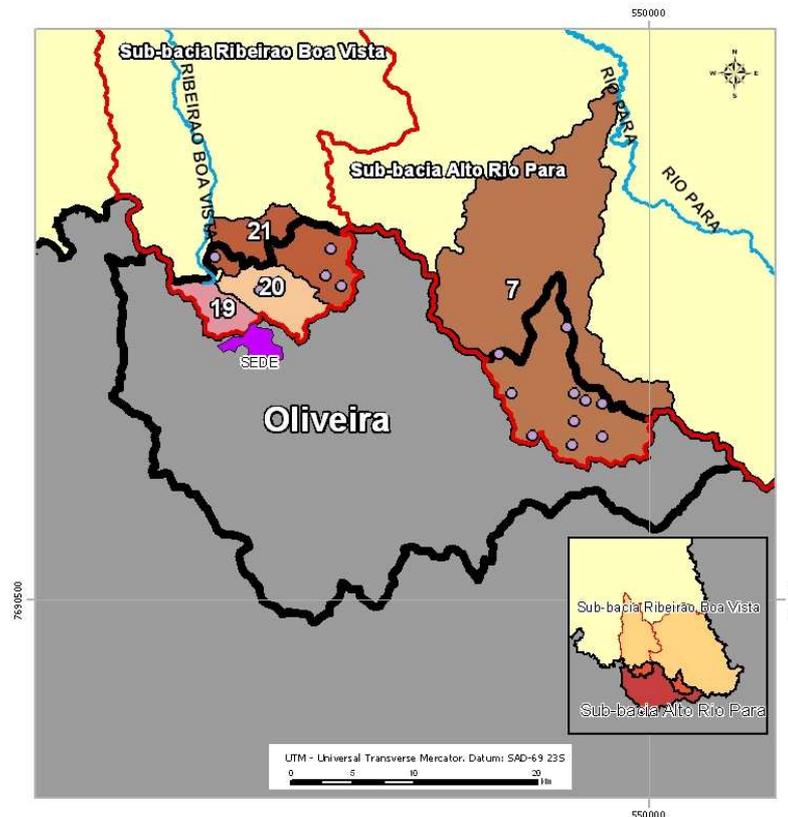


Figura 23 – Micro-bacias no município de Oliveira

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

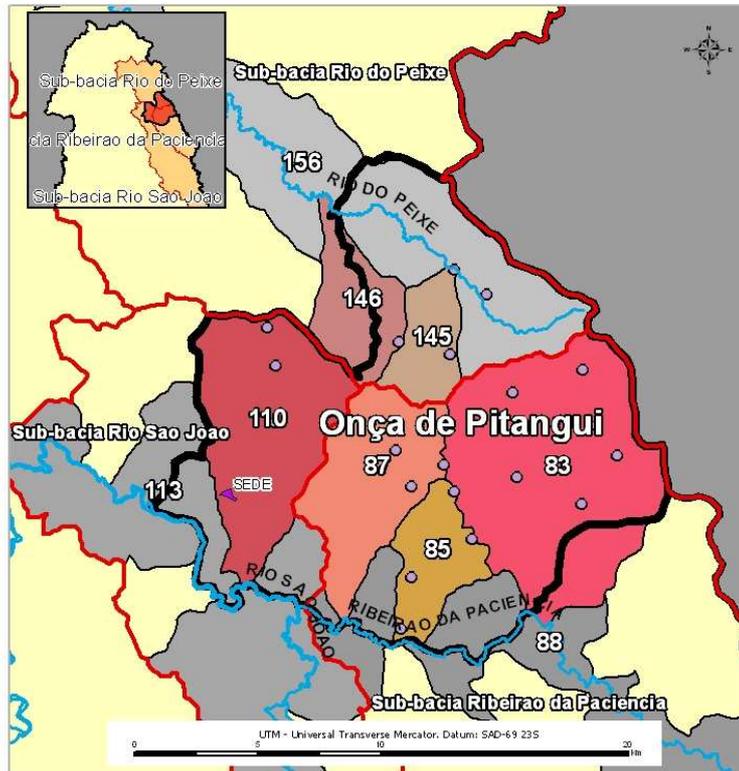


Figura 24 – Micro-bacias no município de Onça de Pitangui

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.



Figura 25 – Micro-bacias no município de Papagaios

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

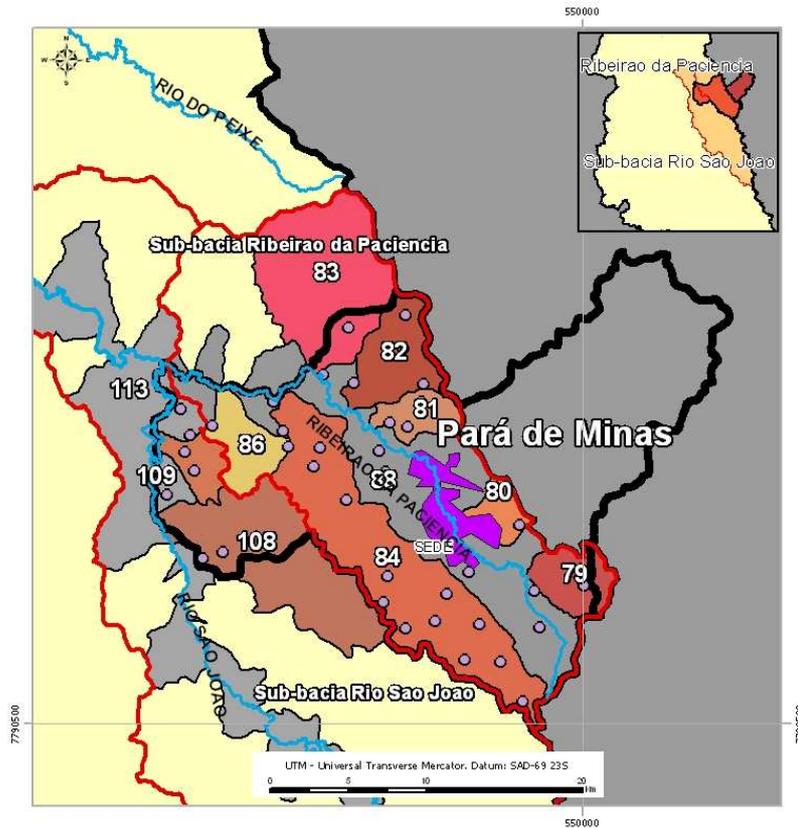


Figura 26 – Micro-bacias no município de Pará de Minas

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

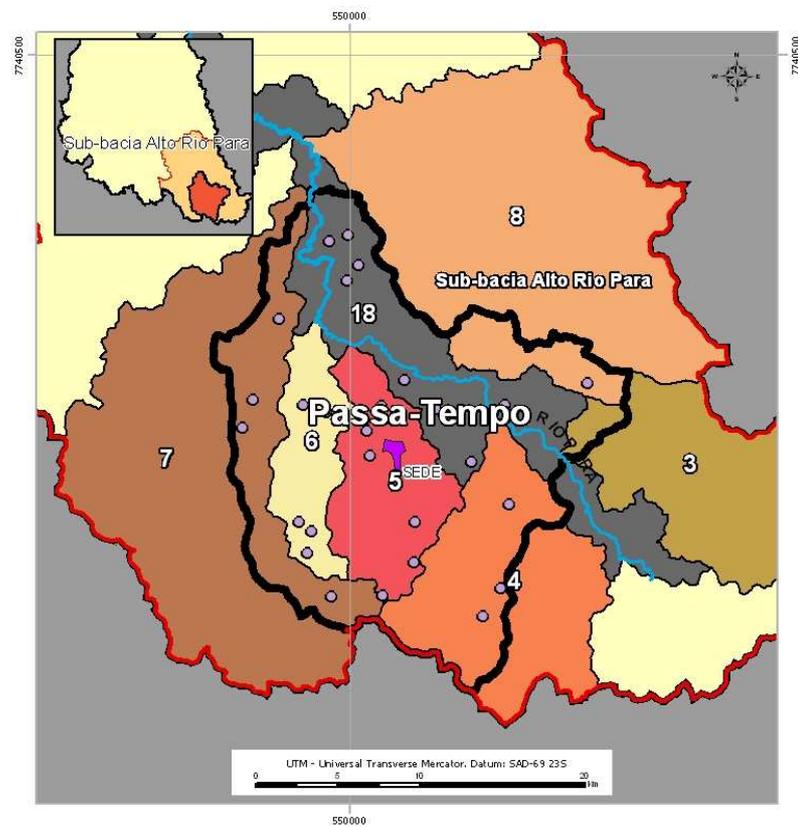


Figura 27 – Micro-bacias no município de Passa-Tempo

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

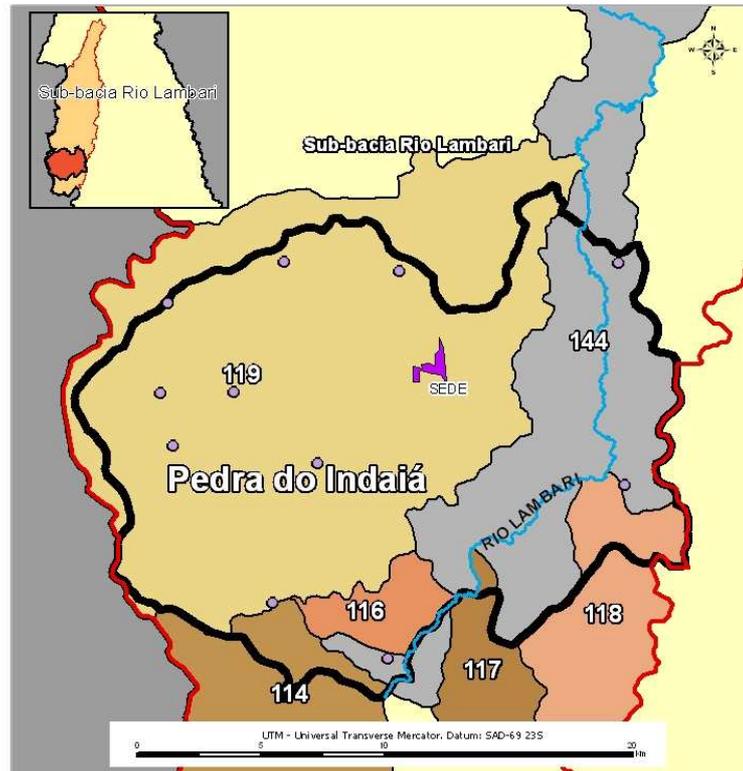


Figura 28 – Micro-bacias no município de Pedra do Indaiá

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

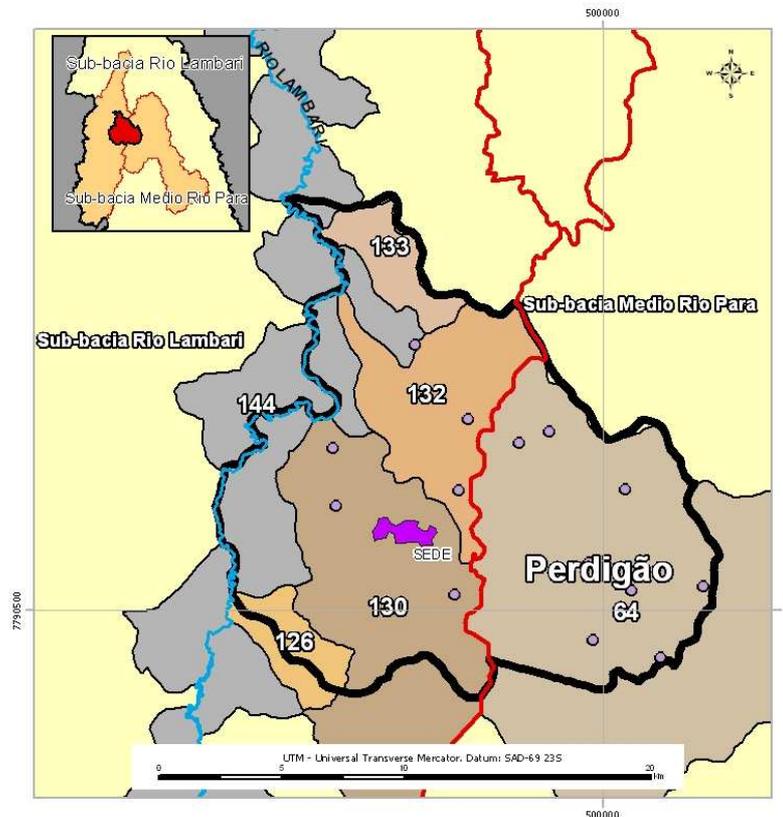


Figura 29 – Micro-bacias no município de Perdigião

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

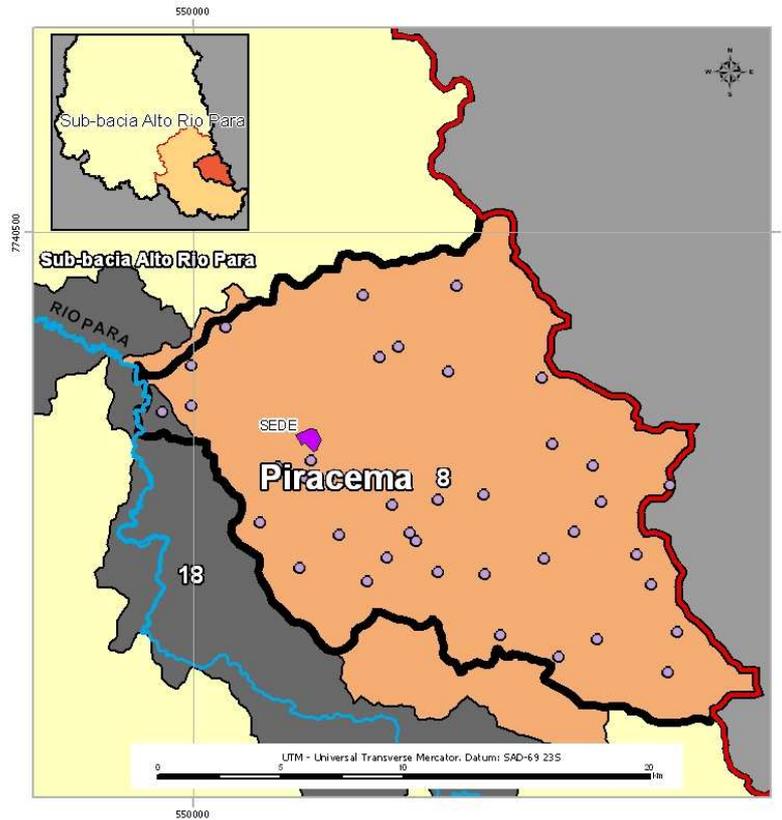


Figura 30 – Micro-bacias no município de Piracema

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

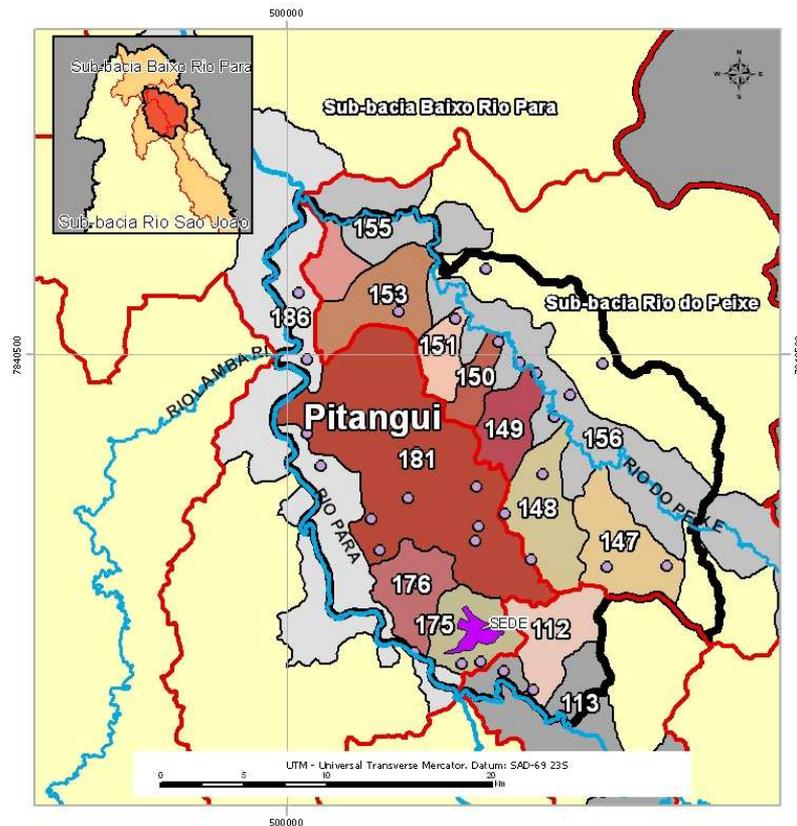


Figura 31 – Micro-bacias no município de Pitangui

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

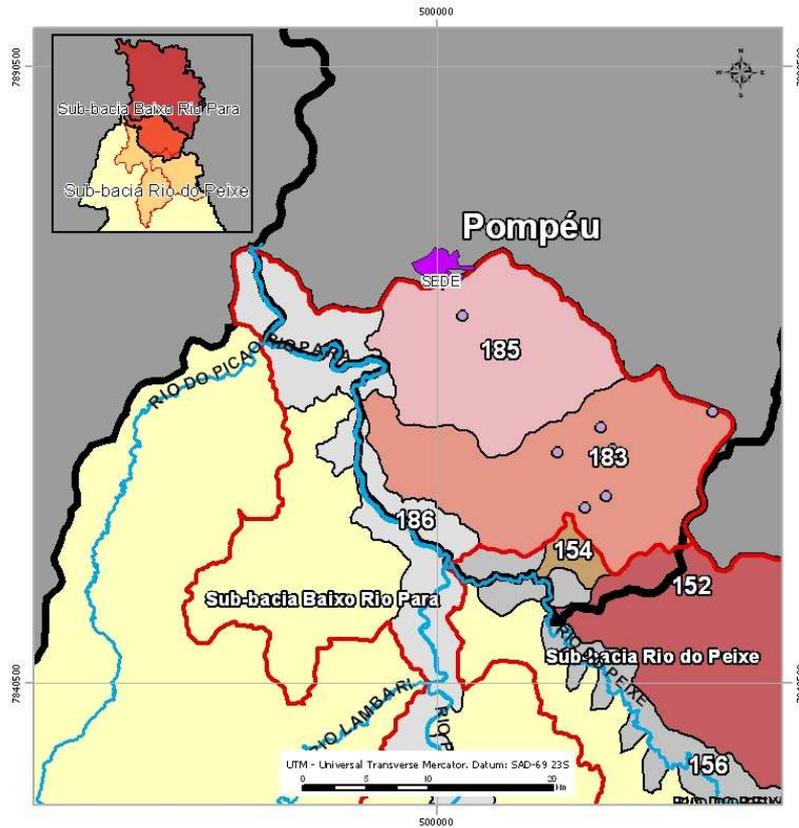


Figura 32 – Micro-bacias no município de Pompéu

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

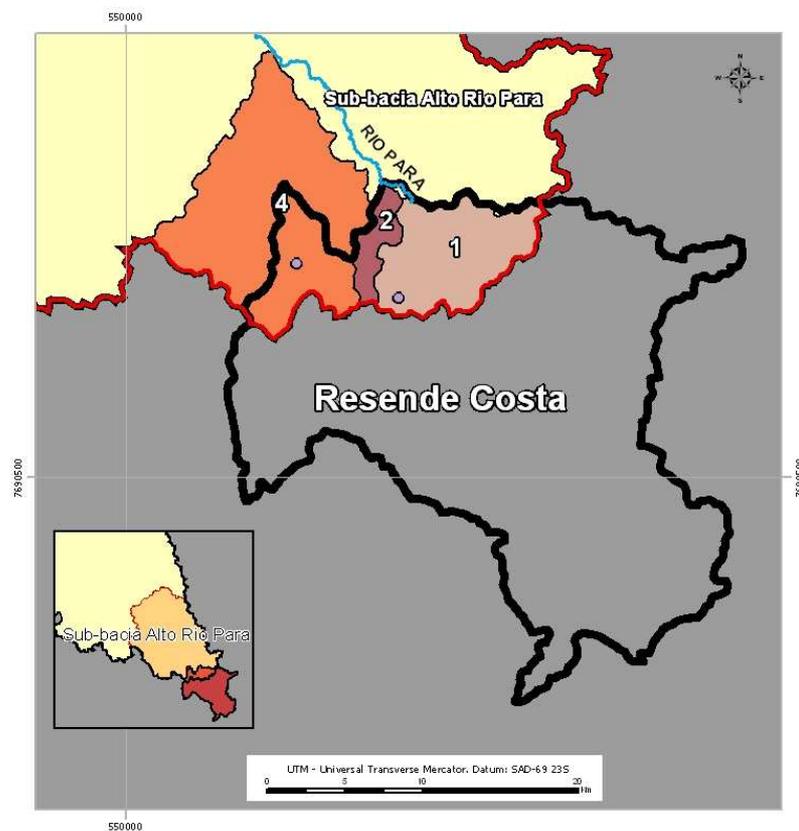


Figura 33 – Micro-bacias no município de Resende Costa

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

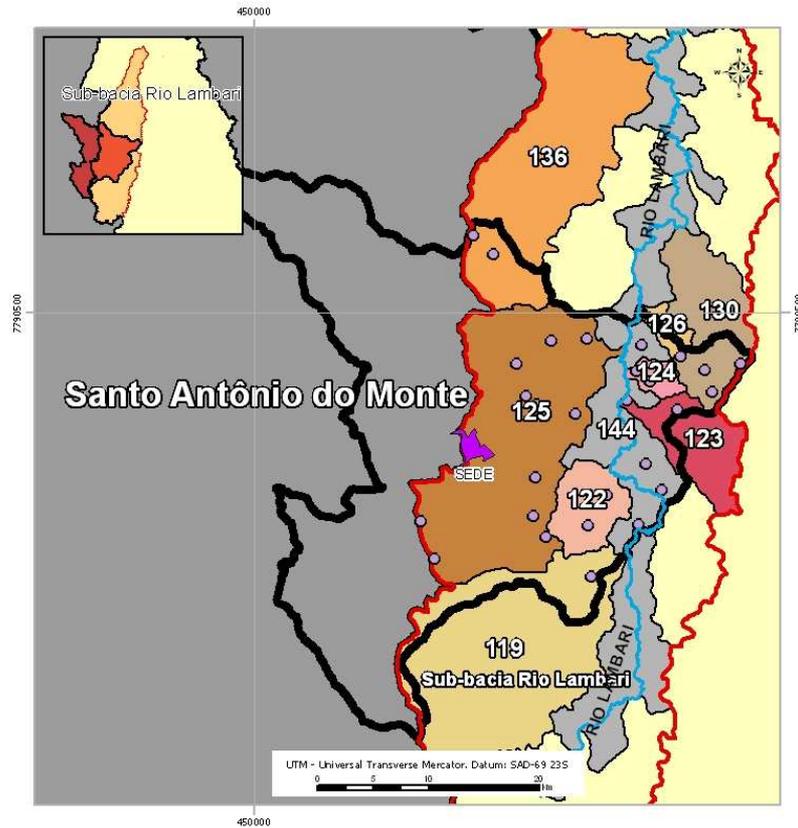


Figura 34 – Micro-bacias no município de Santo Antônio do Monte

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

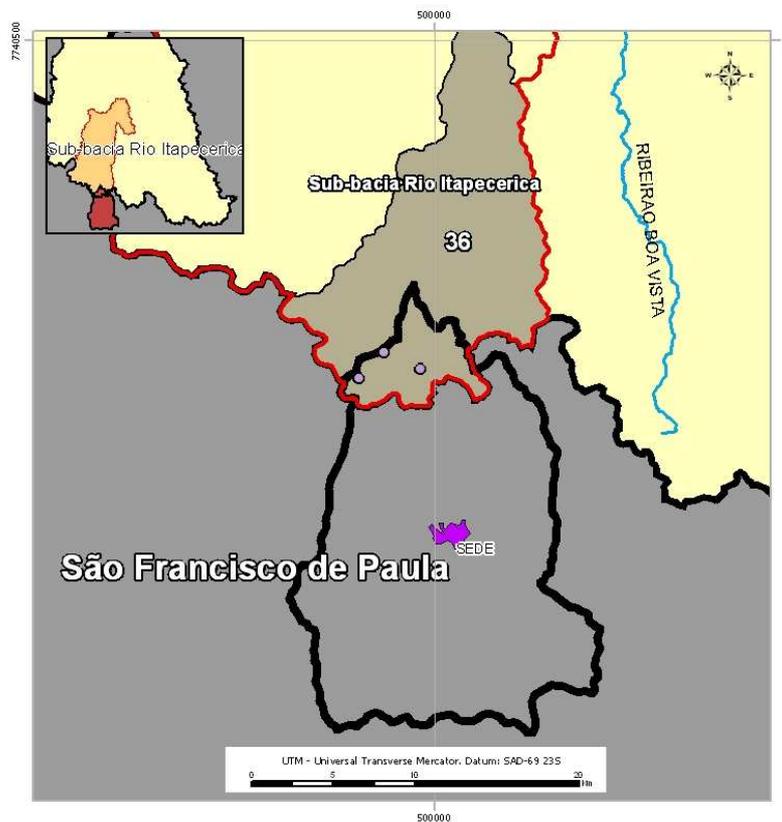


Figura 35 – Micro-bacias no município de São Francisco de Paula

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

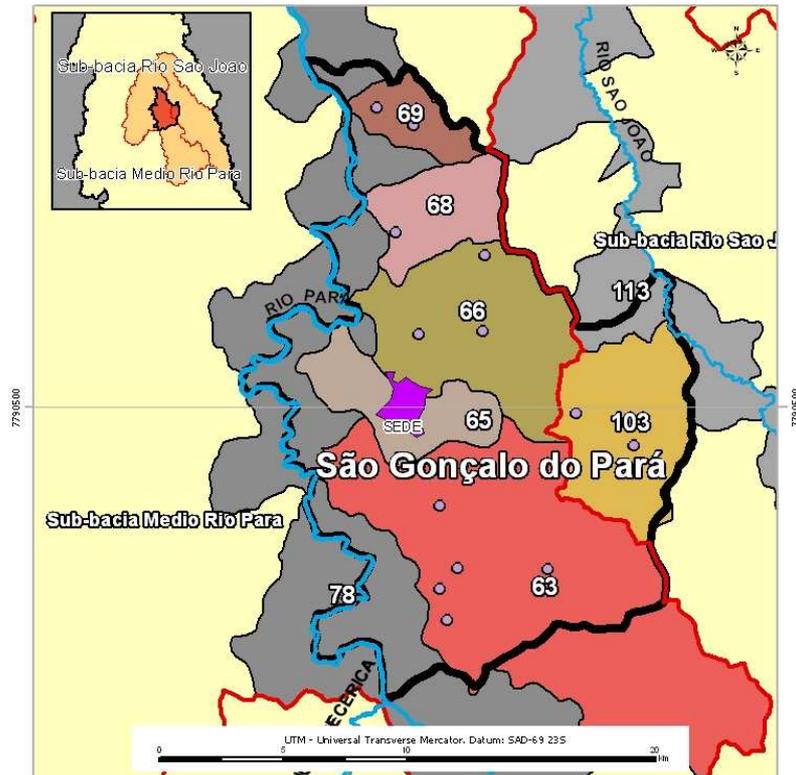


Figura 36 – Micro-bacias no município de São Gonçalo do Pará

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

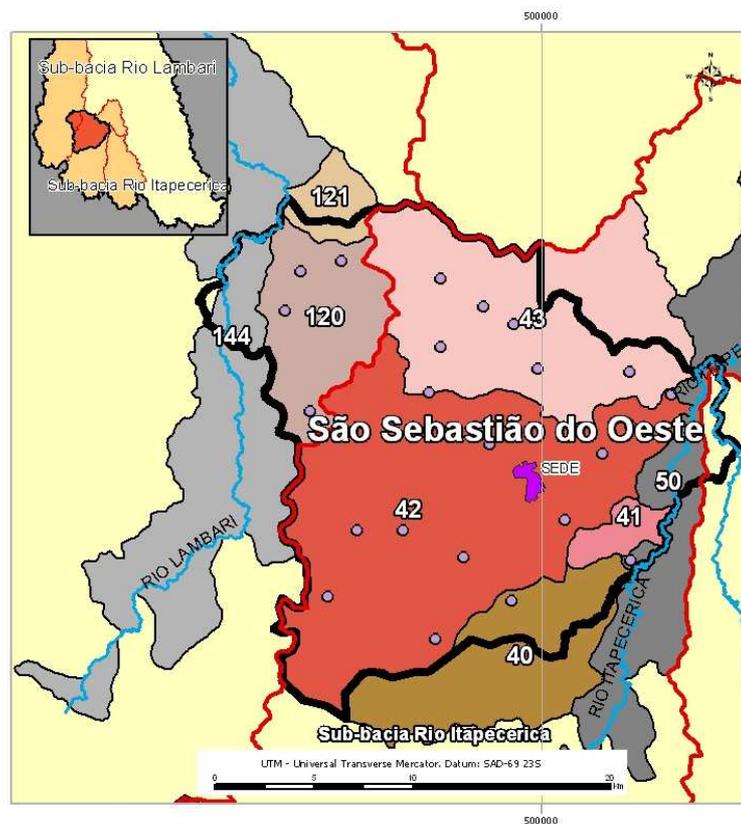


Figura 37 – Micro-bacias no município de São Sebastião do Oeste

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.2 Hidrologia

Neste item estão consubstanciadas as condições atuais dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, considerando a compartimentação hidromorfológica adotada e a dinâmica intrínseca do elemento água em cada um destes compartimentos ambientais.

O objetivo geral dos estudos hidrológicos é, baseado nas informações disponíveis da rede de monitoramento, fornecer subsídios para a determinação da vazão de referência.

Os objetivos específicos são: *i-* caracterizar os regimes pluviométricos e fluviométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará; *ii-* regionalizar as vazões e identificar regiões homogêneas para uso como instrumento de gestão; *iii-* caracterizar o escoamento de base e o balanço hídrico da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

As análises hidrológicas realizadas fornecem a situação de cada tema para as 10 sub-bacias da compartimentação hidromorfológica adotada para o Plano Diretor e estão detalhadas nos itens a seguir.

5.2.1 Caracterização Pluviométrica

A caracterização pluviométrica está dividida em duas partes. Na primeira parte está feita a análise das séries históricas para obtenção do tamanho das mesmas, da quantidade de falhas e da quantidade anual e mensal de precipitação (máxima, média e mínima). Na segunda parte está a análise da eficácia da rede de monitoramento pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, abordada de maneira simplificada. O arquivo completo com os dados originais e os dados consistidos das estações pluviométricas encontra-se no **Anexo 14**.

5.2.1.1 Análise dos dados Pluviométricos

Neste item o regime pluviométrico está caracterizado segundo séries históricas disponíveis para a região. Os dados utilizados para a caracterização pluviométrica foram obtidos do inventário de estações da Agência Nacional de Águas – ANA, disponível em seu website “Hidroweb”.

Para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, foram identificados 61 estações pluviométricas, no entanto, somente 38 apresentaram dados disponíveis. Destas, foram selecionadas as estações com mais de 10 anos de dados e menos de 5% de falhas, resultando em 27 estações pluviométricas consistidas, nas quais não se realizou preenchimento de falhas.

O objetivo desta análise dos dados pluviométricos é avaliar as séries de chuva ao longo dos anos. Quanto maior a série de dados, melhor a representatividade que a estação pluviométrica tem relacionando períodos mais secos ou úmidos, e menor a possibilidade dos dados demonstrarem uma tendenciosidade num número reduzido de anos, que pode ocorrer em séries pequenas. O critério de 5% de falhas em cada ano buscou utilizar anos que tivessem o mínimo de falhas possível. Esta quantidade reduzida de falhas demonstra que a estação está sendo bem operada.

A **Figura 38** apresenta a localização das estações pluviométricas utilizadas. As **Tabelas 3 e 4** listam as estações apresentadas na **Figura 38** e contém suas características e uma síntese geral dos dados pluviométricos utilizados no presente estudo. O arquivo formato shapefile com a localização das estações pluviométricas utilizadas (Estacoes_Pluviométricas.shp) está presente no **Anexo 3**.

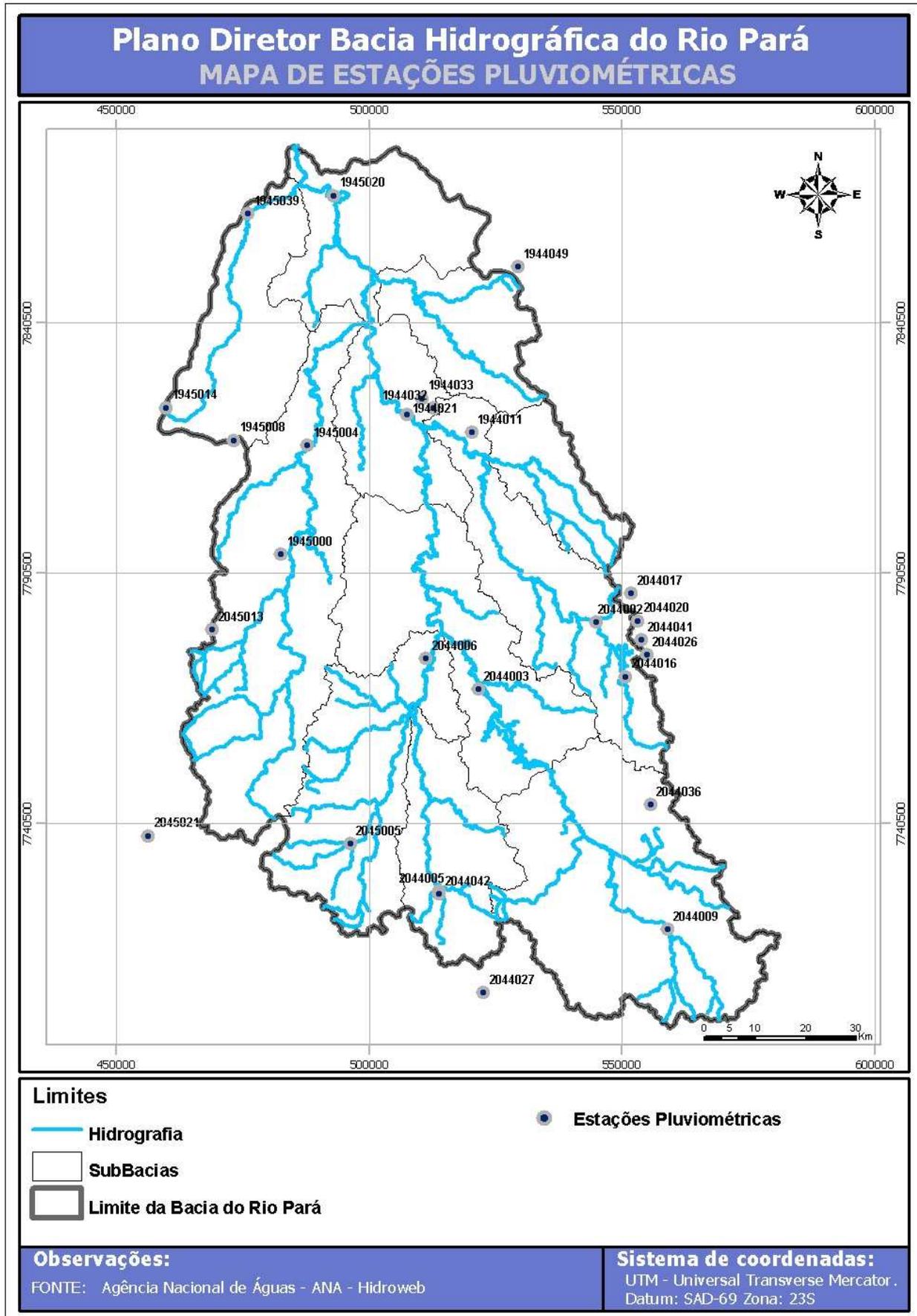


Figura 38 – Localização das Estações Pluviométricas utilizadas

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 3 – Características do tamanho das séries das estações pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Características do tamanho das séries das estações pluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará				
Código da Estação	Nome	Período		Anos Completos
		Início	Fim	
1944011	Jaguaruna – Jusante	1941	2007	43
1944021	Velho da Taipa	1959	2007	37
1944032	SE Pitangui	1941	2004	40
1944033	Pitangui	1941	1960	11
1944049	Papagaios	1975	2006	25
1945000	Araújos	1941	1981	25
1945004	Estação Álvaro da Silveira	1941	2007	29
1945008	Bom Despacho	1974	2006	26
1945014	Engenho Ribeiro	1974	1993	17
1945020	Porto Pará	1959	1993	23
1945039	Martinho Campos	1983	2007	19
2044002	Itaúna – Montante	1941	2007	37
2044003	Carmo do Cajuru	1941	2007	46
2044005	Carmo da Mata	1941	1977	22
2044006	Divinópolis	1941	2007	43
2044009	Fazenda Campo Grande	1942	2007	46
2044016	Fazenda Benedito Chaves	1970	2007	30
2044017	Fazenda Água Limpa	1970	1988	13
2044020	Calambau	1970	2007	26
2044026	Fazenda Coqueiros	1974	2007	32
2044027	Ponte Fernão Dias	1966	2006	32
2044036	Itaguara	1975	1993	17
2044041	Fazenda Laranjeiras	1976	2007	30
2044042	Carmo da Mata (ETA – Copasa)	1977	2007	27
2045005	Lamounier	1941	2007	59
2045013	Santo Antônio do Monte	1975	2006	31
2045021	Formiga	1931	2006	36

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Estação pluviométrica com mais anos completos

 Estação pluviométrica com menos anos completos

Pode-se observar na **Tabela 3** que a estação pluviométrica com o menor número de anos completos é a estação Pitangui (1944033), com 11 anos completos e, a com maior número de anos completos a estação Lamounier (2045005), com 67 anos completos. Em média, as estações apresentam 30 anos de dados completos, que caracterizam a pluviometria de 1931 a 2006.

A **Tabela 4** a seguir apresenta a precipitação média, máxima e mínima, além do desvio padrão para cada uma das 27 estações pluviométricas consideradas.

Tabela 4 – Precipitação média, máxima, mínima anuais e desvio padrão na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Precipitação média, máxima, mínima anuais e desvio padrão na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.				
Código da Estação	Precipitação Anual (mm)			
	Média	Máxima	Mínima	Desvio Padrão
1944011	1.325,7	2.262,9	479,3	289,7
1944021	1.347,3	2.234,7	474,9	302,9
1944032	1.423,0	2.250,8	973,3	307,1
1944033	1.393,7	1.929,9	1.003,9	250,6
1944049	1.310,1	1.912,3	920,5	254,9
1945000	1.176,9	1.538,0	486,0	233,9
1945004	1.263,6	1.704,0	808,5	202,2
1945008	1.457,9	1.900,1	954,4	230,9
1945014	1.405,3	2.388,1	959,2	343,9
1945020	1.273,0	2.022,2	492,5	316,5
1945039	1.129,2	1.498,6	823,9	219,6
2044002	1.455,7	2.333,6	1.033,3	261,4
2044003	1.411,2	2.247,5	669,1	298,5
2044005	1.373,6	1.720,8	524,8	272,3
2044006	1.372,5	2.098,9	532,1	246,1
2044009	1.550,6	2.132,1	1.183,6	227,5
2044016	1.554,0	2.357,4	1.047,3	270,7
2044017	1.473,9	2.445,6	1.065,5	371,5
2044020	1.425,9	1.824,3	881,1	231,5
2044026	1.474,7	2.489,7	936,8	293,5
2044027	1.480,0	2.279,8	952,2	281,7
2044036	1.501,2	1.993,0	1.087,7	249,5
2044041	1.535,4	2.458,6	1.029,9	281,6
2044042	1.453,2	2.373,1	1.026,0	298,4
2045005	1.441,4	2.386,4	682,8	290,1
2045013	1.436,6	2.254,8	977,9	259,2
2045021	1.413,6	2.135,7	1.005,3	222,6
Médias	1.402,2	2.117,5	852,3	270,7

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Estação pluviométrica com maior precipitação anual máxima.

 Estação pluviométrica com menor precipitação anual mínima.

Observa-se na **Tabela 4** que as precipitações médias e máximas anuais não apresentam grandes variações entre as estações pluviométricas. O mesmo não ocorre com as precipitações mínimas anuais, cujo resultado apresentado demonstra variação entre aproximadamente 500 e 1000 mm. A média da precipitação média anual nas estações é 1.402,2 mm, a máxima da média anual é 2.117,5 mm e a mínima é 852,3 mm. A maior precipitação anual máxima observada foi 2.489,7 mm, para a estação Fazenda Coqueiros (2044026), na Sub-bacia Rio São João e a menor precipitação anual mínima observada foi 474,9 mm, para a estação Velha da Taipa (1944021), na Sub-bacia Baixo Rio Pará.

As **Figuras 39, 40 e 41** a seguir apresentam as isoietas das precipitações médias anuais máximas, médias e mínimas, obtidas a partir dos dados apresentados na **Tabela 4**. As isoietas foram calculadas a partir do método *Inverse Distance Weighted* – IDW, disponível na caixa de ferramentas do *software* ArcView 9. Os arquivos formato shapefile relativos às **Figuras 39, 40**

e 41 (Contour_Idw_Med_Clip, Contour_Idw_Max_Clip, Contour_Idw_Min_Clip) estão no **Anexo 3**.

Mesmo considerando estas 27 estações como consistidas para uma caracterização pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, as mesmas não foram suficientes para fornecer uma cobertura total da Bacia.

Durante o desenvolvimento dos mapas de precipitação anual média, máxima e mínima que se verificou que as regiões das cabeceiras do Rio Pará, na Sub-bacia Alto Rio Pará, e na foz do Rio Pará, na Sub-bacia Baixo Rio Pará ficaram sem uma cobertura completa.

Em ambas as regiões não existem estações pluviométricas próximas para se fazer uma interpolação. Ao norte (Sub-bacia Baixo Rio Pará) as estações encontradas não possuíam dados disponíveis na Hidroweb e no sul (Sub-bacia Alto Rio Pará) existe uma estação, mas não está próxima o suficiente e optou-se por não utilizá-la.

É clara a necessidade de melhorar a rede de monitoramento pluviométrico para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, visando à obtenção de informações mais precisas para auxiliar a gestão de seus recursos hídricos.

Para efeitos de visualização do mapa optou-se por completar as isoietas de precipitação, estendendo o seu traçado até o divisor de águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

A precipitação média anual da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está calculada a partir do método dos polígonos de Thiessen (TUCCI, 2002), conforme representado na **Figura 42**. Este método considera a não-uniformidade da distribuição espacial dos pontos e não leva em conta o relevo da bacia hidrográfica. A metodologia consiste em ligar os postos por trechos retilíneos, traçar linhas perpendiculares aos trechos retilíneos passando pelo meio da linha que liga os dois postos e prolongar as linhas perpendiculares até encontrar a outra. O polígono é formado pela intersecção das linhas, correspondendo à área de influência de cada estação pluviométrica. (Tucci, 1993).

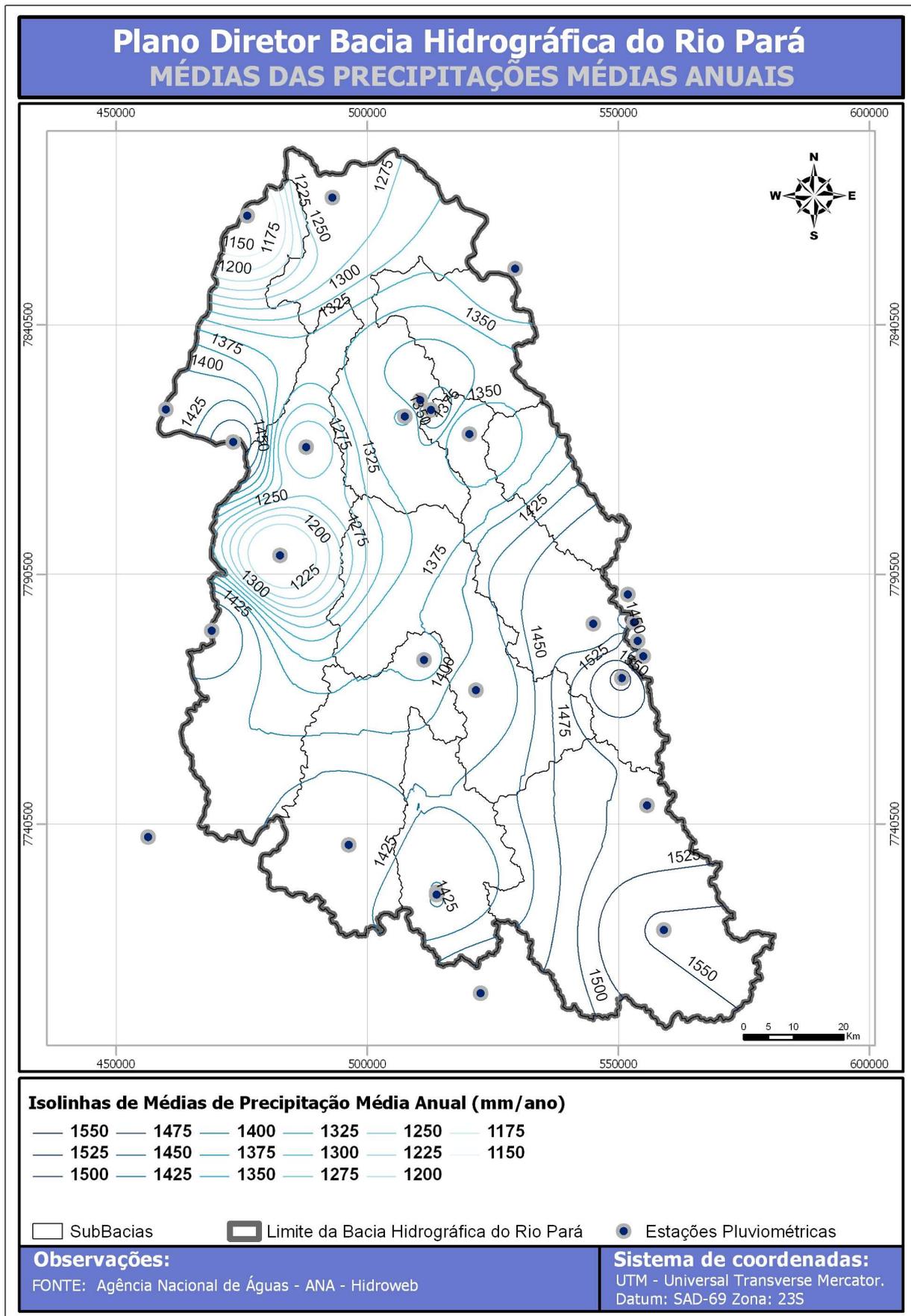


Figura 39 – Isoietas da precipitação média anual

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

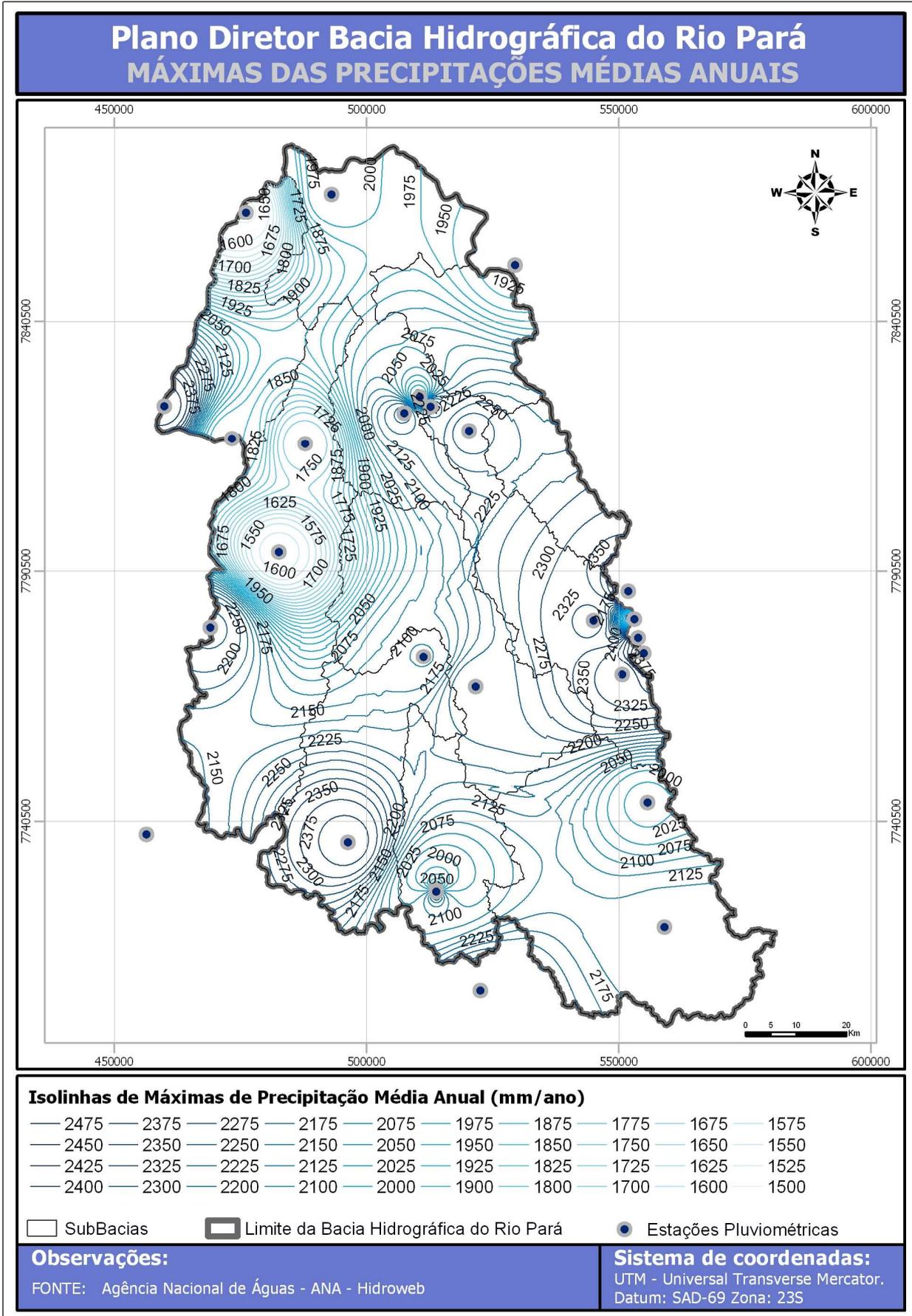


Figura 40 – Isoietas da precipitação média anual máxima

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

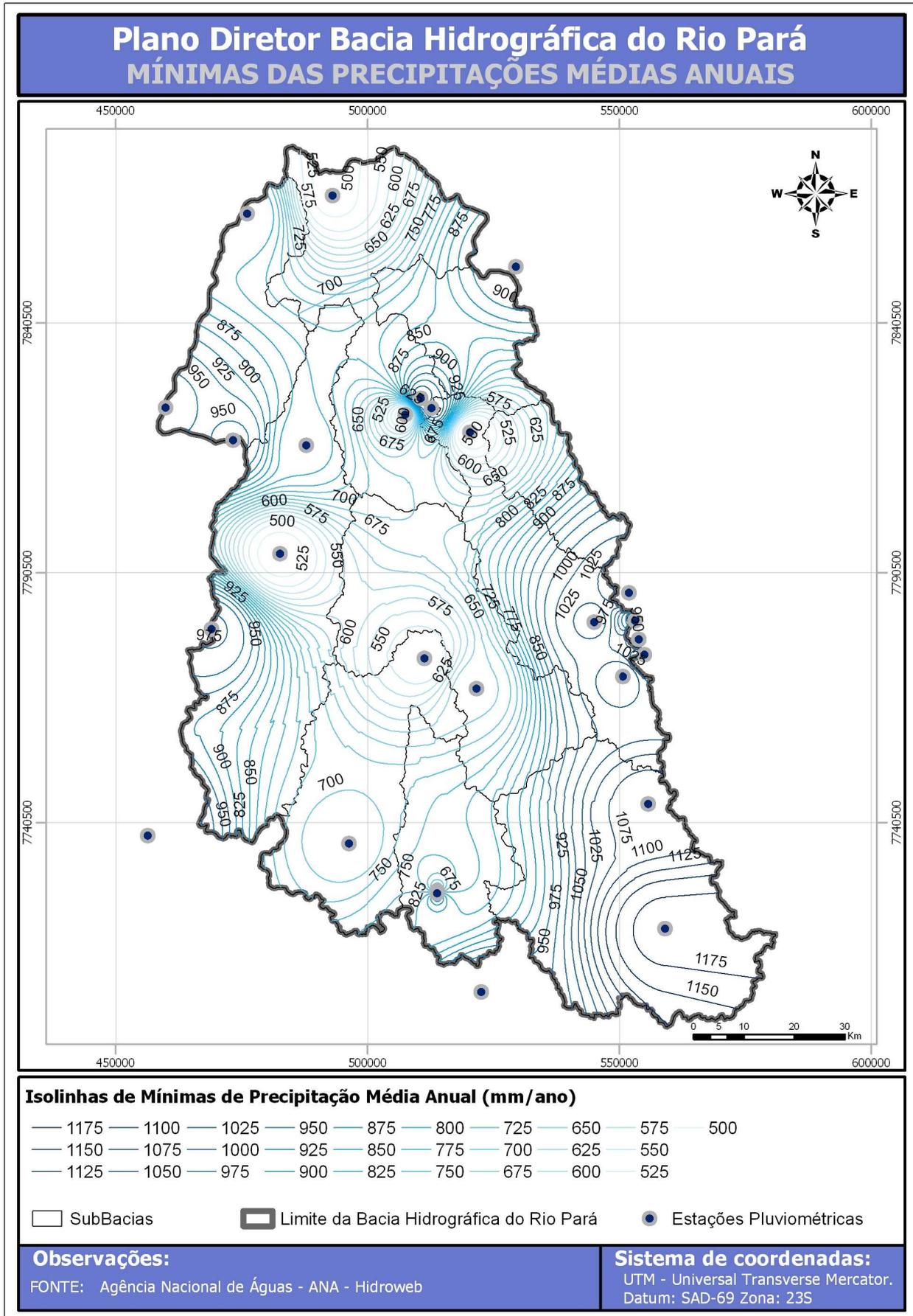


Figura 41 – Isoietas da precipitação média anual mínima

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

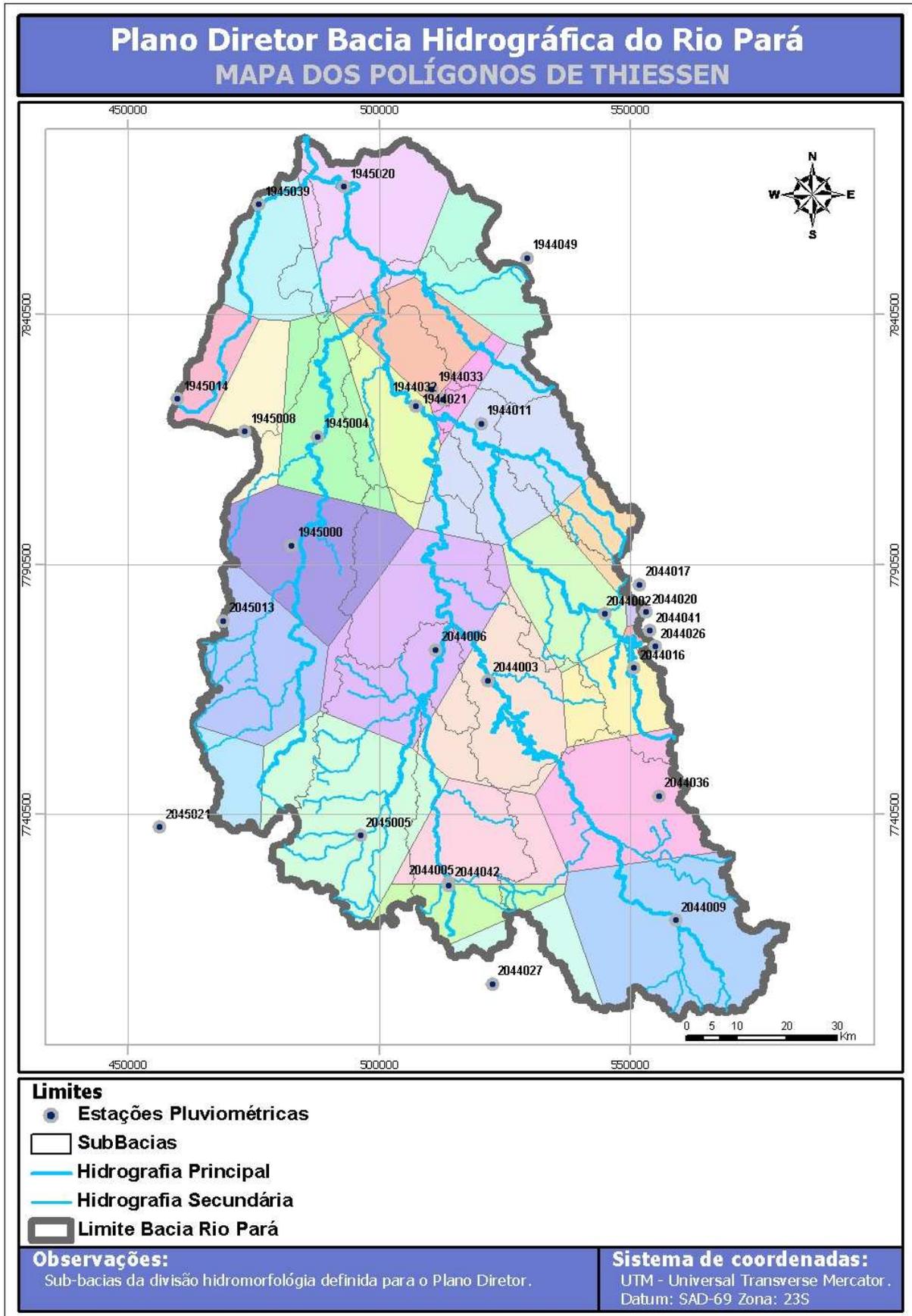


Figura 42 – Polígonos de Thiessen para o cálculo de precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O resultado das precipitações médias anuais, máximas, médias e mínimas calculadas pelo método de Thiessen para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, são respectivamente iguais a 2113, 1394 e 783 mm.

Os polígonos de Thiessen também foram utilizados para calcular a precipitação média anual em cada uma das 10 sub-bacias deste Plano Diretor. O resultado é apresentado na **Tabela 5**. Os dados pluviométricos utilizados para os cálculos estão no **Anexo 14**. O arquivo no formato shapefile dos polígonos de Thiessen utilizados no cálculo de precipitação (Polígonos_Thiessen_Precip) estão no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**.

Tabela 5 – Precipitação média anual para as 10 Sub-bacias do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Precipitação Média Anual Por Sub-bacia			
Sub-bacia	Precipitação Média Anual (mm)		
	Média	Máxima	Mínima
Alto Rio Pará	1407,8	2026,5	690,0
Ribeirão Boa Vista	1379,9	2329,6	693,6
Rio Itapecerica	1342,6	2008,8	854,5
Médio Rio Pará	1295,5	1838,8	875,0
Ribeirão da Paciência	1418,9	2285,1	645,1
Rio São João	1454,9	2127,1	862,5
Rio Lambari	1514,9	2080,3	1085,4
Rio do Peixe	1305,4	2020,3	630,6
Rio Picão	1375,3	2120,3	615,8
Baixo Rio Pará	1442,4	2295,9	879,1

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Menor volume registrado no tipo de precipitação média anual

 Maior volume registrado no tipo de precipitação média anual

Os valores presentes na **Tabela 5** foram obtidos a partir do *shapefile* construído com os polígonos de Thiessen. A metodologia consiste em ligar os postos pluviométricos por trechos retilíneos, traçar linhas perpendiculares aos trechos retilíneos passando pelo meio da linha que liga os dois postos e prolongar as linhas perpendiculares até encontrar a outra. Os polígonos são formados pela intersecção das linhas, correspondendo à área de influência de cada estação pluviométrica.

Para cada polígono foram gerados índices que são aplicados proporcionalmente à área de cada sub-bacia, para a obtenção da precipitação média anual média, máxima e mínima, tanto para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará como para as 10 sub-bacias. Para tanto, foi feito o cruzamento dos *shapefiles* dos limites dos polígonos com os limites das sub-bacias, presentes no **Anexo 3**. Os índices gerados para cada polígono estão no **Anexo 23**.

A **Tabela 5** apresenta, além da precipitação média anual média por sub-bacia, as precipitações médias anuais máximas e mínimas. Considerando as médias anuais médias, a Sub-bacia Rio São João registra a maior precipitação, com 1454,9 mm, maior que a média encontrada para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará pelos polígonos de Thiessen, que foi 1394 mm.

Entre as máximas encontradas, a Sub-bacia Ribeirão Boa vista é a que possui o maior valor, com 2329,6 mm, também maior que o valor encontrado para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará pelos polígonos de Thiessen, que foi 2113 mm.

A menor precipitação média está na Sub-bacia Médio Rio Pará, com 1295,5 mm, menor que a média encontrada para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará pelos polígonos de Thiessen, que foi 1394 mm.

Entre as mínimas encontradas, a Sub-bacia Rio Picão registra o menor valor, de 615,8 mm, também menor que o valor encontrado para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará pelos polígonos de Thiessen, que foi 783 mm.

Além da caracterização das precipitações médias e extremas anuais foi também determinado a sazonalidade da precipitação ao longo do ano, para a determinação dos períodos úmido e seco na Bacia Hidrográfica do Rio Pará. A **Tabela 6** apresenta a precipitação média mensal para todas as estações pluviométricas.

Tabela 6 – Precipitação Média Mensal para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Precipitação Média Mensal para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará												
Código Estação	Precipitação Média Mensal (mm)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1944011	269,7	176,2	151,6	54,8	29,3	11,0	11,2	9,9	44,6	108,3	197,1	261,9
1944021	261,8	180,1	147,8	51,0	33,4	10,2	12,4	12,1	42,1	107,2	209,6	279,6
1944032	278,2	176,3	177,9	66,3	32,5	10,5	11,9	12,5	44,4	100,9	213,8	297,9
1944033	266,2	218,3	200,2	71,8	14,7	7,4	8,4	9,1	38,7	95,6	173,4	290,0
1944049	253,3	172,4	150,3	46,9	35,6	10,5	11,5	9,9	40,6	88,1	214,0	276,9
1945000	223,7	157,8	137,2	58,3	25,6	13,7	10,5	3,6	31,6	97,9	172,9	244,1
1945004	247,5	151,0	161,3	50,6	29,1	5,5	7,0	8,0	45,9	96,8	180,6	266,0
1945008	296,3	182,8	158,3	55,3	46,0	8,8	16,6	15,4	53,8	93,0	222,4	309,1
1945014	325,5	170,9	149,6	77,8	34,4	11,4	15,1	18,0	47,0	109,5	186,1	259,9
1945020	267,7	152,7	137,8	58,4	31,2	11,0	14,6	12,1	32,2	112,4	175,5	267,6
1945039	218,7	178,1	149,1	45,6	27,7	4,1	14,6	11,4	35,5	73,3	165,7	222,4
2044002	277,5	160,4	180,8	65,3	30,8	16,4	12,2	16,5	55,8	104,8	235,5	299,8
2044003	299,5	170,8	155,2	57,9	25,8	11,7	10,5	13,5	45,3	113,5	210,1	291,6
2044005	284,8	176,1	168,4	58,2	30,3	14,7	11,8	11,1	40,2	136,6	195,6	245,8
2044006	277,8	164,0	145,5	57,5	27,1	16,3	12,1	13,7	54,1	110,2	206,1	286,9
2044009	309,9	199,9	169,3	64,6	43,0	19,9	14,0	15,5	56,8	127,9	208,0	321,8
2044016	311,8	192,5	172,0	66,8	39,6	18,3	18,1	12,7	57,5	101,6	243,0	320,1
2044017	254,4	133,4	159,9	82,1	31,6	17,0	23,7	10,9	60,1	126,2	255,0	319,5
2044020	281,4	140,4	163,2	58,0	30,2	14,7	13,0	13,3	46,9	97,3	259,3	308,2
2044026	311,9	161,2	160,2	67,7	38,7	14,5	15,1	14,5	56,2	90,7	215,3	328,9
2044027	291,3	168,9	158,4	74,6	46,2	23,6	16,4	16,3	60,4	122,3	213,0	288,5
2044036	325,9	169,2	173,1	73,8	39,2	19,9	17,3	20,7	62,0	101,1	196,4	302,5
2044041	327,8	167,6	177,4	69,9	38,1	16,2	12,9	15,7	53,5	86,5	229,9	339,8
2044042	306,4	146,7	170,2	60,6	46,6	16,1	13,1	17,2	54,4	113,2	192,8	304,0
2045005	274,0	192,7	174,8	59,5	38,3	15,5	11,6	13,6	48,5	122,7	195,6	299,2
2045013	297,6	171,5	149,7	69,6	45,6	16,9	15,2	18,8	54,0	109,1	203,8	284,8
2045021	263,4	187,5	153,8	71,6	44,9	16,2	14,2	19,4	66,4	113,7	184,7	277,8
Média Mensal	281,6	171,1	161,2	62,8	34,7	13,8	13,5	13,5	49,2	105,9	205,8	288,7

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maior precipitação média mensal.

 Menor precipitação média mensal.

A precipitação mensal média observada para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, considerando a média de todos os meses, foi igual a 116,8 mm. A maior precipitação média mensal foi igual a 339,8 mm e aconteceu na estação 2044041, nas cabeceiras da Sub-bacia Rio São João e, a menor precipitação média mensal foi igual a 4,1 mm e aconteceu na estação 1945039, na Sub-bacia Rio Picão, próximo da foz no Rio São Francisco.

A partir dos resultados apresentados na **Tabela 6** podem-se determinar os períodos úmido e seco. O período úmido inicia-se em outubro e se propaga até março. O período seco inicia-se em abril e termina em setembro (**Figura 43**, presente também no **Anexo 1**).

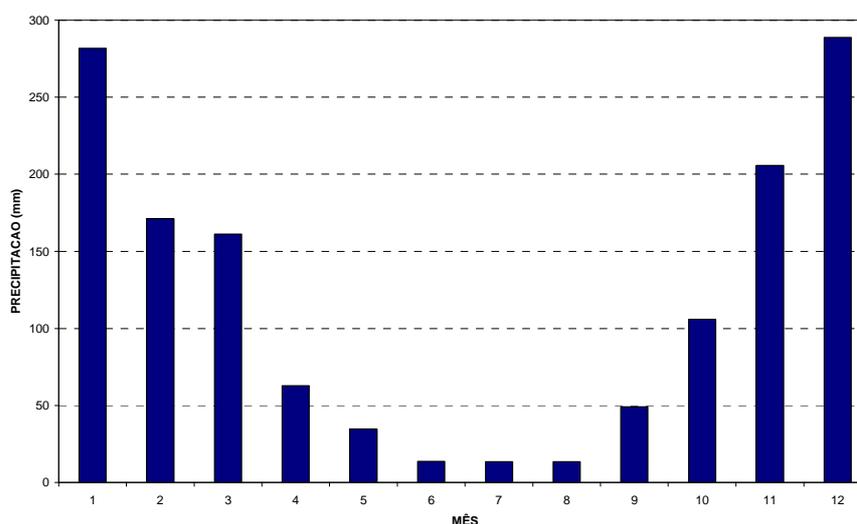


Figura 43 – Precipitação Média Mensal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As precipitações médias acumuladas para os períodos seco e úmido são apresentados na **Tabela 7**.

Tabela 7 – Precipitação Média Acumulada para os Períodos Seco e Úmido.

Precipitação Média Acumulada para os períodos Seco e Úmido na Bacia Hidrográfica do Rio Pará						
Código da Estação	Precipitação Período Úmido (mm)			Precipitação Período Seco (mm)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
1944011	1164,9	1929,4	464,2	194,1	582,3	4,0
1944021	1186,0	1914,3	457,2	197,7	603,4	3,4
1944032	1245,0	1940,3	689,3	207,5	581,1	2,6
1944033	1243,7	1734,0	864,1	207,3	485,4	12,9
1944049	1155,1	1691,2	787,3	192,5	536,9	0,0
1945000	1033,6	1282,5	470,6	172,3	468,1	12,2
1945004	1103,1	1488,4	649,4	183,8	519,5	0,0
1945008	1262,0	1702,3	724,0	210,3	711,6	8,4
1945014	1201,7	2013,5	751,2	200,3	613,8	8,2
1945020	1113,6	1763,4	492,5	185,6	495,0	0,0
1945039	1007,3	1314,7	650,7	167,9	509,6	21,2
2044002	1258,7	1882,7	907,6	209,8	559,7	13,3
2044003	1240,8	1951,9	636,4	206,8	751,0	2,2
2044005	1207,3	1611,8	497,7	201,2	647,2	13,1

Precipitação Média Acumulada para os períodos Seco e Úmido na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)						
Código da Estação	Precipitação Período Úmido (mm)			Precipitação Período Seco (mm)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
2044006	1190,6	1656,2	480,8	198,4	653,9	7,6
2044009	1336,7	1887,0	903,6	222,8	667,0	17,0
2044016	1341,0	1946,1	928,5	223,5	618,4	10,3
2044017	1248,6	2022,6	908,3	208,1	535,4	7,9
2044020	1249,8	1639,6	792,9	208,3	584,5	8,6
2044026	1268,2	2074,0	705,2	211,4	691,4	3,9
2044027	1242,5	1659,0	834,9	207,1	601,6	15,2
2044036	1268,2	1653,7	780,4	211,4	596,6	17,6
2044041	1329,0	2002,2	867,8	221,5	627,8	7,0
2044042	1233,4	1803,9	760,0	205,6	595,7	0,0
2045005	1259,0	1858,0	665,6	209,8	667,4	19,3
2045013	1216,6	1791,7	693,9	202,8	605,6	5,9
2045021	1180,9	1541,7	624,0	196,8	605,0	35,7
Médias	1.214,3	1.768,7	703	202,4	596,8	9,5

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

- Maiores valores para períodos seco e úmido.
- Menores valores para períodos seco e úmido.

Pode-se observar que a precipitação média esperada para o período úmido é igual a 1.214,3 mm com pico máximo de 2.074 mm nas cabeceiras da Sub-bacia Rio São João e mínimo de 457,2 mm, na Sub-bacia Baixo Rio Pará.

Para o período seco, a precipitação média esperada é igual a 202,4 mm com pico máximo de 751 mm, na foz do Ribeirão do Empanturrado no Rio Pará e mínimo de 0 mm: nas cabeceiras do Ribeirão das Areias da Sub-bacia Rio do Peixe; na Sub-bacia Rio Lambari, mais próximo de sua foz no Rio Pará; no Rio Pará, próximo de sua foz no Rio São Francisco; e, nas cabeceiras da Sub-bacia Ribeirão Boa Vista.

O banco de dados “Dados_Pluviométricos_consistidos.mdb”, com 374.387 registros diários de vazões medidas, utilizado para o cálculo dos valores constantes nas **Tabelas 4, 6 e 7**, está no **Anexo 14**, cuja fonte é HIDROWEB, Sistema de Informações Hidrológicas, mantido pela Agência Nacional de Águas (ANA). Nele foram feitas consultas lógicas, típicas do *software* em questão, para a identificação das precipitações média, máxima, mínima e desvio padrão para cada estação pluviométrica, considerando todo o período consistido de dados. Foram feitas consultas também para obtenção das médias mensais e das médias para os períodos seco e úmido, considerando todos os anos monitorados.

As **Figuras 44 e 45** a seguir apresentam as isoietas das precipitações médias acumuladas para os períodos úmido e seco. Os arquivos formato shapefile relativos às **Figuras 44 e 45** (Contour_Idw_Med_Umido_Clip, Contour_Idw_Med_Seco_Clip) estão no **Anexo 3**. Os arquivos formato jpg estão no **Anexo 1**.

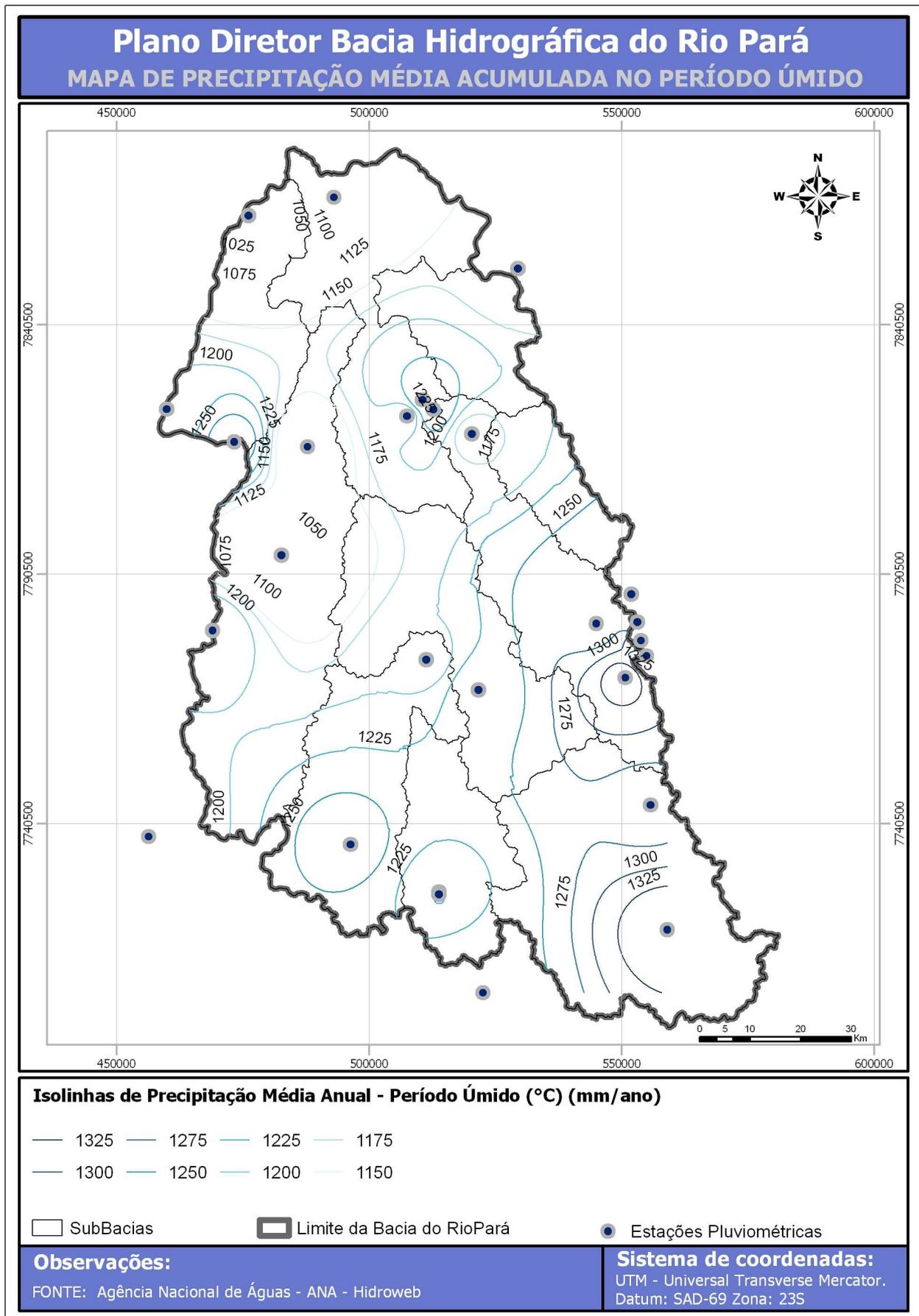


Figura 44 – Isoietas da precipitação média acumulada no período úmido.

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

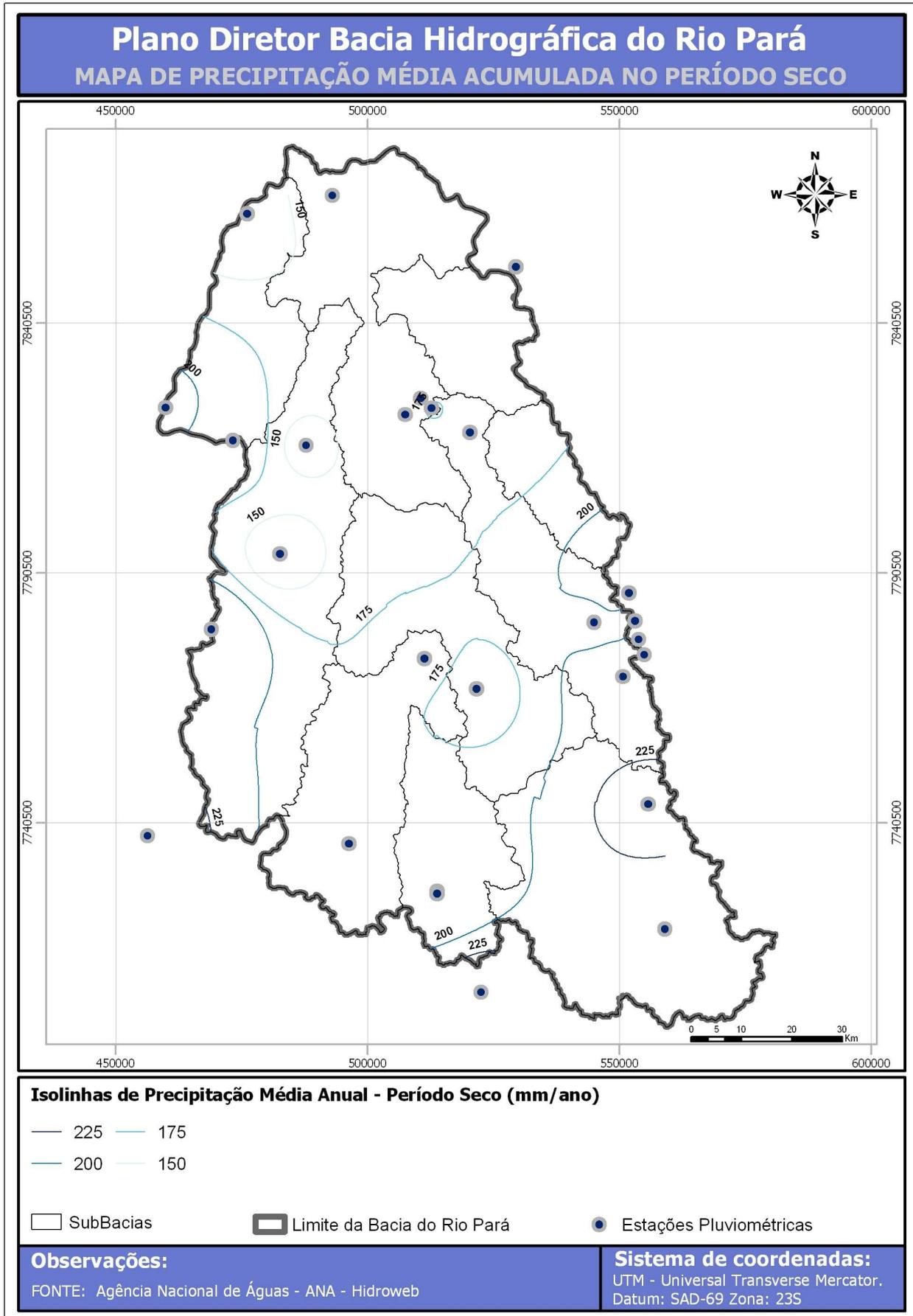


Figura 45 – Isoietas da precipitação média acumulada no período seco.

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para fins de informação estão relacionadas na **Tabela 8** todas as estações pluviométricas que foram encontradas informações. As estações com menos de 10 anos completos foram retiradas nas análises feitas anteriormente.

Tabela 8 – Características do tamanho das séries das estações pluviométricas.

Características do tamanho das séries das estações pluviométricas				
Código da Estação	Nome	Período		Anos Completos
		Início	Fim	
1944001	Pará de Minas	1941	1948	3
1944002	Igaratinga	1941	1947	3
1944011	Jaguaruna-Jusante (Pcd Inpe)	1941	2007	43
1944021	Velho da Taipa	1959	2007	37
1944025	Parada da Bahia	1970	1975	4
1944030	Fazenda Sesmaria	1972	1978	5
1944032	Pitangui	1941	2004	40
1944033	Pitangui (Inmet)	1941	1960	11
1944049	Papagaios	1975	2006	25
1945000	Araújos	1941	1981	25
1945001	Martinho Campos	1941	1947	1
1945004	Estação Álvaro da Silveira	1941	2007	29
1945008	Bom Despacho	1974	2006	26
1945014	Engenho Ribeiro	1974	1993	17
1945020	Porto Pará	1959	1993	23
1945035	Abaeté	1974	2007	24
1945039	Martinho Campos	1983	2007	19
2044002	Itaúna-Montante	1941	2007	37
2044003	Carmo do Cajuru	1941	2007	46
2044005	Carmo da Mata	1941	1977	22
2044006	Divinópolis	1941	2007	43
2044007	Entre Rios de Minas	1941	2007	45
2044009	Fazenda Campo Grande	1942	2007	46
2044011	Carmópolis de Minas	1942	1949	3
2044014	UHE do Gafanhoto	1950	1993	9
2044016	Fazenda Benedito Chaves	1970	2007	30
2044017	Fazenda Água Limpa	1970	1988	13
2044020	Calambau	1970	2007	28
2044024	Fazenda Curralinho	1972	2007	30
2044026	Fazenda Coqueiros	1974	2007	32
2044027	Ponte Fernão Dias	1966	2006	32
2044036	Itaguara	1975	1993	17
2044037	Santo Antonio do Amparo	1975	2007	28
2044040	Usina João Ribeiro	1973	2007	23
2044041	Fazenda Laranjeiras	1976	2007	30
2044042	Carmo da Mata (ETA Copasa)	1977	2007	27
2044055	Se Cláudio	1988	1988	0
2045005	Lamounier	1941	2007	59
2045006	Itapecerica	1941	1949	5

Características do tamanho das séries das estações pluviométricas (cont.)				
Código da Estação	Nome	Período		Anos Completos
		Início	Fim	
2045007	Santo Antonio do Monte	1941	1946	2
2045013	Santo Antonio do Monte	1975	2006	31
2045021	Formiga	1931	2006	36
2045027	Se Pedra do Indaiá	1981	1993	8

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

-  Estação pluviométrica com mais anos completos
-  Estação pluviométrica com menos anos completos
-  Estações com menos de 10 anos completos

Pode-se observar na **Tabela 8** que a estação pluviométrica com o menor número de anos completos é a estação SE Claudio (2044055), sem nenhum ano completo e, a com maior número de anos completos a estação Lamounier (2045005), com 59 anos completos. Em média, as estações apresentam 23,7 anos de dados completos, que caracterizam a pluviometria de 1931 a 2007.

Além destas estações pluviométricas disponíveis na ANA, existem ainda 12 estações pluviométricas que a CEMIG utiliza para monitorar seus reservatórios e 15 estações pluviométricas que a COPASA utiliza para monitorar seus mananciais de captação na região da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Devido à constatação de que as estações disponíveis na HIDROWEB (ANA) não foram suficientes para a cobertura total da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, procedeu-se à uma avaliação da eficácia da rede de monitoramento existente, considerando também as estações da CEMIG e da COPASA. Os resultados deste estudo estão expressos na **Etapa 8** deste Plano Diretor, que trata especificamente dos diversos tipos de monitoramento existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

O estudo está baseado nas densidades mínimas sugeridas pela WMO (*World Meteorological Organization*) na publicação *“Guide to hydrological practices”* (1994). As áreas de abrangência de cada estação pluviométrica foram avaliadas através do método de Thiessen. A comparação entre as densidades mínimas sugeridas e a densidade atual (considerando as estações utilizadas no Plano Diretor) resultou na necessidade de novas estações, cuja quantidade está expressa por sub-bacia na **Tabela 9**.

As novas estações sugeridas incluem algumas das estações da COPASA e da CEMIG e também estações novas, junto de estações de monitoramento de qualidade das águas do IGAM. Esta implica neste contexto um monitoramento integrado entre as diversas instituições. Para que este monitoramento seja efetivo para a gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará é necessário que sejam revistos freqüências de medição nas estações e formatação das planilhas de dados.

Tabela 9 – Resultado da avaliação do nº de estações pluviométricas sugeridas para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Resultado da avaliação do nº de estações pluviométricas sugeridas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará	
Sub-bacia	Nº. Pluviométricas sugeridas
Alto Rio Pará	8
Ribeirão Boa Vista	2
Rio Itapecerica	3
Médio Rio Pará	5
Ribeirão da Paciência	2
Rio São João	2
Rio Lambari	8
Rio do Peixe	0
Rio Picão	1
Baixo Rio Pará	3
Total	34

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda. – ETAPA 8 deste Plano Diretor.

5.2.2 Caracterização Fluviométrica

Da mesma forma que a caracterização pluviométrica, os dados utilizados para a caracterização fluviométrica foram obtidos do inventário de estações da Agência Nacional de Águas – ANA, disponível em seu website. Para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará foram identificados 51 estações fluviométricas, no entanto somente 19 têm dados disponíveis.

Os dados disponibilizados pela ANA já são considerados consistidos, no entanto, neste trabalho, todos os dados passaram por um novo processo de consistência no qual se verificou: a existência de dados duplos, a inexistência de dados observados, a existência de erros grosseiros, a análise de continuidade de fluviogramas e da curva dupla acumulativa.

Dentre as 19 estações fluviométricas pré-selecionadas, observou-se durante o processo de consistência dos dados que as seguintes estações não poderiam ser utilizadas para a caracterização fluviométrica:

- 40270000: no rio São João, a série apresenta 76% de falhas.
- 40350000: próxima a usina Camarão, no rio Lambari, a série não é estacionária.
- 40450000: no rio Pará, a série apresenta dados inconsistentes com as demais séries.
- 40505000: próxima a usina Pari, no rio Picão, a série apresenta dados inconsistentes com as demais séries.

Critérios como período mínimo de dados e percentagem mínima de falhas não são utilizados na caracterização fluviométrica. As falhas das estações fluviométricas foram consideradas, no entanto, para a determinação das curvas de permanência.

As 15 estações utilizadas para a caracterização fluviométrica são apresentadas na **Figura 46** a seguir. O arquivo em formato shapefile com a localização destas estações (Estacoes_Fluviométricas) está no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**.

Nota-se na **Figura 46** que as Sub-bacias Rio do Peixe e Ribeirão da Paciência não possuem estações fluviométricas consistidas, cujos dados possam ser utilizados nos cálculos hidrológicos.

A **Tabela 10** lista todas as estações fluviométricas apresentadas na **Figura 46**. As estações são agrupadas em função da localização dos rios principais. Para cada estação são apresentadas as características como área de drenagem, comprimento do talvegue principal, declividade e densidade de drenagem.

Tabela 10 – Características fisiográficas das bacias de contribuição a montante das estações fluviométricas consideradas.

Características fisiográficas das bacias de contribuição a montante das estações fluviométricas consideradas						
Código da Estação	Nome	Rio Principal	A (km ²)	L (km)	I (m/m)	Dd (km/km ²)
40105000	Fazenda Campo Grande	Rio Pará	386	29,03	0,0066	2,17
40130000	Ponte do Vilela	Rio Pará	1722	77,6	0,0053	2,38
40150000	Carmo do Cajuru	Rio Pará	2402	143,9	0,0033	2,36
40330000	Velho da Taipa	Rio Pará	7350	147,7	0,0042	2,15
40180000	Carmo da Mata	Ribeirão Boa Vista	145	25,6	0,0139	3,30
40160000	Lamounier	Rio Itapecerica	157	25,7	0,0123	1,37
40170000	Marilândia (Ponte BR-494)	Rio Itapecerica	1027	74,8	0,0053	1,59
40185000	Pari	Rio Itapecerica	1849	84,0	0,0048	1,99
40190002	Divinópolis	Rio Itapecerica	1980	90,0	0,0048	2,00
40269900	Itaúna – Montante	Rio São João	337	52,5	0,0019	2,60
40300000	Jaguaruna	Rio São João	1545	131,6	0,0025	2,45
40300001	Jaguaruna – Jusante	Rio São João	1543	138,6	0,0029	2,41
40380000	Araújos	Rio Lambari	1217	101,1	0,0038	1,47
40400000	Álvaro da Silveira	Rio Lambari	1803	145,0	0,0031	1,61
40500000	Martinho Campos	Rio Picão	715	72,7	0,0022	1,23

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A – Área de drenagem. L – Comprimento do talvegue principal. I – Declividade Longitudinal média. Dd – Densidade de drenagem.

A densidade de drenagem (km/km²) (Dd) é calculada pela divisão do comprimento total de todos os cursos d'água pela área da bacia de contribuição da estação fluviométrica, em quilômetros. Pode variar de 0,5 km/km² (bacias mal drenadas devido a elevada permeabilidade ou precipitação escassa) a 3,5 km/km² (bacias excepcionalmente bem drenadas ocorrendo em áreas com elevada precipitação ou muito impermeáveis).

As áreas das bacias de contribuição das estações fluviométricas foram obtidas diretamente do *shapefile* com os limites das mesmas, que foram traçados pela TESE Tecnologia sobre a base de hidrografia e de curvas de nível fornecida pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em ambiente de Geoprocessamento, com a construção do *geodatabase*. O mesmo foi feito com a distância da nascente mais a montante até o exutório da bacia de contribuição, tomando o cuidado de transformar cada trecho em uma única linha, emendando as quebras existentes. O comprimento de todos os cursos d'água existentes na bacia de contribuição de cada estação fluviométrica, para o cálculo da densidade de drenagem, foi extraído também em ambiente de Geoprocessamento, com a construção do *geodatabase*.

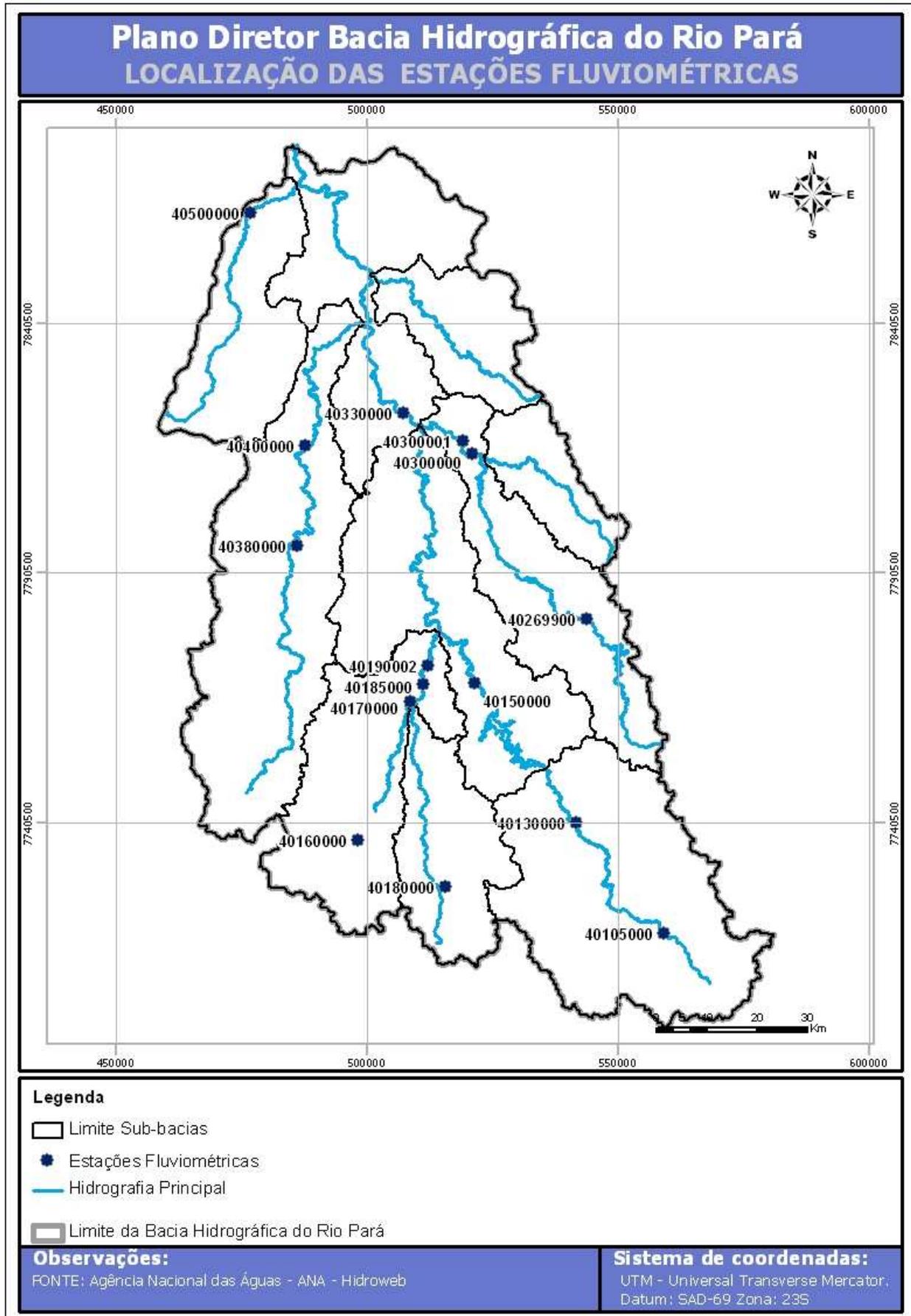
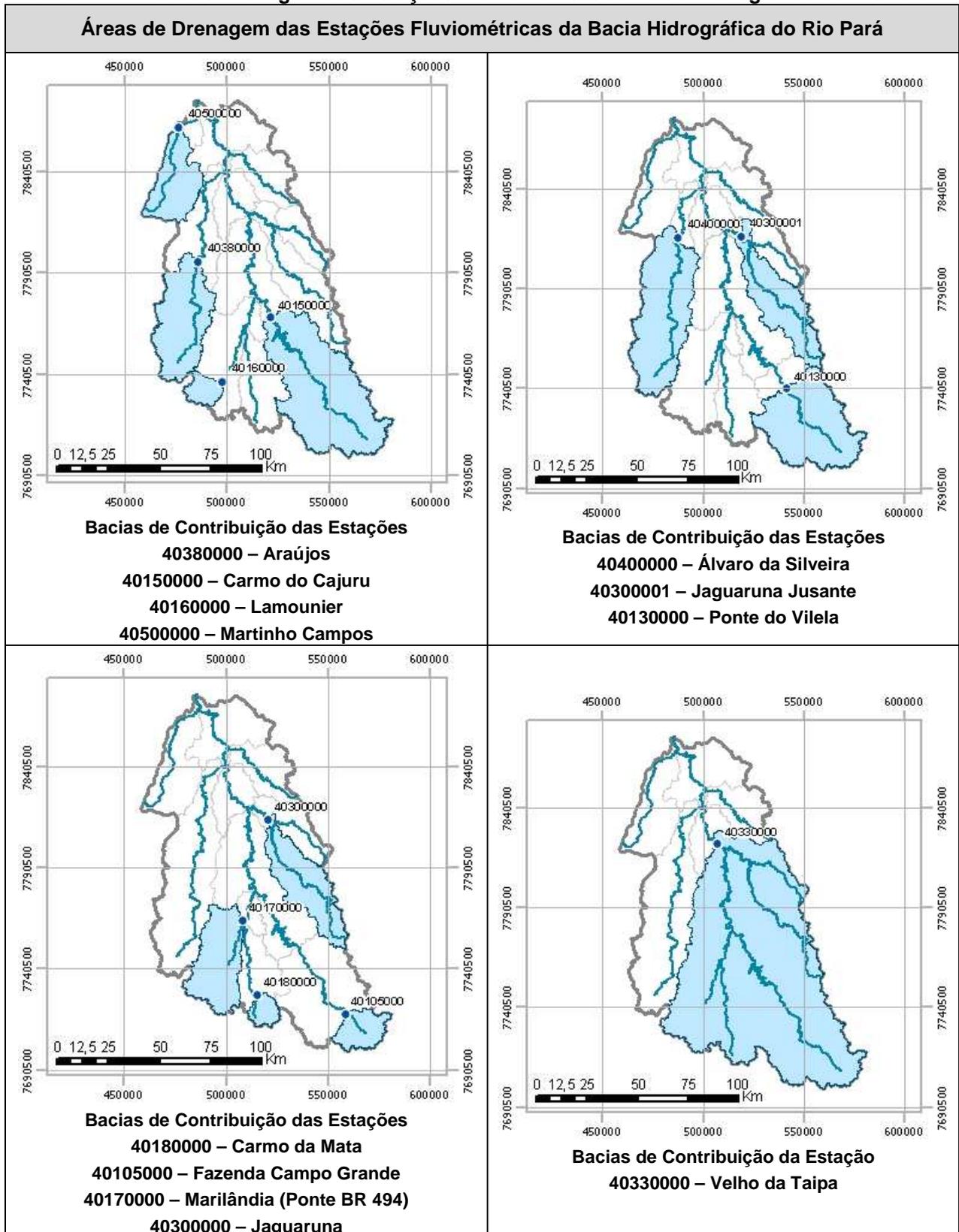


Figura 46 – Localização das estações fluviométricas

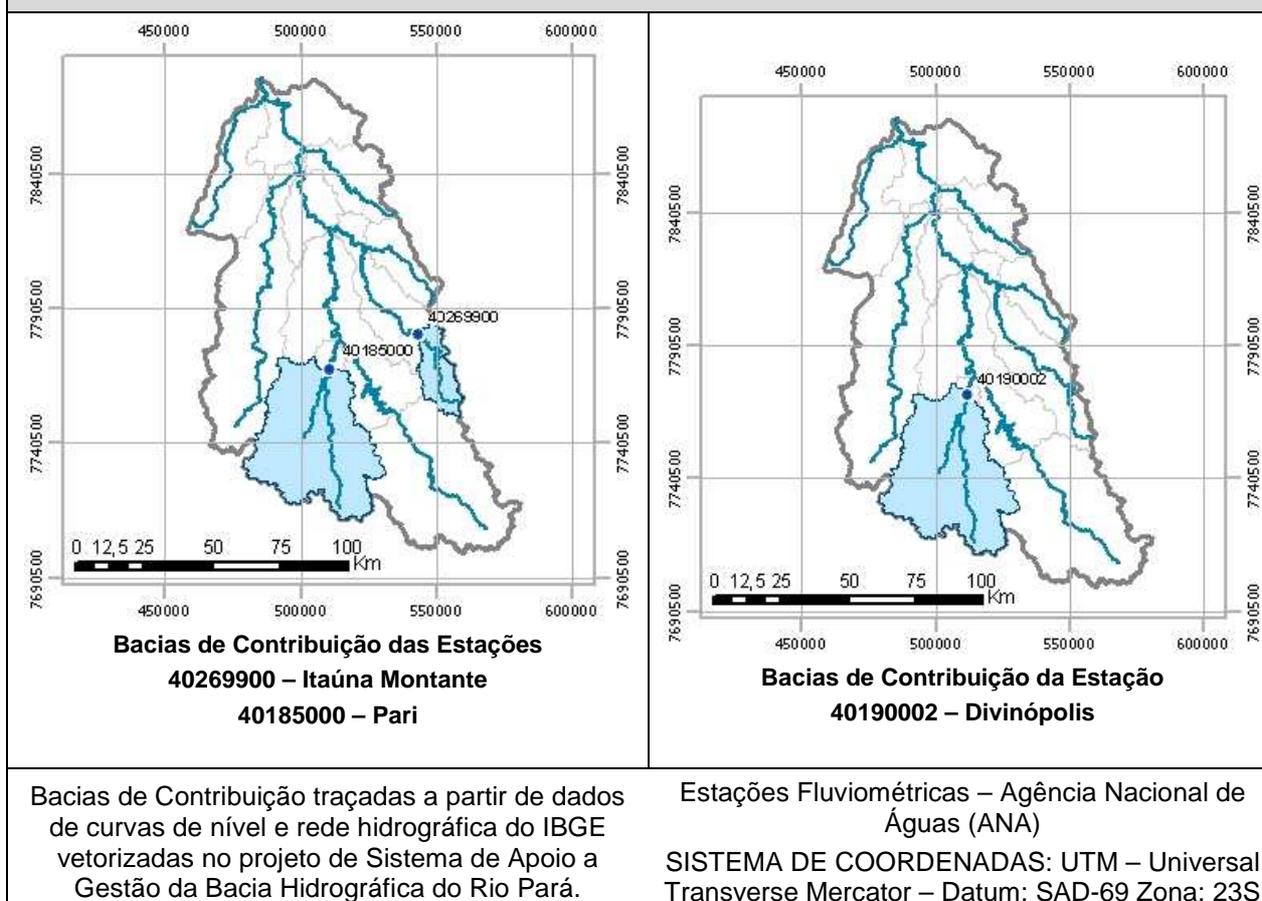
Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Tabela 11** mostra as áreas de drenagem das estações fluviométricas listadas na **Tabela 10**. As figuras que compõem a **Tabela 11** estão em formato jpg no **Anexo 1**.

Tabela 11 – Áreas de Drenagem das Estações Fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará



Áreas de Drenagem das Estações Fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)



Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os arquivos formato *shapefile*, com o traçado das bacias de contribuição das estações fluviométricas, com a hidrografia e com as curvas de nível encontram-se no **Anexo 3**. Para a obtenção dos valores é preciso carregar o *shapefile* no ArcView dentro do geodatabase. As diferenças de altimetria entre a nascente e o exutório do talveg principal foram obtidas aproximadamente, a partir das cotas das curvas de nível existentes. Algumas cotas das estações fluviométricas foram adotadas do site da ANA, nos dados fornecidos de cada estação fluviométrica.

A caracterização dos dados brutos das estações fluviométricas é apresentada na **Tabela 12** a seguir.

Tabela 12 – Características das séries de dados brutos das estações fluviométricas

Características das séries de dados brutos das estações fluviométricas					
Código da estação	Nome	Início	Fim	% de falhas	Anos completos
40105000	Fazenda Campo Grande	1939	1967	37,4	13
40130000	Ponte do Vilela	1938	1979	50,6	21
40150000	Carmo do Cajuru	1936	2007	22,8	72
40330000	Velho da Taipa	1938	2007	0,0	70
40180000	Carmo da Mata	1938	1980	14,9	37
40160000	Lamounier	1938	1963	0,4	26
40170000	Marilândia (Ponte BR-494)	1967	2007	4,1	41
40185000	Pari	1973	2007	0,7	35
40190002	Divinópolis	1936	1977	13,1	38

Características das séries de dados brutos das estações fluviométricas (cont.)					
Código da estação	Nome	Início	Fim	% de falhas	Anos completos
40269900	Itaúna – Montante	1976	2006	2,6	31
40300000	Jaguaruna	1938	1976	3,2	38
40300001	Jaguaruna – Jusante	1978	2007	6,4	30
40380000	Araújos	1939	1981	3,1	42
40400000	Álvaro da Silveira	1944	1965	5,4	22
40500000	Martinho Campos	1966	2007	9,7	41

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para a caracterização fluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará considerou-se o cálculo do evento extremo de vazão de cheia (Q_{MAX}), o evento extremo de vazão de estiagem (Q_{MIN}), a vazão com 90% de permanência (Q_{90}), a vazão com 95% de permanência (Q_{95}), a vazão de estiagem de 7 dias com 10 anos de retorno ($Q_{7,10}$), a vazão média de longo período (Q_{MLP}) e a vazão específica para cada estação (q). (Tabela 13)

Tabela 13 – Caracterização Fluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Caracterização Fluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará									
Código da Estação	Nome	Corpo Hídrico	Q_{MAX} (m ³ /s)	Q_{MIN} (m ³ /s)	Q_{90} (m ³ /s)	Q_{95} (m ³ /s)	$Q_{7,10}$ (m ³ /s)	Q_{MLT} (m ³ /s)	q (l/s.km ²)
40105000	Fazenda Campo Grande	Rio Pará	108,0	1,0	-	-	1,6	8,2	22,6
40130000	Ponte do Vilela	Rio Pará	280,0	4,3	9,7	8,1	6,8	27,4	15,9
40150000	Carmo do Cajuru	Rio Pará	525,0	3,5	16,4	14,7	7,8	35,7	14,9
40330000	Velho da Taipa	Rio Pará	1473,8	21,3	36,7	30,4	23,6	107,1	14,6
40180000	Carmo da Mata	Rio Itapecerica	45,7	0,1	0,9	0,6	0,6	2,6	17,9
40160000	Lamounier	Rio Itapecerica	17,6	0,2	0,8	0,7	0,4	2,7	17,5
40170000	Marilândia (Ponte BR-494)	Rio Itapecerica	306,0	0,8	4,6	3,7	2,4	14,7	14,3
40185000	Pari	Rio Itapecerica	560,0	1,9	8,5	7,3	4,6	27,9	15,1
40190002	Divinópolis	Rio Itapecerica	310,0	4,3	10,1	8,4	7,3	30,2	15,3
40269900	Itaúna – Montante	Rio São João	36,3	0,8	2,7	2,3	2,3	4,5	13,3
40300000	Jaguaruna	Rio São João	614,0	1,9	5,3	4,6	2,4	20,2	13,0
40300001	Jaguaruna – Jusante	Rio São João	377,0	1,8	6,7	5,8	4,2	21,8	14,1
40380000	Araújos	Rio Lambari	149,0	2,4	5,8	4,7	3,3	18,2	14,9
40400000	Álvaro da Silveira	Rio Lambari	325,4	6,9	8,4	7,2	4,4	26,4	14,6
40500000	Martinho Campos	Rio Picão	121,0	0,3	2,7	2,4	1,3	8,2	11,5

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os valores presentes na **Tabela 13** foram obtidos a partir das áreas das bacias de contribuição das estações fluviométricas da **Tabela 10**, dos dados de vazões presentes no **Anexo 15** e das curvas de permanência presentes no **Anexo 16** do presente Relatório.

A estação 40190002 apresentou muitas falhas a partir do ano de 1962 e teve estes dados eliminados para a caracterização fluviométrica. A estação 40105000, sem o cálculo das vazões Q_{90} e Q_{95} na **Tabela 13**, não apresentou 5 anos de dados consecutivos.

A vazão máxima foi obtida, para cada estação, da observação das séries de anos completos mais os períodos úmidos completos dos anos incompletos. A vazão mínima foi obtida pelo mesmo processo realizado para a vazão máxima, ou seja, da observação das séries de anos completos mais os períodos secos completos dos anos incompletos.

A vazão de referência Q95 foi determinada a partir da curva de permanência calculada para cada estação fluviométrica. As curvas de permanência fazem parte do **item 5.2.3.3** do presente relatório. O critério de seleção das séries de vazão para o cálculo da curva de permanência, foi a série de vazão diária com pelo menos 5 anos de dados consecutivos, e com no máximo 10% de falhas (TUCCI, 2002). Este critério, em detrimento ao preenchimento de falhas, é preferível no sentido de não introduzir tendenciosidade.

A tendenciosidade pode acontecer na utilização de séries com períodos de observação diferentes. Este modelo de tendenciosidade foi verificado calculando-se a curva de permanência para diferentes períodos para as estações 40150000 e 40330000, cujas séries apresentam mais de 70 anos de dados. Verificou-se que, principalmente no caso das vazões de estiagem, não ocorreram diferenças significativas, concluindo-se que as séries não são tendenciosas por períodos e que, independente dos mesmos, todas podem ser utilizadas.

A tendenciosidade também pode aparecer pelo preenchimento de falhas. Preencher a partir de uma estação com vazões muito altas, por exemplo, introduz a tendência que as vazões altas ocorreram para todas as estações preenchidas.

Outra forma de tendenciosidade é a utilização de períodos diferentes. Pode existir uma série de 10 anos de dados, de 1970 a 1980, que represente um período muito seco e outra de 10 anos também, de 1980 a 1990 que represente um período muito úmido. Para a série de período úmido a Q95 será maior.

A vazão de referência ($Q_{7,10}$) foi obtida da série de vazões mínimas, conforme descrito anteriormente ou seja, da observação das séries de anos completos mais os períodos secos completos dos anos incompletos. A vazão média de longo período (Q_{MLT}) foi obtida considerando-se toda a série de vazões, sem os períodos com falhas. A vazão específica (q) foi obtida a partir da razão entre a vazão média de longo termo e a área de drenagem.

Pode-se observar na **Tabela 13** que, para estações fluviométricas localizadas no mesmo corpo hídrico, as vazões máximas e mínimas, em alguns casos, não guardam a razão de proporcionalidade em relação à área de drenagem, ou seja, à medida que aumenta a área de drenagem não aumentam as vazões. Isto pôde ser observado: (i) nas vazões máximas: entre as estações Pari (401850000) e Divinópolis (40190002) e entre as estações Jaguaruna (40300000) e Jaguaruna Montante (40300001); (ii) nas vazões mínimas: entre as estações Ponte do Vilela (40130000) e Carmo Cajuru (40150000) e entre as estações Jaguaruna (40300000) e Jaguaruna Montante (40300001). Isto pode ter ocorrido porque as séries de vazões não foram preenchidas e, conseqüentemente, a seleção de eventos extremos de vazão, cheia ou estiagem são eventos pontuais e que, neste caso, não ocorreram necessariamente no mesmo dia, ano ou período. A opção pelo não preenchimento tem como objetivo não perder informações para a criação de uma base coincidente de dados. TUCCI (2002).

Outra observação pertinente na **Tabela 13** é em relação à vazão específica das estações Fazenda Campo Grande (40105000), Carmo da Mata (40180000) e Lamounier (40160000), relativamente maiores que as demais. Isto é esperado uma vez que são bacias hidrográficas de cabeceiras, com características fisiográficas diferentes.

5.2.3 Análise de Frequência e Regionalização Hidrológica

Frente à densidade da rede de monitoramento, o objetivo da regionalização hidrológica é identificar regiões homogêneas que possibilitem a transferência de informações de um local para outro, dentro desta mesma região, complementando a base de dados existente.

Neste trabalho são regionalizadas a vazão de estiagem de 7 dias (vazão mínima), a vazão máxima e a curva de permanência.

5.2.3.1 Regionalização das Vazões Mínimas

As vazões mínimas ou de estiagem são os menores valores da série histórica de vazões. A distribuição temporal das vazões de estiagem é importante para o desenvolvimento de projetos de abastecimento de água, irrigação e energia elétrica.

A vazão de estiagem é caracterizada por dois fatores: quantidade de água e duração. Vazões com durações de 7 ou 30 dias são de maior interesse ao usuário de recursos hídricos, já que a seqüência de vazões baixas caracteriza uma situação desfavorável para a demanda ou conservação ambiental (TUCCI, 2002).

A duração da vazão mínima regionalizada neste trabalho é igual a 7 dias. Esta escolha fundamenta-se na base para o cálculo de outorga do IGAM definida pela Portaria Administrativa 10/98 como 30% da vazão de referência $Q_{7,10}$, em seu Art. 8º descrito abaixo:

Art. 8º – Determinar à Diretoria de Controle das Águas, que proponha as vazões de referência a serem utilizadas, para cálculo das disponibilidades hídricas em cada local de interesse, de acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos e com os Planos Diretores de recursos Hídricos de cada Bacia Hidrográfica.

§ 1º – Até que se estabeleçam as diversas vazões de referência na Bacia Hidrográfica, será adotada a $Q_{7,10}$ (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência), para cada Bacia.

§ 2º – Fixar em 30% (trinta por cento) da $Q_{7,10}$, o limite máximo de derivações consuntivas a serem outorgadas na porção da bacia hidrográfica limitada por cada seção considerada, em condições naturais, ficando garantido a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% (setenta por cento) da $Q_{7,10}$.

§ 3º – Quando o curso de água for regularizado pelo interessado, o limite de outorga poderá ser superior a 30% (trinta por cento) da $Q_{7,10}$ aproveitando o potencial de regularização, desde que seja garantido um fluxo residual mínimo à jusante, equivalente a 50% (cinquenta por cento) da vazão média de longo termo. (IGAM).

A seqüência metodológica para a regionalização das vazões mínimas consiste nas seguintes etapas:

1. Determinação da série de vazões mínimas diárias com duração de 7 dias para cada estação fluviométrica;
2. Determinação das curvas individuais de probabilidade;
3. Definição das equações de regressão;
4. Definição das regiões homogêneas;
5. Ajuste estatístico da distribuição de probabilidade de Weibull (Tipo III) para cada região homogênea.

5.2.3.1.1 Determinação da série de vazões mínimas diárias

A determinação da vazão mínima com 7 dias de duração para cada estação fluviométrica seguiu o mesmo processo apresentado para a caracterização fluviométrica, seleção de vazão mínima para os anos completos e período secos completos dos anos incompletos. As vazões mínimas com 7 dias de duração de cada estação fluviométrica estão apresentadas no **Anexo 15**.

Com os valores de vazão mínimas selecionados, procede-se a ordem dos valores decrescente e calcula-se a probabilidade conforme a seguinte equação de posição de locação: (TUCCI, 2002)

$$P = \frac{i - 0,4}{N + 0,2} \quad [1]$$

onde N é o tamanho da amostra e i a ordem dos valores. O tempo de retorno é igual ao inverso da probabilidade.

5.2.3.1.2 Determinação das curvas individuais de probabilidade

As curvas individuais de probabilidade foram definidas a partir da razão entre os valores de vazão e a média da vazão mínima de duração de 7 dias (Q/Q_{mi}) para cada estação fluviométrica ajustada à distribuição probabilística de Weibull (**Figura 47**). O arquivo com os cálculos das curvas individuais de mínimas está no **Anexo 18**.

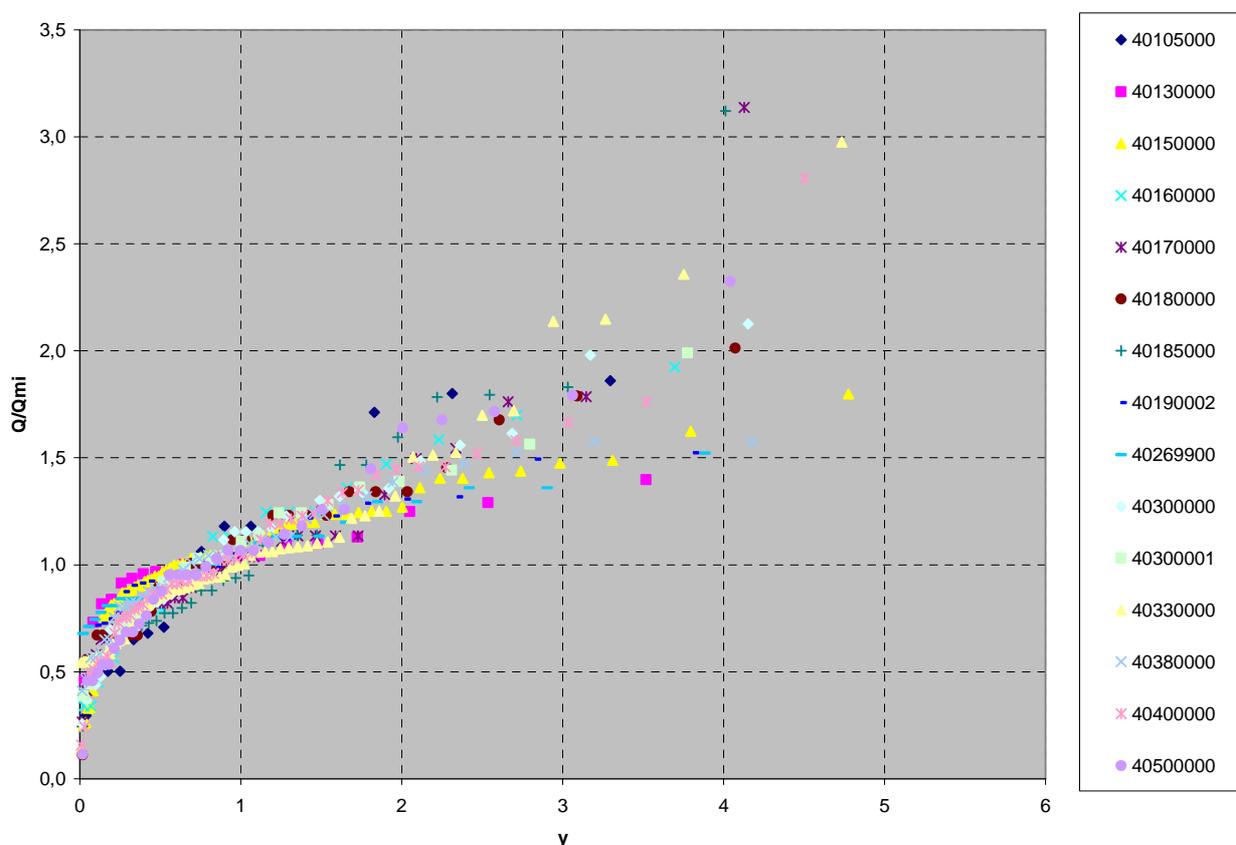


Figura 47 – Curvas individuais de probabilidade para vazões mínimas

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O valor da variável reduzida y do eixo das abscissas da **Figura 47** é calculado em função do tempo de retorno através da seguinte equação:

$$y = -\ln(1 - 1/TR) \quad [2]$$

Pode-se observar na **Figura 47** uma faixa homogênea para a razão entre os valores de vazão e a média da vazão mínima de duração de 7 dias até o valor 2 da variável reduzida. Para valores maiores que 2 para a variável reduzida, há uma dispersão da razão entre as vazões. O agrupamento dos dados para os valores da variável reduzida maiores que 2, juntamente com outras análises, é uma ferramenta utilizada para a definição das regiões homogêneas para as vazões mínimas. Os dados de vazão utilizados para a construção das curvas individuais de probabilidade estão presentes no **Anexo 15**.

5.2.3.1.3 Definição da equação de regressão

A próxima etapa do processo de regionalização é a definição da equação de regressão. A equação de regressão deve relacionar a variável de adimensionalização de vazões das curvas individuais com as características físicas e climáticas da bacia de contribuição da estação fluviométrica (**Tabela 10**). As variáveis mais utilizadas são: área de drenagem (A), precipitação média anual (P), comprimento (L), declividade do talvegue principal (I) e densidade de drenagem (DD).

Neste trabalho a equação de regressão é definida apenas em função da área de drenagem da estação fluviométrica (**Tabela 10**). Isto se justifica uma vez que esta variável explica de maneira satisfatória a variação da vazão mínima média ao longo da bacia de contribuição da estação fluviométrica, com altos valores do coeficiente de correlação.

As equações de regressão para as regiões homogêneas das vazões mínimas são apresentadas a seguir:

Região I:

$$Q_{mi\ RI} = 0,0078.A^{0,9689} \quad [3]$$

Região II:

$$Q_{mi\ RII} = 0,0005.A^{1,3132} \quad [4]$$

Região III:

$$Q_{mi\ RIII} = 0,0159.A^{0,8608} \quad [5]$$

Região IV:

$$Q_{mi\ RIV} = 0,0007.A^{1,2515} \quad [6]$$

5.2.3.1.4 Definição das regiões homogêneas para vazões mínimas

As regiões homogêneas são definidas a partir das curvas individuais de probabilidade e da equação de regressão. O processo utilizado define uma equação de regressão para toda a bacia de contribuição da estação fluviométrica e o cálculo dos resíduos entre os dados observados e os resultados obtidos pela equação de regressão.

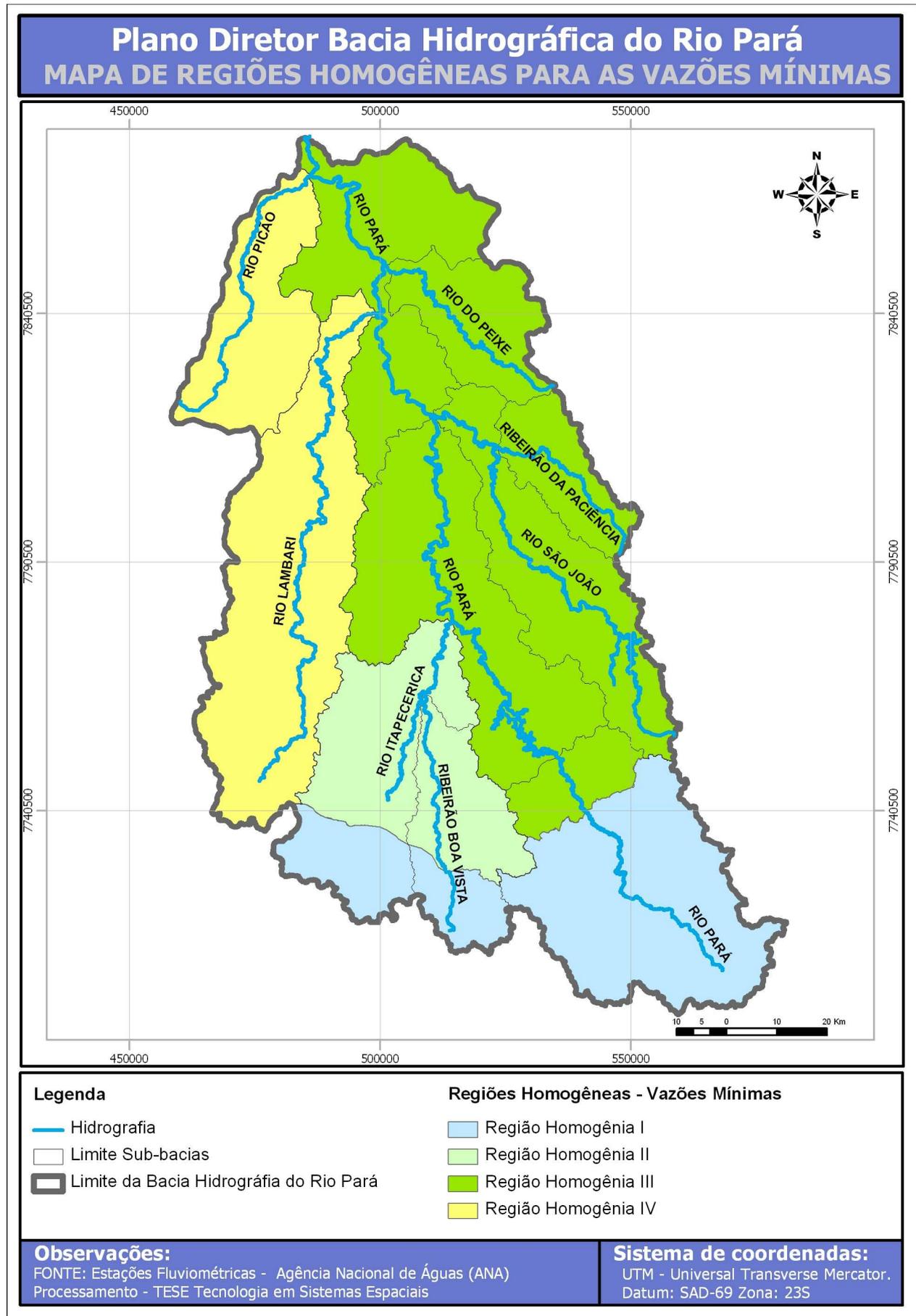


Figura 48 – Regiões homogêneas para as vazões mínimas.

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As estações fluviométricas são agrupadas conforme os rios principais, a similaridade das características geográficas, tamanho das bacias de contribuição das estações fluviométricas e o sinal aritmético do cálculo dos resíduos, ou seja, o agrupamento dos postos com resíduos negativos e positivos.

Conforme este critério, quatro regiões homogêneas (**Figura 48**) foram definidas para a vazão mínima com 7 dias duração. O arquivo formato shapefile com as regiões homogêneas para as vazões mínimas (REGIÃO_HOMOGÊNEA_MÍN) está no **Anexo 3**. O arquivo em formato jpg está no **Anexo 1**.

5.2.3.1.5 Ajuste estatístico da distribuição de probabilidade de Weibull

Para cada região homogênea para vazões mínimas ajustou-se a distribuição probabilística de Weibull, considerando todos os pontos da relação entre y e Q/Q_{mi} . A **Figura 49** a seguir apresenta o resultado do ajuste. O arquivo com os cálculos utilizados para a construção das curvas de ajuste estatístico de Weibull está no **Anexo 19**.

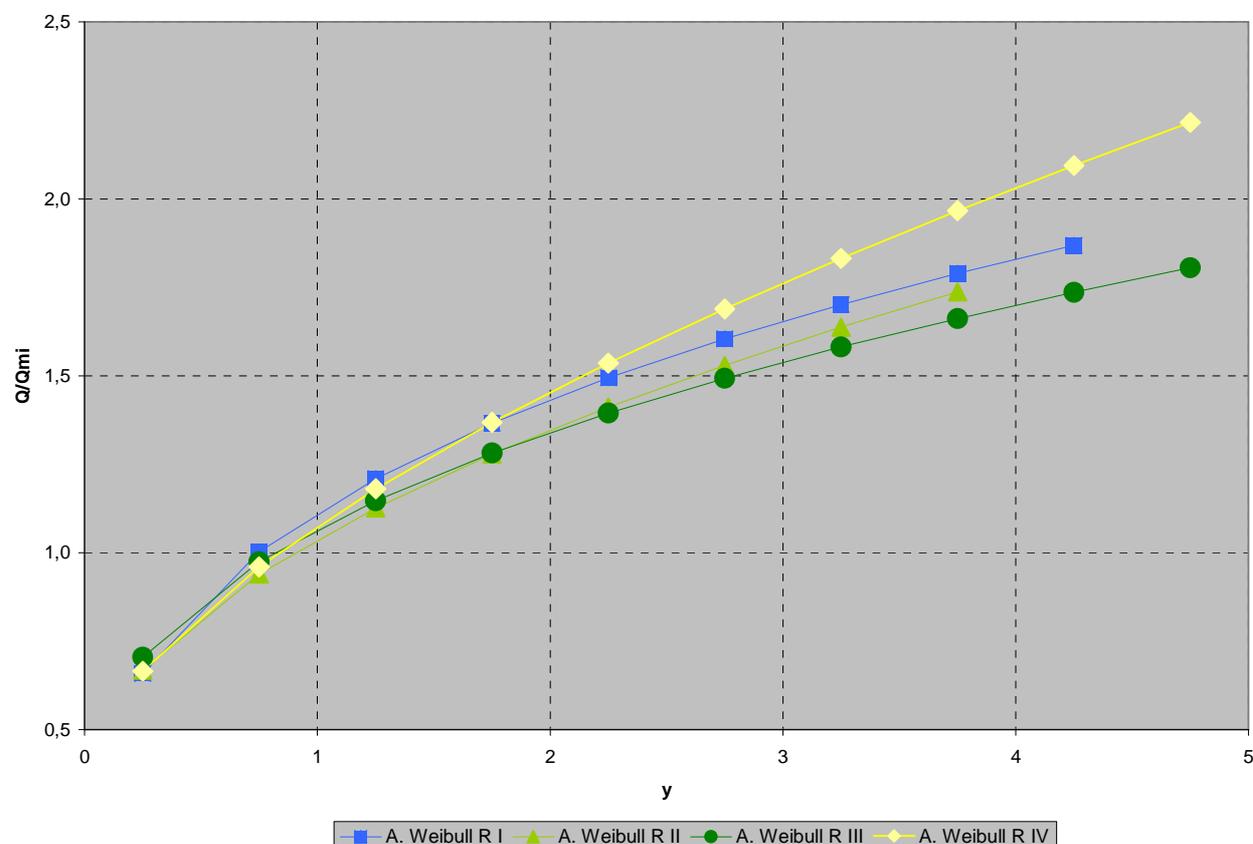


Figura 49 – Ajuste da distribuição estatística de Weibull aos pontos médios das regiões homogêneas.

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Pode-se observar na **Figura 49**, que para um mesmo tempo de retorno, definido pela variável reduzida y , a região homogênea IV, na sua maior parte apresenta valores maiores para a relação Q/Q_{mi} que as demais regiões.

Os menores valores para a relação Q/Q_{mi} ocorrem para a região homogênea III. Para o tempo de retorno de 10 anos, tempo de interesse deste projeto, para qual a variável y assume o valor 0,1, todos os valores da relação Q/Q_{mi} são muito próximos, assumindo grande importância um bom ajuste das equações de regressão para a definição das vazões mínimas com 7 dias de estiagem.

Cada uma das curvas apresentadas na **Figura 49** pode ser determinada pelas seguintes equações:

Região I:

$$Q_{TR}/Q_{mi(RI)} = 1,262 \cdot [-\ln(1-1/TR)]^{0,324} - 0,147 \quad [7]$$

Região II:

$$Q_{TR}/Q_{mi(RI)} = 0,739 \cdot [-\ln(1-1/TR)]^{0,503} + 0,3 \quad [8]$$

Região III:

$$Q_{TR}/Q_{mi(RI)} = 0,848 \cdot [-\ln(1-1/TR)]^{0,401} + 0,219 \quad [9]$$

Região IV:

$$Q_{TR}/Q_{mi(RI)} = 0,719 \cdot [-\ln(1-1/TR)]^{0,609} + 0,356 \quad [10]$$

Na prática, a utilização das regiões homogêneas para a definição das vazões mínimas em um ponto qualquer deve seguir as seguintes etapas:

1. Identificação na bacia hidrográfica do ponto onde se pretende determinar a vazão mínima;
2. Identificação da região homogênea em que se localiza o ponto;
3. Definição do tempo de retorno da vazão mínima;
4. Cálculo da variável reduzida y ;
5. Cálculo da relação entre Q/Q_{mi} a partir das equações 7, 8, 9 e 10 ou através da **Figura 49**;
6. Cálculo da área de drenagem do ponto;
7. Cálculo da vazão mínima média a partir da equação de regressão da região homogênea em que se localiza o ponto;
8. Cálculo da vazão Q a partir da relação Q/Q_{mi} calculado no item 5 e da vazão média mínima calculada no item 7.

Observação: Quando da disponibilidade de séries de vazões consistentes e com mais de 15 anos de dados próximo ao ponto de interesse, deve-se, no item 7, calcular a vazão mínima média a partir da série de dados (TUCCI, 2002).

A **Tabela 14** a seguir apresenta a localização das regiões homogêneas das vazões mínimas para as 10 sub-bacias definidas neste plano diretor.

Tabela 14 – Regiões homogêneas das vazões mínimas para as sub-bacias definidas no plano diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Regiões homogêneas das vazões mínimas para as sub-bacias definidas no plano diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará	
Sub-bacia	Região Homogênea
Alto Rio Pará	I – III
Ribeirão Boa Vista	I – II
Rio Itapecerica	I – II
Médio Rio Pará	III
Ribeirão da Paciência	III
Rio São João	III
Rio Lambari	IV
Rio do Peixe	III
Rio Picão	IV
Baixo Rio Pará	III

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.2.3.2 Regionalização das Vazões Máximas

A vazão máxima é a maior vazão instantânea que ocorre numa seção transversal de um rio num período definido. A determinação da vazão máxima é importante para a previsão de enchentes e o dimensionamento de obras especiais. A observação da vazão máxima instantânea é realizada através de linígrafos, no entanto muitas estações fluviométricas não possuem este equipamento sendo a vazão máxima definida como a vazão máxima de duas leituras diárias. Neste trabalho a vazão máxima é igual à vazão máxima média de duas leituras diárias e a vazão máxima instantânea é definida a partir de equações matemáticas conforme apresentadas a seguir.

A seqüência metodológica para a regionalização das vazões máximas segue as mesmas etapas da regionalização de vazões mínimas:

1. Determinação da série de vazões máximas para cada estação fluviométrica;
2. Determinação das curvas individuais de probabilidade;
3. Definição das equações de regressão;
4. Definição das regiões homogêneas;
5. Ajuste estatístico da distribuição de probabilidade de Gumbel para cada região homogênea.

5.2.3.2.1 Determinação da série de vazões máximas para cada estação fluviométrica

A determinação da série de vazões máximas seguiu o mesmo processo apresentado para a caracterização fluviométrica, seleção da vazão máxima para os anos completos e períodos úmidos completos dos anos incompletos.

Com os valores de vazão máxima selecionados, realizou-se a ordenação dos valores de forma decrescente e calculou-se a probabilidade conforme a equação de posição de locação de Gringorten (apud TUCCI 2002),

$$P = \frac{i - 0,44}{N + 0,12} \quad [11]$$

onde N é o tamanho da amostra e i a ordem dos valores. O tempo de retorno é igual o inverso da probabilidade. As séries de vazões máximas para cada estação fluviométrica estão presentes no **Anexo 15** do presente Relatório.

5.2.3.2.2 Determinação das curvas individuais de probabilidade

As curvas individuais de probabilidade foram definidas a partir da razão entre os valores da vazão máxima e a média das vazões máximas para cada estação fluviométrica ajustada a distribuição probabilística de Gumbel (**Figura 50**). O arquivo com os cálculos das curvas individuais de máximas está no **Anexo 18**.

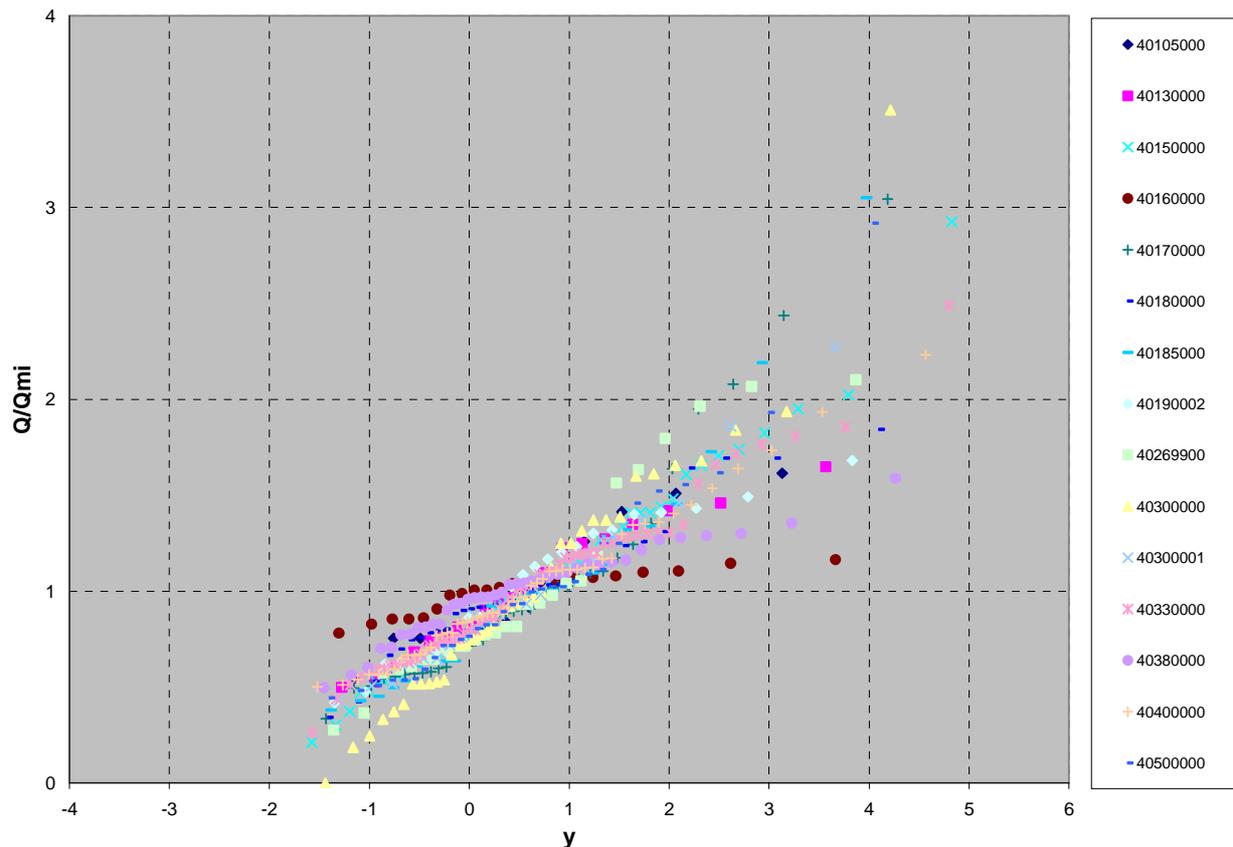


Figura 50 – Curvas individuais de probabilidade para vazões máximas

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O valor da variável reduzida y do eixo das abscissas da **Figura 50** é calculado em função do tempo de retorno através da seguinte equação:

$$y = -\ln(-\ln(1 - 1/TR)) \quad [12]$$

Pode-se observar na **Figura 50** uma grande dispersão da razão entre os valores da vazão máxima e a média das vazões máximas, tanto para os valores baixos da variável reduzida (entre -2 e 0) quanto para valores altos (entre 2 e 4). Da mesma forma como apresentado para a regionalização das vazões mínimas, o agrupamento das curvas adimensionais, juntamente com outras técnicas, é uma ferramenta para a definição das regiões homogêneas. Os dados utilizados para a construção das curvas individuais de probabilidade estão presentes no **Anexo 15**.

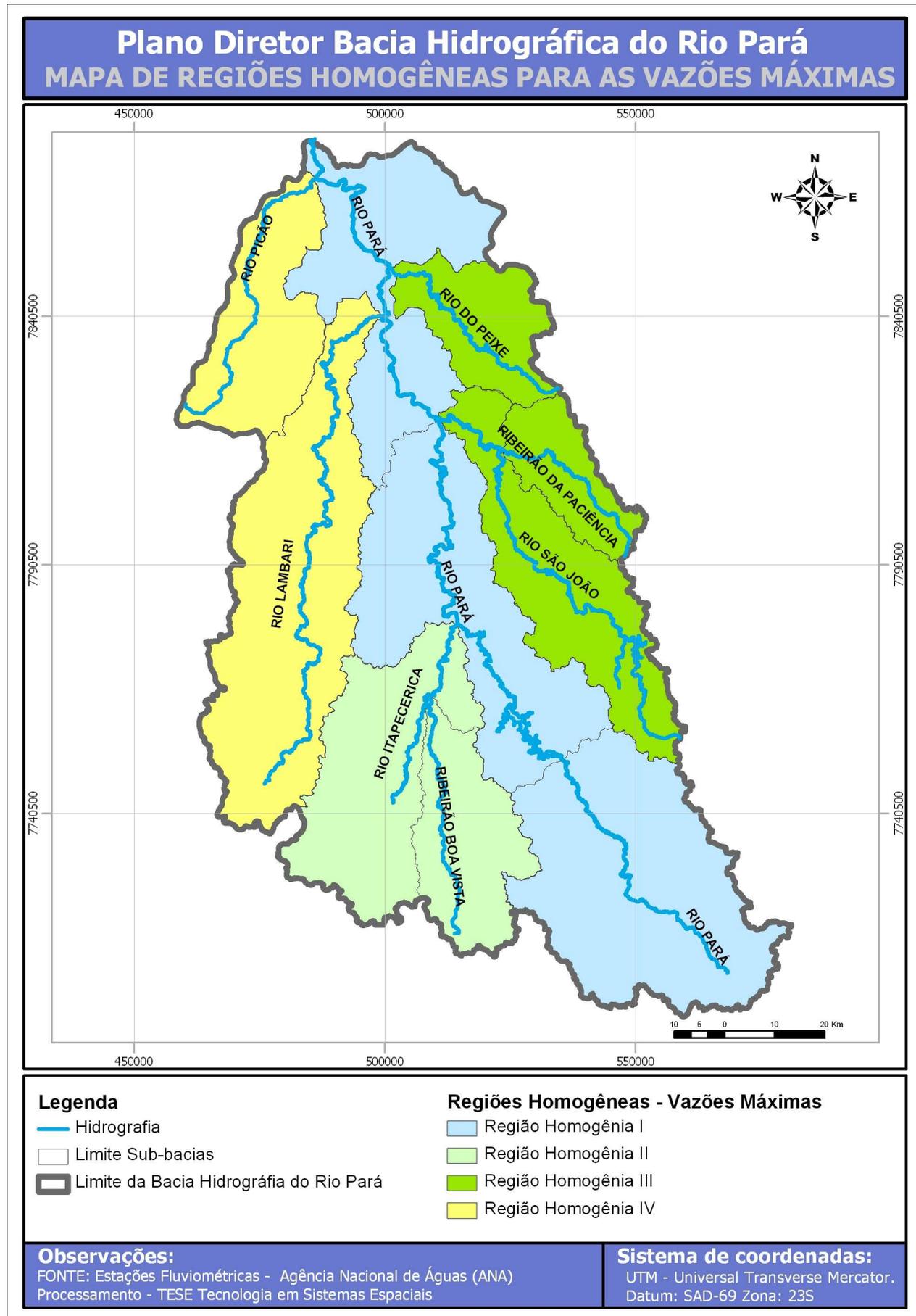


Figura 51 – Regiões homogêneas para as vazões máximas

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.2.3.2.3 Definição da equação de regressão

Semelhante a equação de regressão definida para as vazões mínimas, a equação de regressão para as vazões máximas é definida apenas em função da área de drenagem. Novamente esta variável explica de maneira satisfatória a variação da vazão máxima média ao longo da bacia de contribuição da estação fluviométrica, com altos valores do coeficiente de correlação.

As equações de regressão para as regiões homogêneas das vazões máximas são apresentadas a seguir:

Região I:

$$Qmc_{RI} = 0,9537.A^{0,7027} \quad [13]$$

Região II:

$$Qmc_{RII} = 0,2356.A^{0,8788} \quad [14]$$

Região III:

$$Qmc_{RIII} = 0,0027.A^{1,5045} \quad [15]$$

Região IV:

$$Qmc_{RIV} = 0,0053.A^{1,360} \quad [16]$$

5.2.3.2.4 Definição das regiões homogêneas para vazões máximas

As regiões homogêneas para vazão máxima foram definidas pelo mesmo processo de definição das regiões homogêneas para as vazões mínimas. Foram definidas para a vazão máxima quatro regiões homogêneas (**Figura 51**).

O arquivo formato shapefile com as regiões homogêneas para vazões máximas (REGIÃO_HOMOGENEA_MÁX) está no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**.

5.2.3.2.5 Ajuste estatístico da distribuição de probabilidade de Gumbel

Para cada região homogênea ajustou-se a distribuição probabilística de Gumbel, recomendado para o ajuste de vazões máximas, aos pontos médios das curvas individuais das estações fluviométricas pertencentes às respectivas regiões.

A **Figura 52** a seguir apresenta o resultado deste ajuste. O arquivo com os cálculos para a construção da **Figura 52** está no **Anexo 19**.

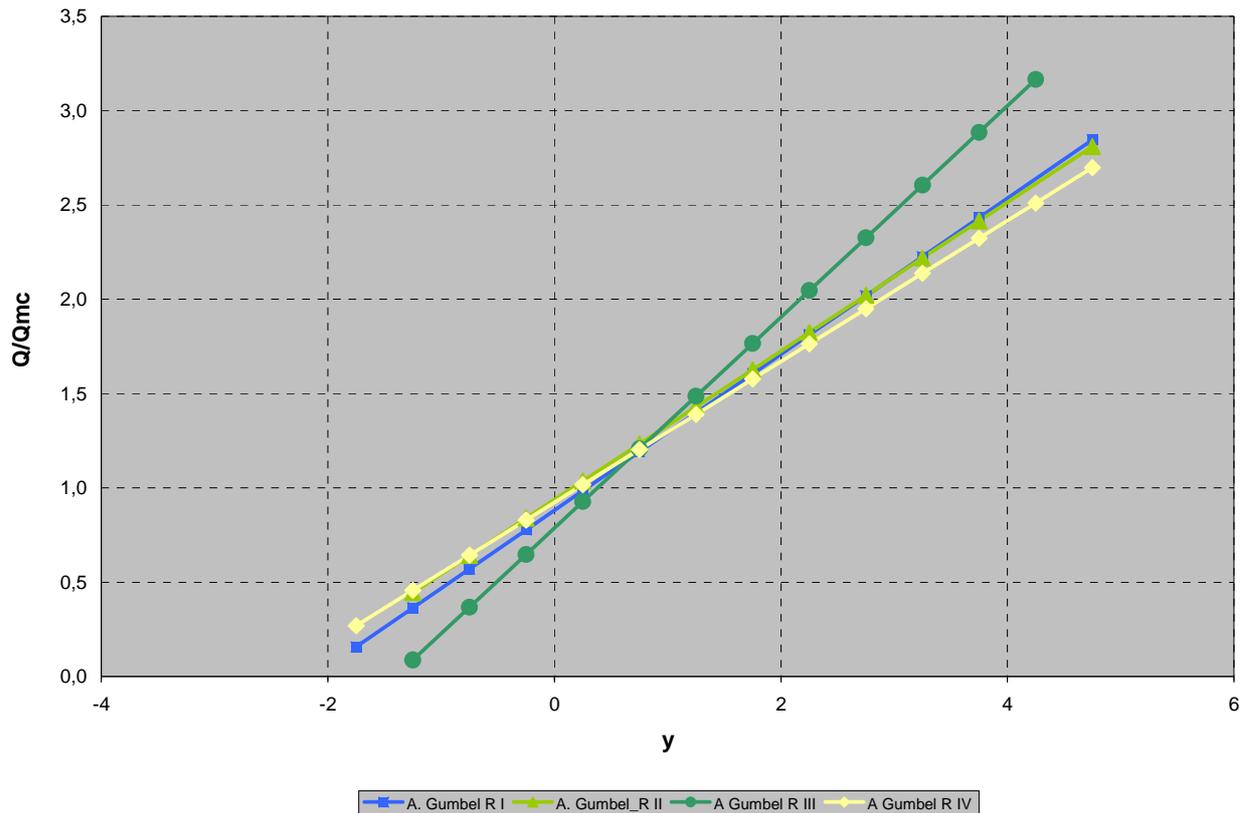


Figura 52 – Ajuste da distribuição estatística de Gumbel aos pontos médios das regiões homogêneas para as vazões máximas.

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Cada uma das curvas apresentadas na **Figura 52** pode ser determinada pelas seguintes equações:

Região I:

$$Q_{TR}/Q_{mc(RI)} = 0,882 - 0,41 \ln(-\ln(1 - 1/TR)) \quad [17]$$

Região II:

$$Q_{TR}/Q_{mc(RII)} = 0,940 - 0,39 \ln(-\ln(1 - 1/TR)) \quad [18]$$

Região III:

$$Q_{TR}/Q_{mc(RIII)} = 0,786 - 0,56 \ln(-\ln(1 - 1/TR)) \quad [19]$$

Região IV:

$$Q_{TR}/Q_{mc(RIV)} = 0,924 - 0,37 \ln(-\ln(1 - 1/TR)) \quad [20]$$

Na prática, a utilização das regiões homogêneas para a definição das vazões máximas em um ponto qualquer segue as mesmas etapas descritas para as vazões mínimas. No entanto, é importante observar que o resultado obtido é igual à vazão máxima média diária de duas leituras.

O cálculo da vazão máxima instantânea é realizado através da equação de Fuller (apud TUCCI 2002) descrita a seguir:

$$Q_{mi} = (1 + 2,66.A^{-0,3})Q_{max} \quad [21]$$

Fuller estabeleceu uma relação estatística de duas séries de vazões para obter a relação da equação 21. Esta análise foi realizada com dados de grandes bacias do leste americano.

Estudos semelhantes também foram desenvolvidos no Brasil. Quando da disponibilidade da utilização das vazões médias de um dia anterior e de um dia posterior para o cálculo da vazão máxima instantânea, recomenda-se a aplicação da equação proposta por FILL e STEINER (2003) que no lugar da área utiliza estes dados.

A **Tabela 15** a seguir apresenta a localização das regiões homogêneas para as vazões máximas para as 10 sub-bacias definidas neste plano diretor.

Tabela 15 – Regiões homogêneas para as vazões máximas para as sub-bacias definidas no plano diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Regiões homogêneas para as vazões máximas para as sub-bacias definidas no plano diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará	
Sub-bacia	Região Homogênea
Alto Rio Pará	I
Ribeirão Boa Vista	II
Rio Itapecerica	II
Médio Rio Pará	I
Ribeirão da Paciência	III
Rio São João	III
Rio Lambari	IV
Rio do Peixe	III
Rio Picão	IV
Baixo Rio Pará	I

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.2.3.3 Regionalização da Curva de Permanência

A curva de permanência representa a frequência de ocorrência de vazões ou níveis de uma determinada bacia hidrográfica.

Esta curva retrata a parcela do tempo em que uma determinada vazão é igualada ou superada durante certo período.

A definição da curva de permanência é importante para a avaliação da disponibilidade hídrica e consequentes estudos de abastecimento e geração de energia.

A regionalização da curva de permanência é obtida através do ajuste da seguinte equação (TUCCI, 2002).

$$Q = e^{(a.P+b)} \quad [22]$$

onde P , entre 0 e 1, é a probabilidade da vazão que se pretende determinar e a e b são

$$\left\{ \begin{array}{l} a = -\frac{\ln\left(\frac{Q_{50}}{Q_{95}}\right)}{0,45} \\ b = \ln(Q_{50}) - 0,5a \end{array} \right.$$

A seqüência adotada para a regionalização da curva de permanência segue as seguintes etapas:

1. Determinar a curva de permanência de cada estação fluviométrica;
2. Determinar as vazões de 50% e 95% de permanência;
3. Definir as equações de regressão de Q_{50} e Q_{95} ;
4. Definir das regiões homogêneas;
5. Ajustar a equação 22 para cada região homogênea.

5.2.3.3.1 Determinação da curva de permanência de cada estação fluviométrica

As curvas de permanência utilizadas aqui são as mesmas calculadas para o item caracterização fluviométrica, que considerou a seleção de estações fluviométricas com pelo menos cinco anos de dados consecutivos e com no máximo 10% de falhas.

A estação 40105000 não atendeu a este critério. A regionalização da curva de permanência é realizada, portanto, a partir de informações de 14 estações. Os cálculos utilizados para a construção das curvas de permanência de cada estação fluviométrica estão presentes no **Anexo 16**.

5.2.3.3.2 Determinação das vazões de 50% e 95% de permanência

A partir das curvas de permanência calculadas, determinaram-se as vazões Q_{50} e Q_{95} (**Tabela 16**).

Tabela 16 – Vazões com 50% e 95% de permanência nas estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Vazões com 50% e 95% de permanência nas estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará			
Código da Estação	Nome	Q_{50} (m³/s)	Q_{95} (m³/s)
40105000	Fazenda Campo Grande	-	-
40130000	Ponte do Vilela	18,1	8,1
40150000	Carmo do Cajuru	26,0	14,7
40330000	Velho da Taipa	74,0	30,4
40180000	Carmo da Mata	1,5	0,6
40160000	Lamounier	1,8	0,7
40170000	Marilândia (Ponte BR-494)	9,6	3,7
40185000	Pari	18,7	7,3
40190002	Divinópolis	19,8	8,4

Vazões com 50% e 95% de permanência nas estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)			
Código da Estação	Nome	Q₅₀ (m³/s)	Q₉₅ (m³/s)
40269900	Itaúna – Montante	4,1	2,3
40300000	Jaguaruna	12,2	4,6
40300001	Jaguaruna – Jusante	13,0	5,8
40380000	Araújos	11,6	4,7
40400000	Álvaro da Silveira	17,0	7,2
40500000	Martinho Campos	5,7	2,4

Fonte: Agência Nacional de Águas. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.2.3.3.3 Definição das equações de regressão para Q₅₀ e Q₉₅

Determinou-se uma equação de regressão para toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará e calcularam-se os resíduos. Esta equação foi definida em função da área de drenagem das estações fluviométricas. As regiões homogêneas foram definidas a partir dos resíduos da equação de regressão, da observação da curva de permanência de vazões específicas e das curvas de permanência entre os intervalos de 80% e 100% de permanência.

Considerou-se ainda no processo de identificação das regiões homogêneas, a localização das estações fluviométricas em relação aos rios principais, a similaridade das características geográficas e o tamanho das bacias de contribuição das estações fluviométricas.

As equações de regressão para o cálculo das vazões Q₅₀ e Q₉₅ das regiões homogêneas da curva de permanência são apresentadas a seguir:

Região I:

$$Q_{50\ RI} = 0,0143.A^{0,9612} \quad [23]$$

$$Q_{95\ RI} = 0,017.A^{0,8458} \quad [24]$$

Região II:

$$Q_{50\ RII} = 0,0136.A^{0,9568} \quad [25]$$

$$Q_{95\ RII} = 0,0051.A^{0,9671} \quad [26]$$

Região III:

$$Q_{50\ RIII} = 0,0547.A^{0,7409} \quad [27]$$

$$Q_{95\ RIII} = 0,0267.A^{0,7283} \quad [28]$$

Região IV:

$$Q_{50\ RIV} = 0,0023.A^{1,901} \quad [29]$$

$$Q_{95\ RIV} = 0,001.A^{1,1847} \quad [30]$$

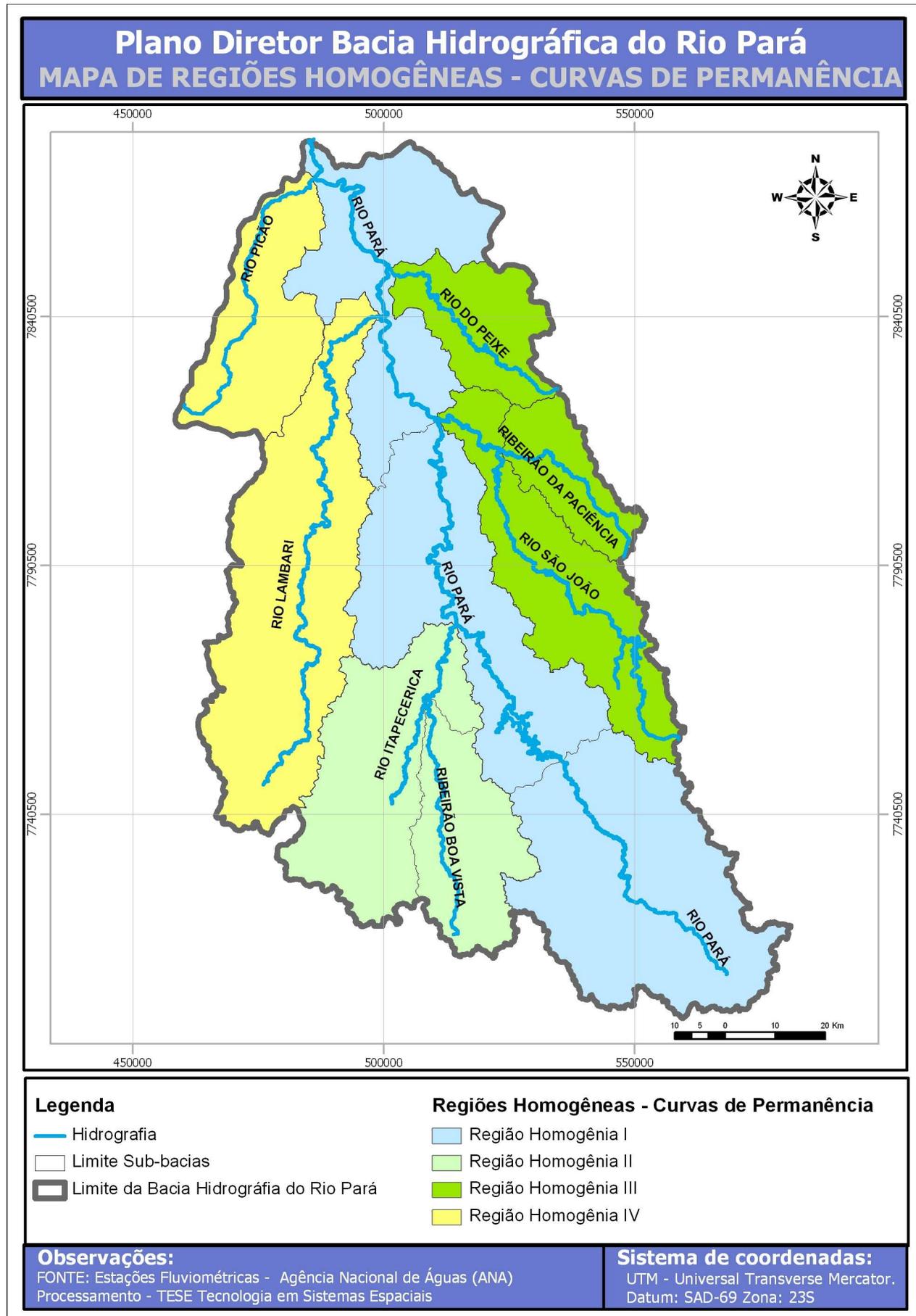


Figura 53 – Regiões homogêneas para as curvas de permanência

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.2.3.3.4 Definição das regiões homogêneas para as curvas de permanência

Conforme este critério, quatro regiões homogêneas para as curvas de permanência (**Figura 53**) foram definidas. O arquivo formato shapefile com as regiões homogêneas para as curvas de permanência (REGIÃO_HOMOGÊNEA_MÁX) está no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**. Pode-se observar que as regiões homogêneas para as curvas de permanência são iguais a aquelas determinadas para as vazões máximas.

5.2.3.3.5 Ajuste da equação 22 para cada região homogênea

Todas as equações foram ajustadas a partir da relação entre as vazões de 50% e 95% de permanência e a área de drenagem de cada região homogênea, exceto a equação 28 que teve alguns ajustes no trecho inferior, para pequenas áreas de drenagem, as quais estavam resultando em vazões maiores que as vazões da equação 27.

O ajuste da equação 22 às curvas de permanência das regiões homogêneas I, II, III e IV é apresentado nas **Figuras 54, 55, 56 e 57** a seguir. As referências “eq” e “obs” após o código dos postos fluviométricos na legenda das figuras relacionam respectivamente as curvas calculadas ou ajustadas através da equação 22 e as curvas observadas ou calculadas a partir dos dados observados.

Os cálculos utilizados para a construção das curvas de permanência de cada estação fluviométrica estão presentes no **Anexo 16**.

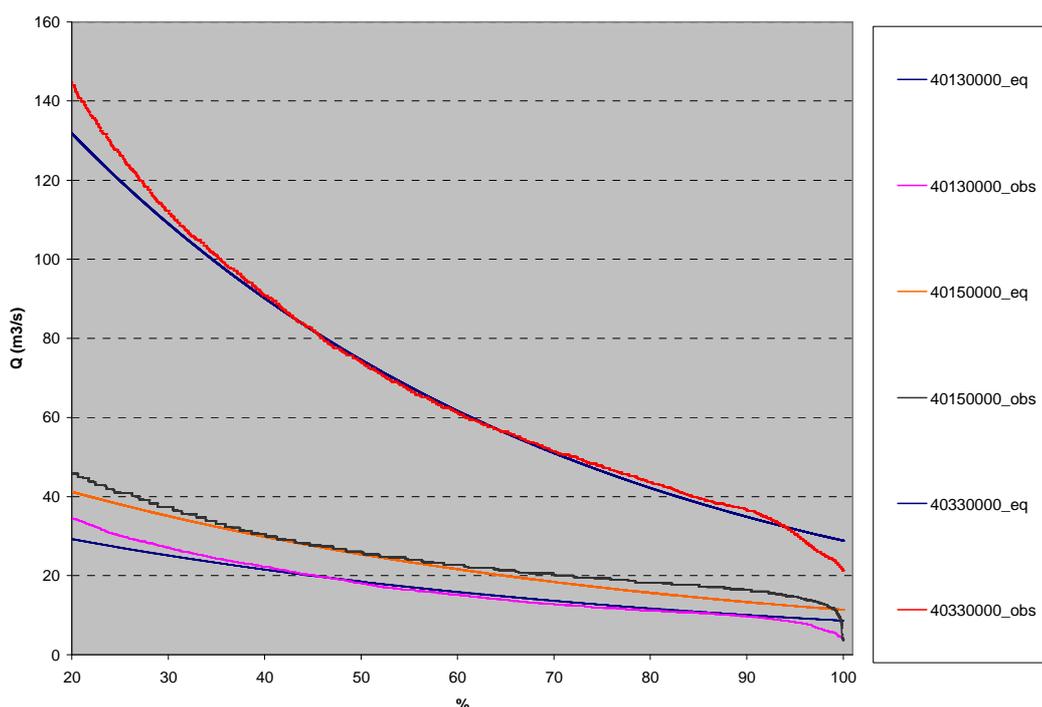


Figura 54 – Ajuste da equação exponencial às curvas de permanência da região homogênea I.

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

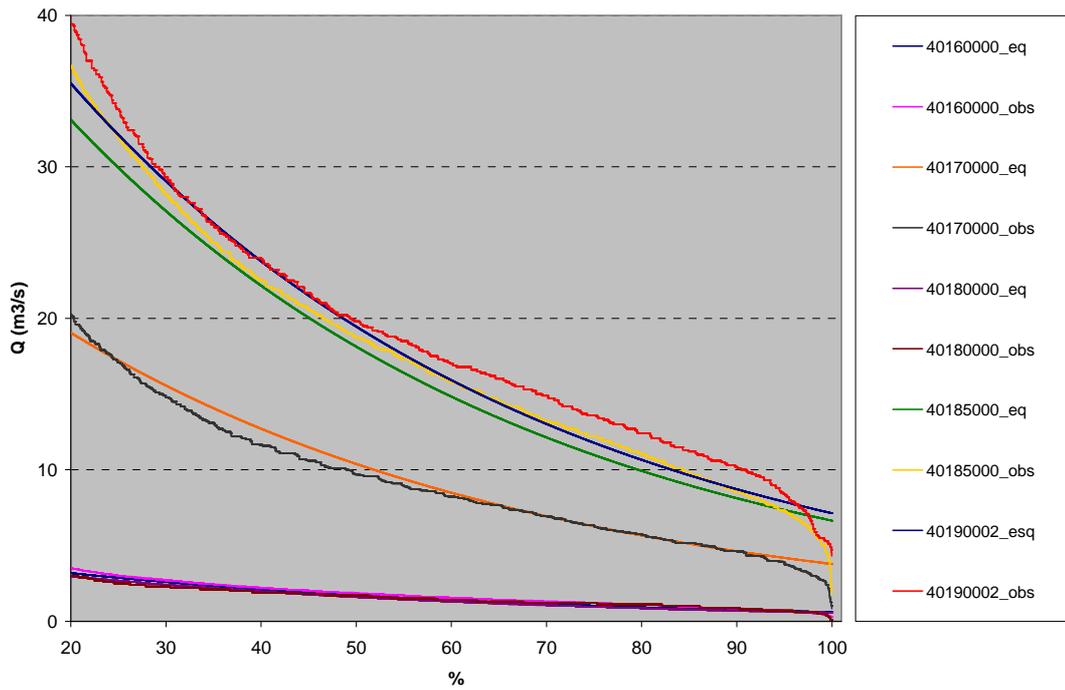


Figura 55 – Ajuste da equação exponencial às curvas de permanência da região homogênea II.
 Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

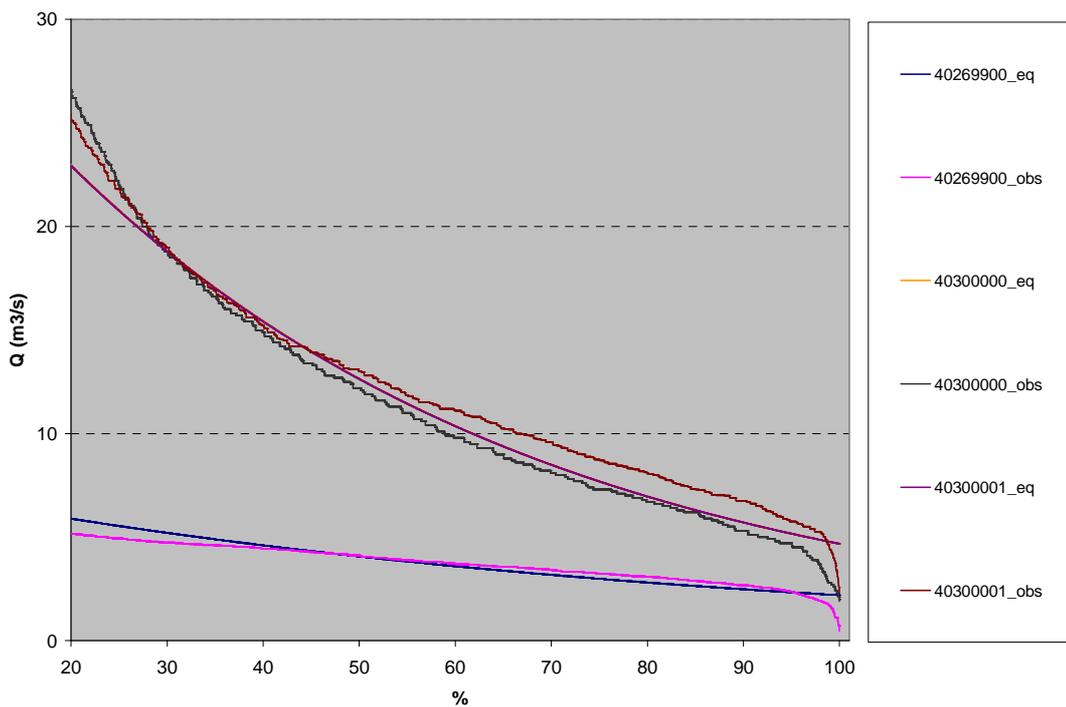


Figura 56 – Ajuste da equação exponencial às curvas de permanência da região homogênea III.
 Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

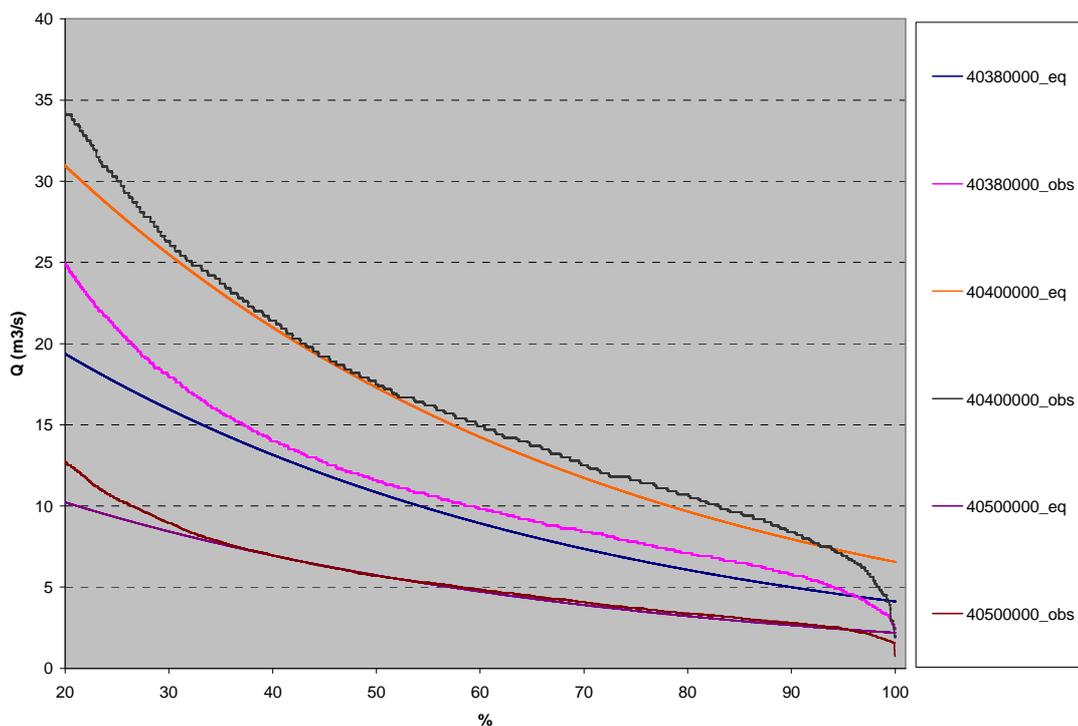


Figura 57 – Ajuste da equação exponencial às curvas de permanência da região homogênea IV.

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Na prática, a utilização das regiões homogêneas para a definição das curvas de permanência ou vazões para determinada frequência em um ponto qualquer deve seguir as seguintes etapas:

1. Identificação na bacia hidrográfica do ponto que se pretende determinar a curva de permanência ou a vazão para determinada frequência;
2. Identificação da região homogênea em que localiza o ponto;
3. Cálculo da área de drenagem do ponto;
4. Cálculo das vazões Q_{50} e Q_{95} a partir da equação de regressão da região homogênea em que se localiza o ponto;
5. Cálculo das variáveis a e b da equação 22 através das equações 23 a 30 depende da região homogênea em que se localiza o ponto;
6. Determinação da frequência P da vazão que se pretende calcular ou uma série de valores de P para o cálculo da curva de permanência;
7. Cálculo da vazão ou da curva de permanência através da equação 22.

A equação 22 ajusta-se bem a curva de permanência na faixa dos valores característicos e apresenta resultados ruins para os eventos extremos, acima de 97% e abaixo de 19% de permanência (TUCCI, 2002). Neste trabalho recomenda-se a utilização da equação 22 para o cálculo das vazões com permanência maiores que 30% e menor ou igual a 95%.

A localização das regiões homogêneas para as curvas de permanência em relação às 10 sub-bacias definidas neste plano diretor é igual àquela apresentada na **Tabela 15**, das regiões homogêneas das vazões máximas.

5.2.3.4 Exemplo de aplicação das equações de regionalização

O exemplo de aplicação das equações de regionalização tem como objetivo calcular passo a passo a vazão mínima com tempo de retorno de 10 anos, a vazão máxima com tempo de retorno de 500 anos e a vazão Q_{95} para a sub-bacia do rio Lambari.

A vazão mínima e a vazão máxima, com metodologia de cálculo semelhante serão apresentadas em paralelo. A vazão Q_{90} será apresentada após as duas primeiras.

5.2.3.4.1 Vazão mínima e máxima

A primeira etapa do processo para o cálculo das vazões mínimas e máximas é identificar a região homogênea do ponto de interesse. De acordo com a **Figura 48** e **Figura 51**, respectivamente representantes das regiões homogêneas para as vazões mínimas e vazões máximas, a foz do rio Lambari esta localizada para ambos os casos na região homogênea IV.

A segunda etapa é a definição do tempo de retorno. Neste exemplo os tempos de retorno foram definidos no primeiro parágrafo em 10 e 500 anos, respectivamente para a vazão mínima e a vazão máxima.

As etapas subsequentes são apresentadas passo a passo a seguir.

Vazões mínimas	Vazões máximas
3. Cálculo da variável reduzida y	3. Cálculo da variável reduzida y
$y = -\ln(1 - 1/TR)$	$y = -\ln(-\ln(1 - 1/TR))$
TR = 10	TR = 500
$y = -\ln(1 - 1/10)$	$y = -\ln(-\ln(1 - 1/500))$
$y = 0,1053$	$y = 6,213$
4. Cálculo da relação Q/Q_{mi} através da equação 10	4. Cálculo da relação Q_{TR}/Q_{mc} através da equação 20
$Q_{TR}/Q_{mi(RIV)} = 0,719 \cdot [-\ln(1 - 1/TR)]^{0,609} + 0,356$	$Q_{TR}/Q_{mc(RIV)} = 0,924 - 0,37 \ln(-\ln(1 - 1/TR))$
$[-\ln(1 - 1/TR)]$ calculado anteriormente é igual a 0,1053, logo	$-\ln(-\ln(1 - 1/TR))$ calculado anteriormente é igual a 6,213, logo
$Q_{TR}/Q_{mi(RIV)} = 0,719 \cdot 0,1053^{0,609} + 0,356$	$Q_{TR}/Q_{mc(RIV)} = 0,924 + 0,37 \cdot 6,213$
$Q_{TR}/Q_{mi(RIII)} = 0,538$	$Q_{TR}/Q_{mc(RIII)} = 3,223$

5. Cálculo da área de drenagem.

O cálculo da área de drenagem para a bacia do rio Lambari foi definida anteriormente e é igual a 2083 Km².

6. Cálculo da vazão mínima média a partir da equação de regressão 6.

$$Q_{mi_{RIV}} = 0,0007.A^{1,2515}$$

$$Q_{mi_{RIV}} = 0,0007.2083^{1,2515}$$

$$Q_{mi_{RIV}} = 9,96 \text{ m}^3/\text{s}$$

7. Cálculo da vazão Q_{TR} a partir da relação $Q_{TR}/Q_{mi(RIV)}$ calculado no item 4 e da vazão média mínima calculada no item 6.

$$Q_{TR}/Q_{mi(RIV)} = 0,538$$

$$Q_{TR} = 0,538 Q_{mi(RIV)}$$

$$Q_{TR} = 0,538 \cdot 9,96$$

$$Q_{TR} = 5,36 \text{ m}^3/\text{s}$$

5. Cálculo da área de drenagem

$$A = 2083 \text{ Km}^2$$

6. Cálculo da vazão média de cheia a partir da equação de regressão 16.

$$Q_{mc_{RIV}} = 0,0053.A^{1,360}$$

$$Q_{mc_{RIV}} = 0,0053.2083^{1,360}$$

$$Q_{mc_{RIV}} = 172,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

7. Cálculo da vazão Q_{TR} a partir da relação $Q_{TR}/Q_{mc(RIV)}$ calculado no item 4 e da vazão média de cheia calculada no item 6.

$$Q_{TR}/Q_{mc(RIV)} = 3,223$$

$$Q_{TR} = 3,223 Q_{mc(RIV)}$$

$$Q_{TR} = 3,223 \cdot 172,85$$

$$Q_{TR} = 557,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A vazão mínima com tempo de retorno de 10 anos na foz do rio Lambari é igual a 5,36 m³/s. A vazão máxima com tempo de retorno de 500 anos é igual a 557,12 m³/s. A vazão máxima instantânea é calculada a partir da equação de Fuller.

$$Q_{mi} = (1 + 2,66.A^{-0,3})Q_{max}$$

$$Q_{mi} = (1 + 2,66.2083^{-0,3}) 557,12$$

$$Q_{mi} = 706,82 \text{ m}^3/\text{s}$$

5.2.3.4.2 Vazão de permanência

O objetivo deste exemplo é determinar a vazão Q_{90} na foz do rio Lambari. Igual a determinação de vazões mínimas e máximas a primeira etapa é identificar a região homogênea do ponto de interesse. De acordo com a **Figura 53**, região também IV.

A segunda etapa é o cálculo da área de drenagem, igual a 2083 Km².

A terceira etapa envolve o cálculo das vazões Q_{50} e Q_{95} , respectivamente a partir das equações 29 e 30 relacionadas a região homogênea IV.

$$\begin{array}{ll}
 Q_{50} & Q_{95} \\
 Q_{50_{RIV}} = 0,0023.A^{1,1901} & Q_{95_{RIV}} = 0,001.A^{1,1847} \\
 Q_{50_{RIV}} = 0,0023.2083^{1,1901} & Q_{95_{RIV}} = 0,001.2083^{1,1847} \\
 Q_{50_{RIV}} = 20,47 \text{ m}^3/\text{s} & Q_{95_{RIV}} = 8,54 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{array}$$

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A quarta etapa para a determinação da vazão de permanência é o cálculo dos coeficientes a e b , coeficientes da equação 22.

$$\begin{array}{ll}
 a & b \\
 a = -\frac{\ln\left(\frac{Q_{50}}{Q_{95}}\right)}{0,45} & b = \ln(Q_{50}) - 0,5a \\
 a = -\frac{\ln\left(\frac{20,47}{8,54}\right)}{0,45} & b = \ln(20,47) - 0,5.(-1,942) \\
 a = -1,942 & b = 3,020 + 0,971 \\
 & b = 3,991
 \end{array}$$

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O cálculo dos coeficientes a e b e a definição da vazão de permanência que se pretende determinar, no caso Q_{90} ($P=0,90$), define as constantes da equação 22. O cálculo da vazão Q_{90} é apresentado a seguir.

$$\begin{aligned}
 Q &= e^{(a.P+b)} \\
 Q &= e^{(-1,942.0,9+3,991)} \\
 Q &= 9,39 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

5.2.4 Curvas de Depleção

A determinação da curva de depleção tem como objetivo retratar a contribuição do escoamento sub-superficial sobre o escoamento superficial durante os períodos de estiagem e permitir a previsão em tempo real de vazões futuras.

A determinação da curva de depleção consiste no ajuste da curva de depleção teórica ao trecho de recessão do hidrograma observado. Trecho de recessão é um trecho da série histórica de vazões, identificado com diminuição das vazões, sem a presença de chuva ou com pouca chuva. Na prática significa que as águas do rio provêm do lençol freático e que este está perdendo carga.

A curva de depleção teórica é representada por uma equação exponencial do seguinte tipo (TUCCI, 2002)

$$Q = Q_0 e^{-\alpha t} \quad [31]$$

onde, Q = a vazão após t intervalos de tempo, Q_0 = vazão inicial do trecho de recessão do hidrograma e α = coeficiente de recessão.

A metodologia utilizada para ajustar a curva de depleção teórica ao trecho de recessão do hidrograma, para a Bacia Hidrográfica do Rio Pará, consistiu na seleção de algumas estações fluviométricas de acordo a distribuição das regiões homogêneas de vazões mínimas.

As vazões mínimas são produto da contribuição do escoamento sub-superficial. As regiões homogêneas delimitam as áreas onde o escoamento sub-superficial apresenta o mesmo comportamento. Sendo assim, foram selecionadas quatro estações fluviométricas, uma para cada região homogênea de vazões mínimas. Para cada estação foram separadas de três a seis trechos de recessão do hidrograma e ajustado a curva de depleção teórica onde o parâmetro α é igual à média dos parâmetros α ajustados para cada trecho de recessão. O resultado final apresenta os três melhores trechos ajustados para cada estação fluviométrica. Os dados utilizados na construção das curvas de depleção apresentadas a seguir estão no **Anexo 17** do presente Relatório.

As estações fluviométricas selecionadas para as regiões homogêneas I, II, III e IV de vazões mínimas foram respectivamente 40105000, 40185000, 40300000 e 40400000. As estações foram selecionadas aleatoriamente. As **Figuras 58, 59, 60 e 61** apresentam o resultado do ajuste da curva de depleção teórica aos respectivos trechos de recessão.

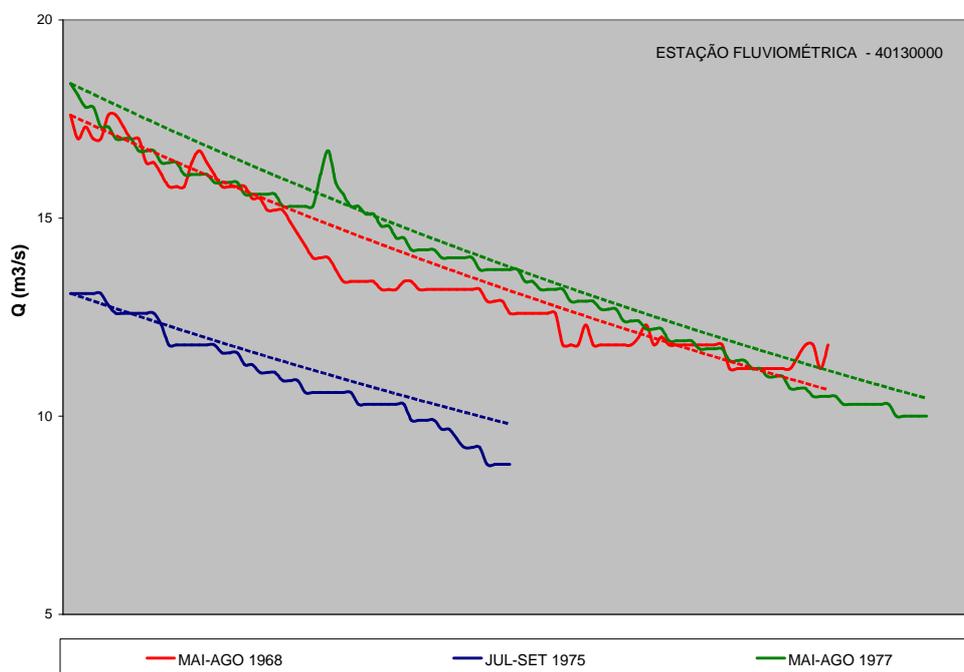


Figura 58 – Ajuste da curva de depleção teórica para a região homogênea I de vazões mínimas

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

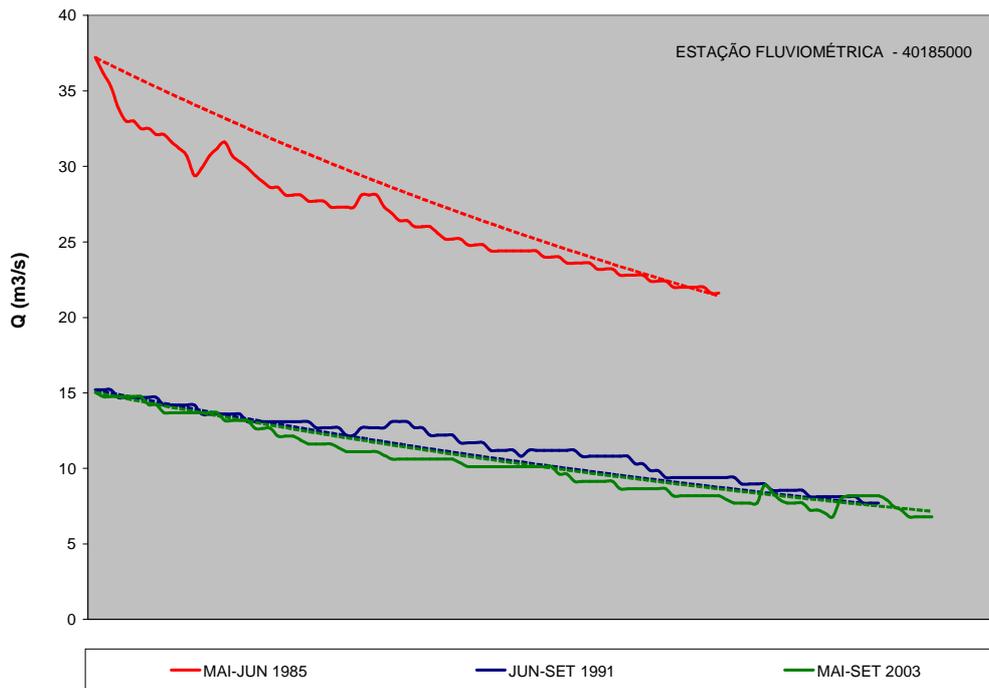


Figura 59 – Ajuste da curva de depleção teórica para a região homogênea II de vazões mínimas
 Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

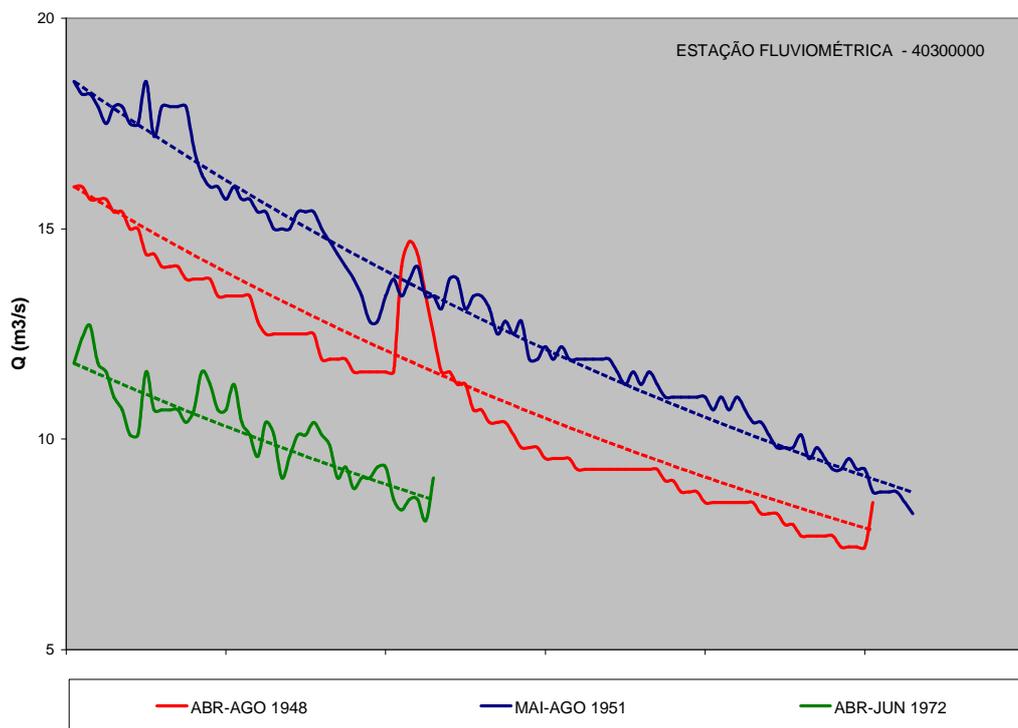


Figura 60 – Ajuste da curva de depleção teórica para a região homogênea III de vazões mínimas
 Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

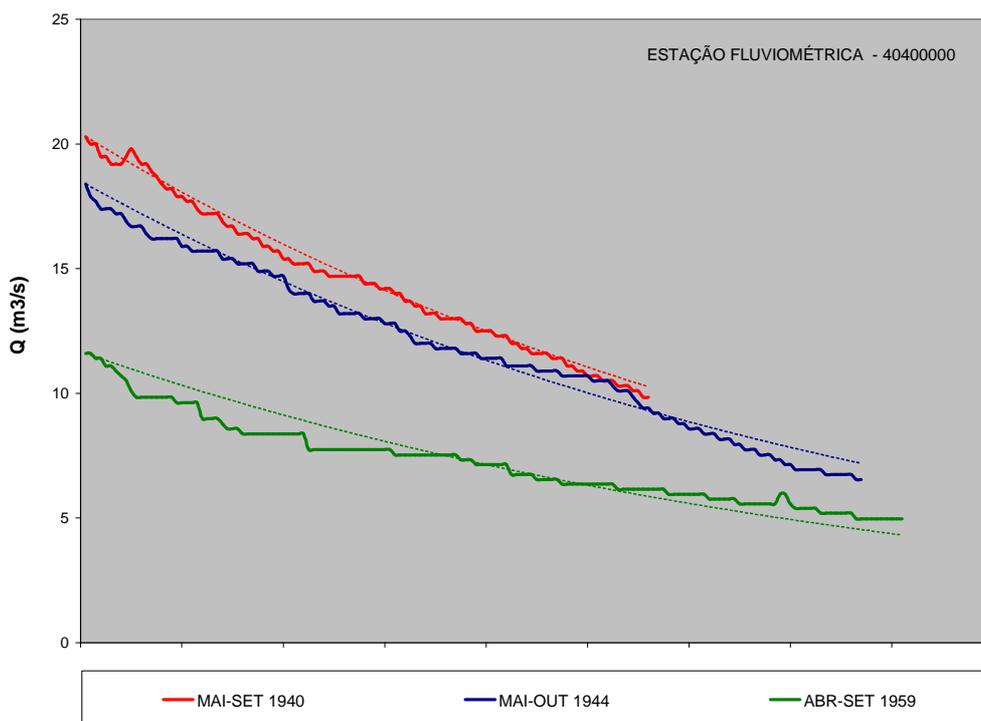


Figura 61 – Ajuste da curva de depleção teórica para a região homogênea IV de vazões mínimas

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As curvas de depleção ajustadas apresentaram bons resultados, estando próximas das vazões observadas. Os melhores resultados foram obtidos para a região homogênea IV. Isto se deve principalmente por que as vazões observadas no trecho de estiagem não apresentaram grandes variações.

Na Região III, as variações nas vazões observadas são mais constantes e a curva de depleção se ajusta aos pontos médios. Uma das causas destas variações pode ser o resultado de pequenos eventos de precipitação durante a estiagem, mais bem observado na estiagem de abril a agosto de 1948, na região III.

Na Região II, a estiagem de maio a junho de 1985 apresenta um bom ajuste no início e no final do trecho de recessão, mas está um pouco acima das vazões observadas no trecho intermediário.

Na Região I observa-se uma situação intermediária entre o ajuste da região IV e da região III, tendo-se um bom ajuste e pequenas variações das vazões observadas. Em termos gerais os resultados obtidos são satisfatórios. As **Figuras 58 a 61** acima demonstram que os coeficientes de recessão ajustados, um para cada região homogênea, foram capazes de generalizar a depleção do escoamento.

Para a previsão de vazões durante o período de estiagem em tempo real deve-se:

1. Identificação na bacia hidrográfica do ponto que se pretende determinar a vazão de estiagem futura;
2. Identificação da região homogênea em que se localiza o ponto;
3. Identificar a vazão inicial de estiagem na série de dados observados;
4. Identificar o parâmetro α da respectiva região homogênea conforme **Tabela 18** a seguir;
5. Calcular a vazão futura a partir da equação 31.

Tabela 17 – Parâmetro α da Curva de Depleção para cada Região Homogênea da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Parâmetros α da Curva de Depleção para cada Região Homogênea da Bacia Hidrográfica do Rio Pará	
Região Homogênea	α (dia ⁻¹)
I	0,00500
II	0,00673
III	0,00714
IV	0,00614

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

É importante observar que o tempo t na equação 31 deve ser igual o número de dias que se pretende prever a vazão de estiagem futura.

5.2.5 Balanço Hídrico

O cálculo do balanço hídrico tem como objetivo caracterizar em termos volumétricos a precipitação (P), a evapotranspiração (EVT) e o escoamento superficial (Q), sintetizando de forma indireta a disponibilidade hídrica para cada uma das 10 sub-bacias do plano diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. A equação geral do balanço hídrico segue a seguinte forma (RIGHETTO, 1998),

$$Q_e - Q_s = \frac{dV}{dt} \quad [32]$$

onde Q_e = vazão de entrada, Q_s = vazão de saída e dV/dt , a variação do volume na bacia hidrográfica. Neste trabalho a vazão de entrada é igual ao volume precipitado (P), a variação de volume igual a evapotranspiração (EVT) e a vazão de saída é calculada através do balanço hídrico:

$$Q_e - \frac{dV}{dt} = Q_s \quad [33]$$

ou

$$P - EVT = Q \quad [34]$$

O balanço hídrico apresentado neste trabalho é calculado em termos médios para cada uma das variáveis volumétricas. A precipitação média por sub-bacia é calculada pelo método de Thiessen para os mesmos períodos de disponibilidade de dados de evapotranspiração a partir da mesma base de dados utilizada para a caracterização pluviométrica. A evapotranspiração é calculada a partir de dados de temperatura e insolação, através da equação Thornthwaite (TUCCI, 1993). O escoamento superficial, como apresentado na equação [34], é igual à diferença entre a precipitação e a evapotranspiração.

Os dados de temperatura e insolação utilizados para o cálculo da evapotranspiração foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Foram utilizados dados mensais de cinco estações localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará ou próximas a mesma: Bom Despacho (1945040), Divinópolis (83635), Florestal (1944051), Oliveira (2044001) e Pompeu (1945022) (**Figura 62**). O arquivo em formato jpg está no **Anexo 1**. O arquivo em formato shapefile (Estações_Metereológicas) está no **Anexo 3**.

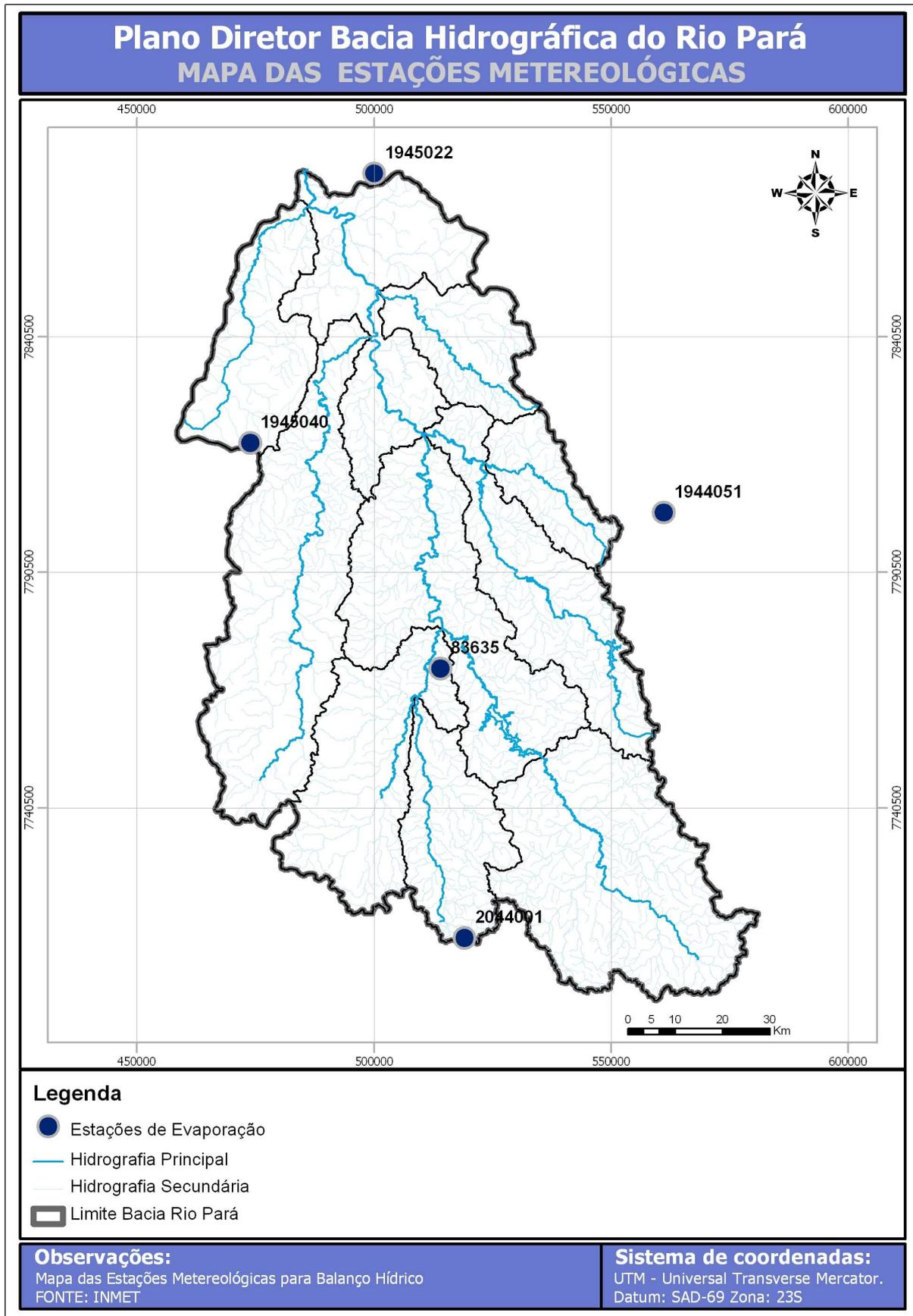


Figura 62 – Localização das Estações Meteorológicas consideradas para o cálculo do Balanço Hídrico

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Tabelas 18 e 19** a seguir caracterizam os dados brutos de insolação e temperatura média das estações meteorológicas apresentadas na **Figura 63**.

Tabela 18 – Características dos dados brutos de Insolação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Características dos dados brutos de Insolação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará					
Código da Estação	Nome	Período		Falhas	Anos Completos
		Início	Fim		
1945040	Bom Despacho	1999	2006	27	2
83635	Divinópolis	1995	2006	24	6
1944051	Florestal	1987	2002	18	9
2044001	Oliveira	1987	1999	69	1
1945022	Pompéu	1989	2005	20	12

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Tabela 19 – Características dos dados brutos de Temperatura Média na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Características dos dados brutos de Temperatura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará					
Código da Estação	Nome	Período		Falhas	Anos Completos
		Início	Fim		
1945040	Bom Despacho	1987	2006	20	15
83635	Divinópolis	1995	2006	20	8
1944051	Florestal	1987	2001	4	11
2044001	Oliveira	1987	2006	73	3
1945022	Pompéu	1989	2006	7	14

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Os dados originais das estações meteorológicas acima definidas estão no **Anexo 7**.

Para todas as estações meteorológicas foi realizado o preenchimento de falhas e a extensão para os dados de insolação e temperatura média contemplando o período de 1987 a 2005. Tanto o preenchimento quanto a extensão foi realizada a partir da média dos dados de insolação e temperatura das estações vizinhas.

A evapotranspiração foi determinada a partir da equação de Thornthwaite (RAMOS et al, 1989), utilizada para o cálculo da evapotranspiração para meses de 30 dias e comprimento de 12 horas

$$EVT = 16 \left(10 \frac{T}{I} \right)^a \frac{Dt}{360} \quad [34]$$

onde, EVT = evapotranspiração (mm/mês), T = temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$), D = número de dias do mês e t = horas de insolação média por dia. I e a são respectivamente iguais a,

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t_i}{5} \right)^{1,514} \quad [35]$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-9} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-2} I^2 + 1,791 \cdot 10^{-2} I + 0,492 \quad [36]$$

onde, t_i = temperatura do mês analisado ($^{\circ}\text{C}$).

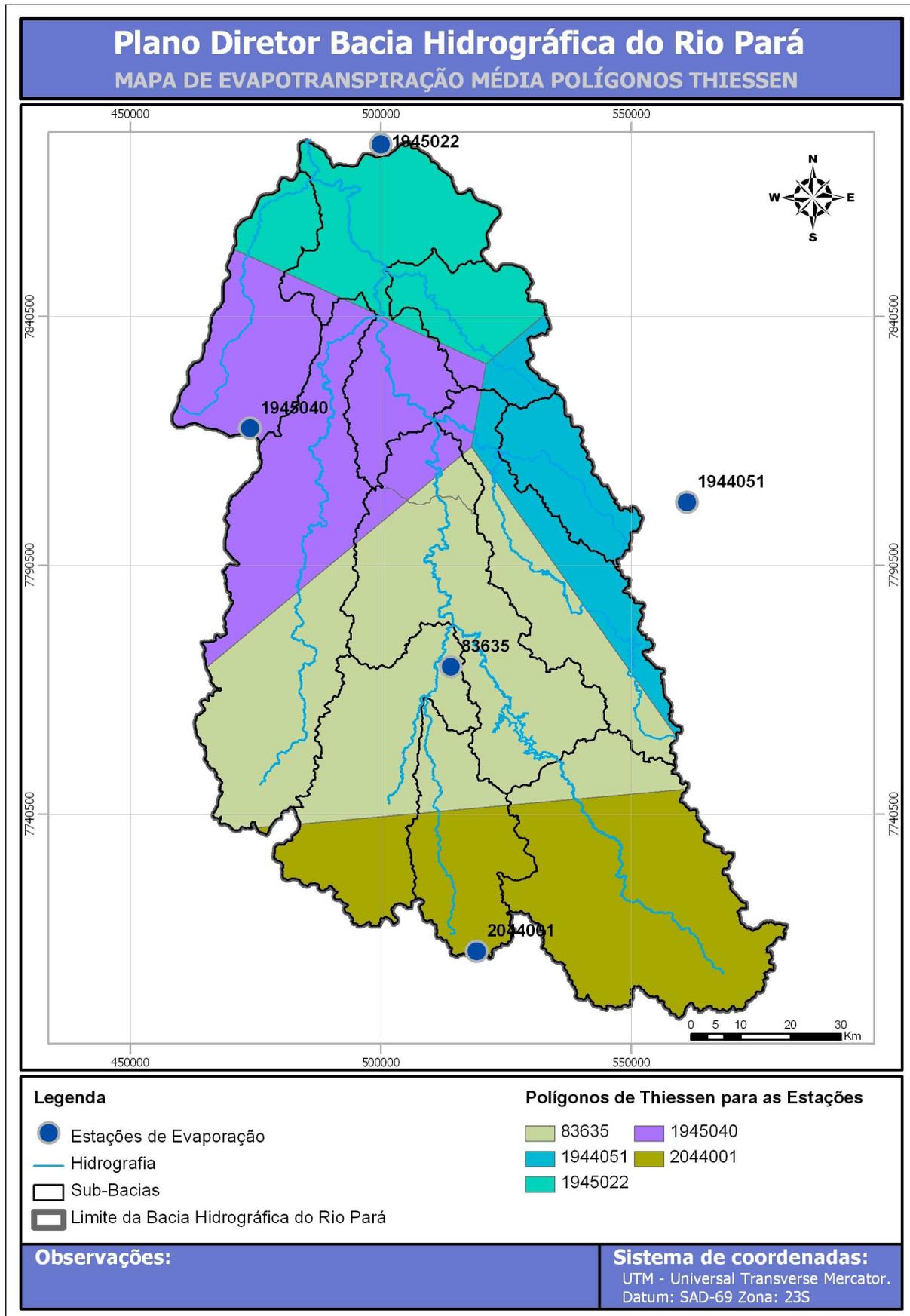


Figura 63 – Polígonos de Thiessen para o cálculo da evapotranspiração média na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A evapotranspiração média para cada uma das 10 sub-bacias definidas no plano diretor foi calculada pelo método dos polígonos de Thiessen (**Figura 63**), o mesmo processo utilizado para o cálculo da precipitação média. O arquivo em formato shapefile dos polígonos de Thiessen para evapotranspiração (Polígonos_Evap_Thiessen) está no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**.

A **Tabela 20** a seguir apresenta o resultado para do balanço hídrico envolvendo a precipitação, evapotranspiração e o escoamento superficial.

Tabela 20 – Balanço Hídrico nas Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Balanço Hídrico nas Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará			
SUB-BACIA	P^{(1) (2)}	EVT⁽¹⁾	Q⁽¹⁾
Alto Rio Pará	2022,1	725,7	1296,3
Ribeirão Boa Vista	423,6	296,0	127,5
Rio Itapecerica	1499,2	512,6	986,5
Médio Rio Pará	1165,1	641,6	523,5
Ribeirão da Paciência	313,0	144,4	168,6
Rio São João	1380,2	469,1	911,1
Rio Lambari	2222,8	985,7	1237,1
Rio do Peixe	463,7	179,3 ⁽³⁾	284,4
Rio Picão	869,3	509,1	360,3
Baixo Rio Pará	1092,4	294,5 ⁽³⁾	797,8

Fonte: Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

(1) – Volumes em milhões de m³.

(2) – Precipitação média calculada para o período de 1987 a 2005, coincidente com o período de disponibilidade de dados de temperatura e insolação.

(3) – Calculada a partir da precipitação média e vazão média de longo termo.

A evapotranspiração calculada para as Sub-bacias Rio do Peixe e Baixo Rio Pará foram calculadas a partir da diferença entre a precipitação média e a vazão média de longo termo. Observou-se, para estes casos, que o maior peso aritmético para o cálculo da evapotranspiração média nas respectivas Sub-bacias procede da estação meteorológica Pompeu (1945022).

Observou-se também que as temperaturas médias são sensivelmente maiores para esta estação e que os resultados da equação de Thornthwaite foram sensíveis a estas variações. Isto pôde ser comprovado através dos resultados de evapotranspiração obtidos para as Sub-bacias Rio do Peixe e Baixo Rio Pará, respectivamente iguais a 396,1 10 e 6 m³ e 1014,8 10 e 6 m³, muito próximos à precipitação média e que não condizem com o escoamento observado.

A vazão média de longo termo utilizada para o cálculo da evapotranspiração nas Sub-bacias Rio do Peixe e Baixo Rio Pará foi calculada a partir da regionalização, considerando a razão entre as áreas de drenagem, da vazão média de longo termo dos postos fluviométricos localizados nas mesmas Sub-bacias.

Este mesmo processo foi repetido para as outras Sub-bacias com o objetivo de verificar os resultados do volume escoado.

5.3 Hidrogeologia

Determina-se como objeto de estudo da hidrogeologia as relações que se estabelecem entre os aspectos geológicos associados à ocorrência e dinâmica das águas subterrâneas, que por sua vez apresentam relações íntimas com o sistema hidrológico das águas superficiais. Denota-se desta forma a importância dos apontamentos hidrogeológicos para planejamento e gestão de recursos hídricos tomando como área de interesse bacias hidrográficas.

Apresentam-se alguns conceitos relacionados a estas relações, que se estabelecem a partir da infiltração das águas provenientes das precipitações, contextualizando desta maneira relações diretas com os aspectos climáticos e principalmente no que diz respeito à dinâmica pluviométrica, além de outros relacionados ao sistema ambiental de modo geral.

Uma vez havendo disponibilidade hídrica e ocorrências litoestruturais apropriadas, formam-se os aquíferos que consistem em rochas ou sedimentos encontrados em grupos ou formações geológicas, que se apresentam saturadas e suficientemente permeáveis para transmitir quantidades economicamente viáveis de água através de poços ou fontes surgentes. Podem ocorrer em rochas sedimentares como arenitos e calcários ou em rochas magmáticas ou metamórficas, desde que sejam fraturadas ou alteradas. Desta forma é possível classificar tecnicamente os aquíferos de acordo com estas características físicas em: granulares ou porosos, fraturados e cársticos.

Os granulares são aqueles que ocorrem em rochas sedimentares, onde a acumulação e circulação se processam nos vazios intergranulares ou poros, constituindo-se em importantes reservas de água pelo grande volume que podem armazenar.

Os fraturados possuem a acumulação e circulação de água nas estruturas de rupturas tais como diáclases (fraturas, juntas ou fendas), falhas e esfoliações em rochas magmáticas e metamórficas, geralmente fornecendo poucos metros cúbicos de água em poços perfurados nestes sistemas. Por apresentarem a fluidez da água, normalmente controlada pela orientação preferencial das estruturas, são denominados de aquíferos anisotrópicos.

Os aquíferos cársticos são aqueles formados em rochas carbonáticas, sujeitas a dissolução química, possibilitando a formação de espaços para a acumulação e circulação da água, apresentando heterogeneidade e diversificada capacidade hídrica.

Em relação à forma e local de acumulação, podem ser classificados em: aquíferos livres ou freáticos, confinados ou artesianos, e semi-confinados.

Os aquíferos livres ou freáticos são constituídos por formações geológicas permeáveis e superficiais, totalmente aflorante em toda sua extensão, com limitações na sua base por camadas impermeáveis. Apresentam a superfície superior da zona de saturação em equilíbrio com a pressão atmosférica. Nestes aquíferos a variação do nível de água varia com a quantidade de chuvas, sendo os mais comuns e mais explorados pela população e também os mais susceptíveis a problemas de contaminação.

Os aquíferos confinados ou artesianos são constituídos por uma formação geológica permeável, com confinamento entre duas outras camadas impermeáveis ou semipermeáveis. Apresenta a pressão da água no topo da zona saturada maior que a pressão atmosférica, fazendo com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera. Seu sistema de reabastecimento pela água das chuvas se dá, preferencialmente, nos locais onde a formação aflora à superfície.

Os aquíferos semi-confinados encontram-se limitados na base, no topo ou em ambos, por camadas cuja permeabilidade deve ser menor do que a do aquífero em si. Possui o fluxo de água preferencialmente ao longo da camada aquífera.

Em escala nacional, considerando a combinação das estruturas geológicas com fatores geomorfológicos e climáticos, o Brasil apresenta-se configurado em 10 províncias hidrogeológicas, que são regiões com sistemas aquíferos com condições semelhantes de armazenamento, circulação e qualidade de água (MMA, 2003; citado em Borghetti *et alii*, 2004).

A área de interesse na qual se insere a Bacia Hidrográfica do Rio Pará apresenta-se na transição das províncias do Escudo Oriental e do São Francisco. A província do Escudo Central apresenta substrato aflorante com sistema aquífero principal ocorrendo em zonas fraturadas com área total de 600.000 Km², volume de água de aproximadamente 80 Km³, representando um total geral de 0,07% das reservas nacionais. A província do São Francisco é formada por sistema cárstico-fissural com calcários do Grupo Bambuí e outra parte no sistema poroso com a presença granular-arenítica das Formações Urucaia-Areado.

Considerando a ocorrência de águas subterrâneas em rochas porosas, a região apresenta aquíferos locais encontrados em finas camadas ou lentes arenosas, aquíferos contínuos de extensão restrita ou explorabilidade difícil, devido a grande profundidade dos níveis de água, livres e/ou confinados. Consistem de sedimentos clásticos não consolidados e consolidados. Permeabilidade relativamente baixa, com qualidade química das águas normalmente boa.

Considerando a ocorrência de águas subterrâneas em rochas fraturadas, a região apresenta aquíferos locais restritos às zonas fraturadas, ampliados em certos trechos devido à associação com rochas porosas do manto de intemperismo ou pela dissolução cárstica, livres e/ou confinados. Constituem-se de rochas metaclásticas e/ou carbonáticas. Permeabilidade geralmente média a baixa, com a qualidade das águas normalmente boa. Ocorrem também aquíferos restritos a zonas fraturadas, ampliados em certos trechos devido à associação com rochas porosas do manto de intemperismo, livres. Consistem essencialmente de rochas metamórficas, com permeabilidade normalmente baixa e qualidade química das águas geralmente boa.

Em termos de produtividade, de modo geral a área como um todo, relativizada em âmbito nacional, apresenta produção média a fraca com poços com capacidade específica, variando entre 1 e 0,13 m³/h/m e vazão estimada entre 25 e 3,25 m³/h para rebaixamento do nível d'água de 25 m. (DNPM, 1983)

Em escala local encontram-se, na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, quatro sistemas aquíferos particularizados pela formação litoestrutural, estando distribuídos da seguinte forma pela ordem de ocorrência: Sistema Gnáissico Granítico (81%), Sistema Pelítico (11%), Sistema Quartzítico (5%) e Sistema Pelítico Carbonático (3%), com vazões específicas determinadas por suas características hidrogeológicas próprias, (**Tabela 21**).

Tabela 21 – Vazões específicas por sistemas aquíferos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Vazões específicas por sistemas aquíferos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará			
Sistema Aquífero	Valor médio (l/s.m)	Valor máximo (l/s.m)	Valor mínimo (l/s.m)
Gnáissico-Granítico	0,17	2,22	0,0004
Pelítico	0,62	15,43	0,002
Quartzítico	0,27	2,31	0,005
Pelítico-Carbonático	3,54	303,0	0,0008

Fonte: Adaptado do Plano Diretor das Bacias de Afluentes do Rio São Francisco, MG; (2002).

Os sistemas Gnáissico-granítico, Pelítico e Quartzítico compreendem a classificação de aquíferos fissurados (fraturados), representados por rochas com permeabilidade secundária, desenvolvida através de diáclases (fraturas, fendas, etc.) de natureza dúctil e por sistemas de falhas de natureza rúptil, resultando um meio aquífero complexo com alto grau de

heterogeneidade e elevada anisotropia. Estes aquíferos estão associados às rochas metamorfizadas proterozóicas do Pré-Cambriano com variações de 570 a 2.600 Ma (milhões de anos), além de rochas arqueanas com mais de 2.600 Ma, com ocorrência de rochas metamórficas e magmáticas componentes do embasamento cristalino.

Sistema Gnáissico-Granítico

Na Bacia Hidrográfica do Rio Pará o sistema de aquífero Gnáissico-Granítico encontra-se localizado no setor central e sul da área de abrangência da bacia hidrográfica, compreendendo uma superfície espacial de aproximadamente 9.904,20 Km², concentrando integralmente as Sub-bacias Alto Rio Pará, Ribeirão Boa vista, Rio Itapecerica, Médio Rio Pará, Rio São João, Rio Lambari e parcialmente as Sub-bacias Ribeirão da Paciência, Rio Picão e Baixo Rio Pará (**Figura 64**). O arquivo formato shapefile (Aquíferos_subbacias) está no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**.

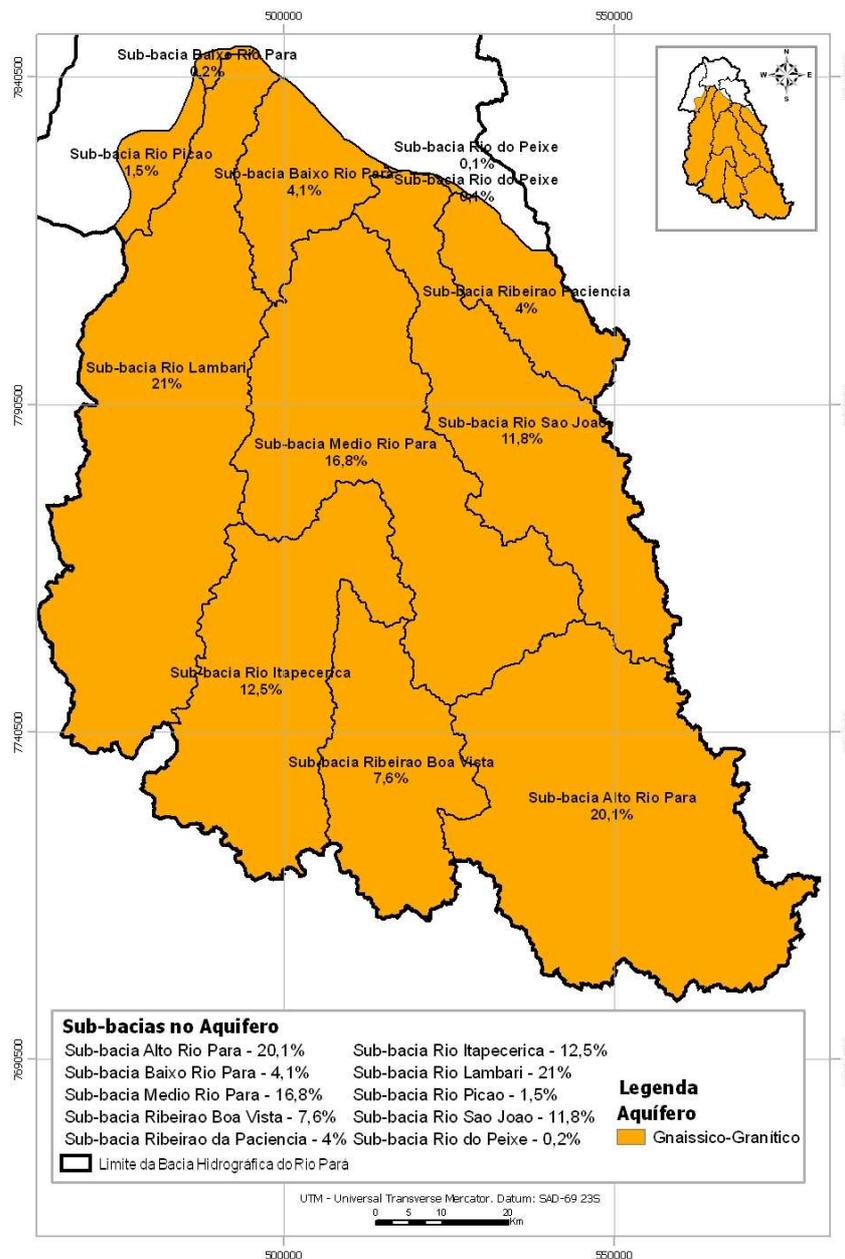


Figura 64 – Abrangência do Sistema Aquífero Gnáissico-Granítico na Bacia hidrográfica do Rio Pará

Fonte: Adaptado de Ramos e Paixão (2002). Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Sistema Gnáissico-Granítico é representado por rochas do arqueano, com litologia predominante relacionada aos granitos, tonalitos, granitóides, gnaisses, gnaisses charnockíticos, anfibolitos, ganulitos, migmatitos metavulcânicas (máficas, ultramáficas, metamáficas e meta-ultramáficas).

Apresenta permeabilidade secundária, determinada pelo grau fraturamento/falhamento e de meteorização. Estabelecem-se nesta área contados encaixantes com rochas quartzíticas. Estas áreas de contado apresentam-se geralmente definidas por discordâncias erosivas e, também, por relações tectônicas de falhamentos, em alguns casos bem definidos por falhas de empurrão.

A recarga deste sistema se processa predominantemente através do sistema de drenagem controlado geologicamente, bem como por percolação de fluxo descendente, em lentes sedimentares sobrejacentes. As áreas de descarga naturais ocorrem através de fontes pontuais e difusas. Nas regiões meridionais, com elevadas taxas pluviométricas, estas restituições apresentam-se normalmente perenizadas, garantindo a vazão de base dos canais superficiais, atuando com reguladores do escoamento natural dos mesmos.

Sistema Pelítico

O sistema Pelítico encontra-se localizado no extremo norte da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, concentrando parcialmente as Sub-bacias Rio do Peixe, Rio Picão e Baixo Rio Pará, compreendendo uma área de aproximadamente 1.359,00 Km². (**Figura 65**) O arquivo formato shapefile (Aquíferos_subbacias) está no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**.

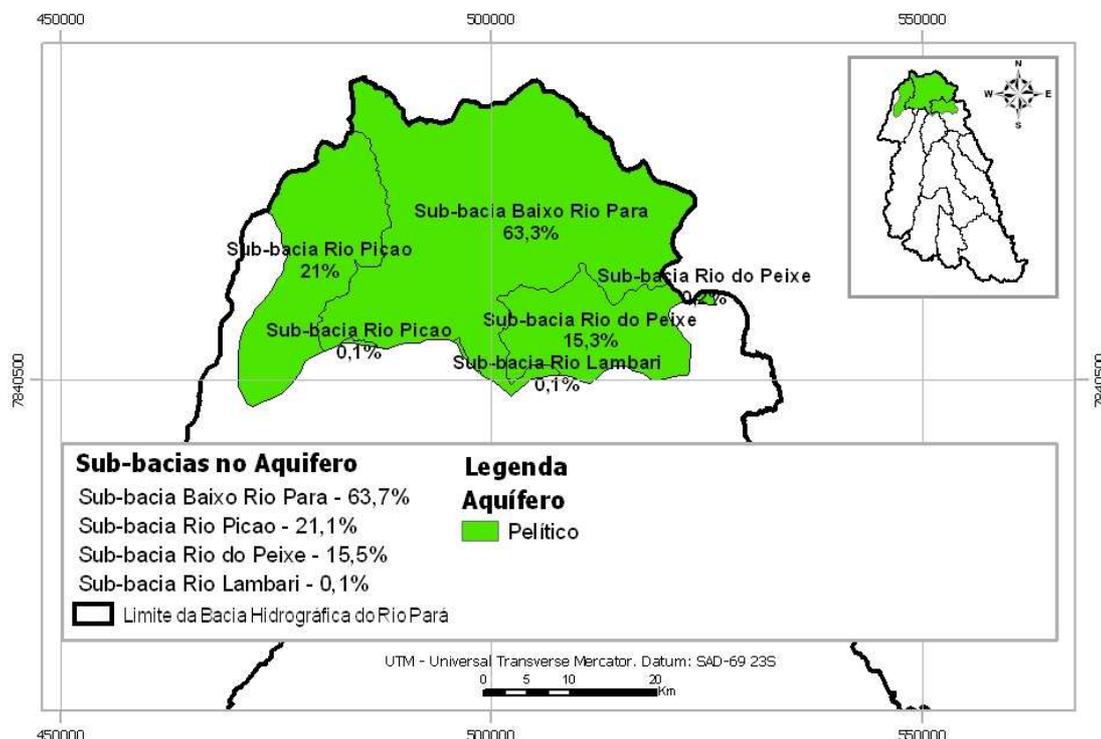


Figura 65 – Abrangência do Sistema Aquífero Pelítico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fonte: adaptado de Ramos e Paixão (2002). Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Sistema Pelítico, representado por metassedimentos (arcósios, siltitos, ardósias e ritmitos) associados às fácies pelítica e molássica do Grupo Bambuí. Os metassedimentos não carbonáticos do Grupo Bambuí juntamente com filitos e xistos proterozóicos e arqueanos constituem rochas com grau de permeabilidade secundária pouco desenvolvida, em razão de sua composição mineralógica, que propicia a formação de argilas, sendo sua plasticidade

responsável pela origem e desenvolvimento de fraturas mais fechadas, quanto sujeitas a processos tectônicos. De modo geral os metassedimentos do Grupo Bambuí afloram em uma faixa central da bacia sedimentar homônima, em área pouco tectonizada, propiciando estratos horizontalizados, com baixa deformação e com intensidade de fraturamentos em geral pouco favorável ao armazenamento e circulação de águas subterrâneas.

Contatos com rochas quartzíticas normalmente apresentam-se bem definidos e marcados por estruturas de falhamento. Sua recarga predominante ocorre através da drenagem superficial quando controlada geologicamente pela direção de fraturamento, de modo indireto, pelo fluxo vertical descendente, relacionado aos níveis freáticos superficiais associados ao manto de alteração. Infiltrações diretas ocorrem de modo reduzido em razão de as fraturas e descontinuidades no meio pelítico serem relativamente localizadas. A descarga de água subterrânea neste sistema ocorre através de fontes pontuais e difusas, conferindo papel regulador da perenidade da drenagem superficial. Apresenta a transmissividade hidráulica variando na ordem de $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ e $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (0,17 e 864 m^2/dia). (CETEC, 1984)

Sistema Quartzítico

O Sistema Quartzítico, na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, encontra-se localizado no setor nordeste, com uma abrangência espacial de aproximadamente 496,70 Km^2 , concentrando-se parcialmente nas Sub-bacias Rio do Peixe, Ribeirão da Paciência e Baixo Rio Pará. (**Figura 66**) O arquivo formato shapefile (Aquíferos_subbacias) está no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**.

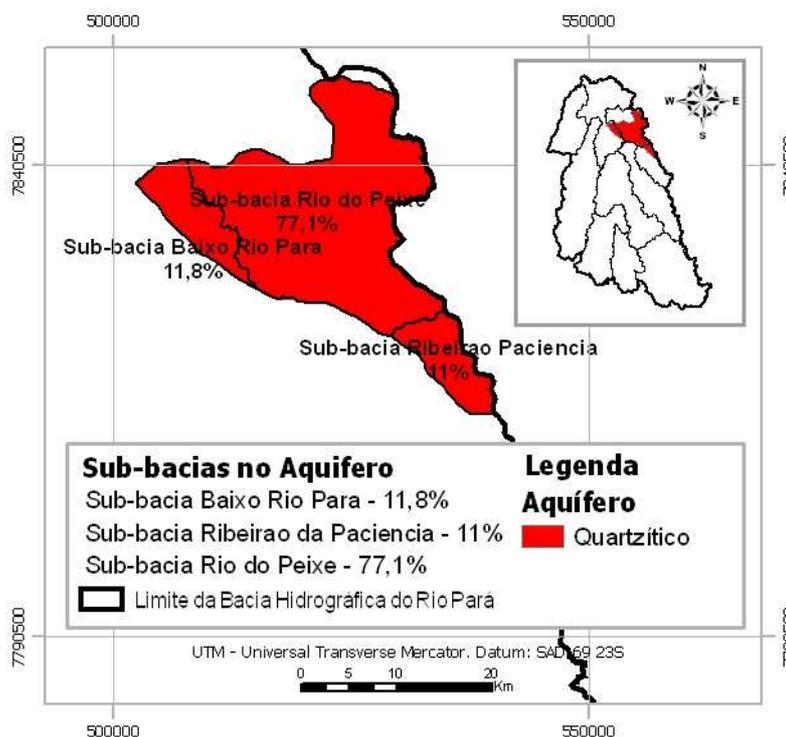


Figura 66 – Abrangência do Sistema Aquífero Quartzítico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fonte: adaptado de Ramos e Paixão (2002). Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Sistema Quartzítico está representado por rochas compactas e maciças, essencialmente quartzíticas do Grupo Itacolomi, Piracicaba e Caraça, do Supergrupo Minas e Rio das Velhas. As relações de contato basal normalmente são definidas por falhas de cavalgamento atribuindo a este sistema aquífero a sobreposição às seqüências metamórfico-sedimentares, estratigraficamente mais recentes, além de apresentar contato com o embasamento cristalino sob discordância angular.

Registra-se também a presença de rochas intrusivas meta-vulcânicas de natureza ácida e básica a ultrabásica, sob contato direto com rochas quartzíticas encaixantes, indicando descontinuidades litoestruturais de interesse para prospecção hidrogeológica. A recarga ocorre normalmente por infiltração das águas pluviais através do manto de intemperismo, predominantemente arenoso, favorecendo a percolação das águas, além de percolações de fluxo vertical descendente. As descargas que ocorrem através de fontes pontuais e difusas representam importante função reguladora dos níveis de base da dinâmica hidrológica superficial atribuindo aos canais de drenagem a perenidade. Apresenta transmissividade hidráulica, variando na ordem de 10^{-3} a 10^{-2} m²/s (86 a 864 m²/dia). (CETEC, 1984)

Sistema Pelítico-Carbonático

O sistema Pelítico-Carbonático, na Bacia Hidrográfica do rio Pará, encontra-se localizado no setor noroeste com uma abrangência espacial de aproximadamente 470,80 Km², inserido integralmente no setor leste da Sub-bacia Rio Picão. (**Figura 67**) O arquivo formato shapefile (Aquíferos_subbacias) está no **Anexo 3**. O arquivo formato jpg está no **Anexo 1**.

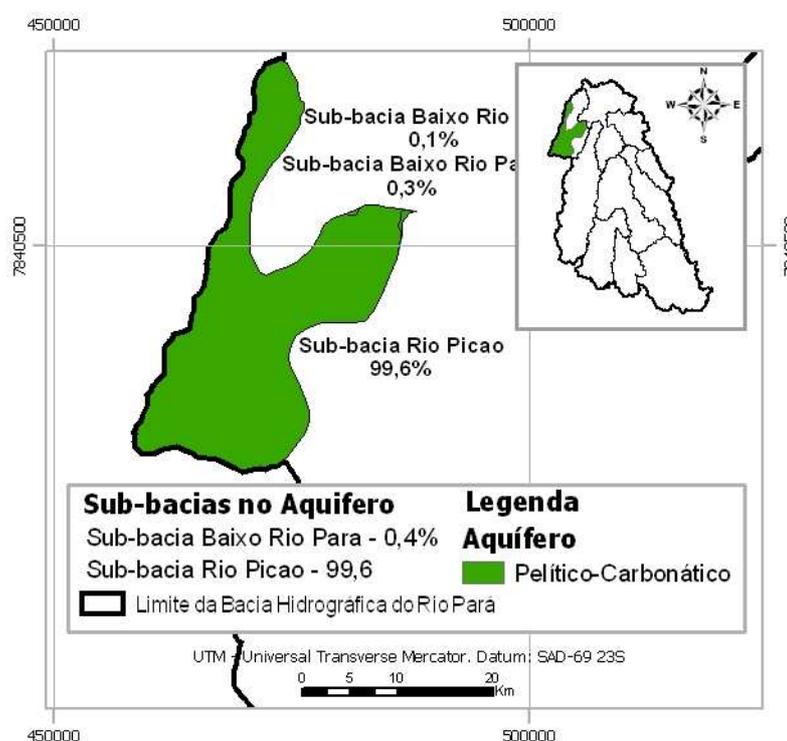


Figura 67 – Abrangência do Sistema Aquífero Pelítico-Carbonático na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fonte: adaptado de Ramos e Paixão (2002). Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

O Sistema Pelítico-Carbonático compreende os aquíferos cársticos-fissurados, assim denominados em face de ocorrência generalizada de interdigitações entre rochas carbonáticas, sujeitas a carstificação com outras não carbonáticas. Apresenta potencial hidrogeológico dependente do grau de fraturamento e de desenvolvimento das cavidades e aberturas de dissolução dos carbonatos. Pode, em função de sua complexidade litoestrutural, ora apresentar-se com características dominantes cársticas, ou de caráter fissural e ou ainda com características mistas.

O Sistema Pelítico-Carbonático está representado por intercalações de rochas pelíticas e carbonáticas, com a presença de margas, siltitos, siltitos carbonáticos, ardósias e calcários lenticulares, constituindo-se em rochas proterozóicas lito-estratigraficamente associadas às fácies pelítico-carbonatadas do Grupo Bambuí, e da Formação Paraopeba. De modo geral,

apresenta os estratos dispostos de modo horizontal a suavemente ondulado, apresentando, porém, a exemplo de sistemas aquíferos completamente cársticos, acamamentos verticalizados e dobramentos em áreas de intenso tectonismo associado aos falhamentos.

A recarga tem como principal fonte a infiltração direta das águas de chuva, nas áreas de afloramento, através da infiltração da drenagem controlada por fraturamentos e estruturas de dissolução e também por aportes de águas superficiais, principalmente durante as cheias, nas áreas rebaixadas dos vales dos rios perenes. Possui ainda uma significativa recarga através de fluxo vertical descendente. Os valores de transmissividade hidráulica variam em torno de $2,7 \times 10^{-5}$ a $5,85 \times 10^{-3}$ m²/s (2,3 a 506 m²/dia), com média de 109 m²/dia. (CETEC, 1984)

5.4 Uso dos Recursos Hídricos

De acordo com os relatórios anuais de qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará elaborados pelo IGAM, o uso dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Pará estão concentrados principalmente no abastecimento doméstico e industrial, geração de energia elétrica, irrigação, dessedentação de animais, pesca, piscicultura e recreação de contato primário. (IGAM, 2006)

O cadastramento dos usuários elaborado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em 2006 revelou, entre os usuários significantes, que o maior volume total captado na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (considerando as captações superficiais, sub-superficiais e subterrâneas juntas), tem por finalidade o abastecimento humano, seguido da agricultura (irrigação) e da atividade industrial., conforme pode ser conferido na **Tabela 22**.

Porém, o volume maior captado está com os usuários insignificantes, que não puderam ter seu uso definido no Cadastro Nacional de Recursos Hídricos. Torna-se necessária, portanto, a recuperação desta informação junto aos formulários do cadastramento para que se tenha a real situação da Bacia Hidrográfica do Rio Pará com relação ao uso de seus recursos hídricos.

Neste item proceder-se-á a caracterização, tipologia e quantificação das diversas classes de uso dos recursos hídricos, incluindo os usuários insignificantes, cujas atividades não puderam ser definidas, discretizados segundo as vazões de captação superficial, sub-superficial e subterrânea, levantadas em 2006 para compor o Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia da divisão hidromorfológica adotada para o Plano Diretor.

Tabela 22 - Captação Total na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Captação Total na Bacia Hidrográfica do Rio Pará	
Uso	Captação (m ³ /dia)
Agricultura	211.855,59
Agroindústria	13.409,62
Aqüicultura	16.803,02
Criação Animal	41.940,56
Indústria	105.556,77
Insignificantes	1.351.296,00
Mineração	29.706,04
Ocupação Humana	312.248,82
Outros Usos	2.978,82
PCH	2.769,18
Postos de Combustíveis	824,72
Total	2.089.389,14

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (2006). Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.1 Irrigação

Considerando que a irrigação é a responsável pela segundo maior volume captado na Bacia Hidrográfica do Rio Pará depois do abastecimento público, torna-se questão prioritária que sejam realizados estudos mais aprofundados com relação aos métodos e processos utilizados, objetivando a garantia da disponibilidade hídrica para este e os demais usos existentes.

Os riscos do impacto decorrente da utilização dos recursos hídricos para a produção agrícola e silvicultura irrigada na Bacia Hidrográfica do Rio Pará estão analisados a partir dos sistemas de irrigação adotados e da localização dos pontos de captação e demandas, de acordo com o tipo de atividade dominante.

“Irrigação é uma técnica utilizada na agricultura que tem por objetivo o fornecimento controlado de água para as plantas em quantidade suficiente e no momento certo, assegurando a produtividade e a sobrevivência da planta. Complementa a precipitação natural, e em certos casos, enriquece o solo com a deposição de elementos fertilizantes.

Cada método de irrigação tem um ou mais sistemas associados, pelo que a escolha do mais adequado depende de diversos fatores, tais como a topografia (declividade do terreno), o tipo de solo (taxa de infiltração), a cultura (sensibilidade da cultura ao molhamento) e o clima (frequência e quantidade de precipitações, temperatura e efeitos do vento). Além disso, a vazão e o volume total de água disponível durante o ciclo da cultura devem ser analisados. A eficiência de um sistema de irrigação refere-se à percentagem de água de fato absorvida pela planta.

No entanto a irrigação também apresenta perigos ambientais. Deve ser utilizada com critério e consciência ecológica, pois um sistema mal-planejado pode causar sérios desastres ambientais. Alguns dos maiores desastres ambientais da história são oriundos de projetos de irrigação mal projectados, como foi o exemplo do secamento do Mar de Aral, ocorrido devido ao mau planejamento feito pelos soviéticos.

Além de problemas gerados pela escassez das águas mal administradas, outro dano grave gerado pelo manejo incorreto da irrigação é a salinização. Nas regiões áridas e semi-áridas irrigadas, a salinização do solo é um dos importantes fatores que afetam o rendimento dos cultivos, limitando a produção agrícola e causando prejuízos. Nessas regiões, caracterizadas pelos baixos índices pluviométricos e intensa evapotranspiração, a baixa eficiência da irrigação e a drenagem insuficiente, contribuem para a aceleração do processo de salinização, tornando estas áreas improdutivas em curto espaço de tempo.

No Brasil, antes de iniciar a construção de sistemas de irrigação, a legislação obriga os produtores a consultar as prefeituras locais, de forma a poder verificar se existem restrições ao uso de água para irrigação. Dependendo da região, obter uma autorização pode ser virtualmente impossível. Se o agricultor constrói o sistema à revelia, sem consulta aos órgãos públicos, corre o risco de ver a obra embargada e ter seus equipamentos confiscados, além de estar sujeito a multas.” (Wikipédia)

De acordo com a Resolução CONAMA Nº. 284 de agosto de 2001, um empreendimento de irrigação é um conjunto de obras e atividades tais como: reservatório e captação, adução e distribuição de água, drenagem, caminhos internos e a lavoura propriamente dita, bem como qualquer outra ação indispensável à obtenção do produto final do sistema de irrigação.

Ainda de acordo com a mesma Resolução, os empreendimentos de irrigação serão classificados em categorias, de acordo com a dimensão efetiva da área irrigada, por propriedade individual, e o método de irrigação empregado, conforme a **Tabela 23** a seguir:

Tabela 23 – Classificação dos projetos de irrigação pelo método empregado e dimensão da área irrigada

Classificação dos Projetos de Irrigação pelo Método Empregado e Dimensão da Área Irrigada						
Método de Irrigação Empregado		Área Irrigada / Categoria				
		Até 50 ha	50 a 100 ha	100 a 500 ha	500 a 1000 ha	Acima de 1000 ha
Aspersão	pivô central, auto propelido, convencional e outros	A	A	B	C	C
Localizado	gotejamento, microaspersão, xique-xique e outros	A	A	A	B	C
Superficial	sulco, inundação, faixa e outros	A	B	B	C	C
Os empreendimentos de irrigação da Categoria A poderão ter os seus processos de licenciamento simplificados, mediante aprovação do respectivo Conselho de Meio Ambiente.						
Os empreendimentos de irrigação da Categoria B e C deverão solicitar licença prévia, de instalação e de operação, com os estudos, planos e programas pertinentes em cada categoria.						

Fonte: CONAMA 284/01.Sistemas de Irrigação

Os sistemas de irrigação praticados na Bacia Hidrográfica do Rio Pará são os seguintes:

- Aspersão Convencional
- Gotejamento
- Microaspersão
- Pivô Central
- Autopropelido
- Irrigação por sulco
- Irrigação por Inundação
- Hidroponia
- Mangueira

A seguir estão colocadas as definições de cada um dos tipos acima listados.

Aspersão convencional

“Nos métodos de aspersão, são lançados jatos de água ao ar que caem sobre a cultura na forma de chuva. Existem sistemas inteiramente móveis, com a mudança de todos os seus componentes até os totalmente automatizados (fixos). No método convencional, a linha principal é fixa e as laterais são móveis. Requer menor investimento de capital, mas exige mão-de-obra intensa, devido às mudanças da tubulação.” (Wikipédia)

“Na aspersão convencional, aplica-se a água à cultura por meio de aspersores instalados ao longo de uma tubulação. É portátil, quando as tubulações de distribuição e as linhas laterais são transportadas para várias posições na área irrigada. É fixa, quando as tubulações de distribuição e as linhas laterais cobrem toda área irrigada. (EMBRAPA)

Segundo a CIENTEC – Consultoria e Desenvolvimento de Sistemas da Universidade Federal de Viçosa, os componentes do sistema de aspersão convencional são os seguintes: sistema de bombeamento, tubulações, acessórios e aspersores. A **Figura 68** mostra um sistema de irrigação por aspersão convencional.



Figura 68 – Sistema de Irrigação por Aspersão Convencional

Fonte: CIENTEC/UFV – http://www.cientec.net/cientec/Servicos_IRRIGA_Informacoes_Tecnicas.asp

Gotejamento

“Nesse sistema, a água é levada sob pressão por tubos, até ser aplicada ao solo através de emissores diretamente sobre a zona da raiz da planta, em alta frequência e baixa intensidade. Possui uma eficiência na ordem de 90%. Tem no entanto um elevado custo de implantação. É utilizado majoritariamente em culturas perenes e em fruticultura, embora também seja usado por produtores de hortaliças e flores, em especial pela reduzida necessidade de água, comparado aos demais sistemas de irrigação. Pode ser instalado à superfície ou enterrado, embora esta decisão deva ser tomada analisando-se criteriosamente a cultura a ser irrigada.” (Wikipédia).

“O gotejamento é composto por emissores, denominados de gotejadores, através dos quais a água escoar após ocorrer uma dissipação de pressão ao longo da rede de condutos. As vazões são usualmente pequenas variando de 2 a 10 l/h. (CIENTEC)

Microaspersão

“A microaspersão possui uma eficiência maior que a aspersão convencional (90%), sendo muito utilizada para a irrigação de culturas perenes. Também é considerada irrigação localizada, porém, a vazão dos emissores (chamados microaspersores) é maior que a dos gotejadores.” (Wikipédia).

“A microaspersão é composta por emissores, denominados de microaspersores, através dos quais a água é aspergida. As vazões são usualmente pequenas variando de 20 a 250 l/h.” (CIENTEC)

Pivô Central

“O sistema consiste basicamente de uma tubulação (ou tubagem) metálica onde são instalados os aspersores. A tubulação que recebe a água de um dispositivo central sob pressão, chamado de ponto do pivô, se apóia em torres metálicas triangulares, montadas sobre rodas, geralmente com pneu. As torres movem-se continuamente acionadas por dispositivos elétricos ou hidráulicos, descrevendo movimentos concêntricos ao redor do ponto do pivô. O movimento da última torre inicia uma reação de avanço em cadeia de forma progressiva para o centro. Em geral, os pivôs são instalados para irrigar áreas de 50 a 130 ha, sendo o custo por área mais baixo à medida em que o equipamento aumenta de tamanho. Para otimizar o uso do equipamento, é conveniente além da aplicação

de água, aproveitar a estrutura hidráulica para a aplicação de fertilizantes, inseticidas e fungicidas.” (Wikipédia)

Autopropelido

O sistema de irrigação por aspersão móvel ou autopropelido é movimentado por energia hidráulica, sendo composto por um canhão hidráulico (aspersor canhão), montado sobre uma plataforma, que se desloca sobre o terreno, irrigando-o simultaneamente (**Figura 69**).



Figura 69 – Aspersor montado sobre carrinho

Fonte: CIENTEC/UFV – http://www.cientec.net/cientec/Servicos_IRRIGA_Informacoes_Tecnicas.asp

Existem basicamente dois tipos de autopropelidos, de acordo com seu agente movimentador: com movimentação por cabo de aço, que é o mais antigo, de menor custo de aquisição, cuja principal limitação é a baixa durabilidade da mangueira (**Figura 70**) e geralmente necessita de maquinário para enrolamento da mangueira após a irrigação no local (**Figura 71**); e com movimentação por carretel enrolador, que é o mais utilizado atualmente, possuindo uma vida útil maior que o outro tipo, pois, a mangueira já vai sendo enrolada e não se arrasta pelo chão (**Figura 72**).



Figura 70 – Mangueira arrastada pelo equipamento

Fonte: CIENTEC/UFV – http://www.cientec.net/cientec/Servicos_IRRIGA_Informacoes_Tecnicas.asp



Figura 71 – Trator enrolando a mangueira

Fonte: CIENTEC/UFV – http://www.cientec.net/cientec/Servicos_IRRIGA_Informacoes_Tecnicas.asp



Figura 72 – Mangueira sendo enrolada pelo carretel

Fonte: CIENTEC/UFV – http://www.cientec.net/cientec/Servicos_IRRIGA_Informacoes_Tecnicas.asp

A principal vantagem do sistema autopropelido é permitir irrigar várias áreas com apenas um equipamento e a facilidade de projetar o sistema. As desvantagens são o excessivo consumo de energia em função de: grande perda de carga para promover a movimentação; alta pressão de serviço do canhão hidráulico; e perda de carga promovida pelo grande comprimento da mangueira.

Irrigação por sulco

“A distribuição da água se dá por gravidade através da superfície do solo. Tem menor custo fixo e operacional, e consome menos energia que os métodos por aspersão. É o método ideal para cultivos em fileiras. Deve ser feito em áreas planas. Exige investimento em mão-de-obra. Possui baixa eficiência, em torno de 30 a 40% no máximo. Atualmente, devido a escassez de água no mundo e problemas ambientais, inclusive para a irrigação, esse método tem recebido várias críticas devido a baixa eficiência conseguida.” (Wikipédia)

“Consiste na aplicação e água em pequenos canais, sulcos ou corrugações. A água aplicada nos sulcos e infiltra ao longo do perímetro molhado e se movimenta vertical e lateralmente, umedecendo o perfil do solo. A irrigação por sulco pode ser dividida em sulcos comuns ou de terras planas, em contornos, em corrugação, em nível e em ziguezague. A distribuição de água para os sulcos pode ser por sifão, bacias auxiliares e tubos janelados.” (CEITEC)

Apresenta-se nas **Figuras 73 e 74** a distribuição de água para os sulcos por sifão e tubos janelados, respectivamente.



Figura 73 – Distribuição de água para os sulcos por meio de sifões

Fonte: CIENTEC/UFV – http://www.cientec.net/cientec/Servicos_IRRIGA_Informacoes_Tecnicas.asp



Figura 74 – Distribuição de água para os sulcos por meio de tubos janelados

Fonte: CIENTEC/UFV – http://www.cientec.net/cientec/Servicos_IRRIGA_Informacoes_Tecnicas.asp

“A forma da geometria do perfil depende da cultura a ser irrigada sendo o mais comum à geometria em (V). A largura do sulco em média varia de 20 a 30 cm e profundidade 15 a 25 cm. O espaçamento depende a cultura cultivada chegando geralmente a variar em torno 90 a 110 cm. A declividade geralmente inferior a 2% devido a evitar problemas causados pela erosão do perfil do sulco. A vazão no início do sulco varia em torno de 0,5 a 2 l/s. O comprimento do sulco tem como definição fundamental proporcionar uma maior eficiência de irrigação bem como operacionalidade. Este é função do tamanho da área, declividade do terreno, tipo de solo, vazão, cultura, etc. O comprimento do sulco para a simples determinação deve ser tal que o tempo de avanço seja aproximadamente 25% do tempo de oportunidade. As perdas são geralmente por percolação ocorridas no início do sulco e por escoamento no final do sulco.” (CIENTEC)

Irrigação por Inundação

“A irrigação por inundação consiste na aplicação de água em bacias ou tabuleiros intermitente ou permanentemente. Na irrigação por inundação permanente a água é mantida sobre a superfície do solo praticamente durante todo o ciclo da cultura, sendo muito utilizada no mundo e quase que especificamente no cultivo do arroz. Os tipos de tabuleiros utilizados na irrigação por inundação mais comumente utilizados são os retangulares e em contorno.” (CIENTEC)

Apresenta-se na **Figura 75** uma área onde se utiliza o sistema de irrigação por inundação permanente para cultura do arroz.

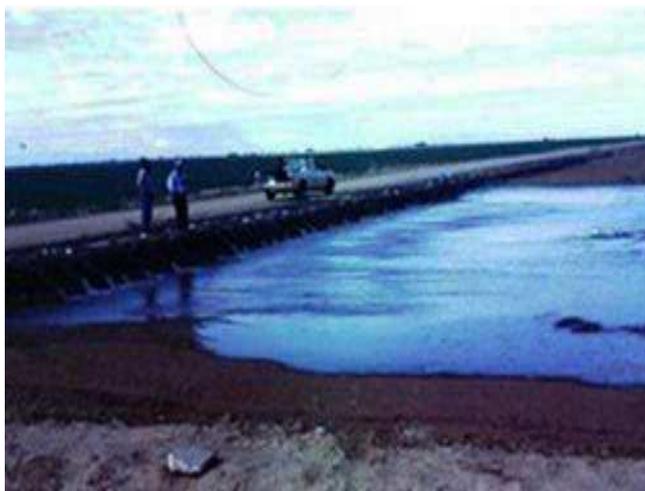


Figura 75 – Área com sistema de irrigação por inundação em fase de enchimento

Fonte: CIENTEC/UFV – http://www.cientec.net/cientec/Servicos_IRRIGA_Informacoes_Tecnicas.asp

“O tamanho da área do tabuleiro varia de acordo com o sistema de manejo sendo este manual ou mecanizado. Para projetos com manejo manual normalmente a área é menor do que 0,75 ha, já para aqueles onde o manejo é mecanizado a área pode ser maior ou igual do que 0,75 ha. A declividade do tabuleiro é definida para proporcionar uma diferença de nível igual a 20 cm. As perdas ocorridas no tabuleiro são geralmente por percolação.” (CIENEC)

Hidroponia

“É um sistema em que as plantas são irrigadas e também alimentadas através de uma rotação de um fluxo de uma lâmina de água, impulsionado por uma bomba de água ligada a um sistema de tubos ou canaletas devidamente dimensionadas e programadas por um temporizador, fazendo com que as plantas não necessitem de terra para sua sobrevivência. Diversas fontes entendem que a hidroponia não pode ser considerada como um sistema de irrigação, mas sim uma técnica de cultivo, sendo que, é possível cultivar em hidroponia utilizando um sistema de irrigação por micro-aspersão ou por gota a gota.” (Wikipédia)

Mangueira

“É muito utilizado para pequenas áreas, onde a mão-de-obra não é fator limitante. Consiste de uma linha de tubos para adução da água da fonte até a lavoura, sendo a derivação e a distribuição da água para as plantas efetuada através de mangueiras conectadas a essa tubulação, irrigando-se cada cova individualmente. Esse sistema apresenta as mesmas vantagens do sistema por sulcos, com o conveniente de ser adaptado para qualquer tipo de solo, não exige a sistematização do terreno (nivelamento) e propicia alta eficiência de irrigação, pois não há perdas de água por percolação ao longo dos sulcos nem na extremidade final. Porém, exige mais mão-de-obra do que a irrigação por sulco e os custos iniciais de investimento, em alguns casos, podem ser superiores.” (Medeiros et al.)

Entre as principais vantagens do uso da irrigação estão o aumento da produtividade agrícola, redução da pressão para abrir novas áreas de cultivo e o combate à pobreza no meio rural através da pequena irrigação. (SCHUBART, 2004)

Segundo a CODEVASF, as principais vantagens da irrigação são:

- Garante a produção agrícola, independentemente da quantidade e da distribuição das chuvas.

- Aumenta consideravelmente a produtividade das colheitas (a produtividade em área irrigada é, em média, 2,5 a 3 vezes maior que em área não irrigada).
- Aumenta o valor da propriedade e o lucro da agricultura (o valor bruto da produção em área irrigada é, em média, 5 vezes maior que em área não irrigada).
- Permite duas ou mais colheitas por ano, em uma mesma área, de diversas culturas.
- Permite a obtenção de colheitas fora da época normal.
- Facilita e barateia, sobremaneira, a aplicação ao solo de corretivos e fertilizantes hidrossolúveis (fertirrigação).
- Possibilita o controle de ervas daninhas (nas culturas do arroz e da cana-de-açúcar por inundação da área infestada).
- Constitui uma medida eficiente de controle das geadas.
- Pode ser usada com bons resultados na dessalinização de solos.

No entanto, o consumo exagerado de água, a contaminação dos corpos hídricos, a sanilização do solo, a modificação do meio ambiente e problemas de saúde pública também estão relacionados à prática da irrigação, constituindo desvantagens significativas.

“já surgem disputas pela água: o uso para irrigação, para hidrelétricas e para consumo humano e industrial. A implantação de vários projetos de irrigação, sem a prévia quantificação da vazão possível de ser usada, tem acarretado, em algumas bacias, falta água para as áreas situadas a jusante.

Tem-se chegado ao extremo da total falta de água para o consumo humano, animal e da fauna, causando sérios impactos ambientais e conflitos entre os usuários. Com a crescente competição pela água, alguns setores da sociedade e os movimentos ecológicos vêm conscientizando a população sobre a importância da preservação do meio ambiente; a legislação, por sua vez, vem sendo aperfeiçoada.

Com isso, deverá haver maior pressão para que a irrigação seja praticada com maior eficiência e com o mínimo possível de impacto no meio ambiente, notadamente no que diz respeito à disponibilidade e qualidade de água para as múltiplas atividades.” (CODEVASF)

A escolha do tipo de irrigação, se praticado em larga escala, pode determinar um desequilíbrio significativo na disponibilidade hídrica de uma região, assim como na qualidade das águas e conseqüentemente na utilização múltipla deste recurso.

A irrigação por sulco, por exemplo, é o método que utiliza o maior volume de água por hectare cultivado por dia, além de proporcionar com a maior velocidade e quantidade, o carreamento de sedimentos aos corpos hídricos, contaminados por insumos agrícolas, comprometendo a qualidade a jusante.

A partir dos dados levantados no cadastramento, a Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará compilou a média captada por tipo de irrigação praticada, apresentada a seguir em ordem decrescente (com exceção de hidroponia):

- Sulcos – 125 m³/ha.dia
- Aspersão Convencional – 71,4 m³/ha.dia
- Auto Propelido – 71,4 m³/ha.dia

- Pivô Central – 55,6 m³/ha.dia
- Micro Aspersão – 52,6 m³/ha.dia
- Gotejamento – 52,6 m³/ha.dia
- Mangueira – 52,6 m³/ha.dia
- Inundação – 50 m³/ha.dia

De acordo com o que foi levantado no cadastramento, confirma-se o elevado consumo da irrigação por sulco, seguida da irrigação por aspersão convencional e auto propelido.

5.4.1.1 Localização dos pontos de captação para irrigação e demandas

Considerando o volume considerável que esta atividade demanda, um cuidado particular precisa ser dado à localização dos pontos de captação, pela ameaça que os mesmos representam para as nascentes dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

As figuras deste item, contendo os mapas das sub-bacias com os pontos de captação para irrigação estão presentes no **Anexo 1**, na pasta “Captação Irrigação”. Os quantitativos presentes nas tabelas foram tirados dos dados do Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, presentes nos **Anexos 5 e 6**. Os arquivos em formato shapefile com os pontos de captação, dos usuários significantes e insignificantes estão no **Anexo 3**.

Entre os usuários significantes, existem 9 tipos diferentes de irrigação cadastrados, como pode ser observado na **Tabela 24**. Como existem captações que utilizam mais de um método, foram criados 5 campos com estas junções. Há também um campo denominado “Não Determinado” onde foram enumeradas as captações que não possuem classificação descrita.

A **Tabela 24** revela que o método mais utilizado na Bacia Hidrográfica do Rio Pará é o de aspersão convencional, com 369 captações das 1.170 existentes de irrigantes, seguida da irrigação por sulco que é a mais impactante, com 285 captações.

O método menos utilizado, segundo a tabela, é a irrigação por inundação, justamente o menos impactante, considerando a quantidade média de água utilizada.

Vale ressaltar que esta tabela contém o número de pontos de captação e não a vazão captada. Entre as sub-bacias, a Médio Rio Pará é a que possui o maior número de pontos de captação, concentrados na irrigação por aspersão convencional. Em seguida está a Sub-bacia Alto Rio Pará, cujos pontos de captação estão em sua maioria na irrigação por sulco. Em terceiro lugar está a Sub-bacia Rio Itapeperica, com seus pontos concentrados na aspersão convencional.

Entre os tipos de irrigação, o maior número de pontos de captação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará está na irrigação por aspersão convencional, seguida da irrigação por sulco e pela microaspersão.

A Sub-bacia Alto Rio Pará se destaca na irrigação por sulco e por mangueira, a Médio Rio Pará em aspersão convencional e microaspersão, a lambari em gotejamento, a Picão em pivô central e a Baixo Rio Pará em auto-propelido e hidroponia.

Tabela 24 – Quantidade de Captações por Tipo de Irrigação em Cada Sub-bacia

Quantidade de Captações por Tipo de Irrigação em Cada Sub-bacia																	
Sub-bacia	Quantidade de Cadastros de Irrigantes	Pontos de Captação por Tipo de Irrigação														Total de Pontos de Captação	
		Aspersão Convencional	Aspersão Convencional e Microaspersão	Aspersão Convencional, Irrigação por Sulco e Microaspersão	Autopropelido	Gotejamento	Gotejamento e Microaspersão	Hidroponia	Irrigação por Inundação	Irrigação por Inundação e por Sulco	Irrigação por Sulco	Irrigação por Sulco e Microaspersão	Mangueira	Microaspersão	Pivô Central		Não Determinado
Alto Rio Pará	50	25	0	0	0	40	3	0	0	0	81	0	4	9	0	5	167
Ribeirão Boa Vista	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0	21	1	0	4	0	0	43
Rio Itapecerica	38	57	2	0	0	20	0	0	0	0	4	0	0	40	0	42	165
Médio Rio Pará	110	161	0	0	2	21	2	0	0	0	23	0	3	77	0	1	290
Ribeirão da Paciência	34	18	5	6	0	0	0	0	0	0	76	0	0	16	0	6	127
Rio São João	20	27	0	0	2	2	3	0	3	0	11	0	0	8	0	0	56
Rio Lambari	21	17	0	0	0	57	0	0	0	0	2	0	0	28	4	0	108
Rio do Peixe	13	0	0	0	0	9	0	0	0	7	50	0	0	0	0	0	66
Rio Picão	25	28	0	0	8	3	4	0	0	0	0	0	0	0	35	0	78
Baixo Rio Pará	24	19	0	0	14	0	0	6	0	0	17	0	0	0	12	2	70
TOTAL	352	369	7	6	26	152	12	6	3	7	285	1	7	182	51	56	1.170

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos em cada tipo de irrigação

A **Tabela 25** mostra a situação da captação para irrigação em cada um dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Tabela 25 – Pontos e vazões de captação para irrigação por tipo e municípios – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação por tipo e municípios – 2006						
Municípios	Qtd. Cadastros	Tipo Irrigação			Qtd. Captações Por Tipo de Irrigação / Total	VAZÃO (m³/dia)
Araújos	0*	Pivô Central			3	48,00
Bom Despacho	18	Aspersão Convencional			11	31.731,72
		Autopropelido			3	
		Pivô Central			36	
Carmo da Mata	12	Aspersão Convencional			12	4.063,30
		Microaspersão			2	
		Irrigação por Sulco			16	
		Irrigação por Sulco e Microaspersão			1	

Pontos e vazões de captação para irrigação por tipo e municípios – 2006 (cont.)					
Municípios	Qtd. Cadastros	Tipo Irrigação	Qtd. Captações Por Tipo de Irrigação / Total		VAZÃO (m³/dia)
Carmo do Cajuru	19	Aspersão Convencional	15	77	6.739,52
		Gotejamento	6		
		Irrigação por Inundação	3		
		Microaspersão	26		
		Irrigação por Sulco	27		
Carmópolis de Minas	34	Gotejamento	24	119	5.059,45
		Gotejamento e Microaspersão	3		
		Mangueira	4		
		Microaspersão	7		
		Irrigação por Sulco	81		
Cláudio	6	Aspersão Convencional	10	16	1.329,90
		Gotejamento	4		
		Microaspersão	2		
Conceição do Pará	0	-	0	0	0,00
Desterro de Entre Rios	2	Aspersão Convencional	2	2	109,00
Divinópolis	110	Aspersão Convencional	163	267	12.192,44
		Aspersão Convencional e Microaspersão	2		
		Autopropelido	2		
		Gotejamento	21		
		Mangueira	3		
		Microaspersão	72		
		Irrigação por Sulco	4		
Florestal	2	Aspersão Convencional	2	19	1.229,50
		Irrigação por Sulco	17		
Formiga	0	-	0	0	0,00
Igaratinga	6	Aspersão Convencional	6	13	1.354,40
		Gotejamento e Microaspersão	3		
		Microaspersão	1		
		Irrigação por Sulco	3		
Itaguara	3	Gotejamento	7	7	234,80
Itapecerica	25	Aspersão Convencional	32	128	7.651,00
		Gotejamento	36		
		Microaspersão	25		
		Irrigação por Sulco	7		
		Não Determinado	28		
Itatiaiuçu	0	-	0	0	0,00
Itaúna	6	Aspersão Convencional	2	11	1.189,30
		Autopropelido	2		
		Microaspersão	7		
Leandro Ferreira	0	-	0	0	0,00

Pontos e vazões de captação para irrigação por tipo e municípios – 2006 (cont.)					
Municípios	Qtd. Cadastros	Tipo Irrigação	Qtd. Captações Por Tipo de Irrigação / Total		VAZÃO (m³/dia)
Maravilhas	9	Irrigação por Sulco	32	32	2.475,86
Martinho Campos	18	Aspersão Convencional	27	54	27.588,40
		Autopropelido	13		
		Gotejamento	3		
		Gotejamento e Microaspersão	4		
		Pivô Central	5		
		Não Determinado	2		
Nova Serrana	1	-	0	0	0,00
Oliveira	0	-	0	0	0,00
Onça do Pitangui	4	Irrigação por Sulco	5	10	13.115,00
		Não Determinado	5		
Papagaios	0	-	0	0	0,00
Pará de Minas	29	Aspersão Convencional	16	102	5.638,14
		Aspersão Convencional, Irrigação por Sulco e Microaspersão	3		
		Microaspersão	16		
		Microaspersão e Aspersão Convencional	5		
		Irrigação por Sulco	58		
		Irrigação por Sulco, Microaspersão e Aspersão Convencional	3		
		Não Determinado	1		
Passa Tempo	2	Gotejamento	6	6	394,20
Pedra do Indaiá	0	-	0	0	0,00
Perdigão	4	Aspersão Convencional	3	16	586,30
		Gotejamento	3		
		Microaspersão	10		
Piracema	8	Aspersão Convencional	18	28	1.438,30
		Gotejamento	3		
		Microaspersão	2		
		Não Determinado	5		
Pitangui	9	Microaspersão	25	64	3.740,56
		Gotejamento	9		
		Irrigação por Inundação e por Sulco	7		
		Pivô Central	5		
		Irrigação por Sulco	18		
Pompéu	10	Autopropelido	6	31	78.902,50
		Hidroponia	6		
		Pivô Central	2		
		Irrigação por Sulco	17		
Resende Costa	0	-	0	0	0,00

Pontos e vazões de captação para irrigação por tipo e municípios – 2006 (cont.)					
Municípios	Qtd. Cadastros	Tipo Irrigação	Qtd. Captações Por Tipo de Irrigação / Total		VAZÃO (m³/dia)
Santo Antônio do Monte	3	Aspersão Convencional	3	37	743,60
		Gotejamento	30		
		Microaspersão	4		
São Francisco de Paula	0	-	0	0	0,00
São Gonçalo do Pará	5	Aspersão Convencional	4	10	852,10
		Microaspersão	3		
		Microaspersão e Gotejamento	2		
		Não Determinado	1		
São Sebastião do Oeste	7	Aspersão Convencional	18	37	3.448,30
		Microaspersão	5		
		Não Determinado	14		
TOTAL	353	TOTAL	1170	1170	211.855,59

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

*Apenas um cadastro cuja porteira está no município de Bom Despacho (86006)

-  Maiores quantitativos de pontos de captação
-  Maiores vazões de captação
-  Pontos e vazão de captação inexistentes
-  Maiores quantitativos de pontos com irrigação por sulco
-  Maiores quantitativos de pontos com aspersão convencional
-  Maiores quantitativos de pontos com irrigação autopropelida

Nos próximos itens, onde cada sub-bacia será analisada separadamente, as captações, juntamente com suas respectivas vazões, foram analisadas de acordo com o tipo do corpo hídrico fonte, podendo ser:

- Superficiais: captações em cursos de água, lagoas, nascentes, redes públicas, reservatórios ou açudes;
- Sub-superficiais: captações em poços rasos (cisternas e poços manuais);
- Subterrâneas: captações em poços profundos ou tubulares.

5.4.1.1.1 Sub-bacia Alto Rio Pará

A Sub-bacia Alto Rio Pará possui 50 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes são frutas, hortaliças, tomate e eucalipto, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 4,00 ha, 31,00 ha, 48,20 ha e 0,4 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada foi de 83,60 ha em 2006.

A **Figura 76** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagens de satélite em 2003, num total de 1.093 hectares. Os valores tão díspares entre as imagens de satélite e o cadastro devem-se ao fato do cadastro conter apenas áreas que utilizam irrigação no seu processo de cultivo.

Nas 50 propriedades existentes de usuários significantes, existe um total de 167 pontos de captação para irrigação.

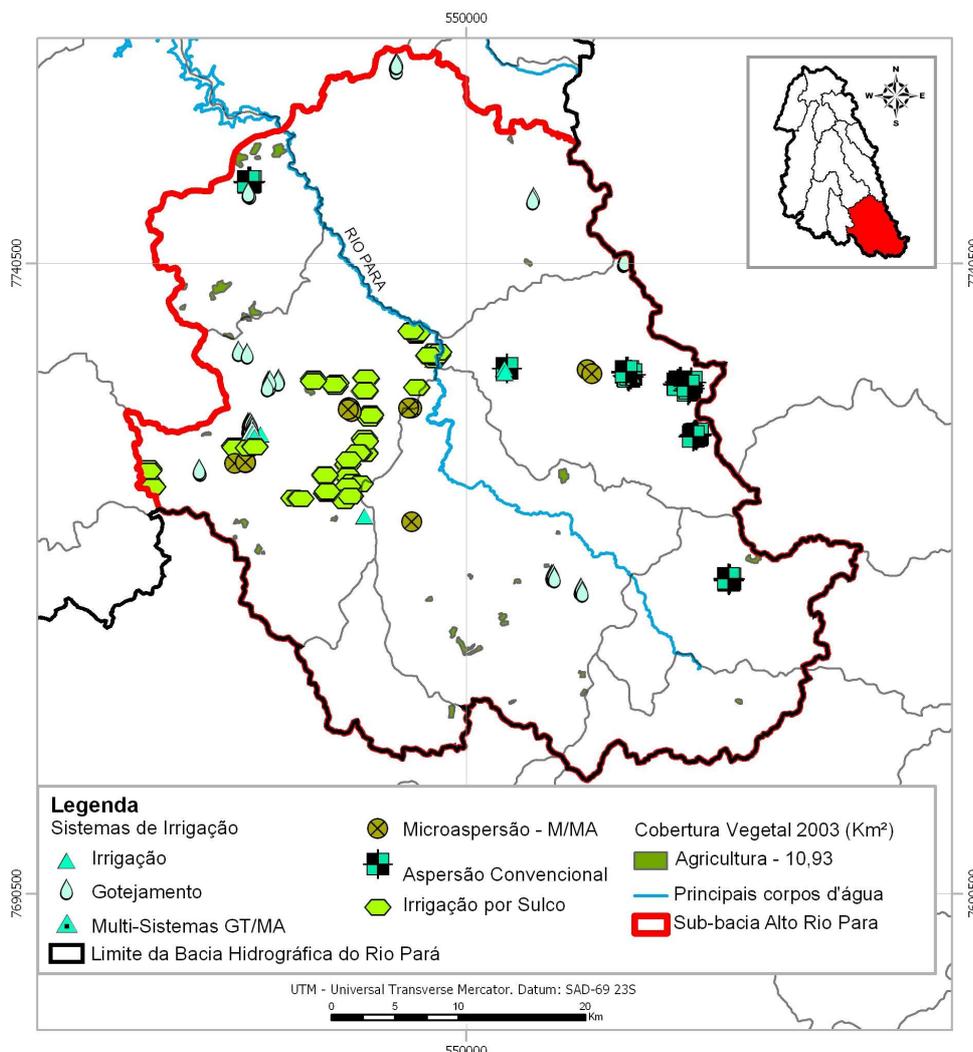


Figura 76 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Alto Rio Pará

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Alto Rio Pará está concentrada no Município de Carmópolis de Minas, nas culturas de frutas, hortaliças e tomate, seguido de Piracema, com hortaliças e tomate. Os eucaliptos irrigados estão no Município de Cláudio, captando 31,10 m³/dia. A **Tabela 26** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Alto Rio Pará, distribuídos por tipo da fonte de captação e respectivas vazões.

Nota-se também na **Tabela 26** a seguir que, do total captado para irrigação de 7.300,15 m³/dia na Sub-bacia Alto Rio Pará, a captação de maior volume é feita superficialmente (cursos de água, lagoas, nascentes e reservatórios), onde estão concentrados 145 dos 167 pontos existentes e captam 7.229,65 m³/dia. As captações realizadas pelos poços rasos (captação

sub-superficial) são muito inferiores ao primeiro – são 22 pontos e apenas 50,50 m³/dia. Nesta sub-bacia não existem pontos de captação de irrigantes em poços profundos.

Tabela 26 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Alto Rio Pará – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Alto Rio Pará – 2006								
Culturas irrigadas: Frutas, hortaliças, tomate e eucalipto								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	145	22	0	167	7.229,65	70,50	0,00	7.300,15

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Segundo a **Tabela 26**, dos 167 pontos de captação, 81 deles são utilizados para irrigação por sulco, 40 para gotejamento e 25 para aspersão convencional.

5.4.1.1.2 Sub-bacia Ribeirão Boa Vista

A Sub-bacia Ribeirão Boa Vista possui 17 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são flores, hortaliças, milho, tomate, eucalipto e diversos, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 29,00 ha, 7 ha, 50 ha, 10,50 ha, 1,50 ha e 11,00 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada foi de 109 ha em 2006.

A **Figura 77** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 2.134 hectares. Os valores tão díspares entre as imagens de satélite e o cadastro devem-se ao fato do cadastro conter apenas áreas que utilizam irrigação no seu processo de cultivo.

Na Sub-bacia Ribeirão Boa Vista existem 43 pontos de captações significativas, contidos nas 17 propriedades cadastradas como usuários significantes da água.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Ribeirão Boa Vista está concentrada no Município de Carmo da Mata, nas culturas de flores, hortaliças e tomate, com destaque para o milho no Município de Itapeçerica. Os eucaliptos irrigados estão no Município de Cláudio, captando 96,00 m³/dia. A **Tabela 27** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Ribeirão Boa Vista, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

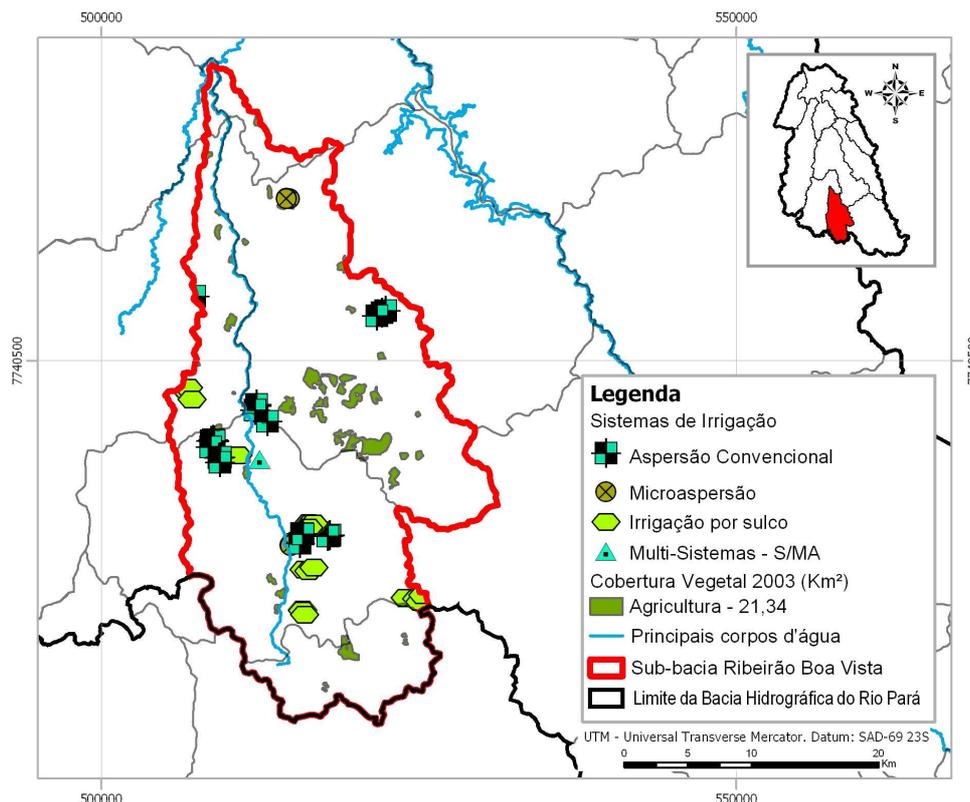


Figura 77 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Ribeirão Boa Vista

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 27 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Ribeirão Boa Vista – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Ribeirão Boa Vista – 2006								
Culturas irrigadas: Flores, hortaliças, milho, tomate e eucalipto.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Ribeirão Boa Vista	36	7	0	43	4.822,10	89,00	0,00	4.911,10

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Nota-se que, do total captado para irrigação de 4.911,10 m³/dia na Sub-bacia Ribeirão Boa Vista, a captação de maior volume está sendo feita a partir de recursos hídricos superficiais, onde também está concentrada a maioria dos pontos. Os pontos de captação sub-superficiais são responsáveis por apenas 89 m³/dia. Assim como na Sub-bacia Alto Rio Pará, esta não possui pontos de captação subterrâneos.

5.4.1.1.3 Sub-bacia Rio Itapecerica

A Sub-bacia Rio Itapecerica possui 38 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são café, cana-de-açúcar, flores, frutas, grãos, hortaliças, milho, tomate e eucalipto, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 32 ha, 5,50 ha, 4 ha, 3 ha, 7 ha, 34 ha, 44 ha, 12 ha e 1 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada foi de 151 ha em 2006.

A **Figura 78** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 4.319 hectares. Os valores tão díspares entre as imagens de satélite e o cadastro devem-se ao fato do cadastro conter apenas áreas que utilizam irrigação no seu processo de cultivo.

Nas 38 propriedades de irrigantes significantes da sub-bacia, estão presentes 165 pontos de captação para irrigação.

As captações para irrigação na Sub-bacia Rio Itapecerica estão concentradas nos Municípios de: São Sebastião do Oeste, com destaque para o milho; Itapecerica, com destaque para o café; e Divinópolis, com destaque para as hortaliças. Os eucaliptos irrigados estão no Município de Divinópolis, captando 34,30 m³/dia. A **Tabela 28** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Rio Itapecerica, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

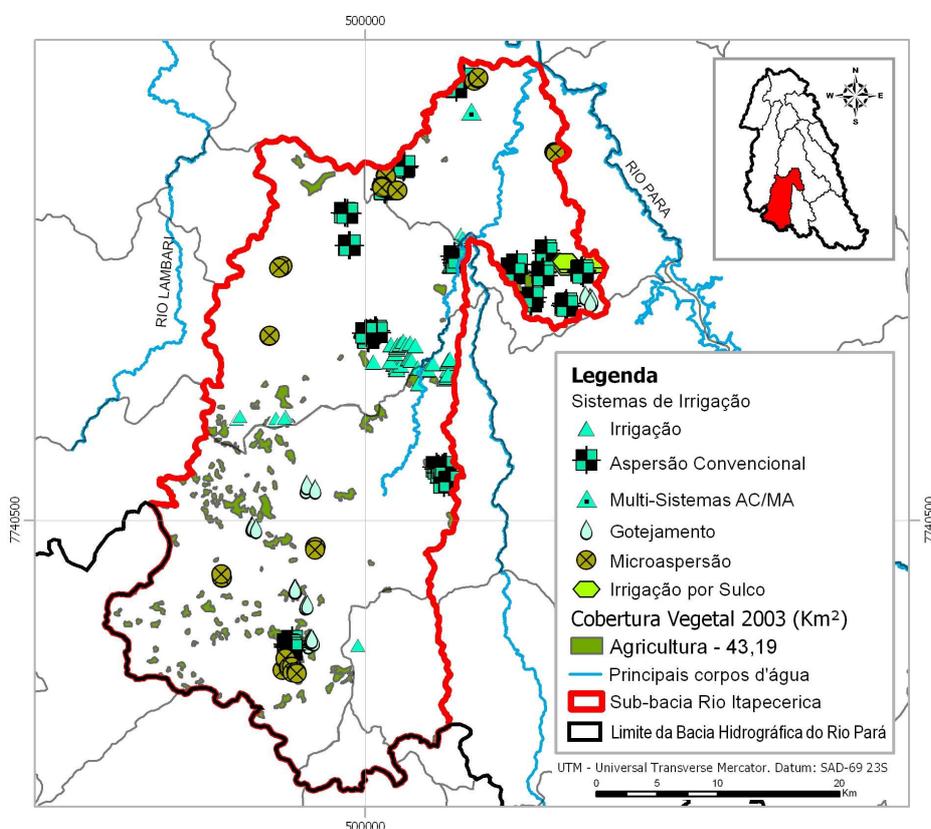


Figura 78 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Itapecerica

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 28 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Itapecerica – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Itapecerica – 2006								
Culturas irrigadas: Café, cana-de-açúcar, flores, frutas, grãos, hortaliças, milho, tomate e eucalipto.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio Itapecerica	114	49	2	165	12.017,36	262,60	14,00	12.293,96

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Nota-se que, do total captado para irrigação de 12.293,96 m³/dia na Sub-bacia Rio Itapecerica, as captações de maior volume estão sendo feitas, como nas sub-bacias até aqui analisadas, a partir dos recursos hídricos superficiais, perfazendo 97,75% do total. As captações em poço raso correspondem a 2,14%, restando apenas 0,11% para as captações subterrâneas.

5.4.1.1.4 Sub-bacia Médio Rio Pará

A Sub-bacia Médio Rio Pará possui 110 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são café, cana-de-açúcar, flores, frutas, grãos, hortaliças, laranja, milho, tomate e eucalipto, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 0,10 ha, 12,50 ha, 5 ha, 23,60 ha, 10 ha, 109,24 ha, 0,90 ha, 23,80 ha, 16,30 ha e 0,50 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada foi de 224,04 ha em 2006.

A **Figura 79** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 2.516 hectares. Os valores são díspares entre as imagens de satélite e o cadastro devem-se ao fato do cadastro conter apenas áreas que utilizam irrigação no seu processo de cultivo.

Nas 110 propriedades existentes nos usuários significantes, foram contabilizados 290 pontos de captação para irrigação.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Médio Rio Pará está concentrada no Município de Divinópolis, com destaque para hortaliças e milho. Os eucaliptos irrigados estão no Município de Divinópolis, captando 27,00 m³/dia. A **Tabela 29** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Médio Rio Pará, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

Nota-se que, do total captado para irrigação de 15927,40 m³/dia na Sub-bacia Médio Rio Pará, a captação de maior volume está sendo feita superficialmente, com 15.379,50 m³/dia. Os pontos de captação sub-superficial contribuem com 527,90 m³/dia e as captações subterrâneas com 20 m³/dia.

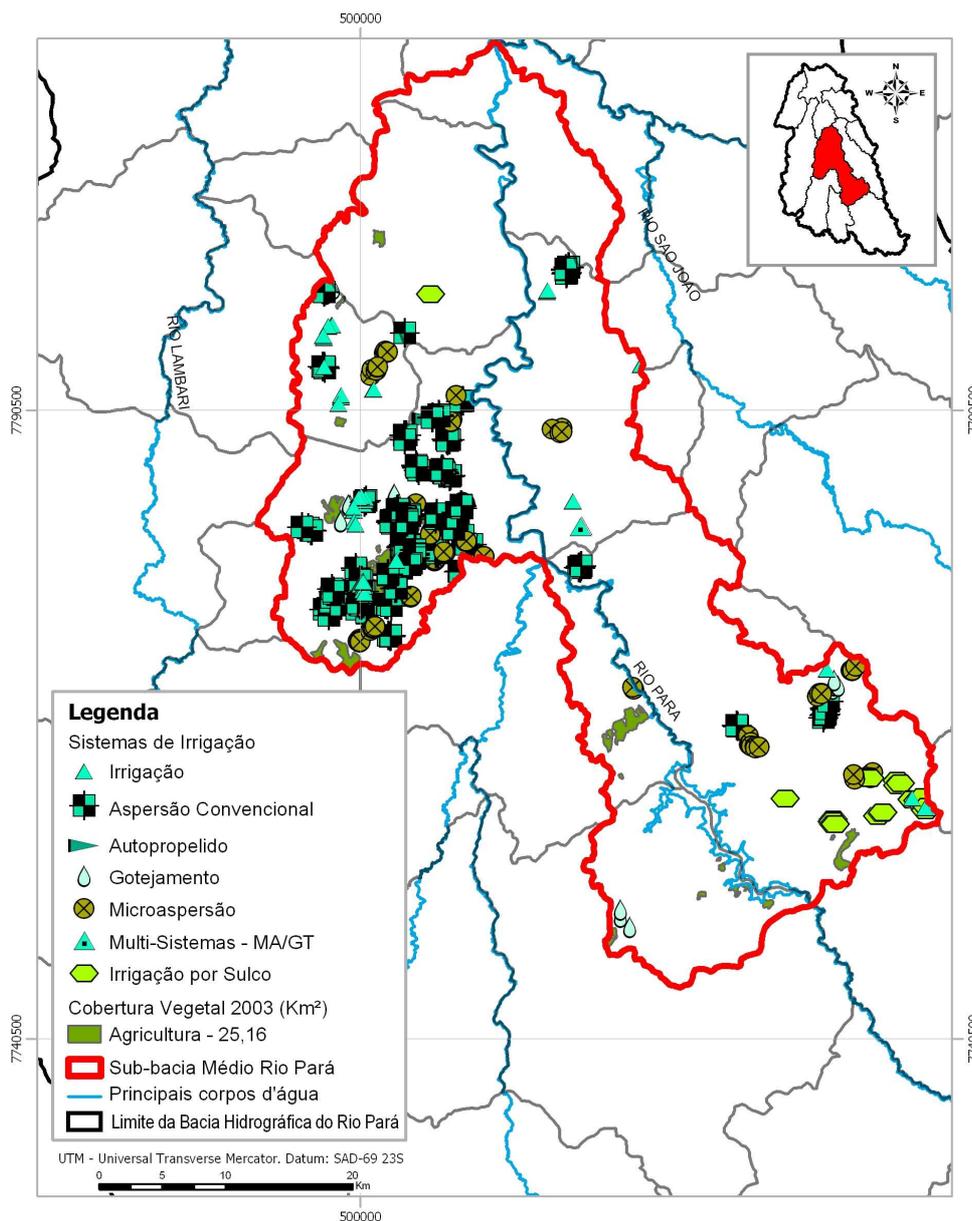


Figura 79 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Médio Rio Pará

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 29 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Médio Rio Pará – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Médio Rio Pará – 2006								
Culturas irrigadas: Café, cana-de-açúcar, flores, frutas, grãos, hortaliças, laranja, milho, tomate e eucalipto.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Médio Rio Pará	202	85	3	290	15.379,50	527,90	20,00	15.927,40

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.1.1.5 Sub-bacia Ribeirão da Paciência

A Sub-bacia Ribeirão da Paciência possui 34 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são flores, frutas, grãos, hortaliças, milho e tomate, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 2,50 ha, 2 ha, 1 ha, 52,50 ha, 9,50 ha e 23,41 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada foi de 109,91 ha em 2006.

A **Figura 80** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 361 hectares. Os valores tão díspares entre as imagens de satélite e o cadastro devem-se ao fato do cadastro conter apenas áreas que utilizam irrigação no seu processo de cultivo.

Nas 34 propriedades significantes existentes, foram contabilizados 127 pontos de captação para irrigação.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Ribeirão da Paciência está concentrada no Município de Pará de Minas, com destaque para hortaliças, em especial o tomate. A **Tabela 30** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Ribeirão da Paciência, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

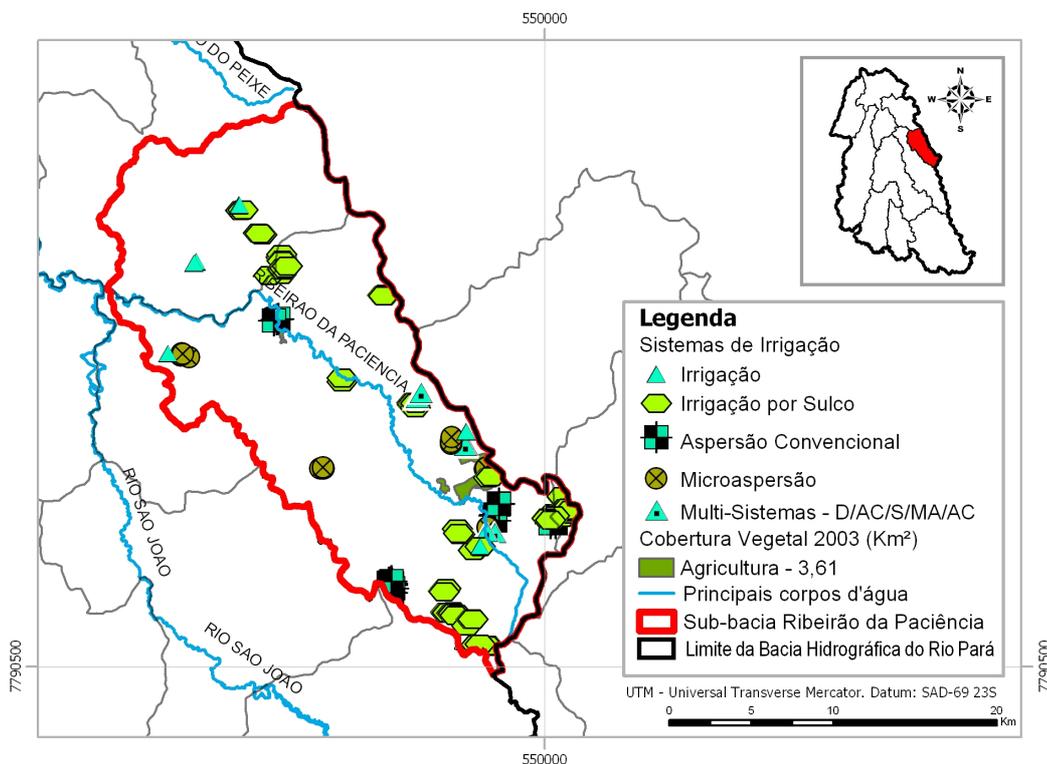


Figura 80 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Ribeirão da Paciência
 Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 30 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Ribeirão da Paciência – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Ribeirão da Paciência – 2006								
Culturas irrigadas: Flores, frutas, grãos, hortaliças, milho e tomate.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Ribeirão da Paciência	98	25	4	127	19.572,34	86,00	172,50	19.830,84

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Nota-se que, do total captado para irrigação de 19.830,84 m³/dia na Sub-bacia Ribeirão da Paciência, a captação de maior volume está sendo feita superficialmente, com 19.572,34 m³/dia. As captações sub-superficiais e subterrâneas contribuem com 86,00 m³/dia e 172,5 m³/dia, respectivamente.

5.4.1.1.6 Sub-bacia Rio São João

A Sub-bacia Rio São João possui 20 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são flores, frutas, grãos, hortaliças, laranja, milho e tomate, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 5,60 ha, 3 ha, 5 ha, 37,5 ha, 3 ha, 34 ha, 1,5 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada, foi de 112,60 ha em 2006.

A **Figura 81** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 3.489 hectares. Os valores são díspares entre as imagens de satélite e o cadastro devem-se ao fato do cadastro conter apenas áreas que utilizam irrigação no seu processo de cultivo.

Nas 20 propriedades significantes existentes, foram contabilizados 56 pontos de captação para irrigação.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Rio São João está concentrada no Município de Itaúna, com destaque para hortaliças e milho. A **Tabela 31** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Rio São João, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

Nota-se que, do total captado para irrigação de 5.400,90 m³/dia na Sub-bacia Rio São João, a captação de maior volume está sendo feita superficialmente, com 4.411,40m³/dia. As captações subterrâneas nesta sub-bacia somam 857m³/dia e as sub-superficiais, 132,50 m³/dia

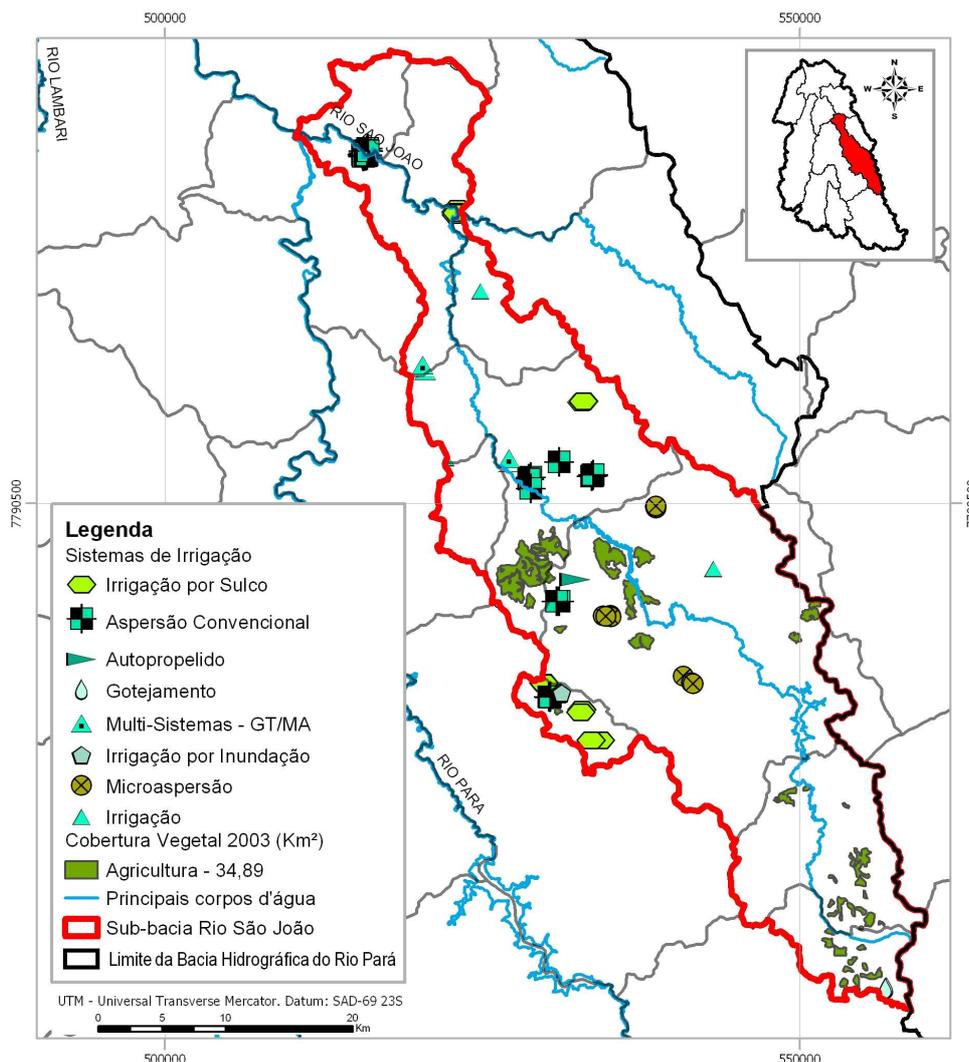


Figura 81 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Rio São João

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 31 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio São João – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio São João – 2006								
Culturas irrigadas: Flores, frutas, grãos, hortaliças, laranja, milho e tomate.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio São João	38	14	4	56	4.411,40	132,50	857,00	5.400,90

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.1.1.7 Sub-bacia Rio Lambari

A Sub-bacia Rio Lambari possui 21 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são café, cana-de-açúcar, frutas, hortaliças, milho, tomate e eucalipto, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 14,50 ha, 3,5 ha, 1,5 ha, 12 ha, 18 ha, 0,5 ha e 1 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada, foi de 51 ha em 2006.

A **Figura 82** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 5.383 hectares.

Os valores tão díspares entre as imagens de satélite e o cadastro devem-se ao fato do cadastro conter apenas áreas que utilizam irrigação no seu processo de cultivo.

Nas 21 propriedades existentes (significantes), foram contabilizados 108 pontos de captação para irrigação.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Rio Lambari está concentrada nos Municípios de Itapeçerica e Divinópolis.

Os eucaliptos irrigados estão no Município de Itapeçerica, captando 57,60 m³/dia. A **Tabela 32** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes e insignificantes na Sub-bacia Rio Lambari, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

Nota-se na **Tabela 32** que, do total captado para irrigação de 3.253,60 m³/dia na Sub-bacia Rio Lambari, 3.186,90 m³/dia são captados por 97 pontos superficiais.

Tabela 32 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Lambari – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Lambari – 2006								
Culturas irrigadas: Café, cana-de-açúcar, hortaliças, milho, tomate e eucalipto.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio Lambari	97	10	1	108	3.186,90	61,70	5,00	3.253,60

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

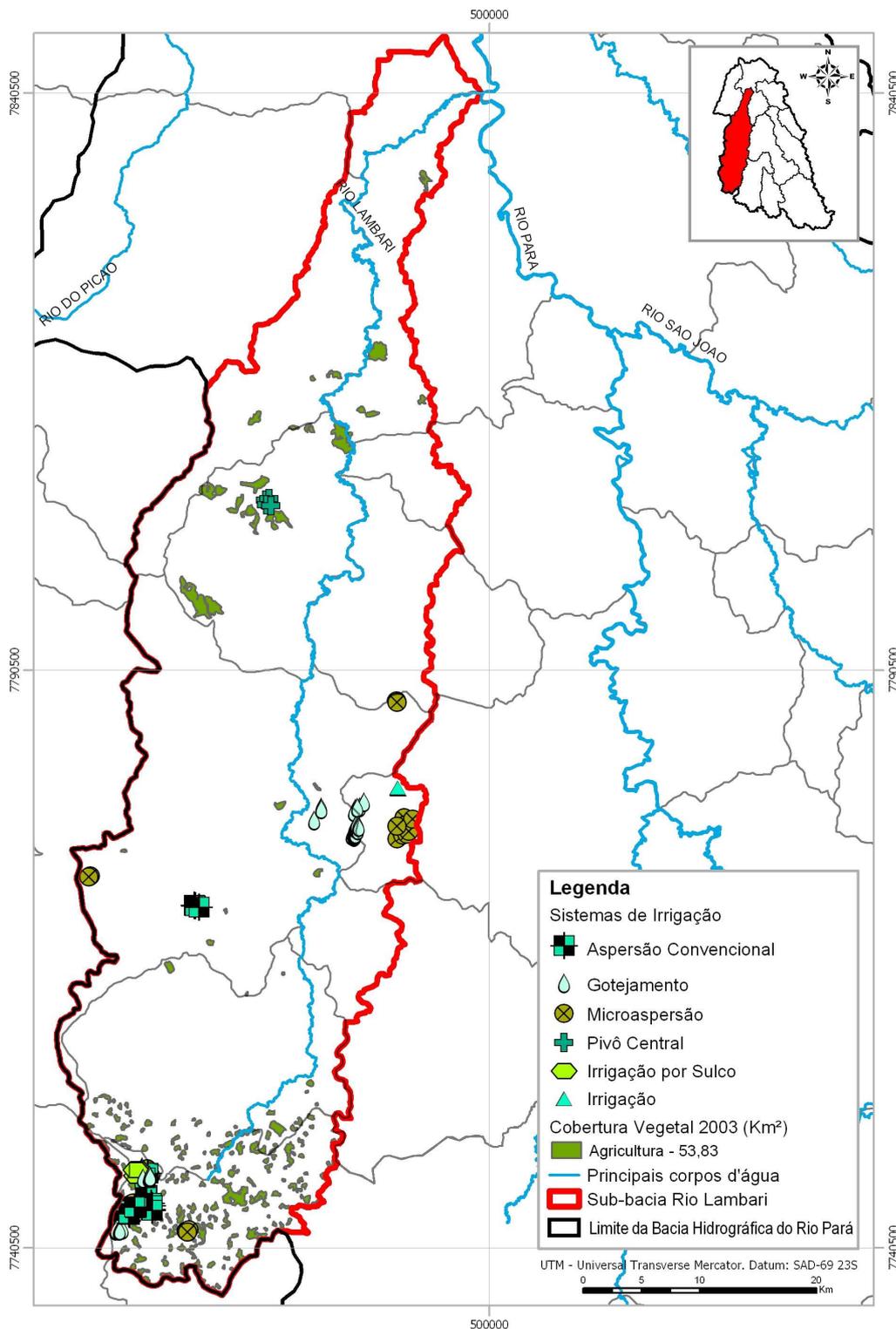


Figura 82 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Lambari

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.1.1.8 Sub-bacia Rio do Peixe

A Sub-bacia Rio do Peixe possui 13 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são grãos, hortaliças e tomate, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 3 ha, 9 ha e 32 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada, foi de 50 ha em 2006.

A **Figura 83** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 2.597 hectares. Os valores são díspares entre as imagens de satélite e o cadastro devem-se ao fato do cadastro conter apenas áreas que utilizam irrigação no seu processo de cultivo. Nas 13 propriedades existentes (significantes), foram contabilizados 66 pontos de captação para irrigação.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Rio do Peixe está concentrada nos Municípios de Maravilhas e Pitangui. A **Tabela 33** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Rio do Peixe, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

Nota-se na **Tabela 33** que, do total captado para irrigação de 4.277,26 m³/dia na Sub-bacia Rio do Peixe, a captação de maior volume está sendo feita superficialmente (4.260,76 m³/dia), onde também estão concentrados 63 dos 66 pontos existentes. Os outros 3 pontos estão divididos em captações sub-superficiais (2 pontos) e subterrâneo (1 ponto).

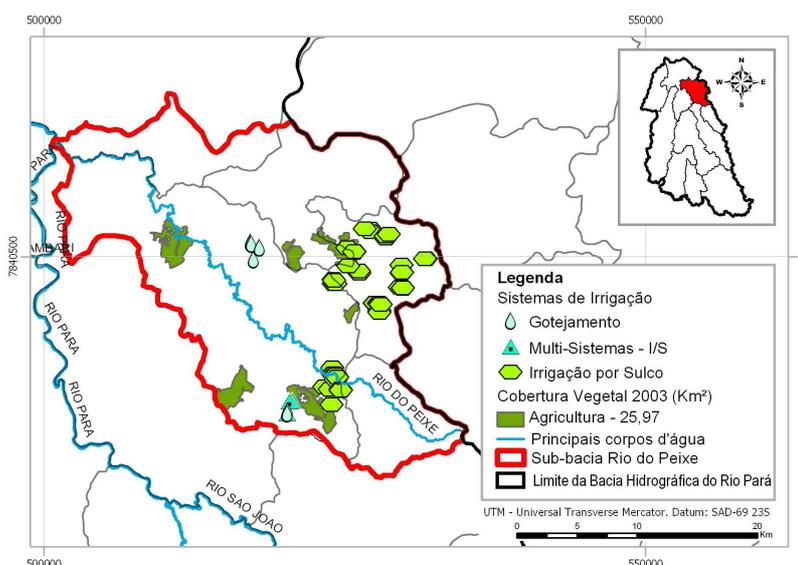


Figura 83 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Rio do Peixe

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 33 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio do Peixe – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio do Peixe – 2006								
Culturas irrigadas: Grãos, hortaliças e tomate.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio do Peixe	63	2	1	66	4.260,76	7,50	9,00	4.277,26

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.1.1.9 Sub-bacia Rio Picão

A Sub-bacia Rio Picão possui 25 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são cana-de-açúcar, frutas, grãos, milho e eucalipto, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 20 ha, 64 ha, 24 ha, 801 ha e 176 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada, foi de 1.328ha em 2006.

A **Figura 84** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 8.796 hectares.

Nas 25 propriedades existentes (significantes), foram contabilizados 78 pontos de captação para irrigação.

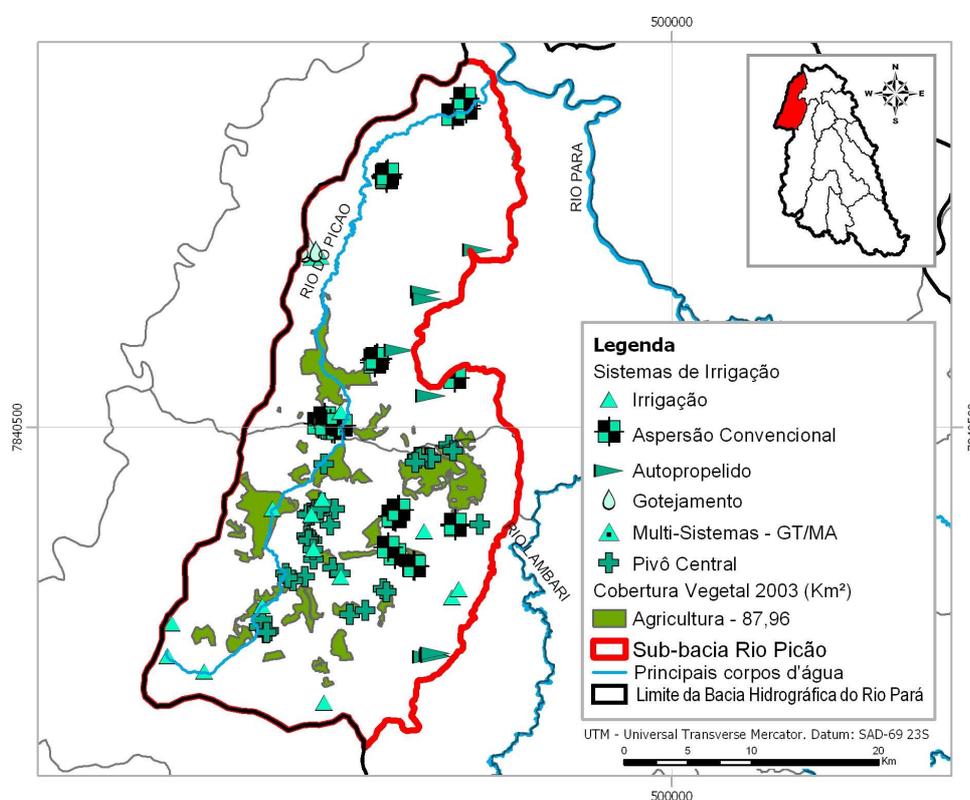


Figura 84 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Picão

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Rio Picão está concentrada no Município de Bom Despacho, com destaque para a cultura de milho. Os eucaliptos irrigados estão no Município de Martinho Campos, para os quais não se tem registro de quantidade captada. A **Tabela 34** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Rio Picão, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

Nota-se na **Tabela 34** que, do total captado para irrigação de 36.535,42 m³/dia na Sub-bacia Rio Picão, a captação de maior volume é feita nos pontos superficiais – 44 pontos captantes (34.723,82 m³/dia). Em seguida, existem 7 pontos subterrâneos que captam 1.027,00 m³/dia. E os pontos sub-superficiais, que somam 27, captam 784,60 m³/dia.

Tabela 34 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Picão – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Rio Picão – 2006								
Culturas irrigadas: Cana-de-açúcar, frutas, grãos, milho e eucalipto.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio Picão	44	27	7	78	34.723,82	784,60	1.027,00	36.535,42

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.1.1.10 Sub-bacia Baixo Rio Pará

A Sub-bacia Baixo Rio Pará possui 24 propriedades de irrigantes com captação significativa, segundo o cadastramento dos usuários realizado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, em 2006.

Os principais produtos irrigados nesta sub-bacia, de acordo com o cadastro dos significantes e insignificantes, são cana-de-açúcar, grãos, hortaliças, milho e eucalipto, tendo sido as áreas irrigadas destas culturas em 2006 iguais a 1.342 ha, 407 ha, 6 ha, 251,20 ha e 3.048 ha, respectivamente. O total de área irrigada cadastrada, foi de 5.094,2 ha em 2006.

A **Figura 86** mostra a localização dos pontos de captação para irrigação cadastrados em 2006 e as áreas agrícolas (irrigadas e não irrigadas) levantadas por imagem de satélites em 2003, num total de 8.233 hectares.

Nas 24 propriedades existentes (significantes), foram contabilizados 70 pontos de captação para irrigação.

A maior parte das captações para irrigação na Sub-bacia Baixo Rio Pará está concentrada no Município de Martinho Campos, com destaque para eucalipto e Pompéu, com destaque para cana-de-açúcar. Os eucaliptos irrigados estão nos Municípios de Martinho Campos e Pompéu, captando 78,80 m³/dia. A **Tabela 35** mostra os pontos de captação para irrigação dos usuários significantes na Sub-bacia Baixo Rio Pará, distribuídos por fonte de captação e respectivas vazões.

Nota-se na **Tabela 35** que, do total captado para irrigação de 102.124,96 m³/dia na Sub-bacia Baixo Rio Pará, a captação de maior volume está sendo feita a partir dos pontos superficiais com 101.989,46 m³/dia. Os pontos sub-superficiais e subterrâneos contribuem com apenas 91,5 m³/dia e 44 m³/dia, respectivamente.

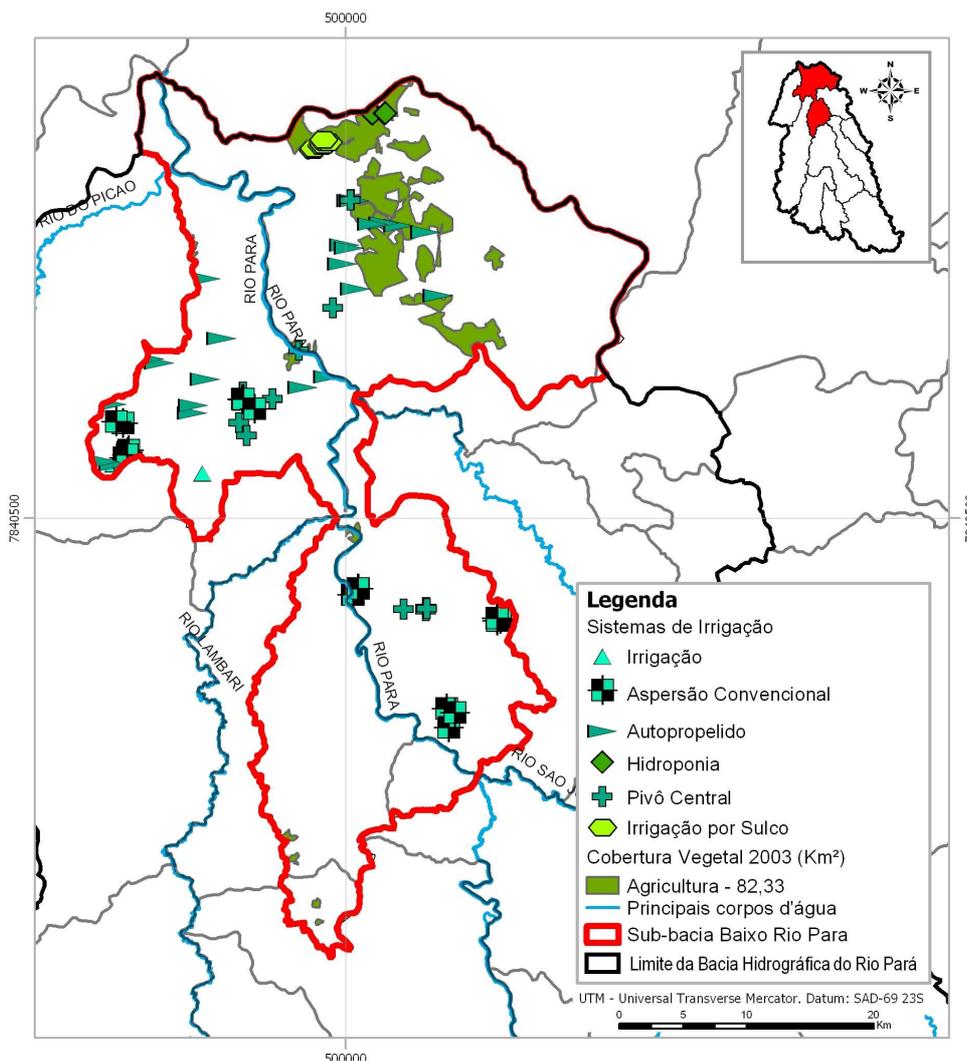


Figura 85 – Pontos de captação para irrigação na Sub-bacia Baixo Rio Pará

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento de informações pela TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 35 – Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Baixo Rio Pará – 2006

Pontos e vazões de captação para irrigação na Sub-bacia Baixo Rio Pará – 2006								
Culturas irrigadas: Cana-de-açúcar, grãos, hortaliças, milho e eucalipto.								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Baixo Rio Pará	60	8	2	70	101.989,46	91,50	44,00	102.124,96

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.1.2 Conclusão sobre a Captação para Irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

As análises sobre os dados existentes reportam para conclusões baseadas nos seguintes fatores:

- Número de propriedades de irrigantes;
- Principais produtos irrigados;
- O total de área irrigada cadastrada;
- Número de pontos de captação para irrigação cadastrados, com destaque para as captações em nascentes;
- Total captado para irrigação em 2006 e projeção para 2016.

A **Tabela 36** contém as taxas de crescimento anual utilizadas para os cálculos de projeção para 2016. Os índices utilizados foram os obtidos a partir da evolução do crescimento da agricultura (área cultivada) entre os anos de 2000 e 2006, pelos dados do IBGE, nos municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, cuja metodologia está presente no **Anexo 4**. Estes índices indicam que em 80% das sub-bacias há diminuição da área cultivada. Apenas as Sub-bacias Rio do Peixe e Rio Picão tiveram taxa de crescimento positiva.

Ao contrário das áreas cultivadas, que diminuem, a quantidade de tecnologia empregada na agricultura tem aumentado. A pesquisa do IBGE para os anos de 1996 e 2006, levantou o número de estabelecimentos agropecuários que possuem tratores e o número de tratores em estabelecimentos agropecuários, por município.

Em 1996, entre os 35 municípios integrantes da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, 2.737 propriedades possuíam tratores. Em 2006, este número passou para 2.995, ou seja, um crescimento de 9,43% em 10 anos. A quantidade de tratores nestas áreas teve crescimento semelhante, de 7,42%, passando de 3.610 tratores em 1996 para 3.878 em 2006. (SIDRA, Tabela 560)

Os dados acima apontam uma aparente contradição – a área cultivada, segundo os dados do IBGE, tem sido cada ano menor, porém a tecnologia empregada tem aumentado consideravelmente, inclusive os sistemas de irrigação, conforme observado pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

A explicação está no fato de que as propriedades agrícolas têm investido em tecnologia a fim de diminuir seus custos e aumentar a produtividade. Por isso, área cultivada e área irrigada não acompanham a mesma linha de evolução, podendo inclusive ter taxas de crescimento inversas.

Porém, diante da inexistência de dados que permitam demonstrar a evolução da captação para irrigação, empregou-se a mesma taxa de crescimento das áreas cultivadas, gerando para o ano 2016 vazões inferiores às de 2006, na maioria dos casos.

A **Tabela 36** mostra a comparação entre as Sub-bacias para os fatores identificados. Nela está o total de captações considerando significantes e insignificantes e uma projeção tendencial para 2016, com a aplicação da taxa geométrica de crescimento demográfico calculada para cada sub-bacia.

Tabela 36 – Irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Quadro Sintético – 2006 e Tendencial 2016

Irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Quadro Sintético – 2006 e Tendencial 2016																					
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	Principais Culturas Irrigadas 2006	Total Área Irrigada 2006 (ha)	Nº DE CADASTROS 2006	Nascentes com Captações	PONTOS DE CAPTAÇÃO – 2006				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) – 2006				PONTOS DE CAPTAÇÃO – Projeção 2016				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) – Projeção 2016			
						Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	-2,70	Frutas, hortaliças, tomate e eucalipto.	90,11	50	47	145	22	0	167	7.229,65	70,50	0,00	7.300,15	110	17	0	127	5.497,53	53,61	0,00	5.551,14
Ribeirão Boa Vista	-1,79	Flores, hortaliças, milho, tomate e eucalipto.	109	17	7	36	7	0	43	4.822,10	89,00	0,00	4.911,10	30	6	0	36	4.026,62	74,32	0,00	4.100,94
Rio Itapeperica	-15,08	Café, cana-de-açúcar, flores, frutas, grãos, hortaliças, milho, tomate e eucalipto.	151	38	9	114	49	2	165	12.017,36	262,60	14,00	12.293,96	22	10	0	32	2.344,61	51,23	2,73	2.398,57
Médio Rio Pará	-4,86	Café, cana-de-açúcar, flores, frutas, grãos, hortaliças, laranja, milho, tomate e eucalipto.	224,04	110	24	202	85	3	290	15.379,50	527,90	20,00	15.927,40	123	52	2	176	9.349,03	320,90	12,16	9.682,09
Ribeirão da Paciência	-2,86	Flores, frutas, grãos, hortaliças, milho e tomate.	109,91	34	17	98	25	4	127	19.572,34	86,00	172,50	19.830,84	73	19	3	95	14.647,33	64,36	129,09	14.840,78
Rio São João	-10,99	Flores, frutas, grãos, hortaliças, laranja, milho e tomate.	112,6	20	1	38	14	4	56	4.411,40	132,50	857,00	5.400,90	12	4	1	17	1.376,69	41,35	267,45	1.685,49

Irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Quadro Sintético – 2006 e Tendencial 2016 (cont.)

SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	Principais Culturas Irrigadas 2006	Total Área Irrigada 2006 (ha)	Nº DE CADASTROS 2006	Nascentes com Captações	PONTOS DE CAPTAÇÃO – 2006				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) – 2006				PONTOS DE CAPTAÇÃO – Projeção 2016				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) – Projeção 2016			
						Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio Lambari	-1,16	Café, cana-de-açúcar, hortaliças, milho, tomate e eucalipto.	5.383,00	21	20	97	10	1	108	3.186,90	61,70	5,00	3.253,60	86	9	1	96	2.835,17	54,89	4,45	2.894,51
Rio do Peixe	2,91	Grãos, hortaliças e tomate.	50	13	5	63	2	1	66	4.260,76	7,50	9,00	4.277,26	84	3	1	88	5.674,46	9,99	11,99	5.696,43
Rio Picão	12,37	Cana-de-açúcar, frutas, grãos, milho e eucalipto.	1.328,00	25	4	44	27	7	78	34.723,82	784,60	1.027,00	36.535,42	141	87	22	250	111.462,50	2.518,54	3.296,64	117.277,68
Baixo Rio Pará	-0,77	Cana-de-açúcar, grãos, hortaliças, milho e eucalipto.	5.094,20	24	2	60	8	2	70	101.989,46	91,50	44,00	102.124,96	56	7	2	65	94.369,39	84,66	40,71	94.494,77
Total		Café, cana-de-açúcar, flores, frutas, grãos, hortaliças, laranja, milho, tomate e eucalipto.	12.651,86	352	136	897	249	24	1.170	207.593,29	2.113,80	2.148,50	211.855,59	738	213	33	983	251.583,33	3.273,86	3.765,22	258.622,41

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda. Projeção 2016 IDB – Ministério da Saúde.

 Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em primeiro lugar no tema abordado.

 Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em segundo lugar no tema abordado.

 Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em terceiro lugar no tema abordado.

Diante do exposto acima, conclui-se que o maior número de irrigantes da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está concentrado na Sub-bacia Médio Rio Pará, que concentra 31,25% do total de 352 propriedades (110 propriedades). Porém a sub-bacia com maior área irrigada é a Rio Lambari, com 5.383 ha distribuídos entre cultivos de café, cana-de-açúcar, hortaliças, milho, tomate e eucalipto, principalmente.

Com relação ao volume de água captado para irrigação, considerando o número de pontos existentes, a Sub-bacia Baixo Rio Pará é a que consome mais água para irrigação, com uma média de 1.458,93 m³/dia por ponto, bem maior que a média total da Bacia Hidrográfica do Rio Pará que é de 181,07 m³/dia por ponto.

Quanto à captação para irrigação em nascentes, a Sub-bacia Alto Rio Pará é a sub-bacia que possui o maior número de nascentes atingidas. Este fato é preocupante principalmente para a sub-bacia que contém as nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Ações que revertam esta tendência devem ser previstas para curto prazo. Os arquivos completos com os dados de captação dos irrigantes significantes e insignificantes cadastrados na Bacia Hidrográfica do Rio Pará estão presentes nos **Anexos 5 e 6**. Os arquivos em formato *shapefile* com os pontos de captação, dos usuários significantes e insignificantes, estão no **Anexo 3**. O arquivo formato *shapefile* que contém as áreas relativas à categoria “agricultura” do IEF, de 2001, está no **Anexo 3**.

A **Tabela 37** sintetiza os principais fatores geradores de impacto na irrigação – topografia, método de irrigação e vazão de captação por sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Tabela 37 – Fatores geradores de impacto na irrigação nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fatores geradores de impacto na irrigação nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará								
Sub-bacia	Diferença entre a cota superior e a inferior (m)	% Áreas com Inclinação superior a 30°	Método de Irrigação	Qtd. Captações	Vazão de Captação (m ³ /dia)		Média de captação por ponto (m ³ /dia)	
Alto Rio Pará	560	2,23%	Aspersão Convencional	25	167	1.087,80	7.300,15	43,51
			Gotejamento	40		1.399,00		34,98
			Gotejamento e Microaspersão	3		904,50		301,50
			Mangueira	4		410,40		102,60
			Microaspersão	9		282,20		31,36
			Irrigação por Sulco	81		2.992,05		36,94
			Não Determinado	5		224,20		44,84

Fatores geradores de impacto na irrigação nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)								
Sub-bacia	Diferença entre a cota superior e a inferior (m)	% Áreas com Inclinação superior a 30°	Método de Irrigação	Qtd. Captações		Vazão de Captação (m³/dia)		Média de captação por ponto (m³/dia)
Ribeirão Boa Vista	540	1,97%	Aspersão Convencional	17	43	2.734,30	4.911,10	160,84
			Microaspersão	4		99,00		24,75
			Irrigação por Sulco	21		1.722,80		82,04
			Irrigação por Sulco e Microaspersão	1		355,00		35,00
Rio Itapecerica	520	0,67%	Aspersão Convencional	57	165	6.524,00	12.293,96	114,46
			Aspersão Convencional e Microaspersão	2		42,00		21,00
			Gotejamento	20		2.035,30		101,77
			Microaspersão	40		414,26		10,36
			Irrigação por Sulco	4		585,20		146,30
			Não Determinado	42		2.693,20		64,12
Médio Rio Pará	560	0,61%	Aspersão Convencional	161	290	8.225,48	15.927,40	51,09
			Autopropelido	2		77,40		38,70
			Gotejamento	21		1.403,60		66,84
			Mangueira	3		14,00		4,67
			Microaspersão	77		2.314,40		30,06
			Gotejamento e Microaspersão	2		160,80		80,40
			Irrigação por Sulco	23		3.721,72		161,81
			Não Determinado	1		10,00		10,00

Fatores geradores de impacto na irrigação nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)								
Sub-bacia	Diferença entre a cota superior e a inferior (m)	% Áreas com Inclinação superior a 30°	Método de Irrigação	Qtd. Captações		Vazão de Captação (m³/dia)		Média de captação por ponto (m³/dia)
Ribeirão da Paciência	500	2,23%	Aspersão Convencional	18	127	972,30	19.830,84	54,02
			Aspersão Convencional, Irrigação por Sulco e Microaspersão	6		627,10		104,52
			Microaspersão	16		238,60		14,91
			Aspersão Convencional e Microaspersão	5		21,00		4,20
			Irrigação por Sulco	76		17.362,84		228,46
			Não Determinado	6		609,00		101,50
Rio São João	580	1,76%	Aspersão Convencional	27	56	1.759,90	5.400,90	65,18
			Autopropelido	2		77,40		38,70
			Gotejamento	2		78,90		39,45
			Gotejamento e Microaspersão	3		178,80		59,60
			Irrigação por Inundação	3		9,00		3,00
			Microaspersão	8		1.074,10		134,26
			Irrigação por Sulco	11		2.222,80		202,07
Rio Lambari	560	0,33%	Aspersão Convencional	17	108	251,80	3.253,60	14,81
			Gotejamento	57		1.507,60		26,45
			Microaspersão	28		380,00		13,57
			Pivô Central	4		1.048,80		262,20
			Irrigação por Sulco	2		65,40		32,70
Rio do Peixe	600	0,03%	Gotejamento	9	66	607,70	4.277,26	67,52
			Irrigação por Inundação e por Sulco	7		725,30		103,61
			Irrigação por Sulco	50		2.944,26		58,89

Fatores geradores de impacto na irrigação nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)								
Sub-bacia	Diferença entre a cota superior e a inferior (m)	% Áreas com Inclinação superior a 30°	Método de Irrigação	Qtd. Captações		Vazão de Captação (m³/dia)		Média de captação por ponto (m³/dia)
Rio Picão	260	0,03%	Aspersão Convencional	28	78	6.918,30	36.535,42	247,08
			Autopropelido	8		1.604,80		200,60
			Gotejamento	3		215,10		71,70
			Gotejamento e Microaspersão	4		853,00		213,25
			Pivô Central	35		26.944,22		769,83
Baixo Rio Pará	360	0,41%	Aspersão Convencional	19	70	5.065,30	102.124,96	266,59
			Autopropelido	14		55.806,40		3.986,17
			Hidroponia	6		50,25		8,38
			Pivô Central	12		40.405,96		3.367,16
			Irrigação por Sulco	17		797,05		46,89
			Não Determinado	2		0,00		0,00
TOTAL				1170	1170	211.855,59	211.855,59	181,07

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

-  Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em primeiro lugar no tema abordado.
-  Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em segundo lugar no tema abordado.
-  Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em terceiro lugar no tema abordado.

A **Tabela 37** revela que, em relação à diferença entre cotas superior e inferior, a Sub-bacia Rio do Peixe possui o maior intervalo, com 600 m. As Sub-bacias Alto Rio Pará e Ribeirão da Paciência possuem a percentagem mais alta (2,23%) de suas áreas com inclinação superior a 30° entre todas as sub-bacias.

Com relação à quantidade de captações, a Sub-bacia Médio Rio Pará agrega 290 dos 1.170 pontos existentes na bacia, correspondendo a 24,8% dos pontos. Considerando o tipo de irrigação, a mesma sub-bacia acumula 161 pontos destinados à aspersão convencional, que consome, em média, 71,4 m³/ha.dia; sendo o segundo método irrigante que mais impacta o meio ambiente. A sub-bacia que possui os maiores quantitativos de irrigação por sulco (o mais impactante) é a Alto Rio Pará, com 81 pontos.

Analisando-se a vazão de captação, a Bacia Hidrográfica do Rio Pará capta 211.855,59 m³/dia, equivalendo à segunda atividade que mais utiliza água, só ficando atrás do abastecimento doméstico que capta 312.248,82 m³/dia. Do total captado para irrigação, a Sub-bacia Baixo Rio Pará contribui com 48,2%, ou 102.124,96 m³/dia

No entanto, estes valores, isoladamente, não definem um nível de criticidade do impacto da irrigação. Para tanto, foram criados os parâmetros de análise contidos nas **Tabelas 38, 39, 40, 41 e 42**. Os níveis de criticidade possuem valores numéricos, a saber: *i* criticidade baixa – 1 ponto; *ii* criticidade média – 2 pontos; *iii* criticidade alta – 3 pontos

A **Tabela 38** apresenta os índices de criticidade em relação a diferença de cotas da topografia, ou seja, a diferença entre a maior e a menor curva de nível de cada sub-bacia, expressa em metros.

Tabela 38 – Criticidade em relação à diferença de cotas, na Sub-bacia, em metros

Criticidade em relação à diferença de cotas (m)		
Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
≤ 400	> 400 a 500	> 500

Fonte: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Na **Tabela 39**, estão os valores para a análise da criticidade em relação à porcentagem de áreas na sub-bacia com inclinação superior a 30°. Tanto as grandes diferenças de cotas, quanto a existência de muitas áreas com grandes inclinações, propiciam a contaminação dos corpos hídricos, bem como a lixiviação dos solos através da irrigação, tornando-os mais empobrecidos devido ao carreamento de minerais solúveis, como fósforo, cálcio e nitrogênio.

Tabela 39 – Criticidade em relação à % de áreas com inclinação superior a 30°

Criticidade em relação à % de áreas com inclinação superior a 30°		
Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
≤ 0,8%	> 0,8% a 2%	> 2%

Fonte: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para estabelecer um fator de criticidade quanto aos pontos de captação segundo o método de irrigação, utilizou-se um fator multiplicador para cada um, de acordo com o especificado na **Tabela 40**. Os pontos de captação irrigados por sulcos, o mais impactante, recebeu fator 3. Os sistemas de irrigação auto propelidos e com aspersão convencional tem fator multiplicador 2, enquanto os demais tem fator 1. Nos pontos que possuem mais de um método, foram aplicados fatores correspondentes à média aritmética dos métodos em questão.

Tabela 40 – Fator multiplicador para criticidade segundo método de irrigação, para cada ponto, de acordo com a quantidade média de água utilizada

Fator multiplicador para criticidade segundo método de irrigação, para cada ponto, de acordo com a quantidade média de água utilizada	
Método de Irrigação	Fator Multiplicador
Aspersão Convencional	2
Aspersão Convencional e Microaspersão	1,5
Aspersão Convencional, Irrigação por Sulco e Microaspersão	2
Autopropelido	2
Gotejamento	1
Gotejamento e Microaspersão	1
Hidroponia	1
Irrigação por Inundação e por Sulco	2
Irrigação por Sulco	3
Irrigação por Sulco e Microaspersão	2
Mangueira	1
Microaspersão	1
Pivô Central	1
Não Determinado	1

Fonte: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Tabela 41** estabelece os níveis de criticidade do somatório dos pontos de captação de cada sub-bacia multiplicados pelos fatores correspondentes.

Tabela 41 – Criticidade em relação à pontuação dos métodos de irrigação

Criticidade em relação à pontuação dos métodos de irrigação		
Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
≤ 110	> 110 a 250	> 250

Fonte: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Por fim, a **Tabela 42** descreve os níveis de criticidade para as vazões captadas em cada sub-bacia.

Tabela 42 – Criticidade em relação à vazão de captação (m³/dia)

Criticidade em relação à vazão de captação (m³/dia)		
Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)
≤ 5.000	> 5.000 a 10.000	> 10.000

Fonte: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Tabela 43** estabelece a hierarquia dos níveis de criticidade totais, resultantes da somatória de pontos de cada criticidade, numa determinada sub-bacia, variando de 4 a 12 pontos. O quadro resumo, com a criticidade para cada item anteriormente explicado nas **Tabelas 38, 39, 40, 41 e 42**, por sub-bacia, estão explicitados na **Tabela 44**.

Tabela 43 – Legenda para a Hierarquia dos Níveis de Criticidade para Irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Legenda para a Hierarquia dos Níveis de Criticidade Totais da Sub-Bacia do Rio Pará
Muito Baixo (4)
Baixo (5)
Médio Baixo (6)
Médio (7)
Médio Alto (8)
Alto (9)
Muito Alto (10)
Crítico (11)
Muito Crítico (12)

Fonte: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 44 – Quadro resumo das criticidades da irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Quadro resumo das criticidades da irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará													
Sub-bacias	Criticidade em relação à diferença de cotas (m)			Criticidade em relação à % de áreas com inclinação superior a 30°			Criticidade em relação à pontuação dos métodos de irrigação			Criticidade em relação à vazão de captação (m ³ /dia)			Níveis Totais da Sub-Bacia
	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)	Baixa (1)	Média (2)	Alta (3)	
Alto Rio Pará													11
Ribeirão Boa Vista													7
Rio Itapecerica													9
Médio Rio Pará													10
Ribeirão da Paciência													11
Rio São João													8
Rio Lambari													7
Rio do Peixe													7
Rio Picão													7
Baixo Rio Pará													7

Fonte: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Conclui-se, da **Tabela 44**, que as sub-bacias mais críticas com relação à utilização da irrigação são a Alto Rio Pará e a Ribeirão da Paciência, com nível crítico de impacto. Em seguida está a Sub-bacia Médio Rio Pará com nível de criticidade muito alto, seguida da Sub-bacia Rio Itapecerica, com impacto alto e da Sub-bacia Rio São João com impacto médio alto. As demais sub-bacias apresentam nível médio de criticidade, ou 7 pontos somados.

5.4.2 Energia

Na Bacia Hidrográfica do Rio Pará o consumo e número de consumidores de energia se concentra na energia hidrelétrica, uma vez que não há dados disponíveis sobre o consumo de outras formas de energia. Dentre os produtores de energia elétrica destacam-se duas usinas geradoras de energia elétrica na Bacia Hidrográfica do Rio Pará: as Usinas de Gafanhoto e Cajuru, ambas sob a responsabilidade da CEMIG. O destino da energia produzida nestas duas usinas é o serviço público. (PDSF, 2002)

A Usina de Gafanhoto, localizada na fronteira entre os municípios de Divinópolis e São Gonçalo do Pará, no rio Pará, tem uma capacidade de geração instalada de 12.880 kWh e é uma das mais antigas da CEMIG e do Estado de Minas Gerais. Esta usina gerou em 1995, 51.415 MWh. Possui barragem com 426 metros de comprimento e 20 metros de altura. O volume do reservatório de 4,2 milhões de m³ metros cúbicos. (PDSF, 2002)

A Usina de Cajuru, inaugurada no início da década de 1950, localizada nas fronteiras dos municípios de Carmo do Cajuru (maior extensão de área ocupada pelo reservatório de 23,6 km²), Cláudio e Divinópolis no Rio Pará, possui capacidade instalada de 7.200 kWh e geração em 1995 de 33.508 MWh. (PDSF, 2002)

A CEMIG possui na Bacia Hidrográfica do Rio Pará 27 subestações, cuja potência e tensão estão descritas na **Tabela 45**.

Tabela 45 – Subestações da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Subestações da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (CEMIG)				
SUB-BACIA	NOME DA SUBESTAÇÃO	QUANT	TENSÃO (V)	POTENCIA (KW)
Alto Rio Para	Carmópolis de Minas	1	69,00	17,50
	Itaguara 1	1	69,00	17,50
Subtotal		2		35,00
Ribeirão Boa Vista	Cláudio 1	1	69,00	22,50
	Carmo da Mata	1	34,50	4,00
	Oliveira	1	69,00	10,00
Subtotal		3		36,50
Rio Itapecerica	Divinópolis 1	1	138,00	50,00
	Divinópolis 2	1	138,00	25,00
	Itapecerica	1	69,00	10,00
	Morro do Grafite	1	69,00	0,00
	Emsa	1	69,00	0,00
	Pains	1	69,00	0,00
Subtotal		6		85,00
Médio Rio Para	Carmo do Cajuru	1	138,00	0,00
	São Gonçalo do Pará	1	500,00	0,00
	Carmo do Cajuru (Elevadora)	1	69,00	10,00
	Gafanhoto (Elevadora)	1	69,00	75,00
	Nova Serrana 1	1	69,00	35,00
	White Martins (Divinópolis)	1	138,00	0,00
Subtotal		6		120,00

Subestações da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (CEMIG) (cont.)				
SUB-BACIA	NOME DA SUBESTAÇÃO	QUANT	TENSÃO (V)	POTENCIA (KW)
Ribeirão da Paciência	Para de Minas 1	1	138,00	50,00
	Para de Minas 2	1	138,00	25,00
Subtotal		2		75,00
Rio São João	Itaúna 1	1	138,00	50,00
	Itaúna 2	1	138,00	0,00
	Belgo Mineira-Bekaert	1	138,00	0,00
Subtotal		3		50,00
Rio Lambari	Pedra do Indaiá	1	138,00	28,30
Subtotal		1		28,30
Rio Picão	Martinho Campos	1	69,00	5,00
Subtotal		3		5,00
Baixo Rio Para	Leandro Ferreira	1	69,00	2,50
	Pompéu 2	1	69,00	10,00
	Pitangui 2	1	138,00	30,00
Subtotal		3		42,50
TOTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ		27		444

Fonte: CEMIG (2007).

Existem ainda 16 PCHs de auto-produtores cadastradas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Seus nomes, características e localização estão na **Tabela 46**.

De acordo com a Resolução Nº 652 de 9 de Dezembro de 2003 da ANEEL, um empreendimento hidrelétrico é enquadrado na condição de pequena central hidrelétrica quando possui potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, é destinado a produção independente, autoprodução ou produção independente autônoma, e o reservatório tem área inferior a 3,0 km². O aproveitamento hidrelétrico que não atender esta condição para a área do reservatório, mas atende os limites de potência e modalidade de exploração, será considerado com características de PCH, caso se verifique pelo menos uma das seguintes condições:

1) Atendimento à inequação, sendo que a área do reservatório não poderá ser superior a 13,0 km²:

$$A \leq \frac{14,3 \times P}{H_b}$$

Sendo:

P = potência elétrica instalada em (MW);

A = área do reservatório em (km²);

H_b = queda bruta em (m), definida pela diferença entre os níveis d'água máximo normal de montante e normal de jusante;

2) Reservatório cujo dimensionamento, comprovadamente, foi baseado em outros objetivos que não o de geração de energia elétrica. Neste caso, a ANEEL articulará com a Agência Nacional de Águas – ANA, os Comitês de Bacia Hidrográfica, os Estados e o Distrito Federal, conforme for o caso, de acordo com a respectiva competência, quanto aos objetivos para definir as dimensões do reservatório destinado ao uso múltiplo.

Tabela 46 – PCHs na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

PCHs na Bacia Hidrográfica do Rio Pará															
N.º Ordem	Nome do Empreendimento	Empreendedor	Município	Comunidade	Sub-bacia	Vazão de Captação (m³/dia)	Potência (MW)	Classe	Unidade Responsável	Unidade Análise	Órgão Origem	Tipo Licença	Situação	Coord x	Coord y
1	Cia Indl Aliança Bom Despachense - Fazenda Cachoeira João de Deus	Companhia Industrial Aliança Bondespachense – CIAB (Francisco Amaral Cardoso)	Bom Despacho	Palmeiras	Rio Lambari	681	D/A	II – A	PCH	PCH	FEAM	LP	Licença Concedida	488555	7828375
2	Hidrelétrica Silvino Morais dos Santos	Companhia Tecidos Santanense	Pará de Minas	Carioca	Rio São João	799,56	2	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	522828	7810291
3	Ferlig (Usina)	Ferlig Ferro Liga Ltda.	Passa Tempo	Dorneles	Alto Rio Pará	0	D/A	6	DIENE	DIENE	FEAM	REVLO	Em análise técnica	547961	7727907
4	Usina São José (FITEDI)	Marco Aurélio Notini	Divinópolis	Ferrador	Médio Rio Pará	4	8	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	520789	7769862
5	Pch Britos (Companhia Tecidos Santanense)	Companhia Tecidos Santanense	Igaratinga	Britos	Rio São João	5,4	0,9	II – A	DIENE	SUPRAM ASF	FEAM	LOC	Em análise técnica	532501	7789398
6	Fitedi Ltda.	Marco Aurélio Mauad Notini	Divinópolis	Dom Pedro	Rio Itapecerica	173	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	520618	7769326
7	PCH Divinópolis	Jorge Lessa	Divinópolis	Centro	Rio Itapecerica	480	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	512433	7773158
8	Usina Dr. Jose Lima Guimarães	Companhia Tecidos Santanense	Conceição do Para	Santuário	Médio Rio Pará	1	1,8	II – A	PCH	SUPRAM ASF	FEAM	LO	Em análise técnica	511356	7817901

PCHs na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)															
N.º Ordem	Nome do Empreendimento	Empreendedor	Município	Comunidade	Sub-bacia	Vazão de Captação (m³/dia)	Potência (MW)	Classe	Unidade Responsável	Unidade Análise	Órgão Origem	Tipo Licença	Situação	Coord x	Coord y
9	Usina João de Deus	Companhia Industrial Aliança Bondespachense – CIAB (José Fulvo Cardoso)	Bom Despacho	Alves	Rio Lambari	28	6,3	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	488438	7828316
10	Não fornecido no cadastro	João Rodrigues Vieira	São Sebastião do Oeste	Cachoeira P. F.	Rio Itapecerica	4	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	508687	7764454
11	Usina Cel. Jove Soares Nogueira	Massa falida da Companhia Industrial Itaunense	Itaúna	Benfica	Rio São João	3	D/A	D/A	DIENE	DIENE	FEAM	LO	Licença Concedida	548878	7775221
12	Usina Dr. Jose Gonçalves	Companhia Tecidos Santanense	Itaúna	Fazendinha	Rio São João	12,3	1,3	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	540947	7782247
13	Usina João Cerqueira Lima	Massa falida da Companhia Industrial Itaunense	Itaúna	Fazendinha	Rio São João	570	1,2	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	540868	7782127
14	Usina Dr. Augusto Gonçalves	Massa falida da Companhia Industrial Itaunense	Itaúna	Morro do Engenho	Rio São João	7	1,8	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	546777	7777336
15	Maria Célia Mauad Notini – CMN (FEMG – Ferro Liga Ltda.)	Ferlig Ferro Liga Ltda.	Passa Tempo	Bom Jardim das Flores	Alto Rio Pará	D/A	D/A	3	DIENE	DIENE	SUPRAMASF	LP+LI	Licença Concedida	545408	7728990
16	Nova Dorneles	Ferlig Ferro Liga Ltda.	Passa Tempo	Dorneles	Alto Rio Pará	D/A	1,2	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	547873	7728030

PCHs na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)															
N.º Ordem	Nome do Empreendimento	Empreendedor	Município	Comunidade	Sub-bacia	Vazão de Captação (m³/dia)	Potência (MW)	Classe	Unidade Responsável	Unidade Análise	Órgão Origem	Tipo Licença	Situação	Coord x	Coord y
17	Plural Ltda.	Plural Ltda.	Divinópolis	Bairro Niterói	Rio Itapecerica	D/A	0,99	3	DIENE	SUPRAM ASF	SUPRAMASF	LO	Em análise técnica	D/A	D/A
18	PCH Fábio Botelho Notini	Ferlig Ferro Liga Ltda.	Passa Tempo	D/A	Alto Rio Pará	D/A	D/A	3	DIENE	SUPRAM ASF	SUPRAMCM	LP	Em análise técnica	D/A	D/A
19	Estremoz Comercio e Exportação Ltda.	Estremoz Comercio e Exportação Ltda.	Leandro Ferreira	D/A	D/A	D/A	D/A	II – A	PCH	SUPRAM ASF	FEAM	LP	Em análise técnica	D/A	D/A
20	CISAM Siderúrgica Ltda.	CISAM Siderúrgica Ltda.	Pará de Minas	D/A	D/A	D/A	D/A	D/A	DIMET	DIMET	FEAM	LI	Licença prorrogada	D/A	D/A
21	Brasil Verde Agroindústrias Ltda.	Brasil Verde Agroindústrias Ltda. (Ex-Brasil Verde Siderúrgica Ltda.)	Conceição do Para	D/A	D/A	D/A	D/A	II – A	DIENE	DIENE	FEAM	LO	Licença Concedida	D/A	D/A

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – 2006/2007; ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica; SIAM – Sistema Integrado de Informação Ambiental.

D/A – Dado em aberto

As **Figuras 86 a 94** a seguir mostram a localização das PCHs existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, o reservatório da Usina de Cajuru, as duas usinas (Gafanhoto e Cajuru) e as 27 subestações da CEMIG. Algumas PCHs aparecem sobrepostas no mapa devido à escala utilizada. São as de números 1 e 9 em Bom Despacho, 12 e 13 em Itaúna, 3 e 16 em Passa Tempo.

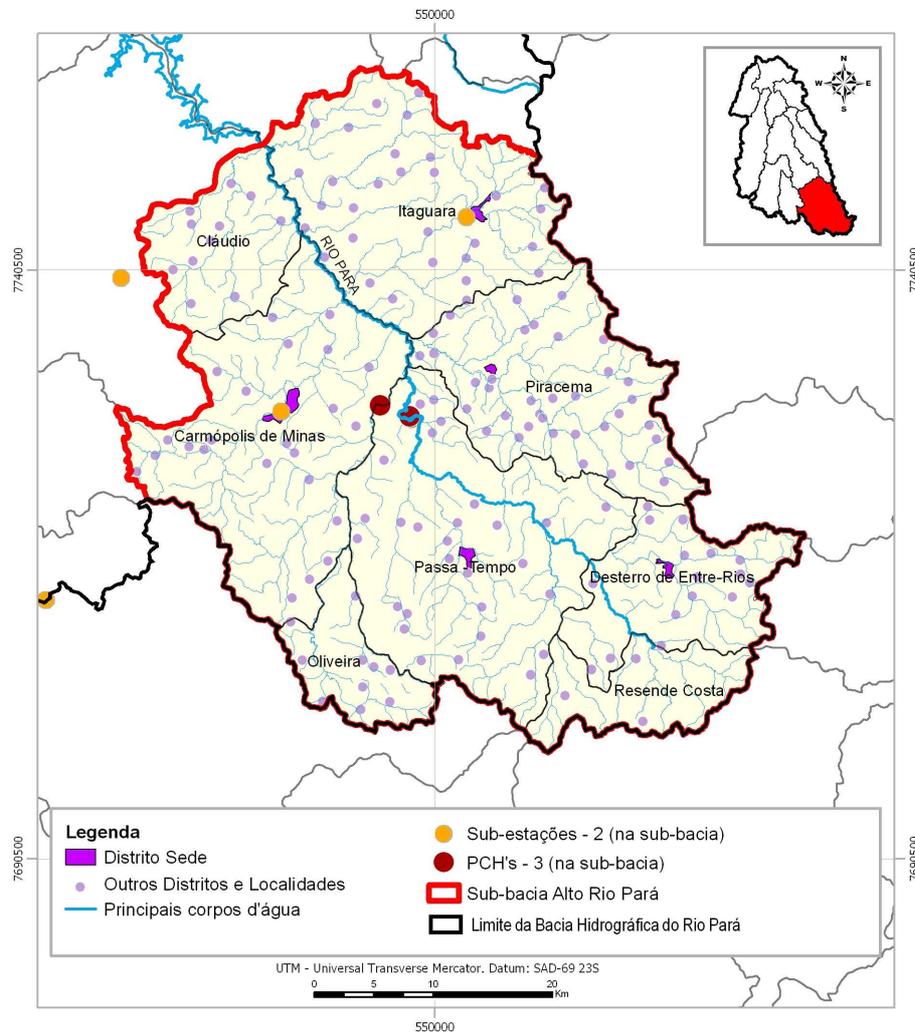


Figura 86 – Geração de energia na Sub-bacia Alto Rio Pará

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

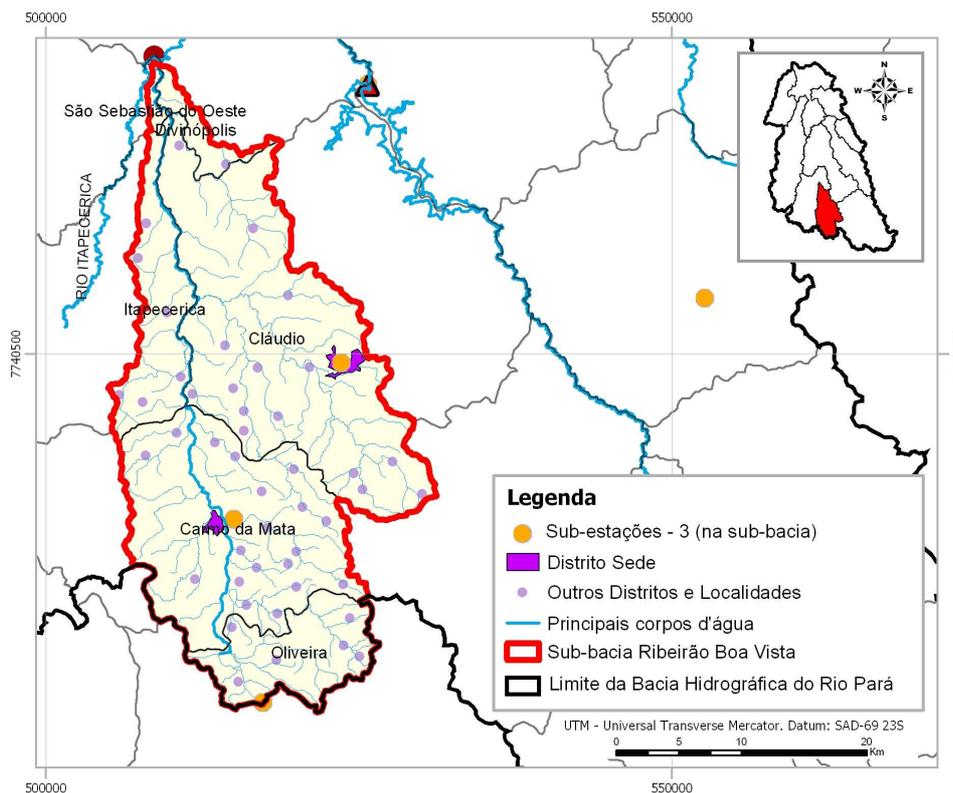


Figura 87 – Geração de energia Sub-bacia Ribeirão Boa Vista

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

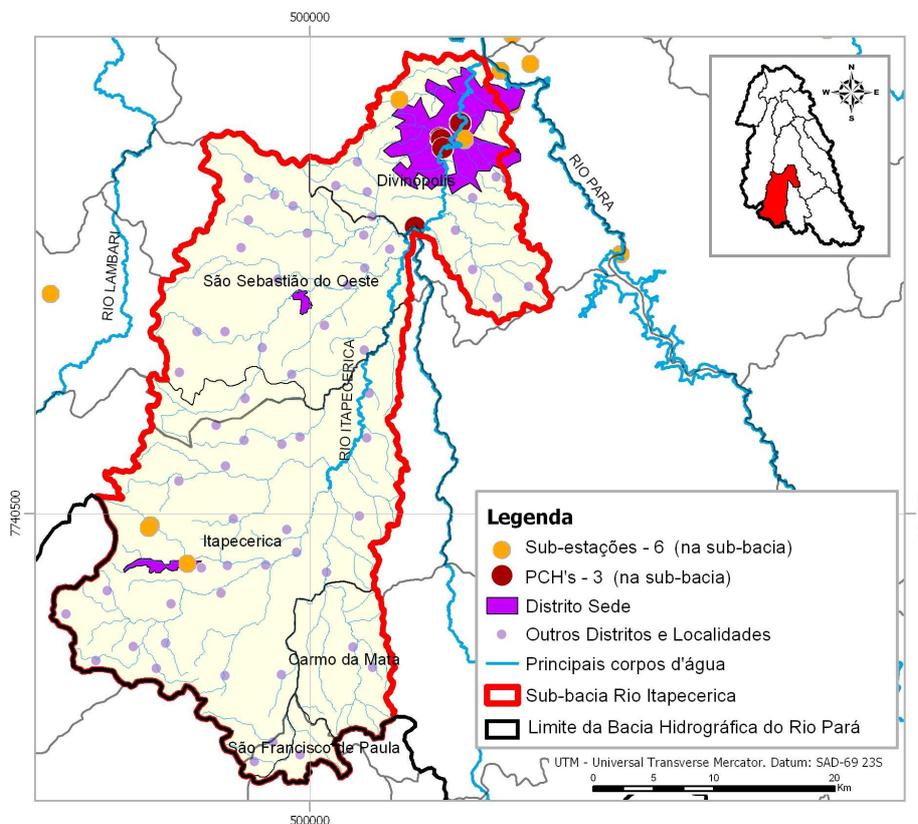


Figura 88 – Geração de energia Sub-bacia Rio Itapeçerica

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

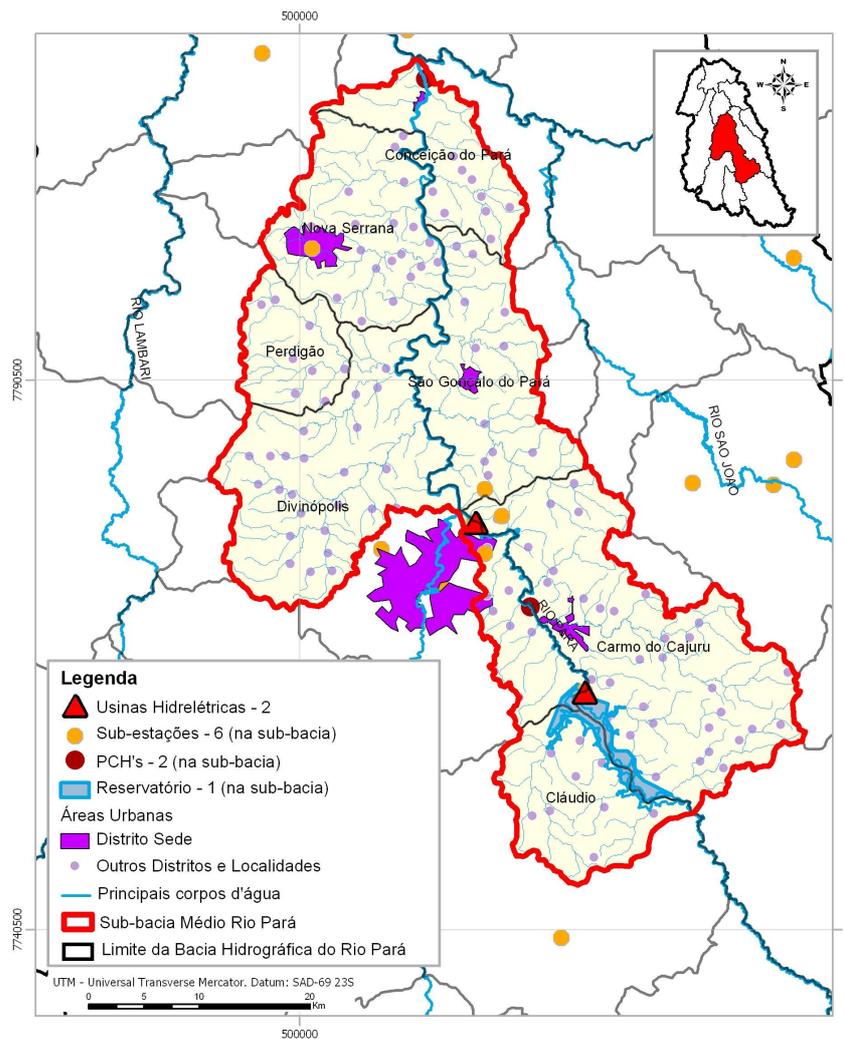


Figura 89 – Geração de energia Sub-bacia Médio Rio Pará

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

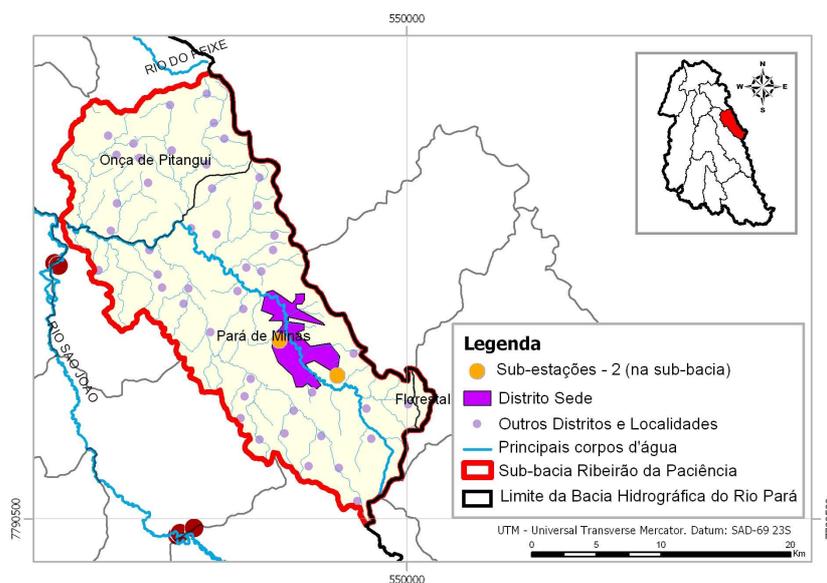


Figura 90 – Geração de energia Sub-bacia Ribeirão da Paciência

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

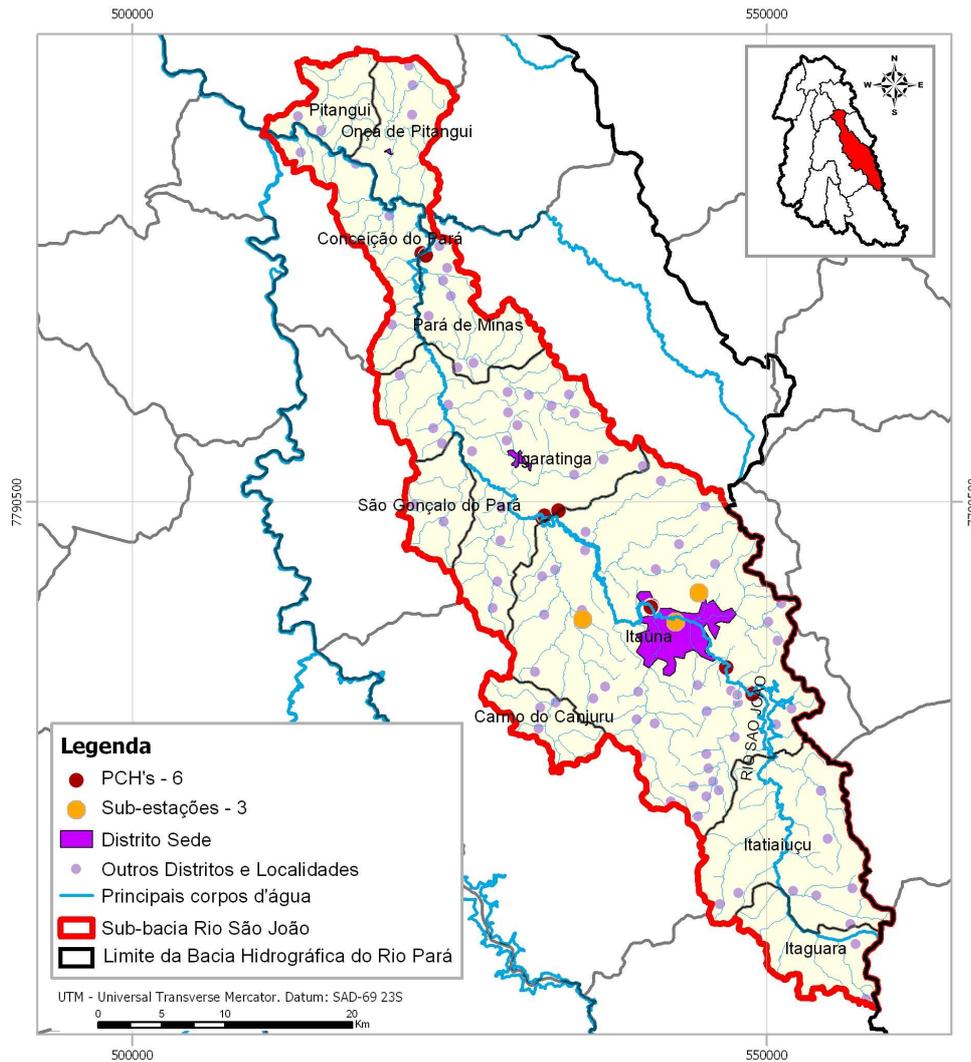


Figura 91 – Geração de energia Sub-bacia Rio São João

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

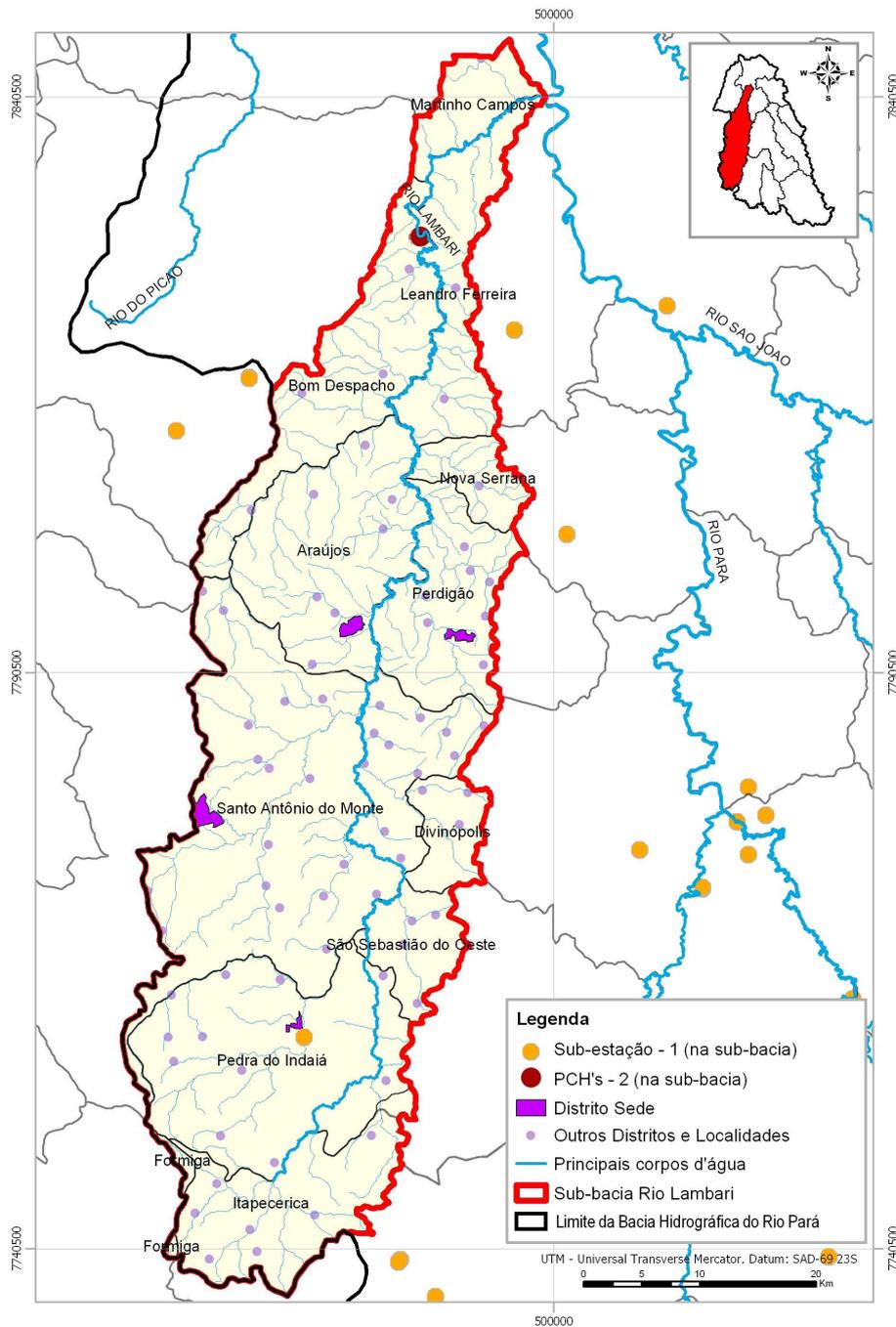


Figura 92 – Geração de energia Sub-bacia Rio Lambari

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

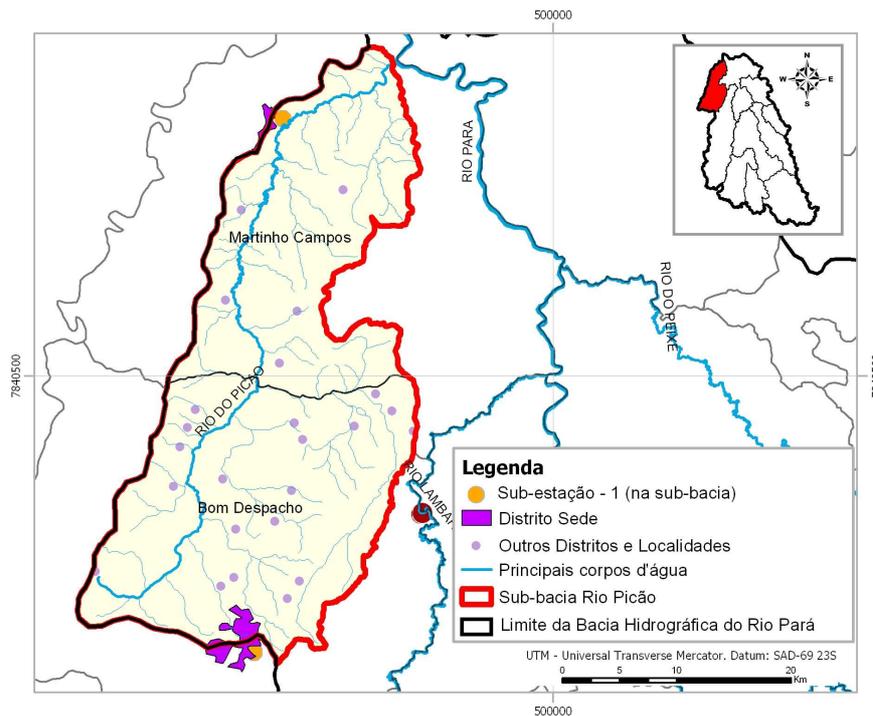


Figura 93 – Geração de energia Sub-bacia Rio Picão

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

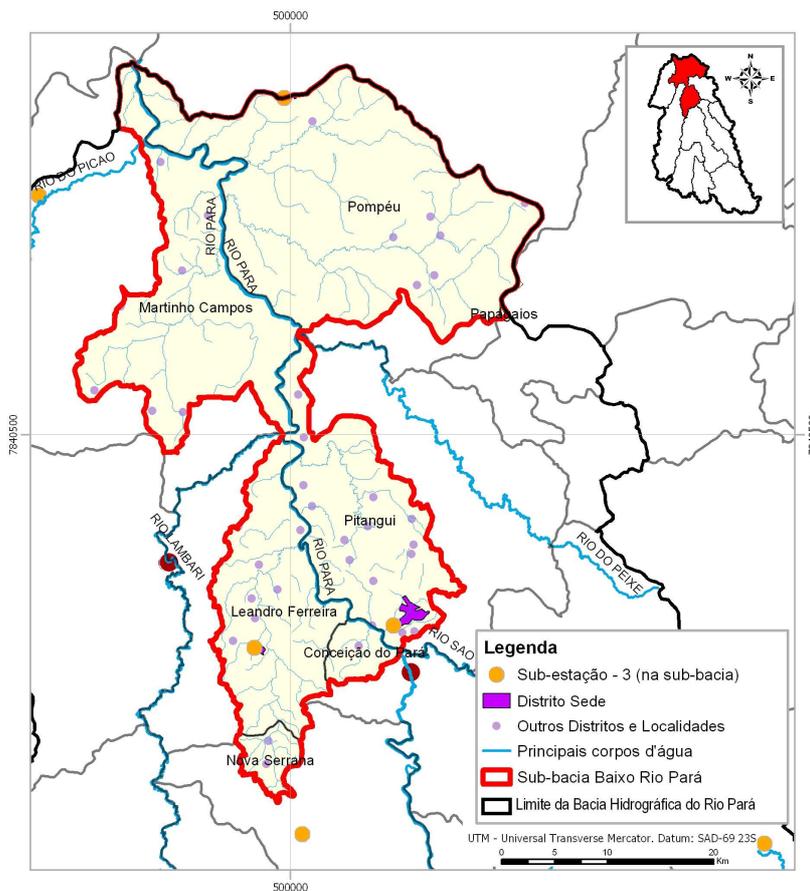


Figura 94 – Geração de energia Sub-bacia Baixo Rio Pará

Fonte: CEMIG – Central de Energia Elétrica de Minas Gerais; Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Tabela 47** mostra os dados de captação dos recursos hídricos para geração de energia por sub-bacia. Os dados de vazão captada aplicam-se apenas às PCH's. Os cálculos da projeção para o ano de 2016 foram feitos usando-se como a taxa de crescimento anual da população urbana, conforme está explicado no **Anexo 4**.

Tabela 47 – Captação para geração de energia nas PCH's por Sub-bacia

Captação para Geração de Energia nas PCH's por Sub-bacia							
Sub-bacia	Taxa de Cresc. (% a/a)	Número de PCHs	Número de Usinas	Número de Sub-estações	Número de Reservatórios	Total captado (m³/dia) 2006	Total captado (m³/dia) 2016
Alto Rio Pará	0,74	3	-	2	-	-	-
Ribeirão Boa Vista	1,21	-	-	3	-	-	-
Rio Itapecerica	1,77	3	-	6	-	657,04	783,23
Médio Rio Pará	3,24	2	2	6	1	5,00	6,88
Ribeirão da Paciência	1,82	-	-	2	-	-	-
Rio São João	1,62	6	-	3	-	1.398,50	1.642,44
Rio Lambari	2,02	2	-	1	-	684,64	836,26
Rio do Peixe	1,93	-	-	-	-	-	-
Rio Picão	-0,69	-	-	1	-	24,00	22,40
Baixo Rio Pará	1,34	-	-	3	-	-	-
Totais da Bacia Hidrográfica do Rio Pará		16	2	27	1	2.769,18	3.291,21

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda. Projeção 2016 IDB – Ministério da Saúde.

- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em primeiro lugar no tema abordado.
- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em segundo lugar no tema abordado.
- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em terceiro lugar no tema abordado.

A captação de água para geração de energia na Bacia Hidrográfica do Rio Pará está concentrada na Sub-bacia Rio São João, com 50,5% do total captado. O restante da captação está concentrado principalmente nas Sub-bacias Rio Itapecerica e Rio Lambari.

O arquivo completo com os dados de captação dos produtores de energia cadastrados na Bacia Hidrográfica do Rio Pará está presente no **Anexo 5** deste relatório. Os dados originais enviados pela CEMIG encontram-se no **Anexo 44**.

5.4.3 Abastecimento Doméstico e Industrial

5.4.3.1 Abastecimento Doméstico

A utilização da água para abastecimento doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará está focada neste Plano Diretor considerando-se as porções municipais que estão inseridas na área de abrangência da Bacia. Adicionalmente, consideram-se neste estudo as localizações dos pontos de captação, não em detrimento do posicionamento da mancha urbana, que poderá não estar inserida ou estar inserida parcialmente na Bacia.

Na execução do Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará a Associação de Usuários registrou 202 usuários significantes, com captações dentro da categoria de “abastecimento doméstico”. Estes usuários estão distribuídos em 31 municípios, nas 10 sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. A **Tabela 48** a seguir mostra o resultado da utilização dos recursos hídricos por usuários considerados significantes para “abastecimento doméstico” por município.

Tabela 48 – Pontos e vazão de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Município – 2006

Pontos e vazão de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Município – 2006			
MUNICÍPIOS	QUANTIDADE CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO(m³/dia)
Araújos	4	5	1.624,08
Bom Despacho	6	7	11.319,56
Carmo da Mata	5	7	2.428,56
Carmo do Cajuru	11	12	7.129,00
Carmópolis de Minas	8	8	2.031,00
Cláudio	11	14	4.787,76
Conceição do Pará	7	8	1.128,92
Desterro de Entre Rios	3	10	2.038,30
Divinópolis	21	23	55.937,10
Florestal	0	0	0,00
Formiga	0	0	0,00
Igaratinga	5	9	1.568,44
Itaguara	4	5	1.286,80
Itapecerica	12	12	1.002,42
Itatiaiuçu	0	0	0,00
Itaúna	11	13	21.441,92
Leandro Ferreira	2	4	616,40
Maravilhas	5	5	358,00
Martinho Campos	7	10	3.484,00
Nova Serrana	4	5	11.971,00
Oliveira	1	3	386,00
Onça de Pitangui	4	5	895,80
Papagaios	4	14	2.610,00
Pará de Minas	6	14	13.594,30
Passa Tempo	3	4	2.268,00
Pedra do Indaiá	3	8	541,40
Perdigão	2	2	1.455,00
Piracema	8	14	1.204,40
Pitangui	21	22	6.334,50
Pompéu	1	1	5.292,00
Resende Costa	2	2	276,72
Santo Antônio do Monte	5	6	5.364,80
São Francisco de Paula	3	3	85,00
São Gonçalo do Pará	6	7	141.201,40
São Sebastião do Oeste	6	6	586,24
TOTAL	201	268	312.248,82

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

- Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em primeiro lugar no tema abordado.
- Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em segundo lugar no tema abordado.
- Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em terceiro lugar no tema abordado.

Nota-se na **Tabela 48** que o Município de São Gonçalo do Pará se destaca na Bacia Hidrográfica do Rio Pará na utilização dos recursos hídricos para “abastecimento doméstico”. O volume captado nos pontos de captação significantes cadastrados neste município justifica-se por sua posição estratégica, destinando esta captação aos centros urbanos próximos, principalmente Divinópolis.

Outros municípios que se destacam em volume captado para abastecimento são Divinópolis e Itaúna. O município que capta menos é São Francisco de Paula, mas sua parte inserida na Bacia é muito pequena. Dos municípios que estão totalmente inseridos na Bacia, Pedra do Indaiá é o que tem menor captação.

O uso dos recursos hídricos para “abastecimento doméstico” nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está distribuído conforme demonstrado na **Tabela 49**. Nela estão as captações dos usuários significantes, e uma projeção tendencial para 2016, com a aplicação das taxas de crescimento demográfico, calculadas sobre o histórico do crescimento ocorrido entre os anos de 2000 e 2006, utilizando a metodologia do IBGE, cuja memória de cálculo está presente no **Anexo 4** do presente Relatório.

Tabela 49 – Pontos e vazão de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará por Sub-bacia – (2006 e 2016)

Pontos e vazão de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará por Sub-bacia								
2006								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	26	18	6	50	9.584,36	1.572,20	708,42	11.864,98
Ribeirão Boa Vista	3	9	1	13	4.052,16	542,60	268,92	4.863,68
Rio Itapecerica	3	4	13	20	45.889,20	178,20	922,24	46.989,64
Médio Rio Pará	8	17	22	47	28.660,32	993,40	141.023,30	170.677,02
Ribeirão da Paciência	3	0	6	9	12.974,40	0,00	575,10	13.549,50
Rio São João	3	0	38	41	25.619,92	0,00	4.386,04	30.005,96
Rio Lambari	10	5	16	31	19.252,68	325,50	589,00	20.167,18
Rio do Peixe	0	1	22	23	0,00	180,00	3.318,00	3.498,00
Rio Picão	1	0	4	5	1.890,00	0,00	471,96	2.361,96
Baixo Rio Pará	5	2	22	29	6.472,00	63,00	1.735,90	8.270,90
Total Geral	62	56	150	268	154.395,04	3.854,90	153.998,88	312.248,82

Pontos e vazão de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará por Sub-bacia (cont.)									
Projeção Tendencial para 2016									
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	0,74	28,0	19,4	6,5	53,8	10.317,78	1.692,51	762,63	12.772,92
Ribeirão Boa Vista	1,21	3,4	10,1	1,1	14,7	4.568,80	611,78	303,21	5.483,78
Rio Itapecerica	1,77	3,6	4,8	15,5	23,8	54.702,63	212,42	1.099,36	56.014,42
Médio Rio Pará	3,24	11,0	23,4	30,3	64,7	39.423,54	1.366,47	193.983,78	234.773,78
Ribeirão da Paciência	1,82	3,6	0,0	7,2	10,8	15.538,78	0,00	688,77	16.227,54
Rio São João	1,62	3,5	0,0	44,6	48,2	30.088,76	0,00	5.151,09	35.239,85
Rio Lambari	2,02	12,2	6,1	19,5	37,9	23.516,46	397,59	719,44	24.633,49
Rio do Peixe	1,93	0,0	1,2	26,6	27,8	0,00	217,82	4.015,19	4.233,01
Rio Picão	-0,69	0,9	0,0	3,7	4,7	1.764,28	0,00	440,57	2.204,84
Baixo Rio Pará	1,34	5,7	2,3	25,1	33,1	7.390,26	71,94	1.982,19	9.444,39
Total Geral		71,9	67,3	180,2	319,4	187.311,28	4.570,53	209.146,23	401.028,03

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

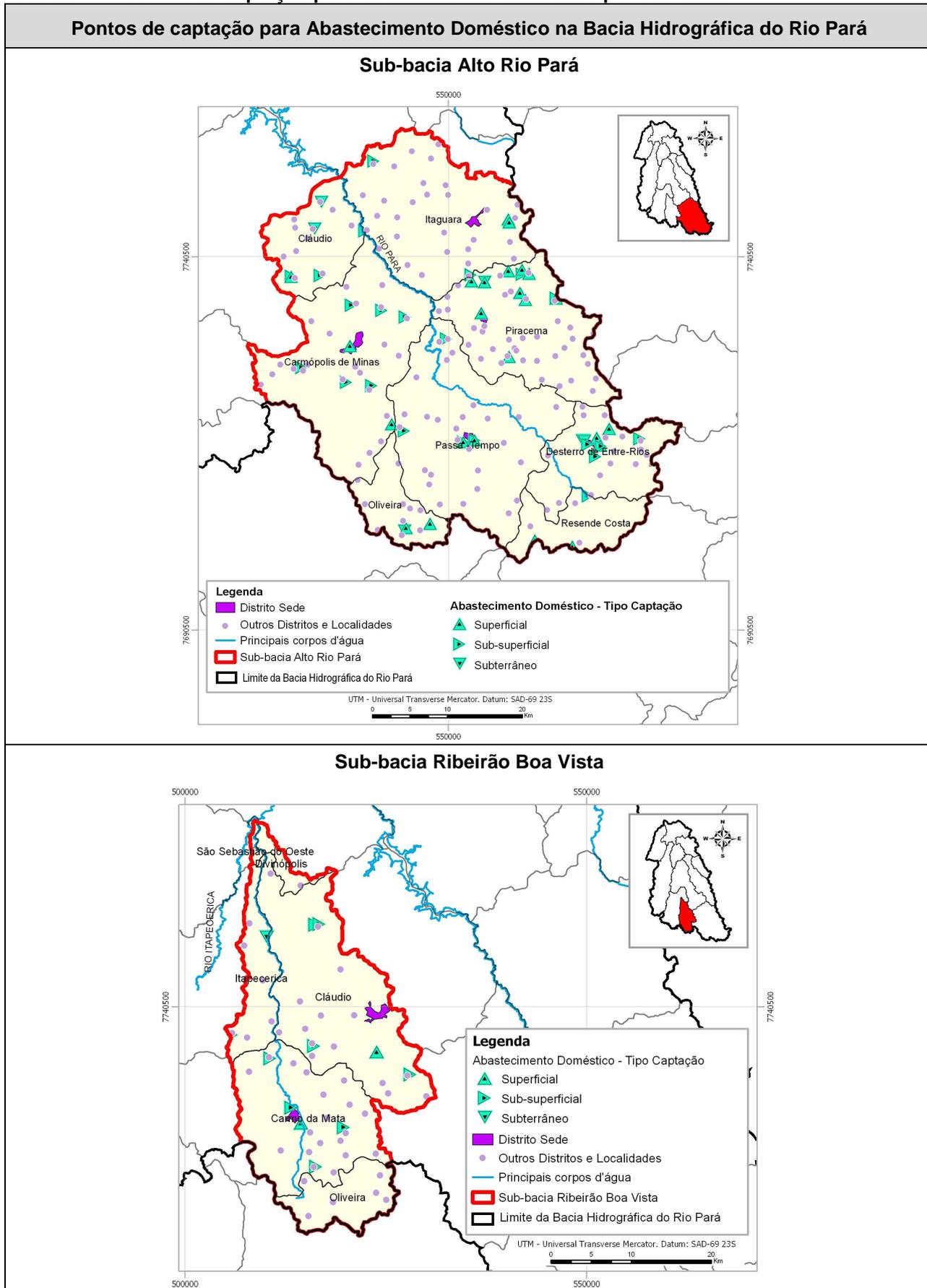
- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em primeiro lugar no tema abordado.
- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em segundo lugar no tema abordado.
- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em terceiro lugar no tema abordado.

Nota-se na **Tabela 49** que a Sub-bacia Médio Rio Pará se destaca na Bacia Hidrográfica do Rio Pará na utilização dos recursos hídricos para “abastecimento doméstico”, seguida da Sub-bacia Rio Itapecerica e da Sub-bacia Rio São João

A **Tabela 50** a seguir mostra a localização destes pontos de captação para abastecimento doméstico por sub-bacia. Os arquivos completos com as captações significantes para o abastecimento doméstico estão no **Anexos 5**. Os arquivos formato JPG com os mapas da **Tabela 50** estão presentes no **Anexo 1**, na pasta “Captação Abastecimento Doméstico”. Os arquivos em formato shapefile com os pontos de captação, dos usuários significantes estão no **Anexo 3**.

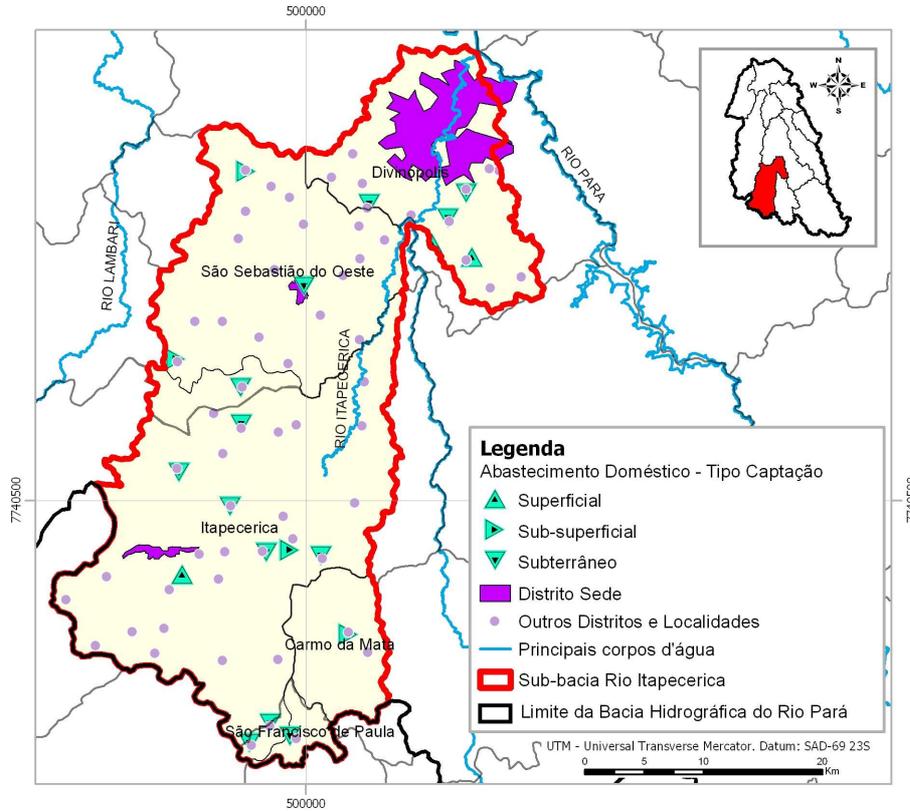
Vale ressaltar que as áreas de contribuição a montante destes pontos necessitam de controle mais efetivo da ocupação territorial e de prioridade na implantação de estações de monitoramento, com o objetivo de garantir a qualidade da água captada.

Tabela 50 – Pontos de captação para abastecimento doméstico por sub-bacia

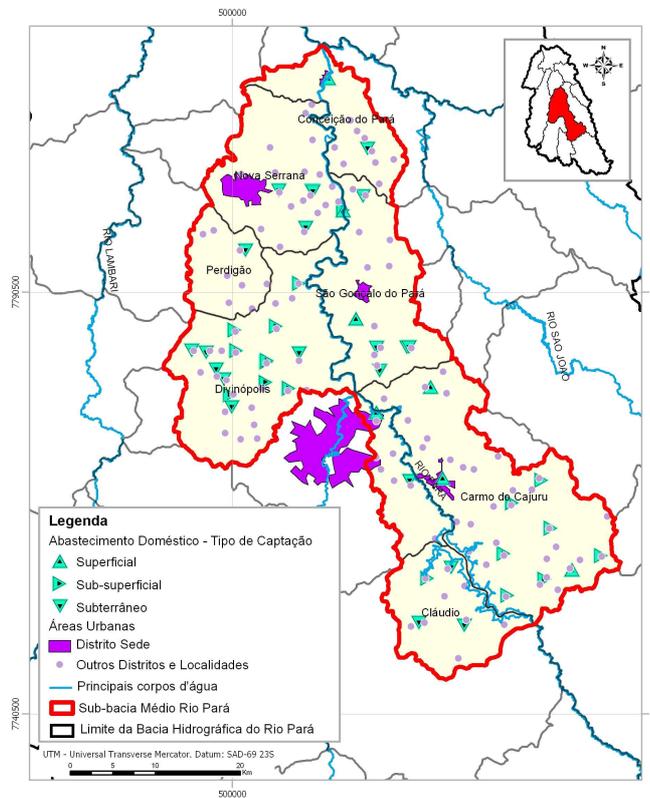


Pontos de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Itapecerica

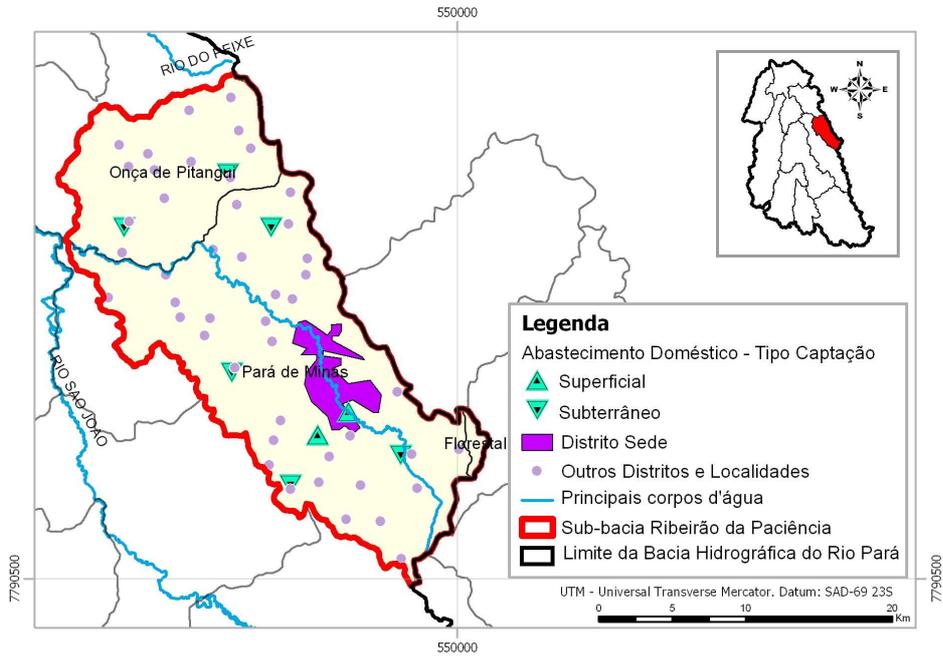


Sub-bacia Médio Rio Pará

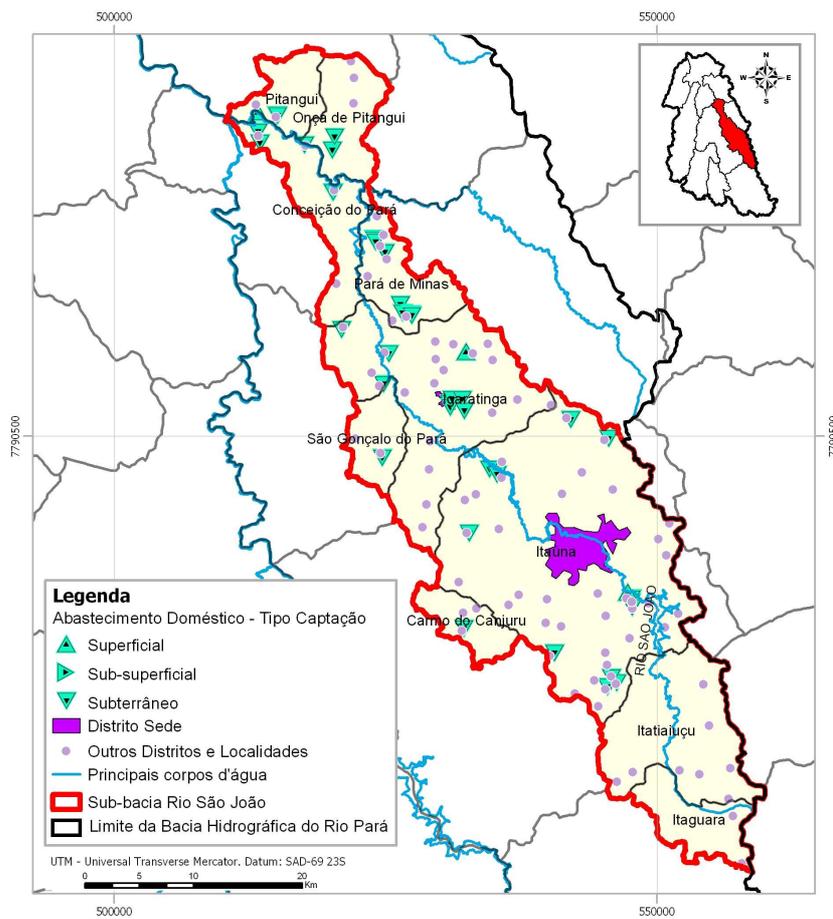


Pontos de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Ribeirão da Paciência

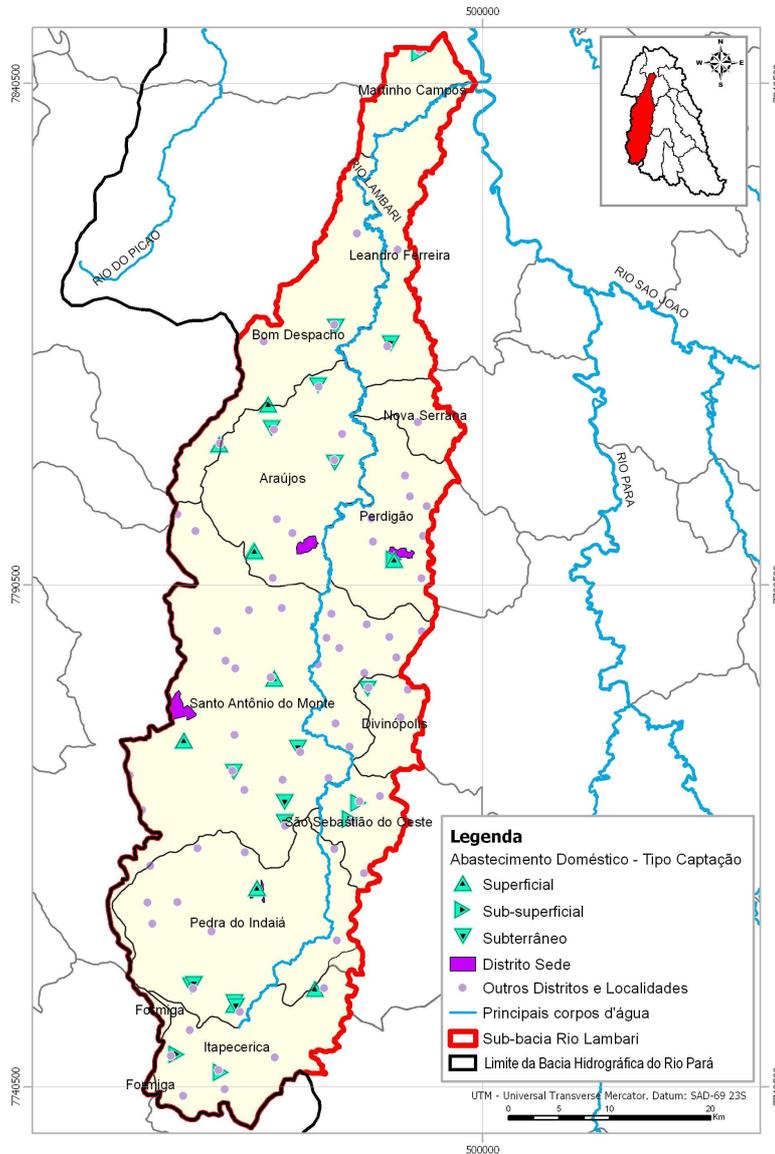


Sub-bacia Rio São João

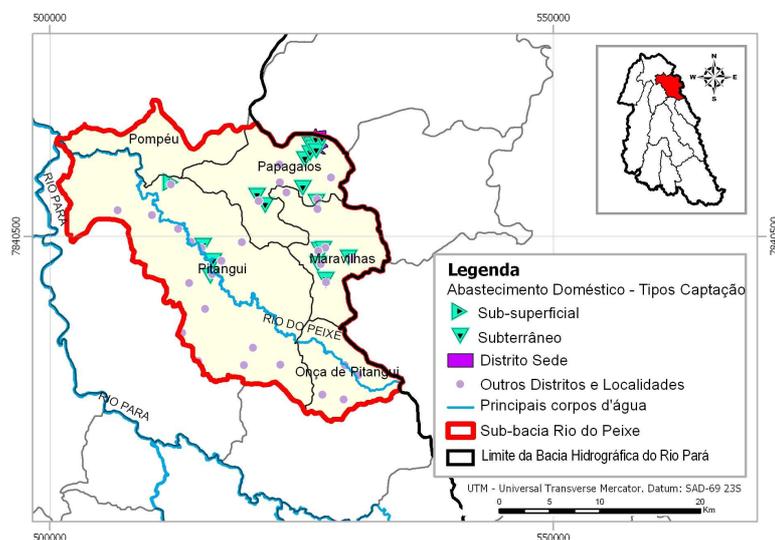


Pontos de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

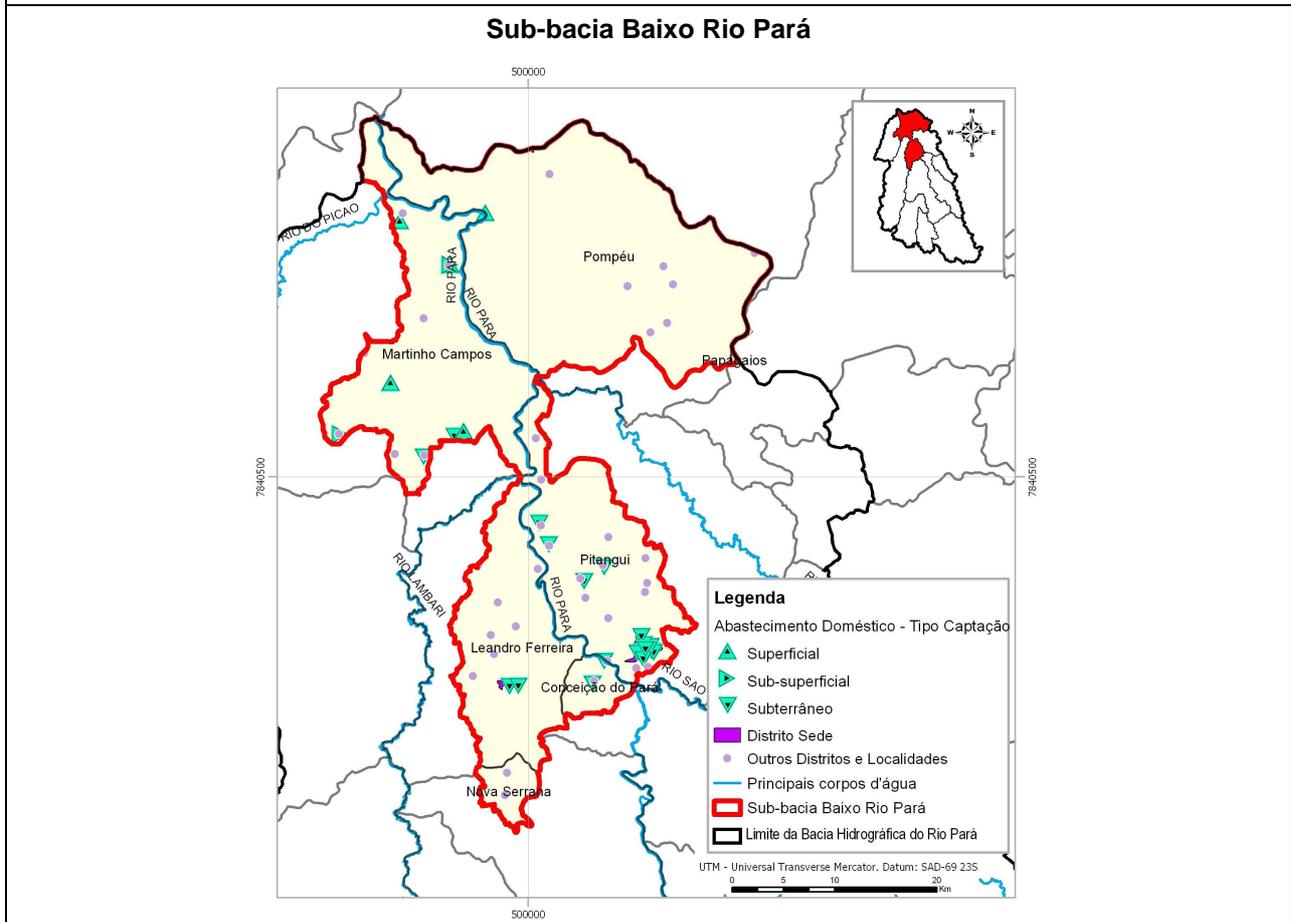
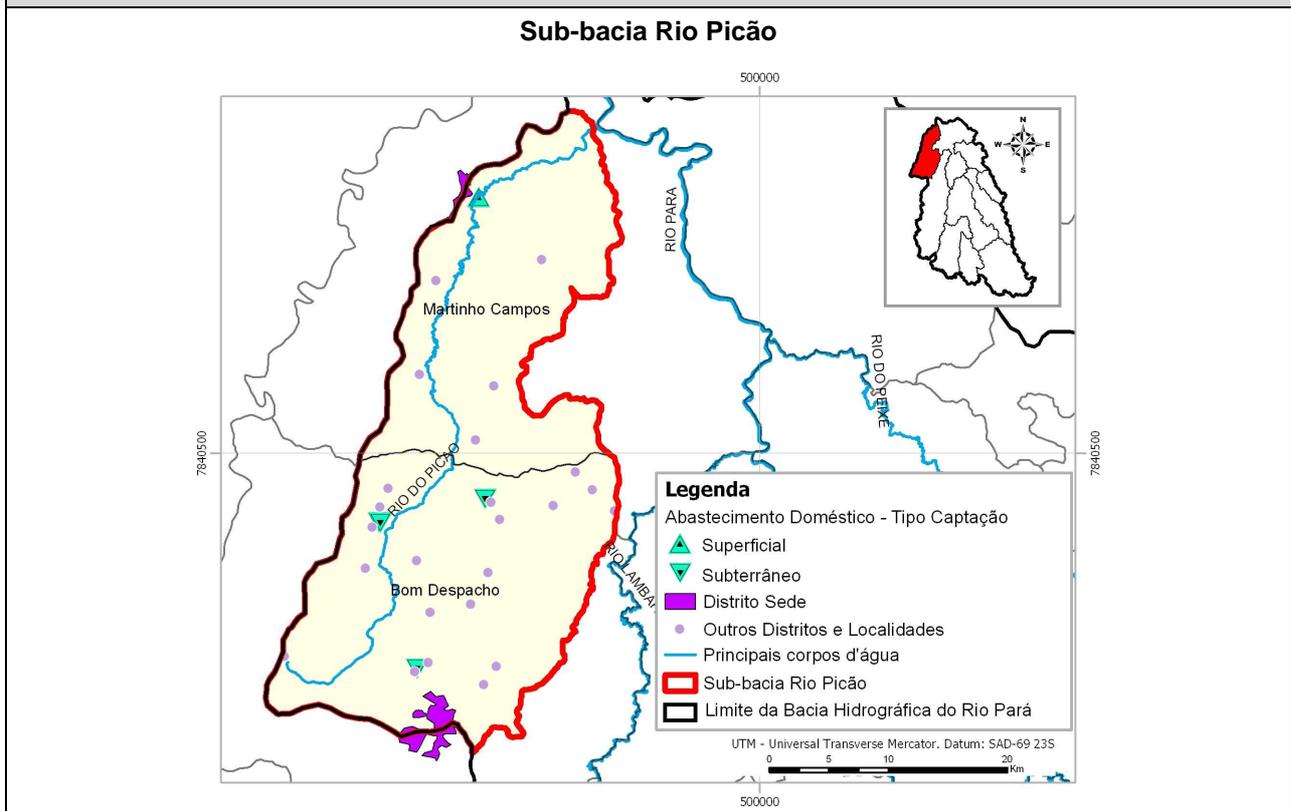
Sub-bacia Rio Lambari



Sub-bacia Rio do Peixe



Pontos de captação para Abastecimento Doméstico na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)



Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.3.2 Abastecimento Industrial

Na execução do Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará a Associação de Usuários registrou 283 usuários significantes, com captações dentro da categoria de “abastecimento industrial”. Estes usuários estão distribuídos em 22 municípios, nas 10 sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. A **Tabela 51** a seguir mostra o resultado da utilização dos recursos hídricos por usuários considerados significantes para “abastecimento industrial” por município.

Para este Plano Diretor foram feitos levantamentos das atividades industriais existentes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, constantes do Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos da Bacia e no CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas, com o objetivo de classificar quais atividades deveriam ser consideradas como industriais e quais seriam consideradas como agroindustriais. A classificação efetuada está no **Anexo 8**.

Nota-se na **Tabela 51** que o Município de Conceição do Pará se destaca na utilização dos recursos hídricos para “abastecimento industrial”, destinado a indústrias metalúrgicas e de metais. Na verdade uma única indústria em Conceição do Pará, a Brasil Verde Siderurgia Ltda. está captando praticamente todo este volume cadastrado, através de captação subterrânea.

Tabela 51 – Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006				
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	TIPO INDÚSTRIA	SIGNIFICANTES	
			PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Araújos	0	-	0	0,00
Bom Despacho	4	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	3	30,00
		Infra-estrutura	1	7,00
		Metalurgia	2	0,00
		Sub-total	6	37,00
Carmo da Mata	12	Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	2	1,00
		Fab. prod. minerais não-metálicos	5	30,00
		Manutenção, reparo e inst. máquinas e equip.	2	2,00
		Metalurgia	13	6,00
		Outros	1	0,00
		Sub-total	23	39,00
Carmo do Cajuru	6	Fab. prod. minerais não-metálicos	3	11,00
		Fab. prod. químicos	1	4,00
		Fab. têxteis	2	85,00
		Infra-estrutura	1	3,00
		Metalurgia	2	1,00
		Sub-total	9	104,00

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006 (cont.)				
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	TIPO INDÚSTRIA	SIGNIFICANTES	
			PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Carmópolis de Minas	2	Fab. prod. borracha e plástico	3	55,00
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	1	7,00
		Sub-total	4	62,00
Cláudio	60	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	3	22,00
		Fab. alimentícios	3	35,40
		Fab. bebidas	4	823,20
		Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	2	64,00
		Fab. máquinas, aparelhos e mat. elétricos	1	3,00
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	96	183,18
		Fab. prod. minerais não-metálicos	3	11,50
		Metalurgia	10	4,01
		Sub-total	122	1.146,29
Conceição do Pará	1	Metalurgia	2	71.407,92
		Sub-total	2	71.407,92
Desterro de Entre Rios	1	Fab. prod. minerais não-metálicos	2	48,00
		Sub-total	2	48,00
Divinópolis	76	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	4	12,00
		Confec. vestuário	20	491,62
		Fab. alimentícios	2	96,00
		Fab. celulose e papel	11	1.761,34
		Fab. máquinas e equipamentos	6	4,00
		Fab. máquinas, aparelhos e mat. elétricos	2	45,00
		Fab. móveis	1	4,50
		Fab. prod. madeira	2	1,00
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	23	37,40
		Fab. prod. minerais não-metálicos	25	69,73
		Fab. prod. químicos	10	196,60
		Fab. têxteis	9	14,00
		Infra-estrutura	2	1,00
		Metalurgia	36	2.839,92
Prep. couros e artigos	2	261,20		
		Sub-total	155	5.835,31

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006 (cont.)				
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	TIPO INDÚSTRIA	SIGNIFICANTES	
			PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Florestal	0	-	0	0,00
Formiga	0	-	0	0,00
Igaratinga	26	Fab. prod. minerais não-metálicos	44	198,50
		Sub-total	44	198,50
Itaguara	0	-	0	0,00
Itapecerica	3	Fab. prod. minerais não-metálicos	11	1.836,80
		Fab. prod. químicos	2	417,60
		Sub-total	13	2.254,40
Itatiaiuçu	0	-	0	0,00
Itaúna	43	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	10	14,90
		Fab. prod. borracha e plástico	4	6,00
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	12	328,00
		Fab. prod. minerais não-metálicos	23	146,70
		Fab. têxteis	9	5.909,60
		Metalurgia	19	1.910,83
		Prep. couros e artigos	9	580,00
Sub-total	86	8.896,03		
Leandro Ferreira	0	-	0	0,00
Maravilhas	1	Fab. prod. minerais não-metálicos	1	0,00
		Sub-total	1	0,00
Martinho Campos	1	Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	6	5.286,00
		Sub-total	6	5.286,00
Nova Serrana	6	Metalurgia	10	690,00
		Prep. couros e artigos	8	92,70
		Sub-total	18	782,70
Oliveira	0	-	0	0,00
Onça de Pitangui	1	Fab. prod. minerais não-metálicos	1	4,00
		Sub-total	1	4,00
Papagaios	0	-	0	0,00
Pará de Minas	12	Fab. prod. minerais não-metálicos	6	23,00
		Fab. têxteis	15	1.717,00
		Metalurgia	8	3.330,52
		Sub-total	29	5.070,52

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006 (cont.)				
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	TIPO INDÚSTRIA	SIGNIFICANTES	
			PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Passa Tempo	1	Metalurgia	4	73,00
		Sub-total	4	73,00
Pedra do Indaiá	2	Fab. prod. químicos	5	902,00
		Sub-total	5	902,00
Perdigão	1	Prep. couros e artigos	2	28,22
		Sub-total	2	28,22
Piracema	4	Fab. prod. minerais não-metálicos	9	23,00
		Sub-total	9	23,00
Pitangui	7	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	2	8,00
		Fab. prod. minerais não-metálicos	3	17,00
		Fab. têxteis	6	43,30
		Metalurgia	3	2.194,58
		Sub-total	14	2.262,88
Pompéu	1	Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	1	0,00
		Sub-total	1	0,00
Resende Costa	0	-	0	0,00
Santo Antônio do Monte	2	Fab. prod. químicos	3	4,20
		Sub-total	3	4,20
São Francisco de Paula	0	-	0	0,00
São Gonçalo do Pará	10	Fab. alimentícios	2	3,00
		Fab. celulose e papel	1	300,00
		Fab. prod. minerais não-metálicos	2	24,50
		Fab. têxteis	1	24,00
		Metalurgia	4	362,40
		Prep. couros e artigos	9	377,90
		Sub-total	19	1.091,80
São Sebastião do Oeste	0	-	0	0,00
TOTAL	283	TOTAL	578	105.556,77

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

-  Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em primeiro lugar no tema abordado.
-  Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em segundo lugar no tema abordado.
-  Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em terceiro lugar no tema abordado.

O uso dos recursos hídricos para “abastecimento industrial” nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está distribuído conforme demonstrado na **Tabela 52**. Nela estão as captações dos usuários significantes, e uma projeção tendencial para 2016, com a aplicação das taxas de crescimento demográfico, calculadas sobre o histórico do crescimento ocorrido entre os anos de 2000 e 2006, utilizando a metodologia do IBGE, cuja memória de cálculo está presente no **Anexo 4** do presente Relatório.

Tabela 52 – Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia (2006 e 2016)

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia									
2006									
SUB-BACIA	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	Fab. alimentícios	1	0	0	1	14,40	0,00	0,00	14,40
	Fab. máquinas, aparelhos e mat. elétricos	0	1	0	1	0,00	3,00	0,00	3,00
	Fab. prod. borracha e plástico	2	1	0	3	1,00	54,00	0,00	55,00
	Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	2	3	1	6	3,00	10,00	3,00	16,00
	Fab. prod. minerais não-metálicos	10	2	1	13	70,00	6,00	2,50	78,50
	Metalurgia	3	1	0	4	3,00	70,00	0,00	73,00
	Sub-total	18	8	2	28	91,40	143,00	5,50	239,90
Ribeirão Boa Vista	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	3	0	0	3	22,00	0,00	0,00	22,00
	Fab. alimentícios	1	1	0	2	20,00	1,00	0,00	21,00
	Fab. bebidas	0	0	4	4	0,00	0,00	823,20	823,20
	Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	1	0	1	2	40,00	0,00	24,00	64,00
	Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	72	19	2	93	44,82	92,60	37,76	175,18
	Fab. prod. minerais não-metálicos	4	2	0	6	31,00	3,00	0,00	34,00
	Manutenção, reparo e inst. máquinas e equip.	1	1	0	2	1,00	1,00	0,00	2,00
	Metalurgia	16	7	0	23	3,01	7,00	0,00	10,01
	Outros	0	1	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sub-total	98	31	7	136	161,83	104,60	884,96	1.151,39

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia (cont.)									
2006									
SUB-BACIA	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio Itapeçerica	Confec. vestuário	7	3	4	14	3,47	91,00	282,40	376,87
	Fab. alimentícios	1	1	0	2	0,00	96,00	0,00	96,00
	Fab. celulose e papel	6	2	3	11	1.726,84	7,50	27,00	1.761,34
	Fab. móveis	0	1	0	1	0,00	4,50	0,00	4,50
	Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	0	0	1	1	0,00	0,00	6,00	6,00
	Fab. prod. minerais não-metálicos	14	9	4	27	937,03	84,50	870,00	1.891,53
	Fab. prod. químicos	2	0	0	2	417,60	0,00	0,00	417,60
	Fab. têxteis	3	2	2	7	0,00	0,00	6,00	6,00
	Metalurgia	17	2	3	22	1.835,12	22,00	665,70	2.522,82
	Sub-total	50	20	17	87	4.920,06	305,50	1.857,10	7.082,66
Médio Rio Pará	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	2	2	0	4	0,00	12,00	0,00	12,00
	Confec. vestuário	3	1	2	6	0,00	0,25	114,50	114,75
	Fab. alimentícios	1	1	0	2	0,00	3,00	0,00	3,00
	Fab. celulose e papel	1	0	0	1	300,00	0,00	0,00	300,00
	Fab. máquinas e equipamentos	3	3	0	6	0,00	4,00	0,00	4,00
	Fab. máquinas, aparelhos e mat. elétricos	1	1	0	2	0,00	45,00	0,00	45,00
	Fab. prod. madeira	1	1	0	2	0,00	1,00	0,00	1,00
	Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	11	11	0	22	4,40	27,00	0,00	31,40
	Fab. prod. minerais não-metálicos	8	5	1	14	32,00	14,50	4,00	50,50
	Fab. prod. químicos	5	4	2	11	0,00	7,00	193,60	200,60
	Fab. têxteis	1	4	0	5	0,00	117,00	0,00	117,00
	Infra-estrutura	1	1	1	3	0,00	1,00	3,00	4,00
	Metalurgia	12	11	7	30	591,20	562,70	216,60	1.370,50
	Prep. couros e artigos	9	5	5	19	276,68	89,50	365,62	731,80
	Sub-total	59	50	18	127	1.204,28	883,95	897,32	2.985,55

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia (cont.)									
2006									
SUB-BACIA	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Ribeirão da Paciência	Fab. prod. minerais não-metálicos	0	0	1	1	0,00	0,00	4,00	4,00
	Fab. têxteis	0	3	12	15	0,00	480,00	1.237,00	1.717,00
	Metalurgia	6	0	2	8	2.832,52	0,00	498,00	3.330,52
	Sub-total	6	3	15	24	2.832,52	480,00	1.739,00	5.051,52
Rio São João	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	7	0	5	12	4,50	0,00	18,40	22,90
	Fab. prod. borracha e plástico	2	2	0	4	0,00	6,00	0,00	6,00
	Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	6	4	2	12	200,40	41,60	86,00	328,00
	Fab. prod. minerais não-metálicos	26	40	7	73	57,20	200,00	111,00	368,20
	Fab. têxteis	8	2	3	13	5.659,70	1,00	262,20	5.922,90
	Metalurgia	9	1	11	21	2.520,72	0,00	70.798,03	73.318,75
	Prep. couros e artigos	3	1	5	9	23,00	22,00	535,00	580,00
	Sub-total	61	50	33	144	8.465,52	270,60	71.810,63	80.546,75
Rio Lambari	Fab. prod. químicos	6	2	0	8	903,00	3,20	0,00	906,20
	Infra-estrutura	1	0	0	1	7,00	0,00	0,00	7,00
	Prep. couros e artigos	1	0	1	2	10,72	0,00	17,50	28,22
	Sub-total	8	2	1	11	920,72	3,20	17,50	941,42
Rio do Peixe	Fab. prod. minerais não-metálicos	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sub-total	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Picão	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	1	0	2	3	0,00	0,00	30,00	30,00
	Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	6	0	0	6	5.286,00	0,00	0,00	5.286,00
	Metalurgia	2	0	0	2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sub-total	9	0	2	11	5.286,00	0,00	30,00	5.316,00

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia (cont.)									
2006									
SUB-BACIA	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Baixo Rio Pará	Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	1	0	0	1	0,00	0,00	0,00	0,00
	Fab. prod. minerais não-metálicos	1	0	2	3	0,00	0,00	17,00	17,00
	Fab. têxteis	1	0	1	2	0,00	0,00	30,00	30,00
	Metalurgia	2	0	1	3	2.134,08	0,00	60,50	2.194,58
	Sub-total	5	0	4	9	2.134,08	0,00	107,50	2.241,58
Total Geral		315	164	99	578	26.016,41	2.190,85	77.349,51	105.556,77

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia – (cont.)										
Projeção Tendencial para 2016										
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
			Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	0,7372	Fab. alimentícios	1,1	0,0	0,0	1,1	15,50	0,00	0,00	15,50
		Fab. máquinas, aparelhos e mat. elétricos	0,0	1,1	0,0	1,1	0,00	3,00	0,00	3,00
		Fab. prod. borracha e plástico	2,2	1,1	0,0	3,2	1,08	54,00	0,00	55,08
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	2,2	3,2	1,1	6,5	3,23	10,00	3,00	16,23
		Fab. prod. minerais não-metálicos	10,8	2,2	1,1	14,0	75,33	6,00	2,50	83,83
		Metalurgia	3,2	1,1	0,0	4,3	3,23	70,00	0,00	73,23
		Sub-total	19,4	8,6	2,2	30,1	98,37	143,00	5,50	246,87

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia – (cont.)										
Projeção Tendencial para 2016										
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
			Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Ribeirão Boa Vista	1,2179	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	3,4	0,0	0,0	3,4	24,83	0,00	0,00	24,83
		Fab. alimentícios	1,1	1,1	0,0	2,3	22,57	1,13	0,00	23,70
		Fab. bebidas	0,0	0,0	4,5	4,5	0,00	0,00	929,14	929,14
		Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	1,1	0,0	1,1	2,3	45,15	0,00	27,09	72,24
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	81,3	21,4	2,3	105,0	50,59	104,52	42,62	197,72
		Fab. prod. minerais não-metálicos	4,5	2,3	0,0	6,8	34,99	3,39	0,00	38,38
		Manutenção, reparo e inst. máquinas e equip.	1,1	1,1	0,0	2,3	1,13	1,13	0,00	2,26
		Metalurgia	18,1	7,9	0,0	26,0	3,40	7,90	0,00	11,30
		Outros	0,0	1,1	0,0	1,1	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sub-total		110,6	35,0	7,9	153,5	182,66	118,06	998,85
Rio Itapeçerica	1,6960	Confec. vestuário	8,3	3,5	4,7	16,6	4,11	107,67	334,12	445,89
		Fab. alimentícios	1,2	1,2	0,0	2,4	0,00	96,00	0,00	96,00
		Fab. celulose e papel	7,1	2,4	3,0	12,5	1.726,84	7,50	27,00	1.761,34
		Fab. móveis	0,0	1,2	0,0	1,2	0,00	4,50	0,00	4,50
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	0,0	0,0	1,0	1,0	0,00	0,00	6,00	6,00
		Fab. prod. minerais não-metálicos	16,6	10,6	4,0	31,2	937,03	84,50	870,00	1.891,53
		Fab. prod. químicos	2,4	0,0	0,0	2,4	417,60	0,00	0,00	417,60
		Fab. têxteis	3,5	2,4	2,0	7,9	0,00	0,00	6,00	6,00
		Metalurgia	20,1	2,4	3,0	25,5	1.835,12	22,00	665,70	2.522,82
		Sub-total		59,2	23,7	17,7	100,6	4.920,70	322,17	1.908,82

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia – (cont.)										
Projeção Tendencial para 2016										
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
			Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Médio Rio Pará	3,1344	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	2,7	2,7	0,0	5,4	0,00	16,34	0,00	16,34
		Confec. vestuário	4,1	1,4	2,7	8,2	0,00	0,34	155,90	156,24
		Fab. alimentícios	1,4	1,4	0,0	2,7	0,00	4,08	0,00	4,08
		Fab. celulose e papel	1,4	0,0	0,0	1,4	408,47	0,00	0,00	408,47
		Fab. máquinas e equipamentos	4,1	4,1	0,0	8,2	0,00	5,45	0,00	5,45
		Fab. máquinas, aparelhos e mat. elétricos	1,4	1,4	0,0	2,7	0,00	61,27	0,00	61,27
		Fab. prod. madeira	1,4	1,4	0,0	2,7	0,00	1,36	0,00	1,36
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	15,0	15,0	0,0	30,0	5,99	36,76	0,00	42,75
		Fab. prod. minerais não-metálicos	10,9	6,8	1,4	19,1	43,57	19,74	5,45	68,76
		Fab. prod. químicos	6,8	5,4	2,7	15,0	0,00	9,53	263,60	273,13
		Fab. têxteis	1,4	5,4	0,0	6,8	0,00	159,30	0,00	159,30
		Infra-estrutura	1,4	1,4	1,4	4,1	0,00	1,36	4,08	5,45
		Metalurgia	16,3	15,0	9,5	40,8	804,95	766,15	294,91	1.866,01
		Prep. couros e artigos	12,3	6,8	6,8	25,9	376,71	121,86	497,81	996,38
		Sub-total			80,3	68,1	24,5	172,9	1.639,69	1.203,54
Ribeirão da Paciência	1,8056	Fab. prod. minerais não-metálicos	0,0	0,0	1,2	1,2	0,00	0,00	4,78	4,78
		Fab. têxteis	0,0	3,6	14,4	17,9	0,00	574,06	1.479,40	2.053,47
		Metalurgia	7,2	0,0	2,4	9,6	3.387,59	0,00	595,59	3.983,18
		Sub-total			7,2	3,6	17,9	28,7	3.387,59	574,06

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia – (cont.)										
Projeção Tendencial para 2016										
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
			Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio São João	1,6256	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	8,2	0,0	5,9	14,1	5,29	0,00	21,62	26,91
		Fab. prod. borracha e plástico	2,3	2,3	0,0	4,7	0,00	7,05	0,00	7,05
		Fab. prod. metal, exceto máquinas e equip.	7,0	4,7	2,3	14,1	235,47	48,88	101,05	385,39
		Fab. prod. minerais não-metálicos	30,5	47,0	8,2	85,8	67,21	235,00	130,42	432,63
		Fab. têxteis	9,4	2,3	3,5	15,3	6.650,04	1,17	308,08	6.959,30
		Metalurgia	10,6	1,2	12,9	24,7	2.961,80	0,00	83.186,37	86.148,17
		Prep. couros e artigos	3,5	1,2	5,9	10,6	27,02	25,85	628,62	681,49
Sub-total			71,7	58,7	38,8	169,2	9.946,83	317,95	84.376,15	94.640,93
Rio Lambari	1,8568	Fab. prod. químicos	7,2	2,4	0,0	9,6	1.085,39	3,85	0,00	1.089,24
		Infra-estrutura	1,2	0,0	0,0	1,2	8,41	0,00	0,00	8,41
		Prep. couros e artigos	1,2	0,0	1,2	2,4	12,89	0,00	21,03	33,92
		Sub-total			9,6	2,4	1,2	13,2	1.106,69	3,85
Rio do Peixe	1,7195	Fab. prod. minerais não-metálicos	1,2	0,0	0,0	1,2	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sub-total			1,2	0,0	0,0	1,2	0,00	0,00
Rio Picão	-0,5487	Coleta, trat. e disposição resíduos; recup. materiais	0,9	0,0	1,9	2,8	0,00	0,00	28,39	28,39
		Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	5,7	0,0	0,0	5,7	5.002,99	0,00	0,00	5.002,99
		Metalurgia	1,9	0,0	0,0	1,9	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sub-total			8,5	0,0	1,9	10,4	5.002,99	0,00

Pontos e vazão de captação para indústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por Sub-bacia – (cont.)										
Projeção Tendencial para 2016										
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	TIPO INDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
			Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Baixo Rio Pará	1,3473	Fab. coque, derivados petróleo e biocombustíveis	1,1	0,0	0,0	1,1	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fab. prod. minerais não-metálicos	1,1	0,0	2,3	3,4	0,00	0,00	19,43	19,43
		Fab. têxteis	1,1	0,0	1,1	2,3	0,00	0,00	34,30	34,30
		Metalurgia	2,3	0,0	1,1	3,4	2.439,69	0,00	69,16	2.508,85
		Sub-total	5,7	0,0	4,6	10,3	2.439,69	0,00	122,89	2.562,58
Total Geral			373,4	200,1	116,7	690,1	28.725,19	2.682,63	90.763,17	122.170,99

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

-  Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em primeiro lugar no tema abordado.
-  Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em segundo lugar no tema abordado.
-  Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em terceiro lugar no tema abordado.

Pode-se constatar a forte presença da atividade de metalurgia em Conceição do Pará na Sub-bacia Rio São João.

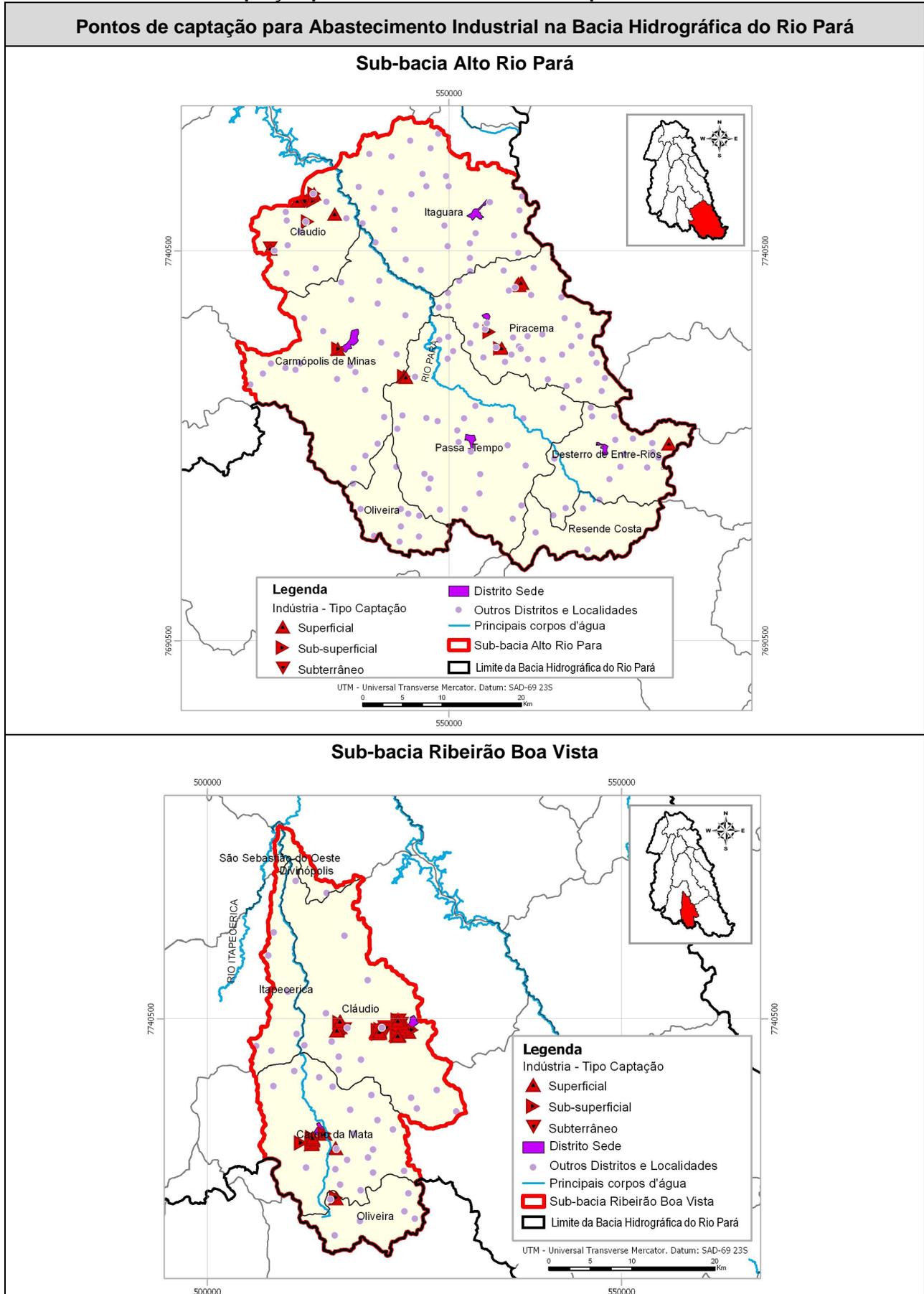
A **Tabela 53** a seguir contém os mapas das 10 sub-bacias com a localização das captações para abastecimento industrial.

Os arquivos completos com as captações significantes para o abastecimento industrial estão no **Anexo 5**.

Os arquivos formato JPG com os mapas da **Tabela 53** estão presentes no **Anexo 1**, na pasta “Captação Abastecimento Industrial”.

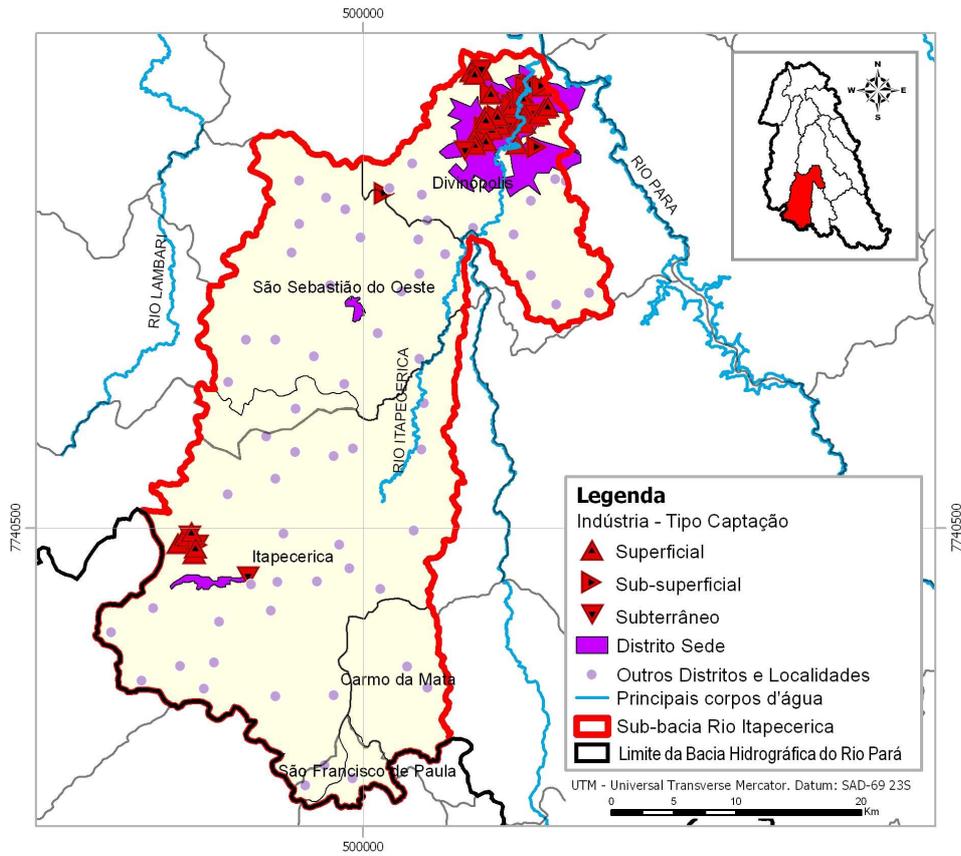
Os arquivos em formato shapefile com os pontos de captação, dos usuários significantes e insignificantes estão no **Anexo 3**.

Tabela 53 – Pontos de captação para abastecimento industrial por sub-bacia

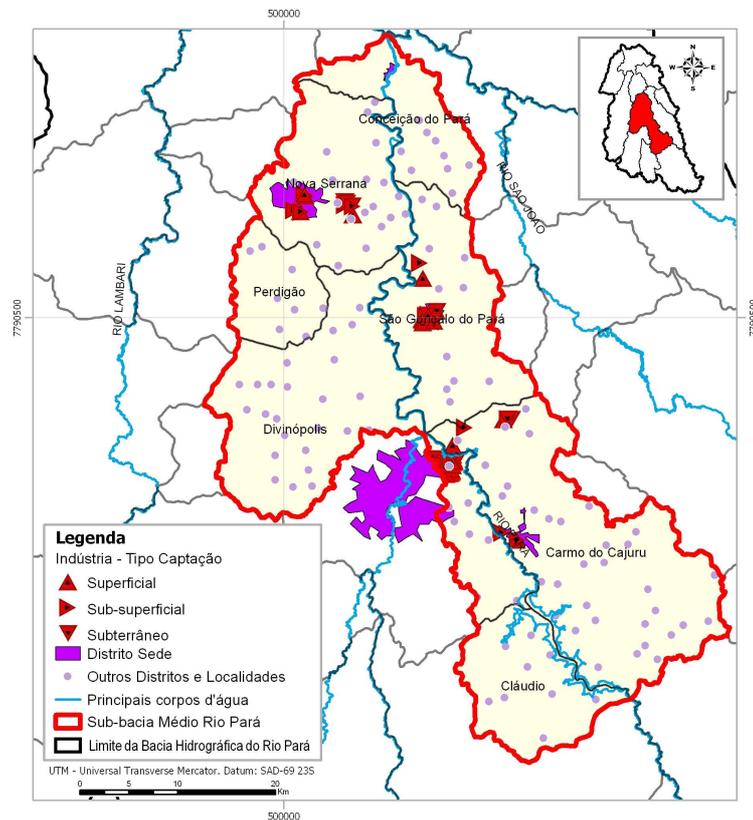


Pontos de captação para Abastecimento Industrial na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Itapecerica

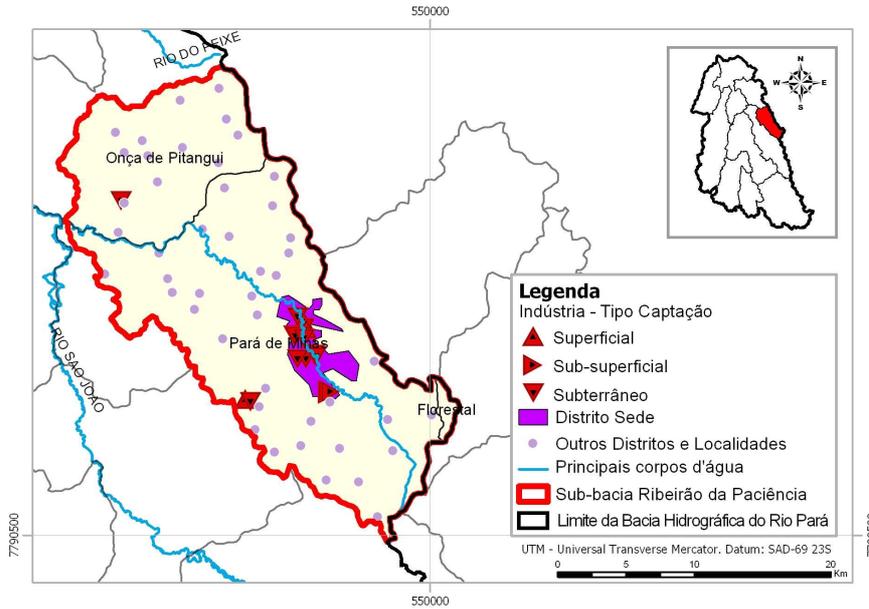


Sub-bacia Médio Rio Pará

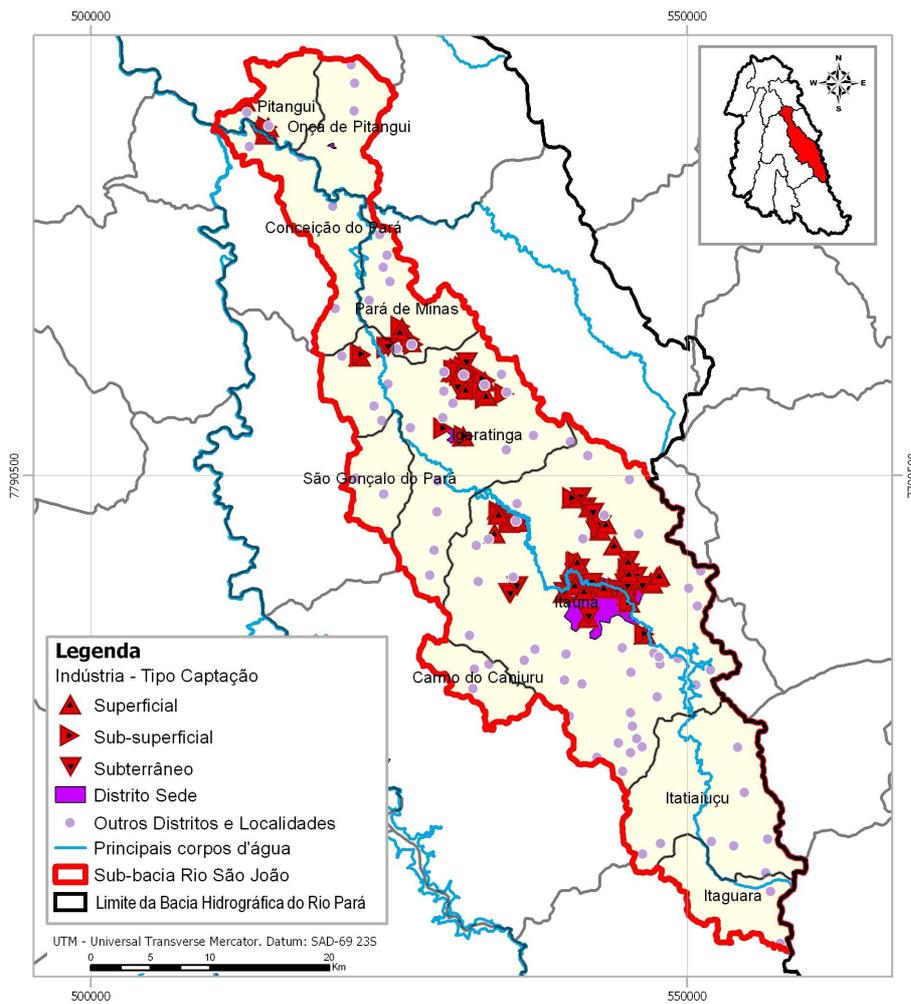


Pontos de captação para Abastecimento Industrial na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

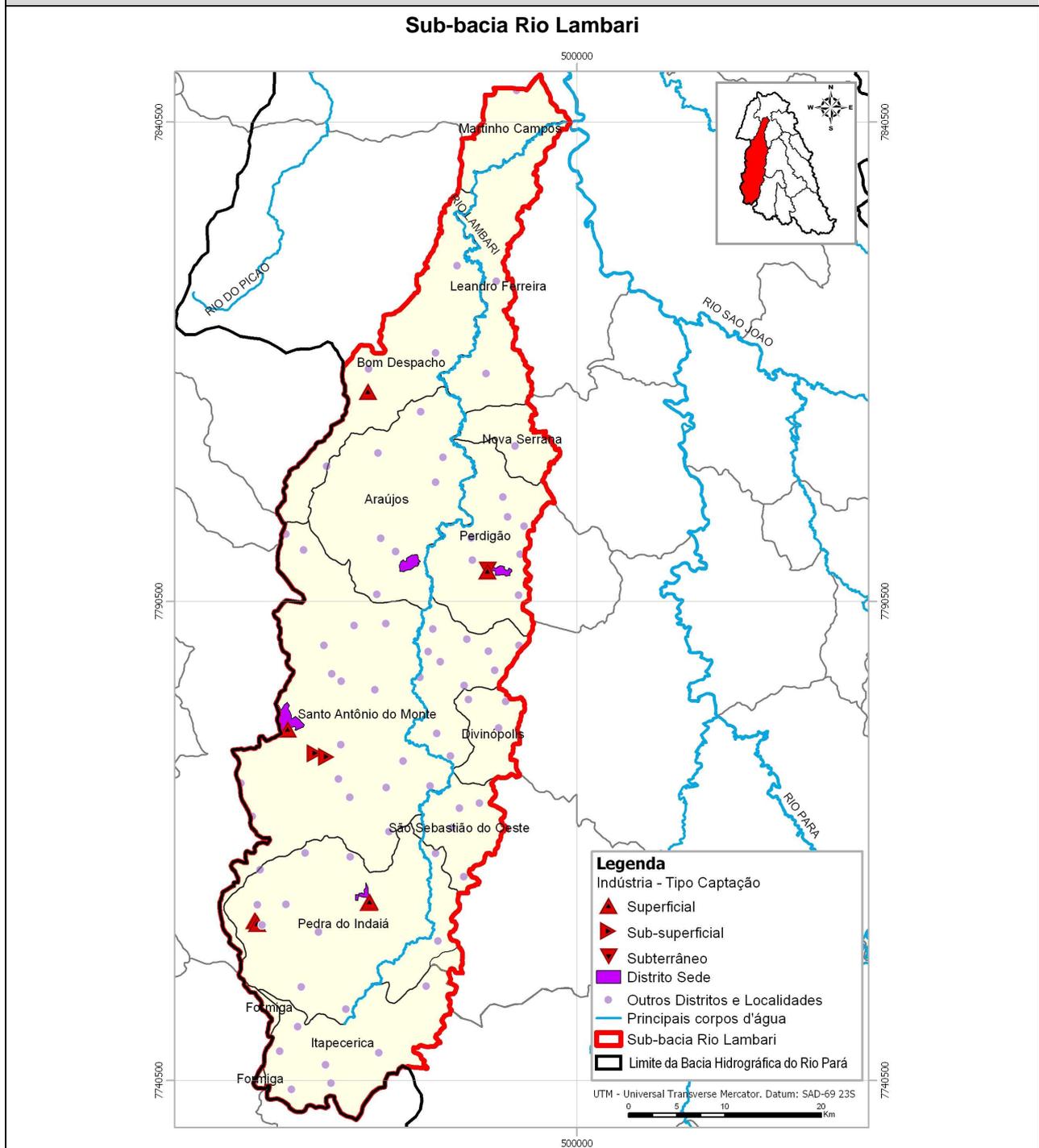
Sub-bacia Ribeirão da Paciência



Sub-bacia Rio São João

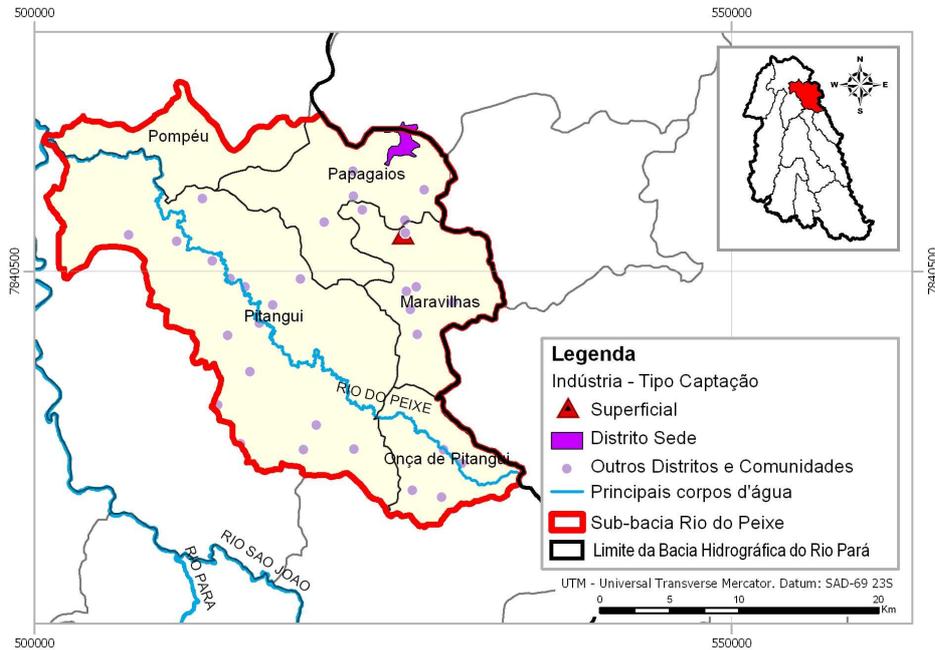


Pontos de captação para Abastecimento Industrial na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

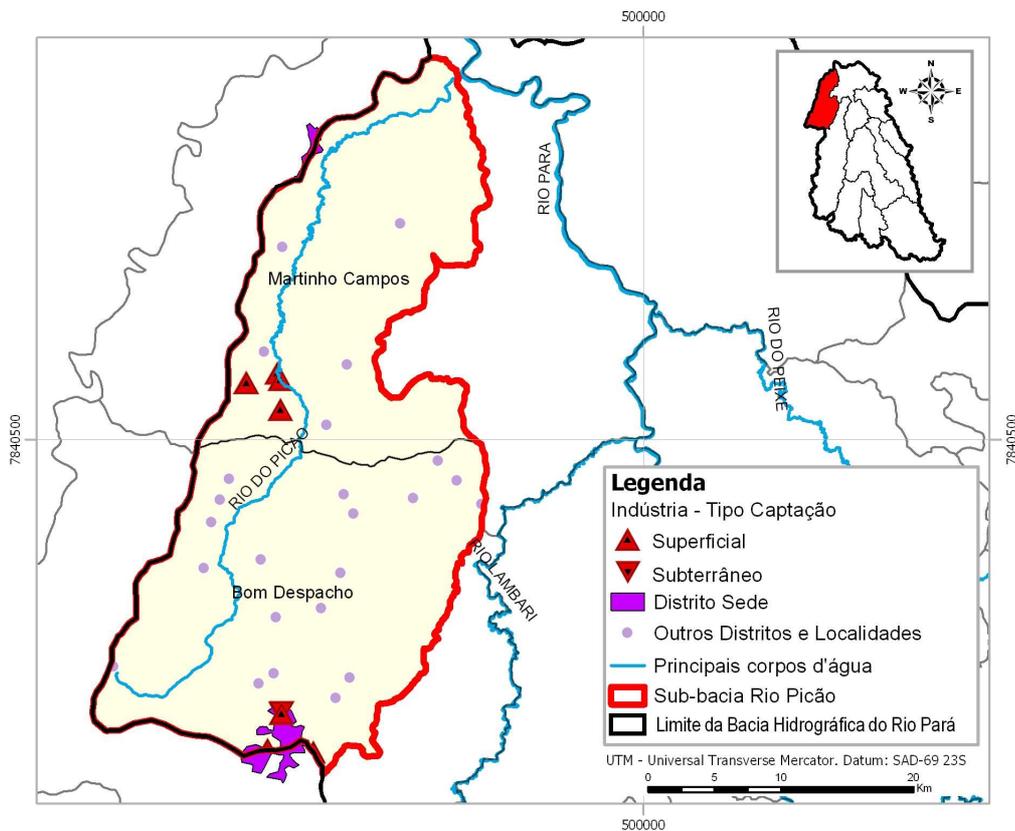


Pontos de captação para Abastecimento Industrial na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

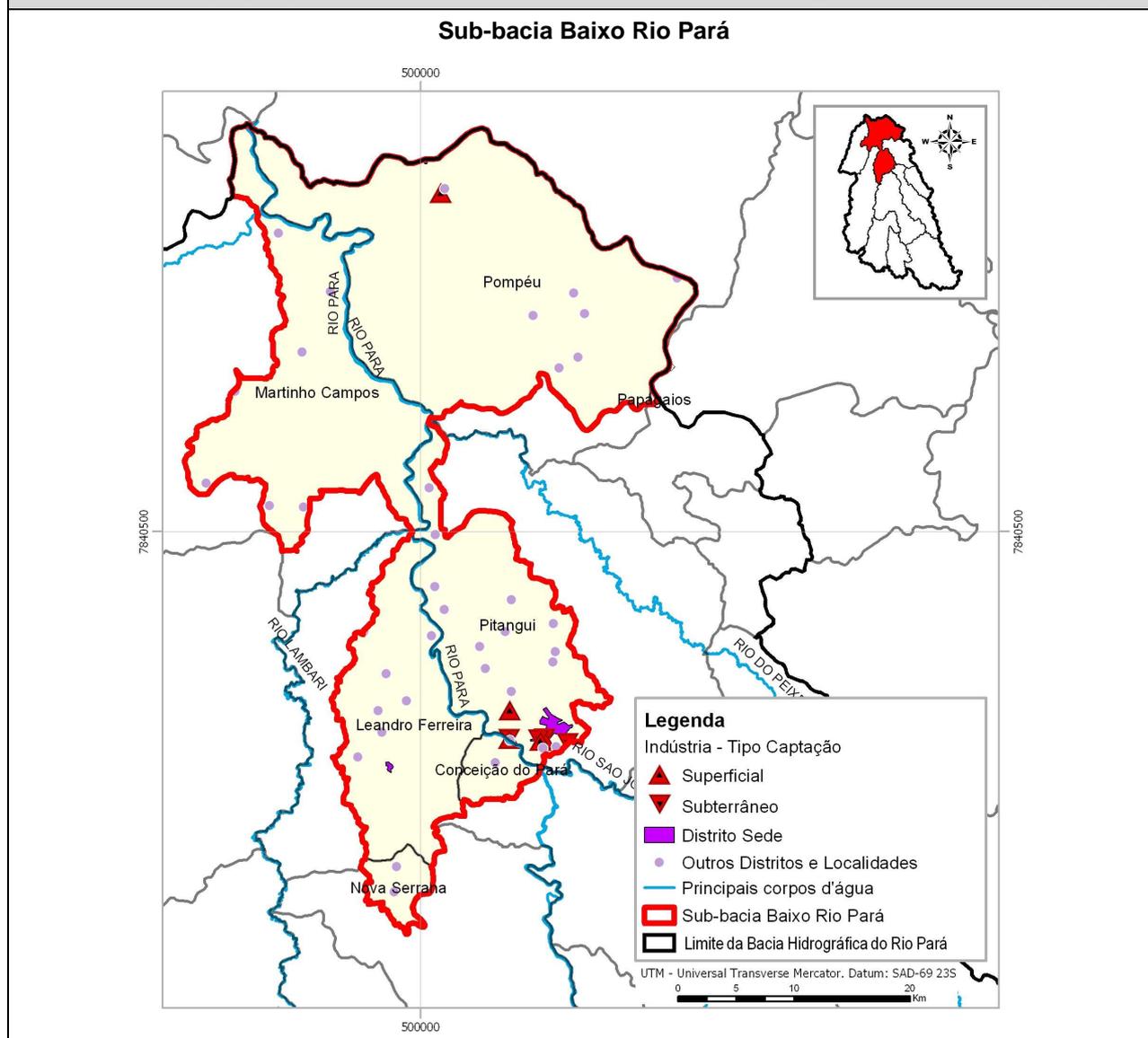
Sub-bacia Rio do Peixe



Sub-bacia Rio Picão



Pontos de captação para Abastecimento Industrial na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)



Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.4 Navegação

As condições de navegabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pará são bastante restritas. O eixo principal da Bacia é a única via passível de receber embarcações simples e pequenas, mais aptas à atividade pesqueira amadora. Esta navegabilidade, segundo informações obtidas junto à Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, é possível somente no Baixo Pará, na região de Pitangui.

De acordo com informações obtidas junto ao Corpo de Bombeiros – Polícia Militar de Minas Gerais, com o Sr. Capitão Paulo César Gonçalves Fernandes,

“As condições de navegabilidade do Rio Pará são muito restritas. O rio em sua extensão compreendida do Município de Cláudio até sua foz é possível receber embarcações simples e de pequeno porte, mais aptas às atividades pesqueiras (sem a utilização de motor de popa). Não recomendamos a utilização de embarcações esportivas de médio e grande porte precedidas de motores de popa – porque o Rio não oferece condições de navegabilidade segura.”

5.4.5 Mineração

Na execução do Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará a Associação de Usuários registrou 55 usuários significantes, com captações dentro da categoria de mineração. Estes usuários estão distribuídos em 31 municípios, em quase todas as 10 sub-bacias, com exceção da Sub-bacia Rio Picão, que não recebeu nenhum registro de usuário signficante.

A **Tabela 54** a seguir mostra o resultado da utilização dos recursos hídricos por usuários considerados significantes para mineração por município.

Tabela 54 – Pontos e vazão de captação para mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006

Pontos e vazão de captação para mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Araújos	7	8	1.900,80
Bom Despacho	0	0	0,00
Carmo da Mata	0	0	0,00
Carmo do Cajuru	0	0	0,00
Carmópolis de Minas	2	3	1.896,00
Cláudio	1	1	0,00
Conceição do Pará	1	3	2.156,16
Desterro de Entre Rios	0	0	0,00
Florestal	0	0	0,00
Formiga	0	0	0,00
Igaratinga	3	4	1.900,80
Itatiaiuçu	0	0	0,00
Itaúna	2	6	264,00
Maravilhas	1	2	200,00
Martinho Campos	5	8	3.173,20
Nova Serrana	1	2	127,42
Oliveira	0	0	0,00
Onça de Pitangui	0	0	0,00
Papagaios	4	8	579,00
Pará de Minas	3	7	797,50
Pedra do Indaiá	1	2	43,00
Piracema	3	3	105,36
Pitangui	1	1	3,00
Pompéu	2	3	1.901,80
Resende Costa	0	0	0,00
Santo Antônio do Monte	0	0	0,00
São Francisco de Paula	0	0	0,00
São Gonçalo do Pará	0	0	0,00
São Sebastião do Oeste	0	0	0,00
TOTAL	55	113	29.706,04

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

- Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em primeiro lugar no tema abordado.
- Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em segundo lugar no tema abordado.
- Município(s) cujo quantitativo medido o coloca em terceiro lugar no tema abordado.

Nota-se na **Tabela 54** que os municípios de Martinho Campos, Conceição do Pará e Pompeu são os que possuem os maiores volumes de captação cadastrados na atividade minerária na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

O uso dos recursos hídricos para mineração nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está distribuído conforme demonstrado na **Tabela 55**.

Nela estão as captações dos usuários significantes, e uma projeção tendencial para 2016, com a aplicação das taxas de crescimento demográfico, calculadas sobre o histórico do crescimento ocorrido entre os anos de 2000 e 2006, utilizando a metodologia do IBGE, cuja memória de cálculo está presente no **Anexo 4** do presente Relatório.

Tabela 55 – Pontos e vazão de captação para mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – (2006 e 2016)

Pontos e vazão de captação para mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia –								
2006								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	19	0	1	20	6.803,36	0,00	2,00	6.805,36
Ribeirão Boa Vista	12	2	0	14	132,00	2,00	0,00	134,00
Rio Itapecerica	2	1	0	3	962,40	3,00	0,00	965,40
Médio Rio Pará	5	1	0	6	4.651,78	3,00	0,00	4.654,78
Ribeirão da Paciência	4	2	1	7	740,50	47,00	10,00	797,50
Rio São João	9	1	2	12	2.644,80	0,00	0,00	2.644,80
Rio Lambari	25	2	0	27	8.818,60	28,00	0,00	8.846,60
Rio do Peixe	4	2	4	10	204,00	24,00	551,00	779,00
Rio Picão	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Baixo Rio Pará	9	3	2	14	3.870,60	8,00	200,00	4.078,60
Total Geral	89	14	10	113	28.828,04	115,00	763,00	29.706,04

Pontos e vazão de captação para mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia (cont.) –									
Projeção Tendencial para 2016									
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	0,74	20,5	0,0	1,1	21,5	7.323,97	0,00	2,15	7.326,12
Ribeirão Boa Vista	1,21	13,5	2,3	0,0	15,8	148,83	2,25	0,00	151,08
Rio Itapacerica	1,77	2,4	1,2	0,0	3,6	1.147,24	3,58	0,00	1.150,81
Médio Rio Pará	3,24	6,9	1,4	0,0	8,3	6.398,73	4,13	0,00	6.402,86
Ribeirão da Paciência	1,82	4,8	2,4	1,2	8,4	886,86	56,29	11,98	955,12
Rio São João	1,62	10,6	1,2	2,3	14,1	3.106,13	0,00	0,00	3.106,13
Rio Lambari	2,02	30,5	2,4	0,0	33,0	10.771,60	34,20	0,00	10.805,81
Rio do Peixe	1,93	4,8	2,4	4,8	12,1	246,87	29,04	666,78	942,69
Rio Picão	-0,69	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Baixo Rio Pará	1,34	10,3	3,4	2,3	16,0	4.419,77	9,14	228,38	4.657,28
Total Geral		104,3	16,7	11,7	132,7	34.449,99	138,63	909,28	35.497,90

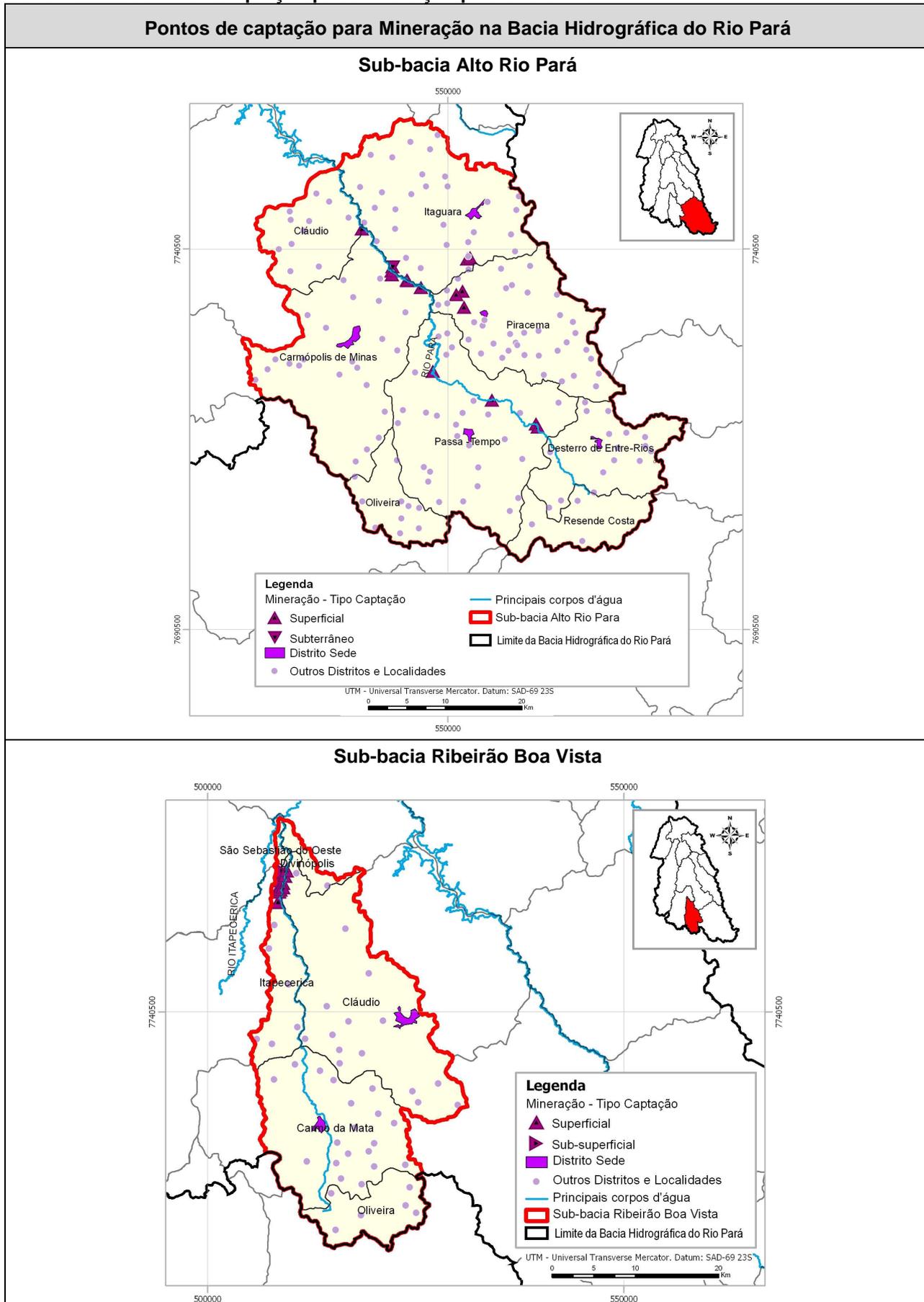
Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em primeiro lugar no tema abordado.
- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em segundo lugar no tema abordado.
- Sub-bacia(s) cujo quantitativo medido a coloca em terceiro lugar no tema abordado.

Nota-se na **Tabela 55** que a Sub-bacia Rio Lambari se destaca na Bacia Hidrográfica do Rio Pará na utilização dos recursos hídricos para mineração, seguida da Sub-bacia Alto Rio Pará, e das Sub-bacias Médio Rio Pará e Baixo Rio Pará.

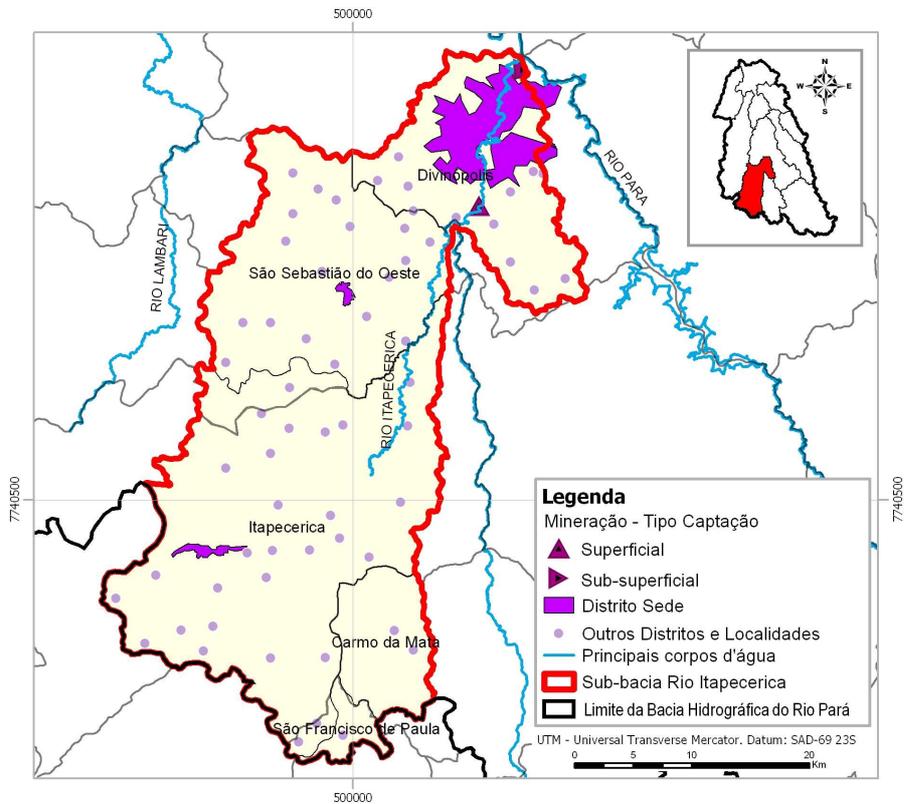
A **Tabela 56** a seguir mostra a localização destes pontos de captação para mineração por sub-bacia. O arquivo completo com as captações significantes para mineração está no **Anexo 5**. Os arquivos formato JPG com os mapas da **Tabela 44** estão presentes no **Anexo 1**, na pasta “Captação Mineração”. O arquivo em formato shapefile com os pontos de captação, dos usuários significantes estão no **Anexo 3**.

Tabela 56 – Pontos de captação para mineração por sub-bacia

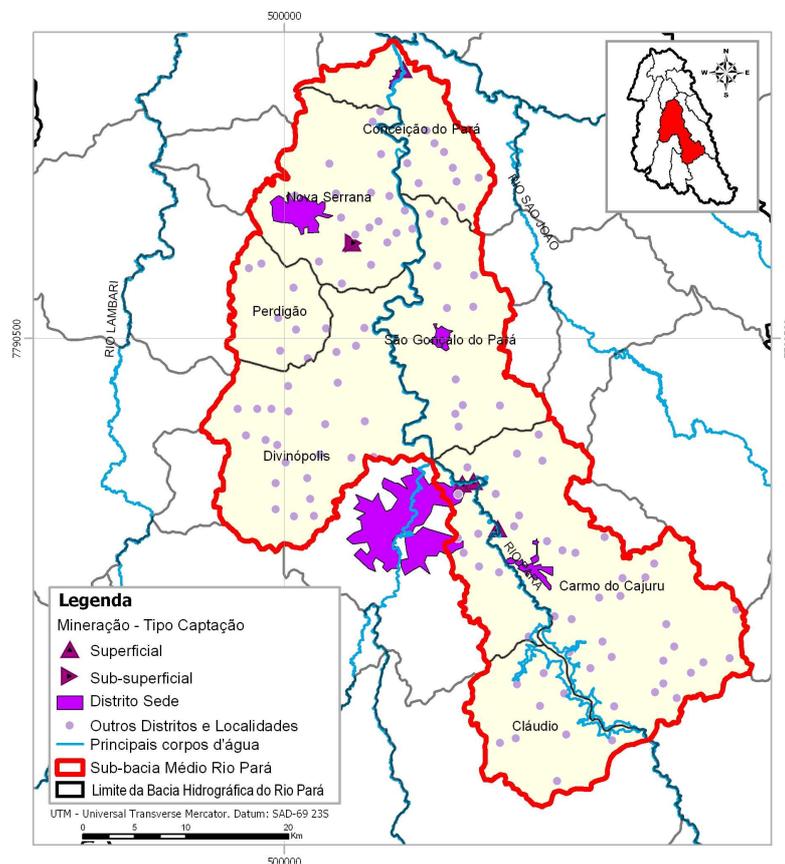


Pontos de captação para Mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

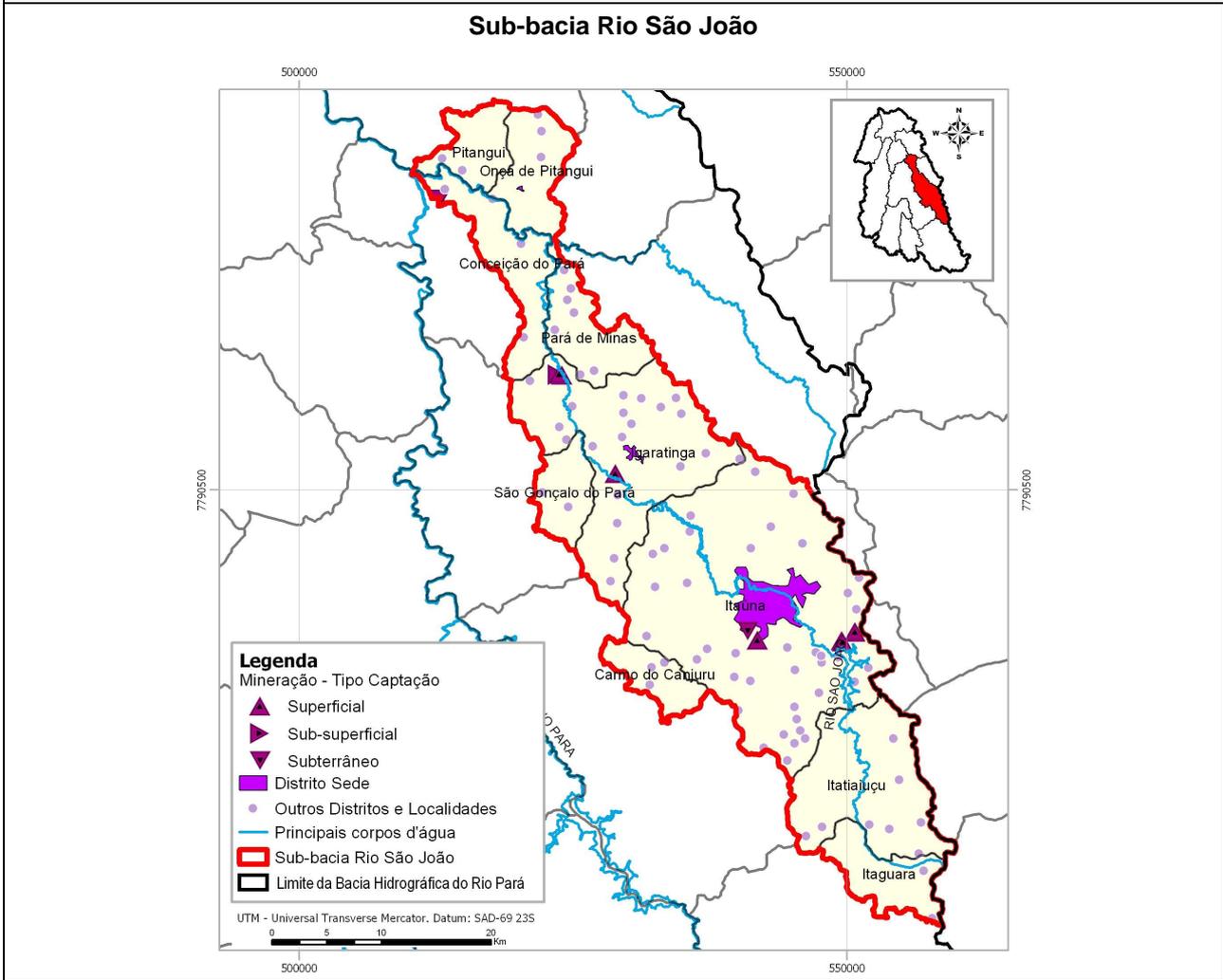
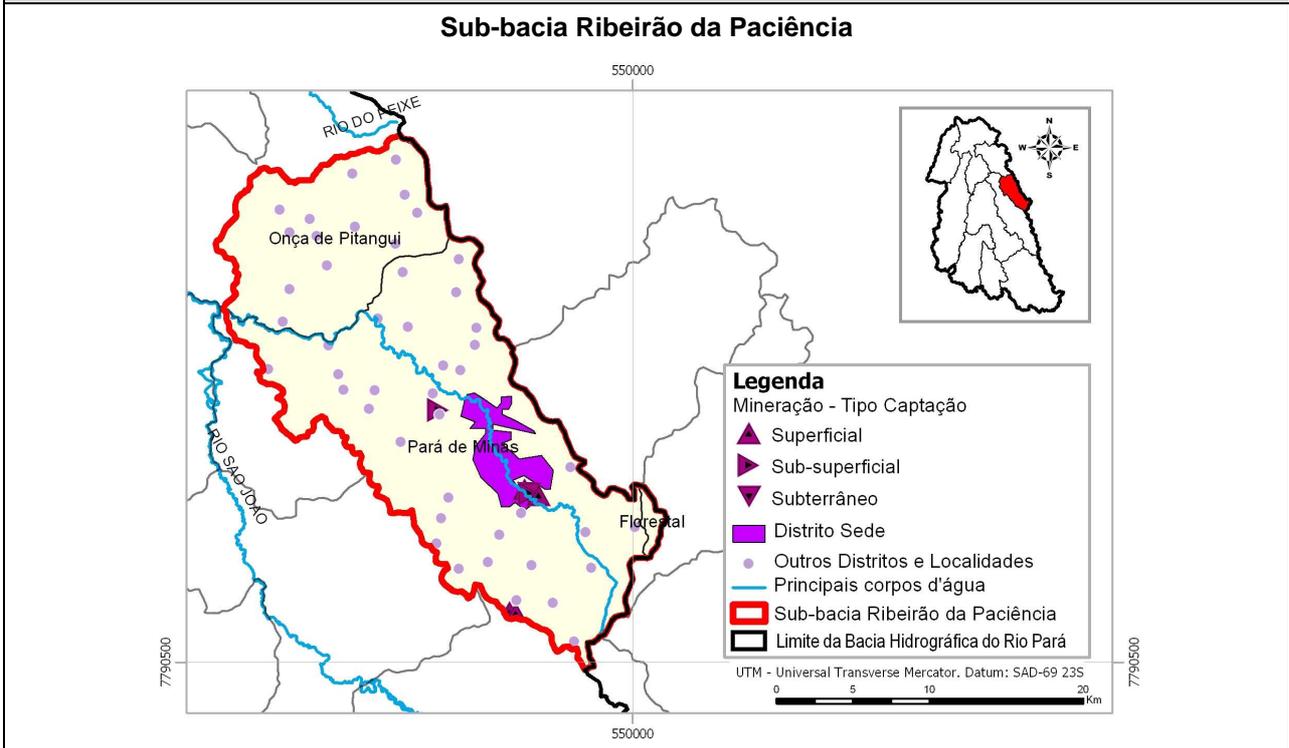
Sub-bacia Rio Itapecerica



Sub-bacia Médio Rio Pará

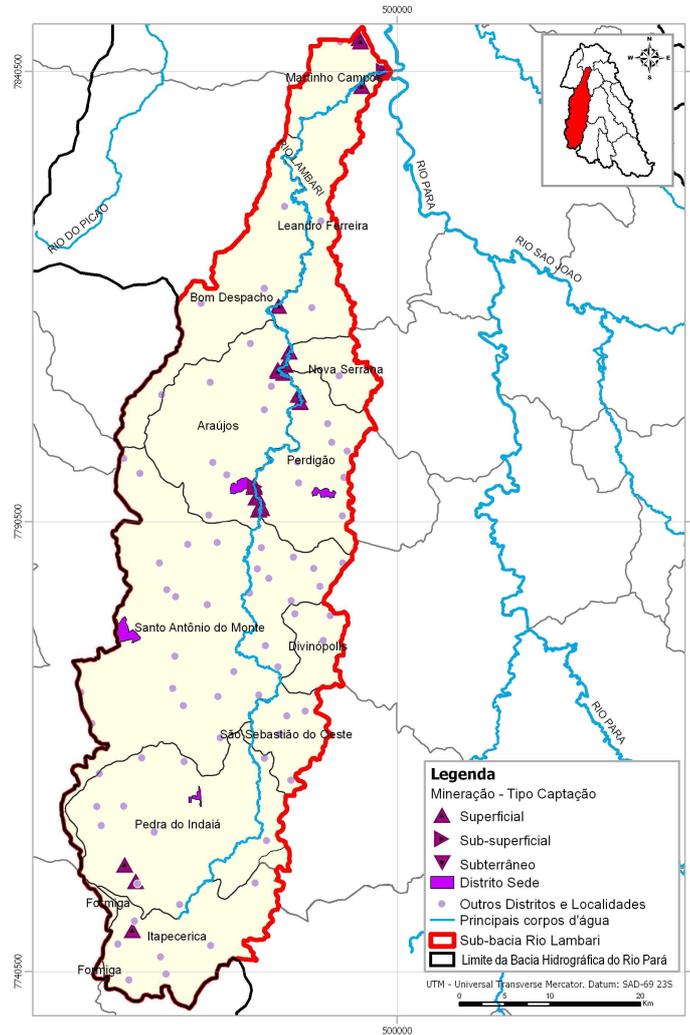


Pontos de captação para Mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

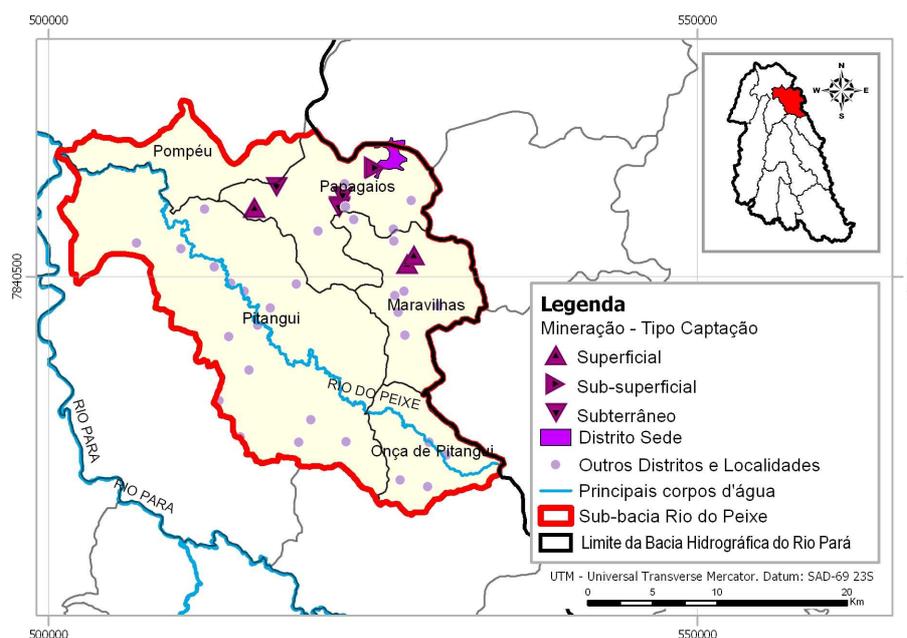


Pontos de captação para Mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Lambari



Sub-bacia Rio do Peixe

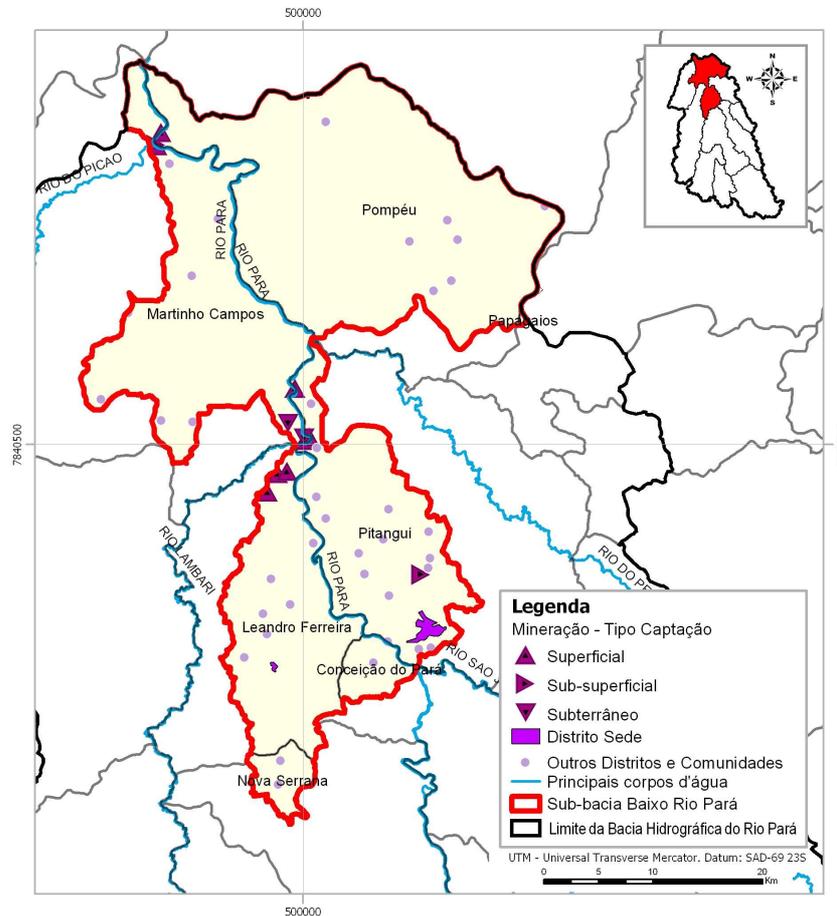


Pontos de captação para Mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Picão

Não possui pontos de captação para atividade mineraria cadastrados

Sub-bacia Baixo Rio Pará



Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.6 Agroindústria

Na execução do Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará a Associação de Usuários registrou 120 usuários significantes, com captações dentro da categoria de agroindústria. Estes usuários estão distribuídos em 25 municípios, nas 10 sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

A **Tabela 57** a seguir mostra o resultado da utilização dos recursos hídricos por usuários considerados significantes para agroindústria por município. Mostra também o resultado para usuários considerados insignificantes cadastrados por município. A classificação efetuada para este Plano Diretor das indústrias e agroindústrias está no **Anexo 8**.

Tabela 57 – Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006

Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006				
MUNICÍPIOS	TIPO AGROINDÚSTRIA	QTD. CADASTROS	PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO (m³/dia)
Araújos	Laticínios	7	12	62,00
	Sub-total	7	12	62,00
Bom Despacho	Fab. alimentícios	2	4	186,20
	Fab. bebidas	1	1	1,00
	Laticínios	2	2	17,92
	Sub-total	5	7	205,12
Carmo da Mata	Fab. bebidas	4	4	47,00
	Laticínios	2	2	0,00
	Sub-total	6	6	47,00
Carmo do Cajuru	Fab. alimentícios	1	2	4,00
	Sub-total	1	2	4,00
Carmópolis de Minas	Laticínios	5	11	117,00
	Sub-total	5	11	117,00
Cláudio	Fab. bebidas	4	8	60,00
	Sub-total	4	8	60,00
Conceição do Pará	Laticínios	1	2	326,40
	Sub-total	1	2	326,40
Desterro de Entre Rios	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Divinópolis	Abate	5	9	109,80
	Fab. alimentícios	1	3	42,00
	Fab. bebidas	2	4	30,00
	Laticínios	1	3	96,00
	Sub-total	9	19	277,80
Florestal	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Formiga	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Igaratinga	Abate	1	1	275,00
	Fab. alimentícios	1	4	102,00
	Laticínios	1	11	1.096,00
	Sub-total	3	16	1.473,00

Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006 (cont)				
MUNICÍPIOS	TIPO AGROINDÚSTRIA	QTD. CADASTROS	PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO (m³/dia)
Itaguara	Abate	1	6	73,00
	Fab. alimentícios	7	19	58,00
	Fab. bebidas	4	7	27,50
	Laticínios	1	3	33,00
	Sub-total	13	35	191,50
Itapecerica	Abate	3	5	257,50
	Fab. bebidas	6	21	106,50
	Laticínios	1	4	66,00
	Sub-total	10	30	430,00
Itatiaiuçu	Fab. bebidas	2	7	3.606,00
	Sub-total	2	7	3.606,00
Itaúna	Abate	2	4	6,00
	Fab. alimentícios	1	2	75,00
	Laticínios	1	2	101,20
	Sub-total	4	8	182,20
Leandro Ferreira	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Maravilhas	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Martinho Campos	Fab. bebidas	1	6	250,80
	Sub-total	1	6	250,80
Nova Serrana	Abate	1	2	13,50
	Sub-total	1	2	13,50
Oliveira	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Onça de Pitangui	Fab. alimentícios	2	6	252,00
	Sub-total	2	6	252,00
Papagaios	Fab. alimentícios	1	1	36,00
	Sub-total	1	1	36,00
Pará de Minas	Abate	4	7	635,30
	Fab. alimentícios	1	2	57,00
	Fab. bebidas	4	17	131,10
	Laticínios	7	12	587,00
	Sub-total	16	38	1.410,40

Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006 (cont)				
MUNICÍPIOS	TIPO AGROINDÚSTRIA	QTD. CADASTROS	PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO (m³/dia)
Passa Tempo	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Pedra do Indaiá	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Perdigão	Laticínios	3	5	81,00
	Sub-total	3	5	81,00
Piracema	Fab. alimentícios	2	8	13,00
	Fab. alimentícios e bebidas	2	13	54,60
	Fab. bebidas	4	9	38,00
	Sub-total	8	30	105,60
Pitangui	Abate	3	3	14,00
	Fab. alimentícios	1	2	390,00
	Fab. bebidas	3	10	102,20
	Laticínios	2	8	1.147,80
	Sub-total	9	23	1.654,00
Pompéu	Fab. bebidas	1	1	30,00
	Sub-total	1	1	30,00
Resende Costa	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
Santo Antônio do Monte	Laticínios	1	2	43,00
	Sub-total	1	2	43,00
São Francisco de Paula	-	0	0	0
	Sub-total	0	0	0
São Gonçalo do Pará	Fab. alimentícios	1	3	347,00
	Fab. bebidas	2	13	115,30
	Laticínios	3	6	3,00
	Sub-total	6	22	465,30
São Sebastião do Oeste	Abate	1	2	1.123,00
	Fab. alimentícios	1	3	879,00
	Laticínios	1	2	84,00
	Sub-total	3	7	2.086,00
SUB-TOTAL		122	306	13.409,62

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

(1) Referente a produtos alimentícios segundo a classificação do CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas), porém ligados a agroindústria. (Rapadura, ração animal, suplemento mineral para ração);

(2) Referente a indústrias que produzem tanto alimentos quanto bebidas ligadas a agroindústria segundo classificação do CNAE. (Destilados da cana-de-açúcar e rapadura);

(3) Referente a indústrias que produzem bebidas ligadas a agroindústria segundo classificação do CNAE. (Destilados da cana-de-açúcar).

 Maiores quantitativos de pontos de captação

 Maiores vazões de captação

 Pontos e vazão de captação inexistentes

Nota-se na **Tabela 57** que os municípios que mais captam para a agroindústria são Itatiaiuçu, São Sebastião do Oeste, Pará de Minas e Pitangui. O município que capta menos é Pompéu, mas a sua parte inserida na bacia é muito pequena. Dos municípios que estão totalmente inseridos na Bacia, Carmo do Cajuru é o que tem menor captação. O tipo de agroindústria que mais se utiliza dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará é a indústria de bebidas, com destaque para o Município de Itatiaiuçu.

Tabela 58 – Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006

Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006									
SUB-BACIA	TIPO AGROINDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	Abate	6	0	0	6	73,00	0,00	0,00	73,00
	Fab. Alimentos ⁽¹⁾	22	5	0	27	59,00	12,00	0,00	71,00
	Fab. alimentícios e bebidas ⁽²⁾	12	1	0	13	51,60	3,00	0,00	54,60
	Fab. Bebidas ⁽³⁾	17	4	0	21	92,50	25,00	0,00	117,50
	Laticínios	11	3	0	14	82,00	68,00	0,00	150,00
	Sub-total	68	13	0	81	358,10	108,00	0,00	466,10
Ribeirão Boa Vista	Fab. bebidas	5	1	1	7	23,00	2,00	30,00	55,00
	Laticínios	1	0	1	2	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sub-total	6	1	2	9	23,00	2,00	30,00	55,00
Rio Itapeçerica	Abate	3	7	3	13	23,00	63,50	1.373,00	1.459,50
	Fab. alimentícios	4	1	1	6	882,00	0,00	39,00	921,00
	Fab. bebidas	18	6	1	25	104,50	20,00	12,00	136,50
	Laticínios	2	2	5	9	4,00	20,00	222,00	246,00
	Sub-total	27	16	10	53	1.013,50	103,50	1.646,00	2.763,00

‘Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 (cont.)									
SUB-BACIA	TIPO AGROINDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Médio Rio Pará	Abate	0	1	4	5	0,00	4,50	39,80	44,30
	Fab. alimentícios	1	1	0	2	3,00	1,00	0,00	4,00
	Fab. bebidas	12	1	0	13	103,30	12,00	0,00	115,30
	Laticínios	3	3	0	6	0,00	3,00	0,00	3,00
	Sub-total	16	6	4	26	106,30	20,50	39,80	166,60
Ribeirão da Paciência	Abate	2	2	3	7	611,80	5,50	18,00	635,30
	Fab. alimentícios	2	1	3	6	36,00	7,00	102,00	145,00
	Fab. bebidas	15	2	0	17	122,10	9,00	0,00	131,10
	Laticínios	6	4	0	10	30,00	535,00	0,00	565,00
	Sub-total	25	9	6	40	799,90	556,50	120,00	1.476,40
Rio São João	Abate	2	2	1	5	0,00	6,00	275,00	281,00
	Fab. alimentícios	4	4	3	11	350,00	123,00	215,00	688,00
	Fab. bebidas	5	2	0	7	3.595,00	11,00	0,00	3.606,00
	Laticínios	17	2	3	22	1.994,40	107,20	364,80	2.466,40
	Sub-total	28	10	7	45	5.939,40	247,20	854,80	7.041,40
Rio Lambari	Fab. alimentícios	0	0	1	1	0,00	0,00	126,40	126,40
	Laticínios	8	9	2	19	26,00	106,00	54,00	186,00
	Sub-total	8	9	3	20	26,00	106,00	180,40	312,40
Rio do Peixe	Fab. alimentícios	0	0	1	1	0,00	0,00	36,00	36,00
	Fab. bebidas	2	1	0	3	9,20	9,00	0,00	18,20
	Sub-total	2	1	1	4	9,20	9,00	36,00	54,20
Rio Picão	Fab. alimentícios	1	0	2	3	1,00	0,00	58,80	59,80
	Fab. bebidas	6	1	0	7	227,80	24,00	0,00	251,80
	Laticínios	1	1	0	2	0,00	17,92	0,00	17,92
	Sub-total	8	2	2	12	228,80	41,92	58,80	329,52
Baixo Rio Pará	Abate	2	0	1	3	8,00	0,00	6,00	14,00
	Fab. alimentícios	0	1	1	2	0,00	15,00	375,00	390,00
	Fab. bebidas	4	4	0	8	64,00	50,00	0,00	114,00
	Laticínios	2	0	1	3	187,00	0,00	40,00	227,00
	Sub-total	8	5	3	16	259,00	65,00	421,00	745,00
TOTAL	196	72	38	306	8.763,20	1.259,62	3.386,80	13.409,62	

Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – Tendencial 2016										
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	TIPO AGROINDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
			Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	0,7372	Abate	6,5	0,0	0,0	6,5	78,56	0,00	0,00	78,56
		Fab. alimentícios	23,7	5,4	0,0	29,1	59,00	12,00	0,00	71,00
		Fab. alimentícios e bebidas	12,9	1,1	0,0	14,0	51,60	3,00	0,00	54,60
		Fab. bebidas	18,3	4,3	0,0	22,6	92,50	25,00	0,00	117,50
		Laticínios	11,8	3,2	0,0	15,1	82,00	68,00	0,00	150,00
		Sub-total	73,2	14,0	0,0	87,2	363,66	108,00	0,00	471,66
Ribeirão Boa Vista	1,2179	Fab. bebidas	5,6	1,1	1,1	7,9	25,96	2,26	33,86	62,08
		Laticínios	1,1	0,0	1,1	2,3	0,00	0,00	0,00	0,00
		Sub-total	6,8	1,1	2,3	10,2	25,96	2,26	33,86	62,08
Rio Itapeçerica	1,6960	Abate	3,5	8,3	3,5	15,4	27,21	75,13	1.624,46	1.726,80
		Fab. alimentícios	4,7	1,2	1,2	7,1	1.043,54	0,00	46,14	1.089,68
		Fab. bebidas	21,3	7,1	1,2	29,6	123,64	23,66	14,20	161,50
		Laticínios	2,4	2,4	5,9	10,6	4,73	23,66	262,66	291,05
		Sub-total	31,9	18,9	11,8	62,7	1.199,12	122,46	1.947,46	3.269,04
Médio Rio Pará	3,1344	Abate	0,0	1,4	5,4	6,8	0,00	6,13	54,19	60,32
		Fab. alimentícios	1,4	1,4	0,0	2,7	4,08	1,36	0,00	5,45
		Fab. bebidas	16,3	1,4	0,0	17,7	140,65	16,34	0,00	156,99
		Laticínios	4,1	4,1	0,0	8,2	0,00	4,08	0,00	4,08
		Sub-total	21,8	8,2	5,4	35,4	144,73	27,91	54,19	226,83
Ribeirão da Paciência	1,8056	Abate	2,4	2,4	3,6	8,4	731,69	6,58	21,53	759,79
		Fab. alimentícios	2,4	1,2	3,6	7,2	43,05	8,37	121,99	173,41
		Fab. bebidas	17,9	2,4	0,0	20,3	146,03	10,76	0,00	156,79
		Laticínios	7,2	4,8	0,0	12,0	35,88	639,84	0,00	675,72
		Sub-total	29,9	10,8	7,2	47,8	956,65	665,55	143,52	1.765,72
Rio São João	1,6256	Abate	2,3	2,3	1,2	5,9	0,00	7,05	323,12	330,17
		Fab. alimentícios	4,7	4,7	3,5	12,9	411,24	144,52	252,62	808,39
		Fab. bebidas	5,9	2,3	0,0	8,2	4.224,06	12,92	0,00	4.236,98
		Laticínios	20,0	2,3	3,5	25,8	2.343,38	125,96	428,63	2.897,97
		Sub-total	32,9	11,7	8,2	52,9	6.978,68	290,46	1.004,37	8.273,51

‘Pontos e vazão de captação para agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – Tendencial 2016 (cont.)										
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	TIPO AGROINDÚSTRIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)			
			Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio Lambari	1,8568	Fab. alimentícios	0,0	0,0	1,2	1,2	0,00	0,00	151,93	151,93
		Laticínios	9,6	10,8	2,4	22,8	31,25	127,41	64,91	223,57
		Sub-total	9,6	10,8	3,6	24,0	31,25	127,41	216,84	375,50
Rio do Peixe	1,7195	Fab. alimentícios	0,0	0,0	1,2	1,2	0,00	0,00	42,69	42,69
		Fab. bebidas	2,4	1,2	0,0	3,6	10,91	10,67	0,00	21,58
		Sub-total	2,4	1,2	1,2	4,7	10,91	10,67	42,69	64,27
Rio Picão	-0,5487	Fab. alimentícios	0,9	0,0	1,9	2,8	0,95	0,00	55,65	56,60
		Fab. bebidas	5,7	0,9	0,0	6,6	215,60	22,72	0,00	238,32
		Laticínios	0,9	0,9	0,0	1,9	0,00	16,96	0,00	16,96
		Sub-total	7,6	1,9	1,9	11,4	216,55	39,68	55,65	311,88
Baixo Rio Pará	1,3473	Abate	2,3	0,0	1,1	3,4	9,15	0,00	6,86	16,00
		Fab. alimentícios	0,0	1,1	1,1	2,3	0,00	17,15	428,70	445,85
		Fab. bebidas	4,6	4,6	0,0	9,1	73,16	57,16	0,00	130,33
		Laticínios	2,3	0,0	1,1	3,4	213,78	0,00	45,73	259,51
		Sub-total	9,1	5,7	3,4	18,3	296,09	74,31	481,29	851,69
Total Geral			225,2	84,3	45,1	354,6	10.223,61	1.468,70	3.979,87	15.672,18

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

(1) Referente a produtos alimentícios segundo a classificação do CNAE (Classificação Nacional de Atividades Econômicas), porém ligados a agroindústria. (Rapadura, ração animal, suplemento mineral para ração);

(2) Referente a indústrias que produzem tanto alimentos quanto bebidas ligadas a agroindústria segundo classificação do CNAE. (Destilados da cana-de-açúcar e rapadura);

(3) Referente a indústrias que produzem bebidas ligadas a agroindústria segundo classificação do CNAE. (Destilados da cana-de-açúcar).

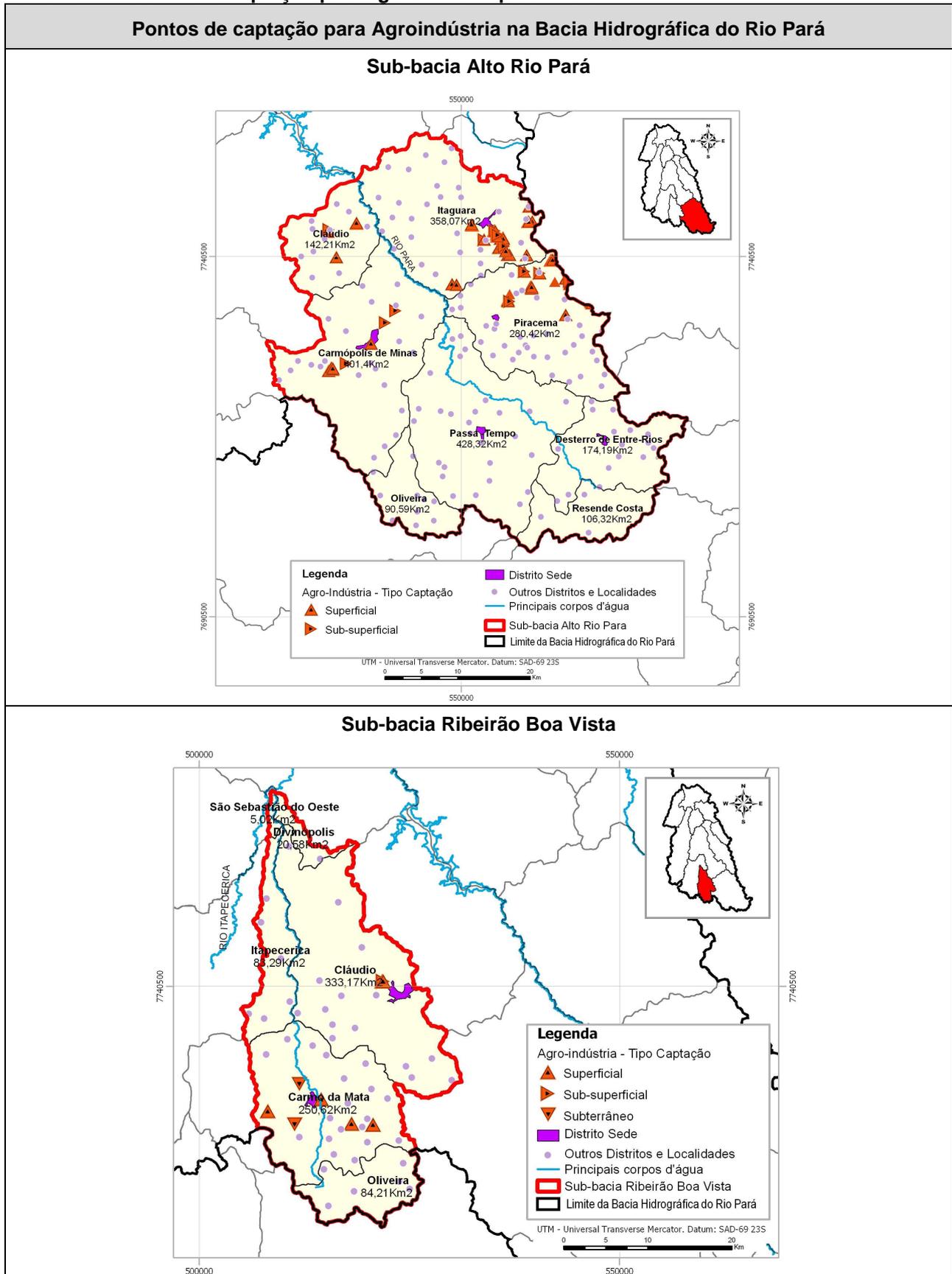
 Maiores quantitativos de pontos de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

 Maiores vazões de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

Nota-se na **Tabela 58** que a Sub-bacia Rio São João se destaca na Bacia Hidrográfica do Rio Pará na utilização dos recursos hídricos para agroindústria, seguida da Sub-bacia Rio Itapeçerica, e da Sub-bacia Ribeirão da Paciência

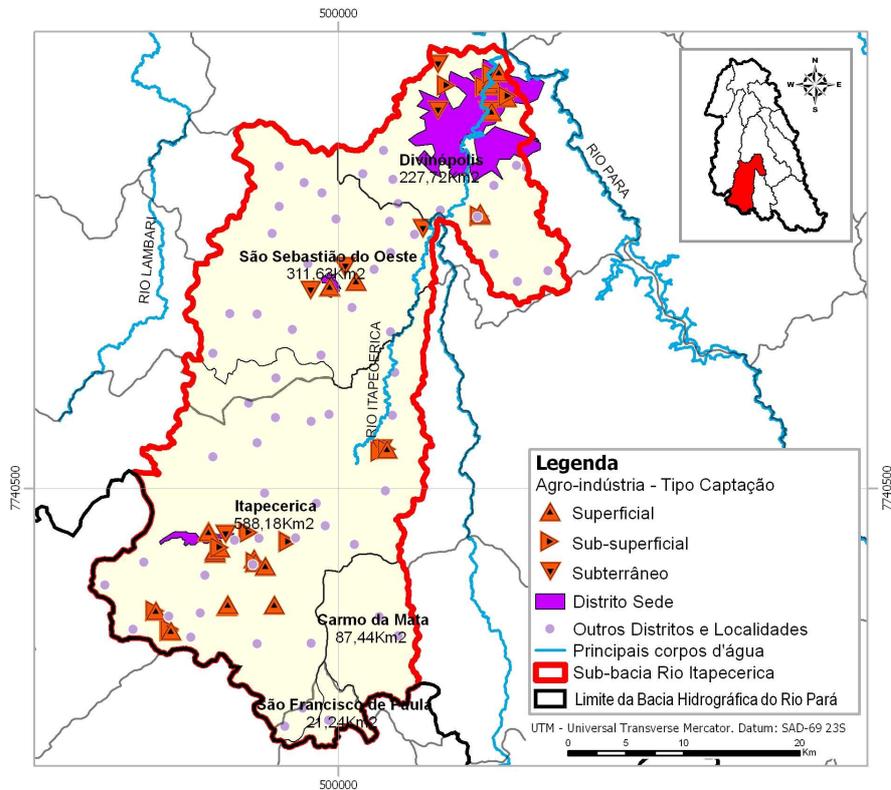
A **Tabela 59** a seguir mostra a localização destes pontos de captação para agroindústria por sub-bacia. Os arquivos completos com as captações significantes para agroindústria estão no **Anexo 5**. Os arquivos formato JPG com os mapas da **Tabela 59** estão presentes no **Anexo 1**. Os arquivos em formato shapefile com os pontos de captação, dos usuários significantes e insignificantes estão no **Anexo 3**.

Tabela 59 – Pontos de captação para agroindústria por sub-bacia

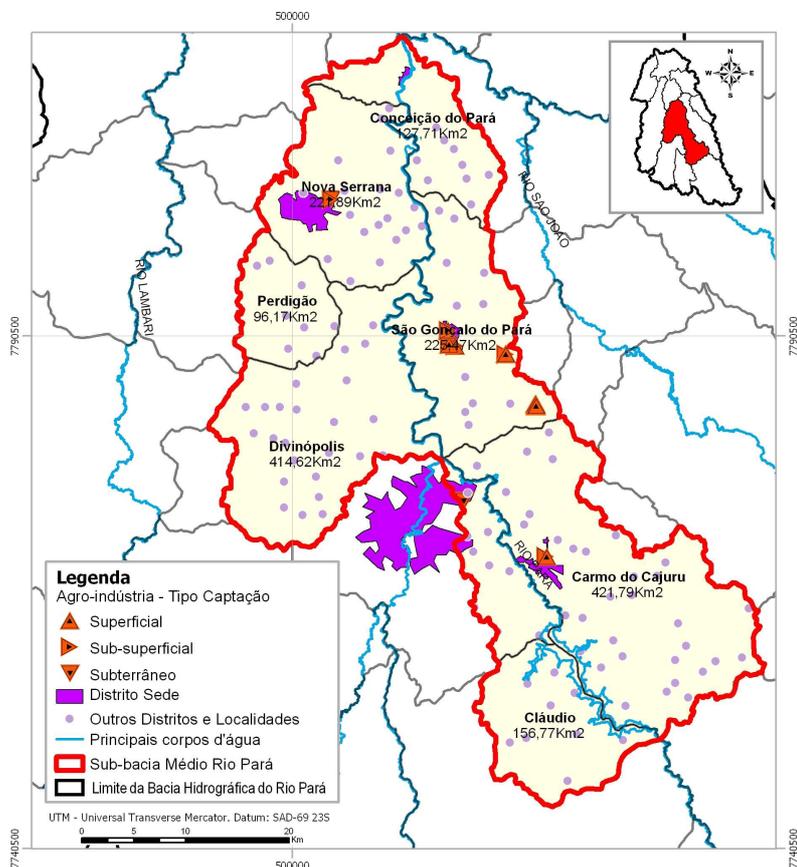


Pontos de captação para Agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Itapecerica

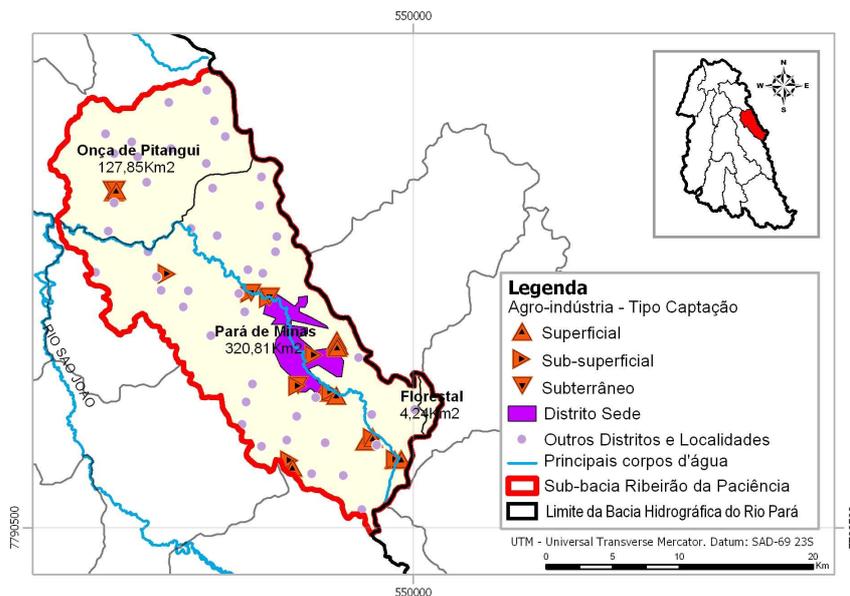


Sub-bacia Médio Rio Pará

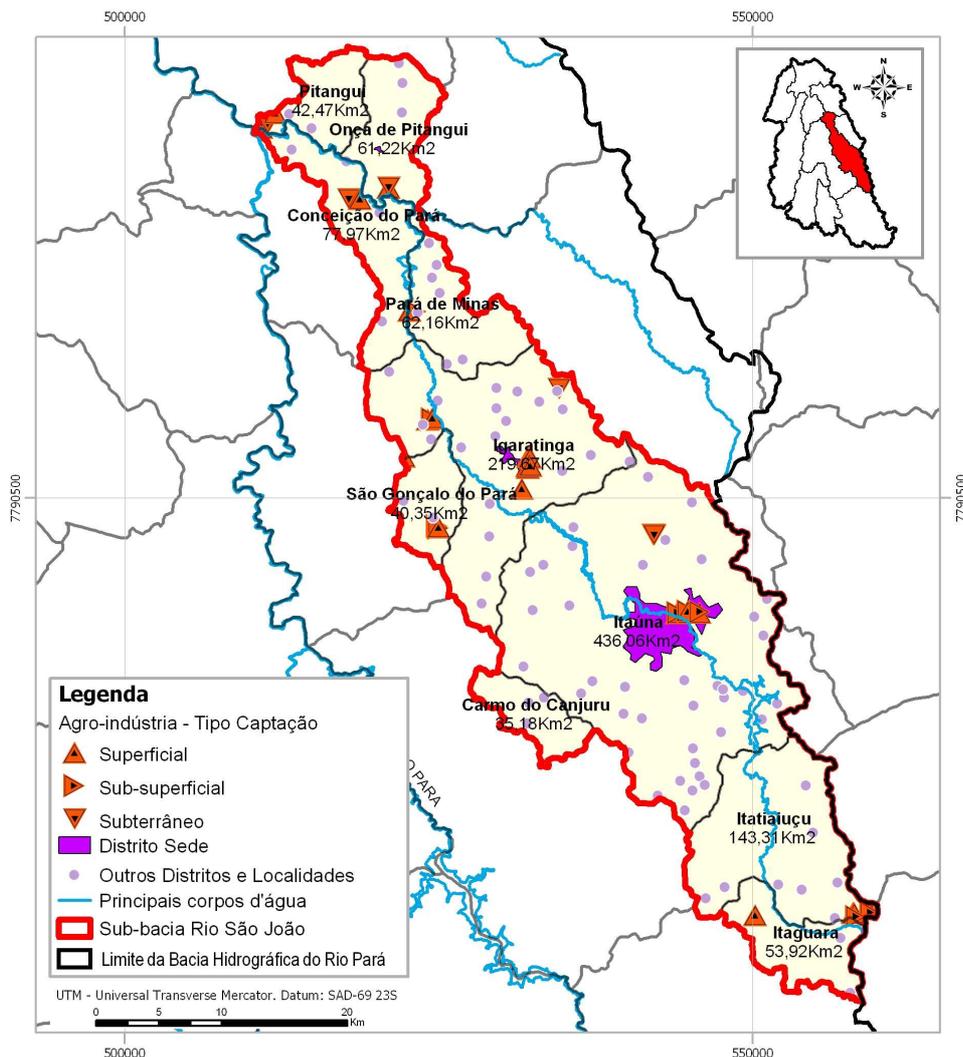


Pontos de captação para Agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

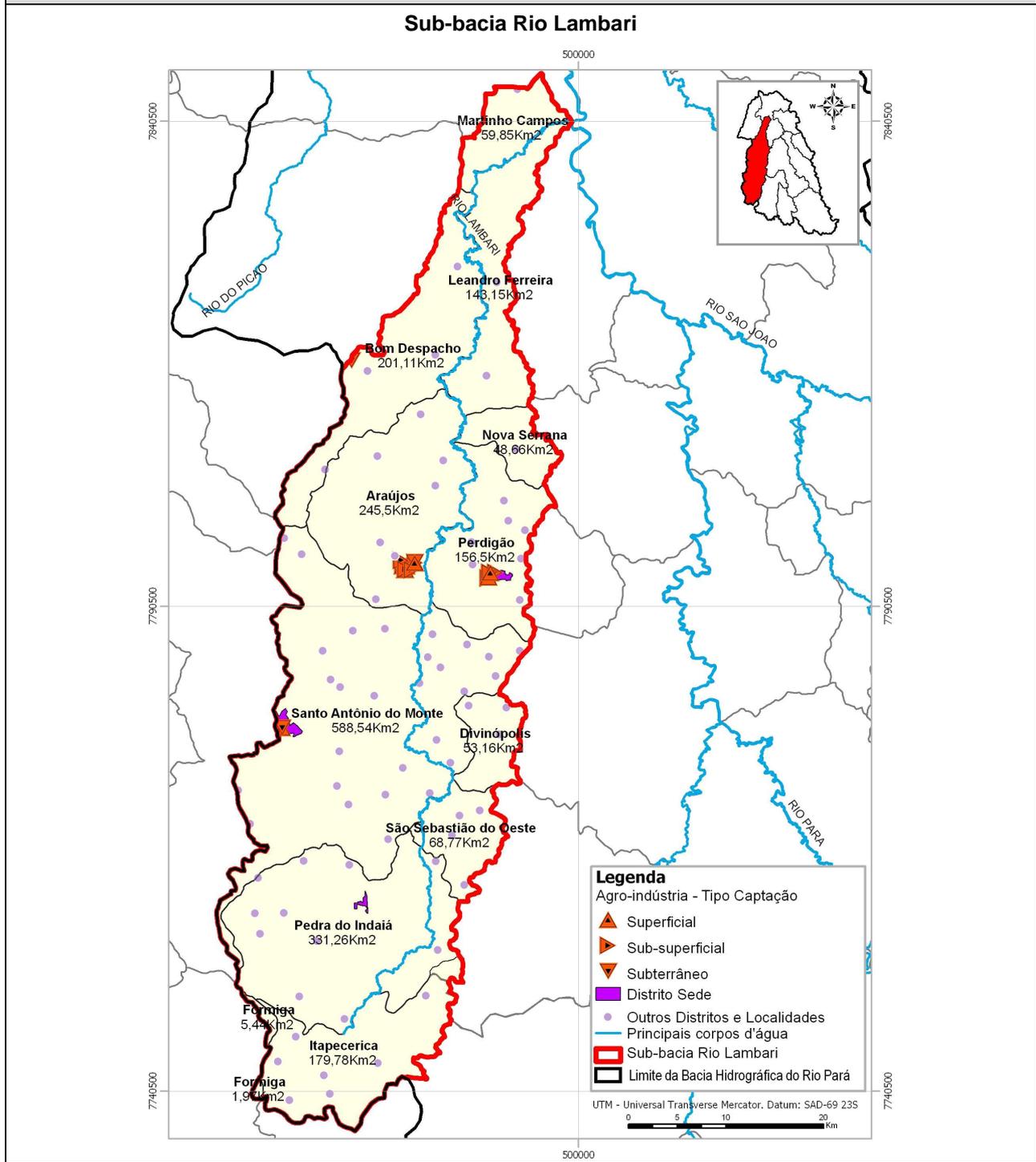
Sub-bacia Ribeirão da Paciência



Sub-bacia Rio São João

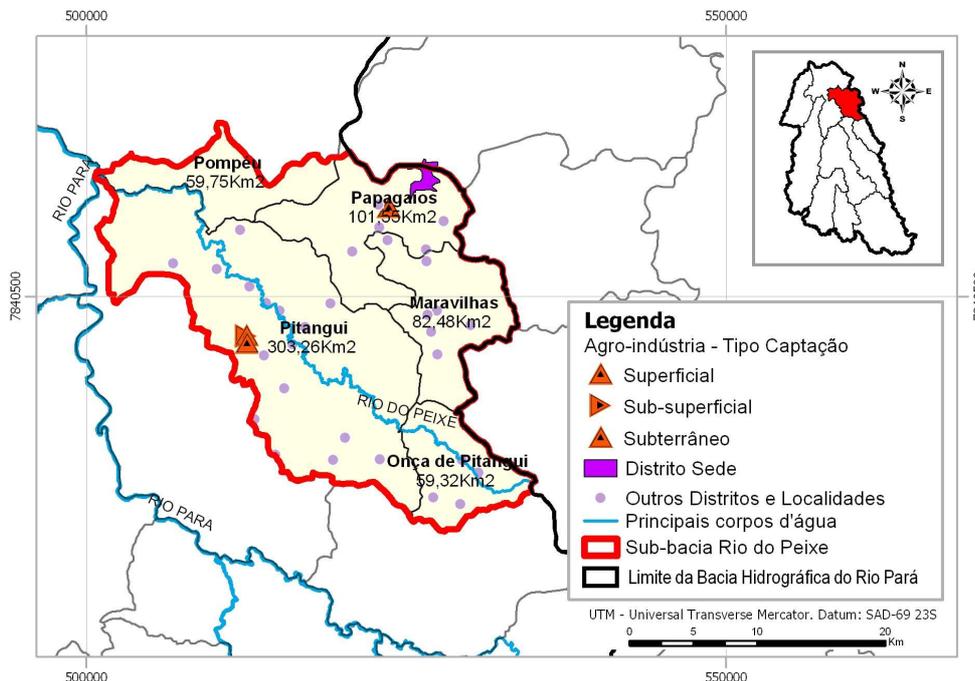


Pontos de captação para Agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

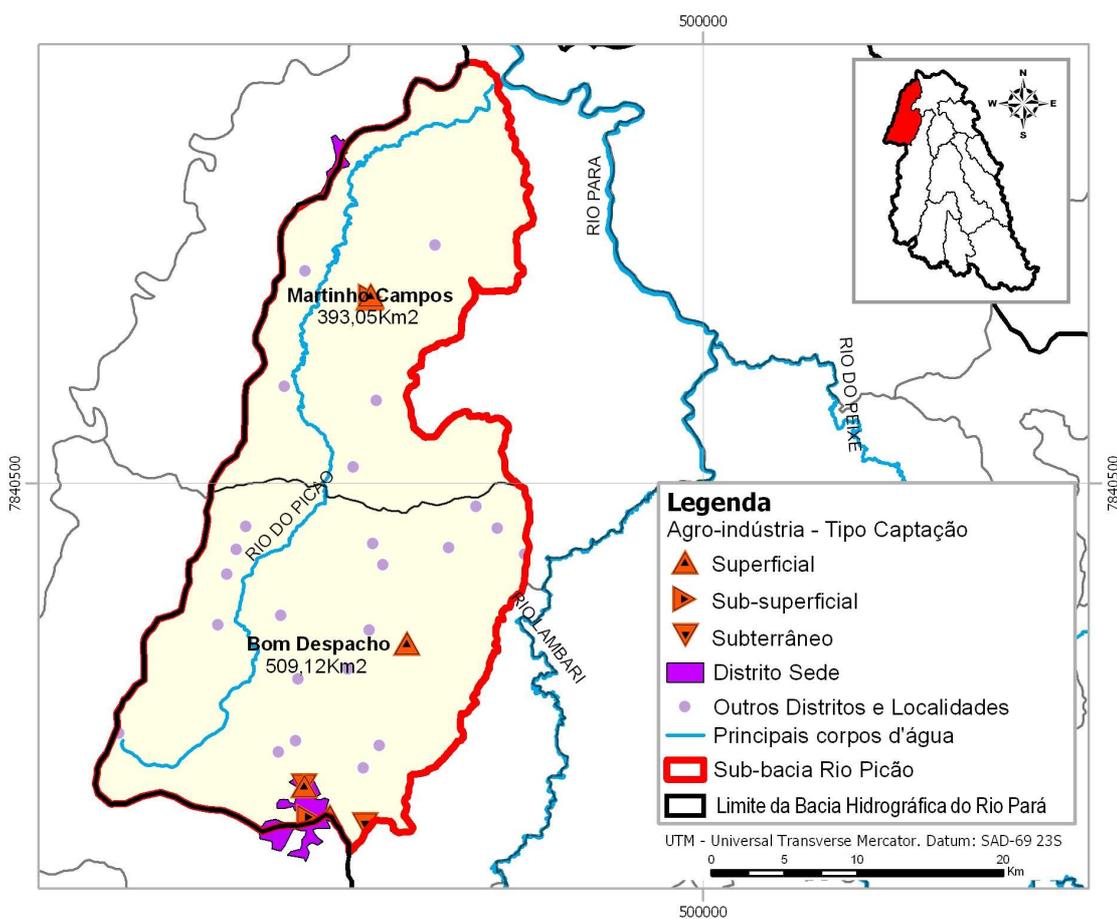


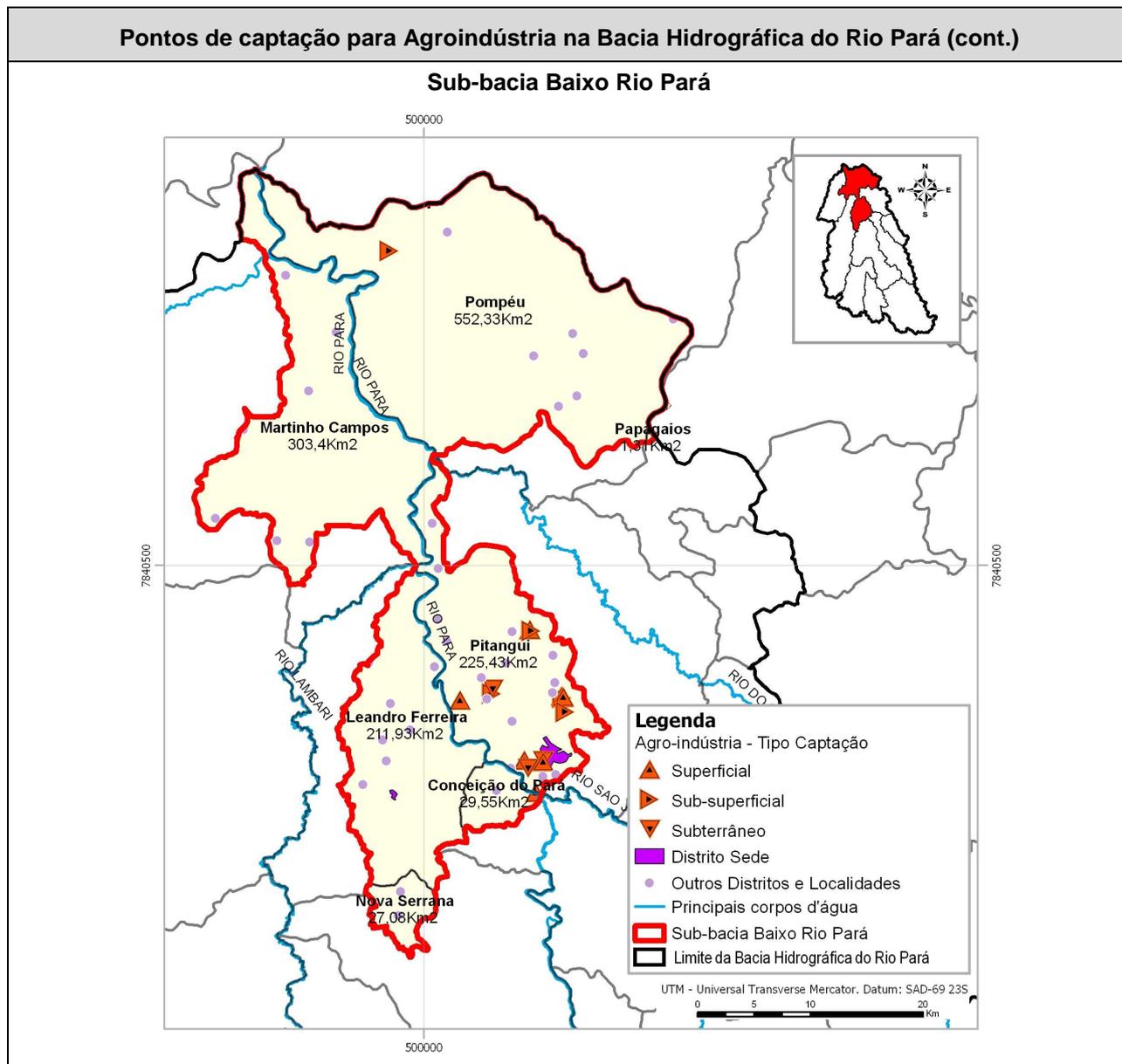
Pontos de captação para Agroindústria na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio do Peixe



Sub-bacia Rio Picão





Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.7 Outros Usos (Hotéis, Motéis, Clubes Recreativos, Condomínios, etc.)

Na execução do Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará a Associação de Usuários registrou 164 usos significantes dentro da categoria de outros usos, que inclui hotéis, motéis, associações, bares, restaurantes, órgãos públicos, clubes e centros religiosos, entre outros. Estes usos estão distribuídos em 24 municípios, em quase todas as 10 sub-bacias, com exceção da Sub-bacia Rio do Peixe, que não recebeu nenhum registro de usuário significativo.

A **Tabela 60** a seguir mostra o resultado da utilização dos recursos hídricos por usuários considerados significantes para outros usos por município.

Tabela 60 – Pontos e vazão de captação para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006

Pontos e vazão de captação para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Araújos	3	3	28,00
Bom Despacho	6	11	140,20
Carmo da Mata	2	2	7,00
Carmo do Cajuru	4	4	38,50
Carmópolis de Minas	1	1	5,00
Cláudio	19	22	100,00
Conceição do Pará	3	3	13,00
Desterro de Entre Rios	1	1	1,00
Divinópolis	54	102	1.113,55
Florestal	0	0	0,00
Formiga	0	0	0,00
Igaratinga	1	1	4,00
Itaguara	1	1	0,00
Itapecerica	5	10	101,00
Itatiaiuçu	0	0	0,00
Itaúna	20	53	674,75
Leandro Ferreira	0	0	0,00
Maravilhas	0	0	0,00
Martinho Campos	3	9	25,00
Nova Serrana	6	9	191,20
Oliveira	2	2	5,00
Onça de Pitangui	0	0	0,00
Papagaios	0	0	0,00
Pará de Minas	1	1	3,00
Passa Tempo	3	4	10,00
Pedra do Indaiá	0	0	0,00
Perdigão	2	2	30,00
Piracema	7	10	77,00
Pitangui	9	10	266,00
Pompéu	0	0	0,00
Resende Costa	0	0	0,00
Santo Antônio do Monte	5	5	13,00
São Francisco de Paula	0	0	0,00
São Gonçalo do Pará	2	5	63,12
São Sebastião do Oeste	5	9	49,50
TOTAL	165	280	2.958,82

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos de pontos de captação

 Maiores vazões de captação

 Pontos e vazão de captação inexistentes

Nota-se na **Tabela 60** que o Município de Divinópolis destaca-se na Bacia Hidrográfica do Rio Pará na utilização dos recursos hídricos para outros usos. Do total captado de 1.383,97 m³/dia de usuários significantes deste município, 514,38 m³/dia estão alocados para clubes no município. Hotéis e motéis são responsáveis por 305,70 m³/dia. Outro usuário significativo é um terminal de transporte ferroviário existente no município cuja captação de 121,00 m³/dia é utilizada na manutenção de máquinas e vagões. (Cadastro dos Significantes)

Em Itaúna os maiores consumidores são as instituições de ensino. Em Bom Despacho o consumo maior é de instituições públicas de segurança. Em Pitangui, Nova Serrana e Itapeçerica o consumo maior é em clubes e hotéis.

O Município de Conceição do Pará também se destaca na captação por usuários insignificantes, ficando em segundo lugar como usuário de recursos hídricos para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará. O cadastro de insignificantes não define quais são exatamente os usos em que esta vazão está alocada.

O uso dos recursos hídricos para outros usos nas sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará está distribuído conforme descrito na **Tabela 61**. Nela estão as captções dos usuários insignificantes e uma projeção tendencial para 2016, com a aplicação da taxa de crescimento demográfico presente no **Anexo 4**.

Tabela 61 – Pontos e vazão de captação para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006

Pontos e vazão de captação para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	13	13	2	28	33,00	86,00	3,00	122,00
Ribeirão Boa Vista	3	10	0	13	3,00	77,00	0,00	80,00
Rio Itapeçerica	51	41	21	113	165,83	572,60	466,20	1.204,63
Médio Rio Pará	4	14	9	27	25,62	207,00	122,12	354,74
Ribeirão da Paciência	0	1	0	1	0,00	3,00	0,00	3,00
Rio São João	27	22	8	57	225,45	263,80	200,00	689,25
Rio Lambari	1	7	3	11	4,00	42,00	28,00	74,00
Rio do Peixe	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Picão	8	7	4	19	11,20	59,00	88,00	158,20
Baixo Rio Pará	1	1	9	11	12,00	3,00	258,00	273,00
Total Geral	108	116	56	280	480,10	1.313,40	1.165,32	2.958,82

Pontos e vazão de captação para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – Tendencial 2016									
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m ³ /dia)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	0,74	14,0	14,0	2,2	30,1	35,53	92,58	3,23	131,34
Ribeirão Boa Vista	1,21	3,4	11,3	0,0	14,7	3,38	86,82	0,00	90,20
Rio Itapecerica	1,77	60,8	48,9	25,0	134,7	197,68	682,57	555,74	1.435,99
Médio Rio Pará	3,24	5,5	19,3	12,4	37,1	35,24	284,74	167,98	487,96
Ribeirão da Paciência	1,82	0,0	1,2	0,0	1,2	0,00	3,59	0,00	3,59
Rio São João	1,62	31,7	25,8	9,4	66,9	264,77	309,81	234,89	809,47
Rio Lambari	2,02	1,2	8,6	3,7	13,4	4,89	51,30	34,20	90,39
Rio do Peixe	1,93	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Rio Picão	-0,69	7,5	6,5	3,7	17,7	10,45	55,08	82,15	147,68
Baixo Rio Pará	1,34	1,1	1,1	10,3	12,6	13,70	3,43	294,61	311,73
Total Geral		125,2	136,7	66,6	328,5	565,65	1.569,92	1.372,79	3.508,35

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

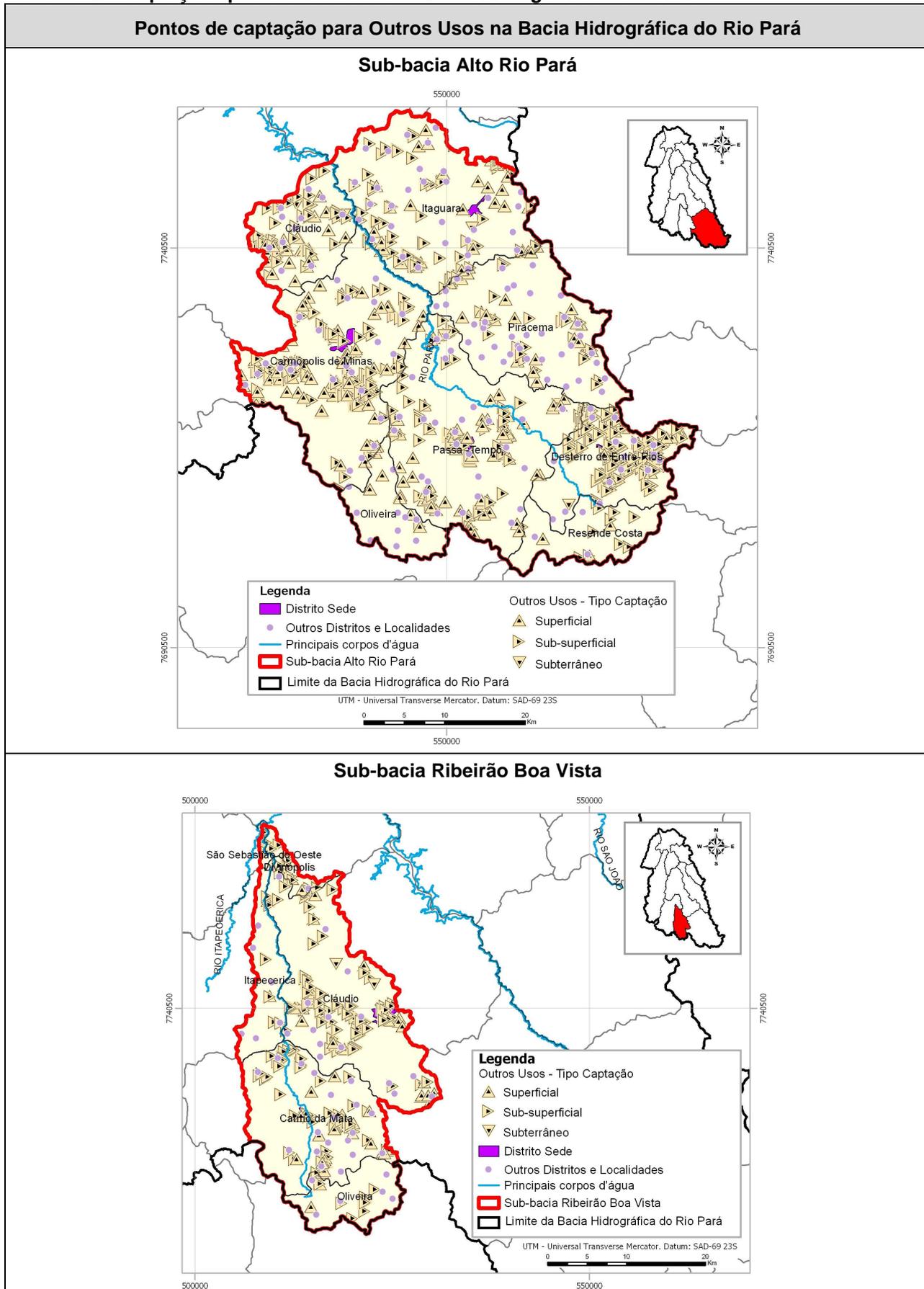
 Maiores quantitativos de pontos de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

 Maiores vazões de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

A **Tabela 61** destaca a Sub-bacia Médio Rio Pará na utilização de recursos hídricos para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Outras sub-bacias que se destacam são a Alto Rio Pará e a Baixo Rio Pará.

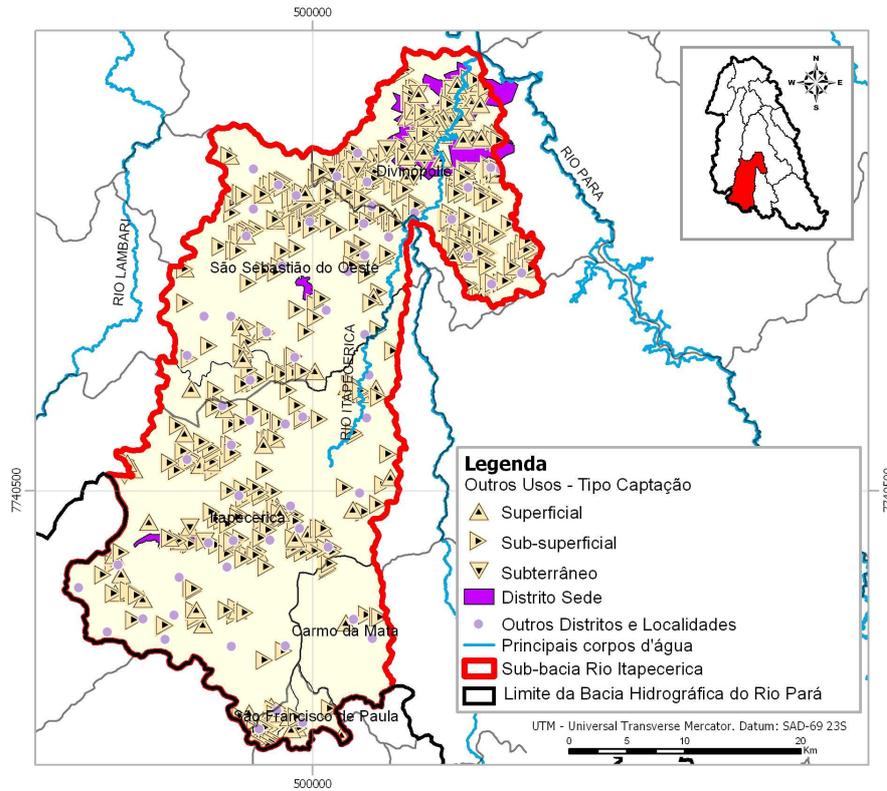
A **Tabela 62** a seguir contém os mapas das 10 sub-bacias com a localização das captações para outros usos. Os arquivos completos com as captações significantes para outros usos estão no **Anexo 5**. Os arquivos formato JPG com os mapas da **Tabela 62** estão presentes no **Anexo 1**. Os arquivos em formato shapefile com os pontos de captação, dos usuários significantes e insignificantes estão no **Anexo 3**.

Tabela 62 – Captações para Outros Usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

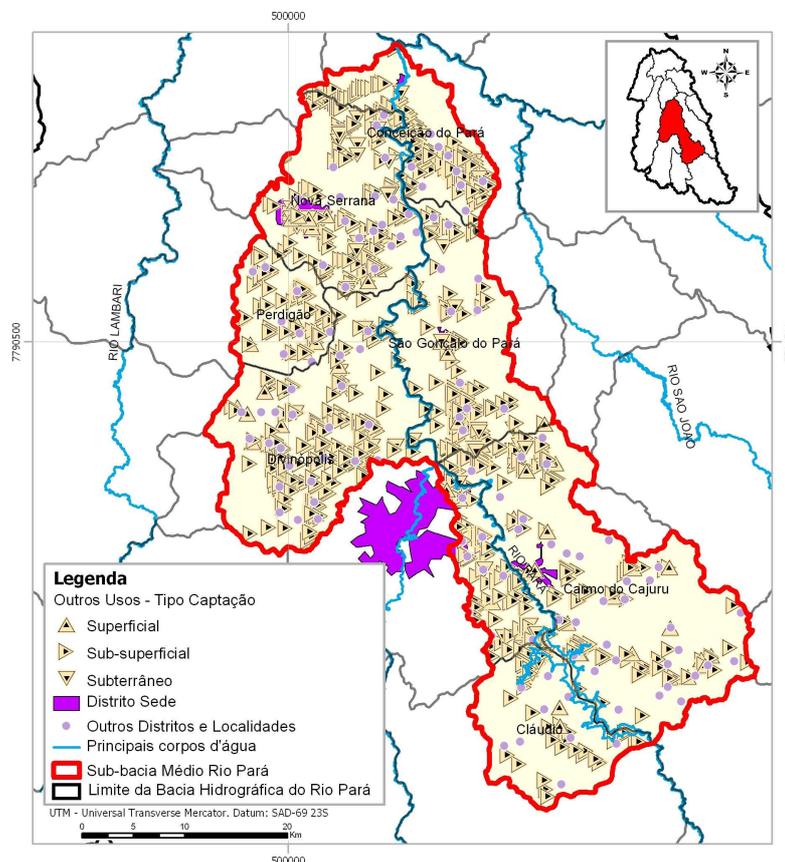


Pontos de captação para Outros Usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

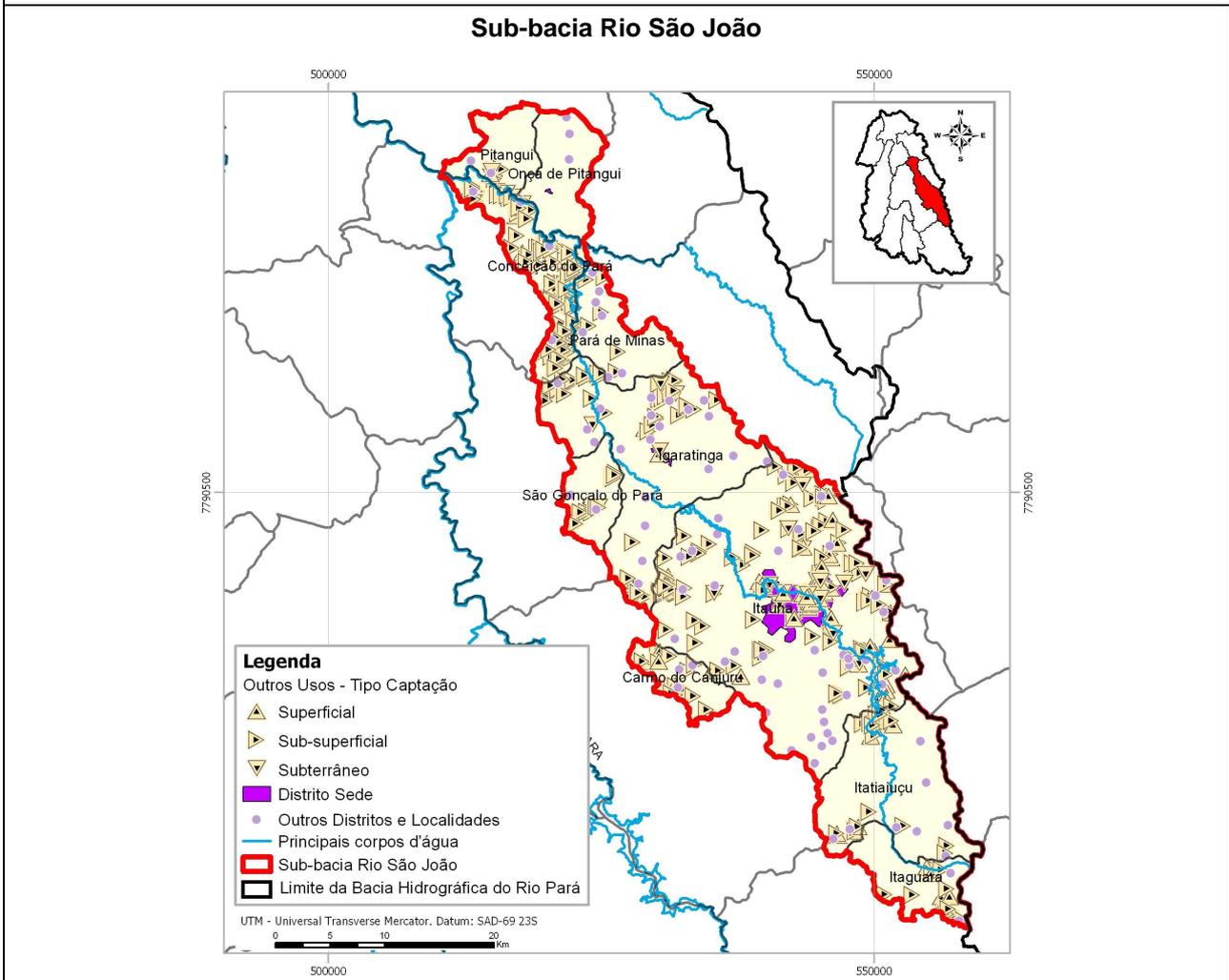
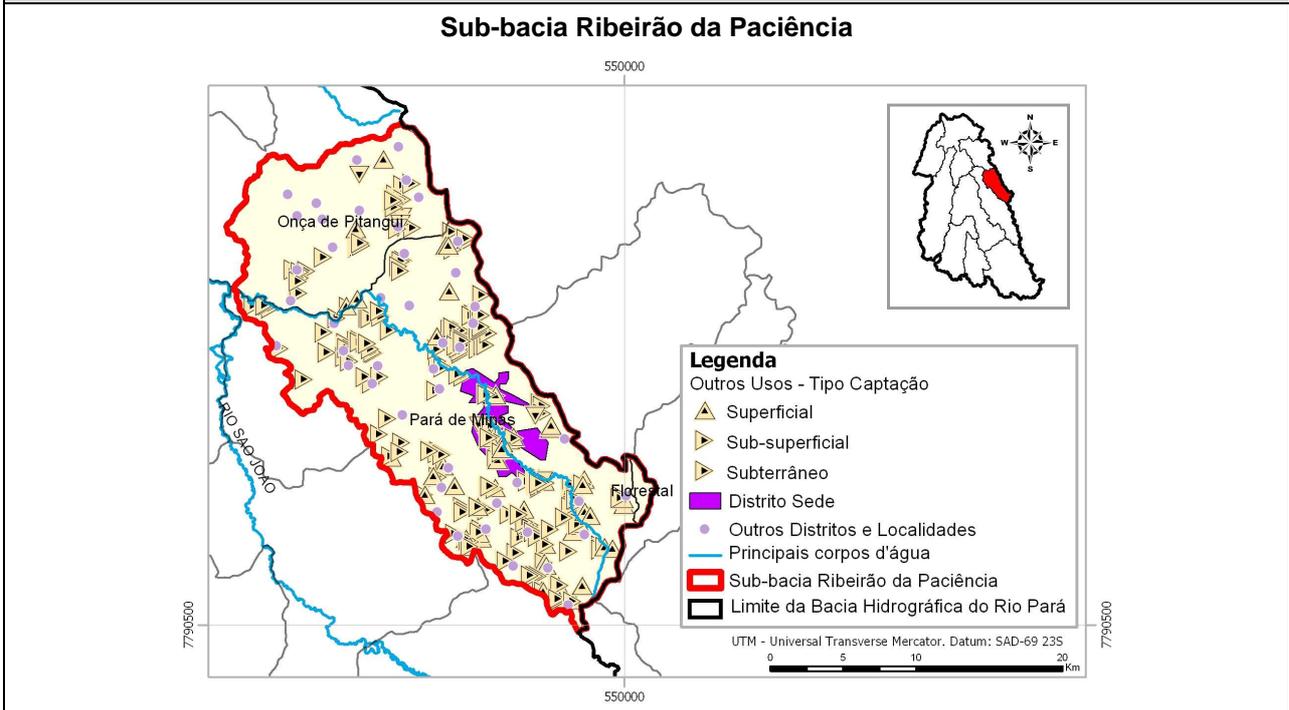
Sub-bacia Rio Itapeçerica



Sub-bacia Médio Rio Pará

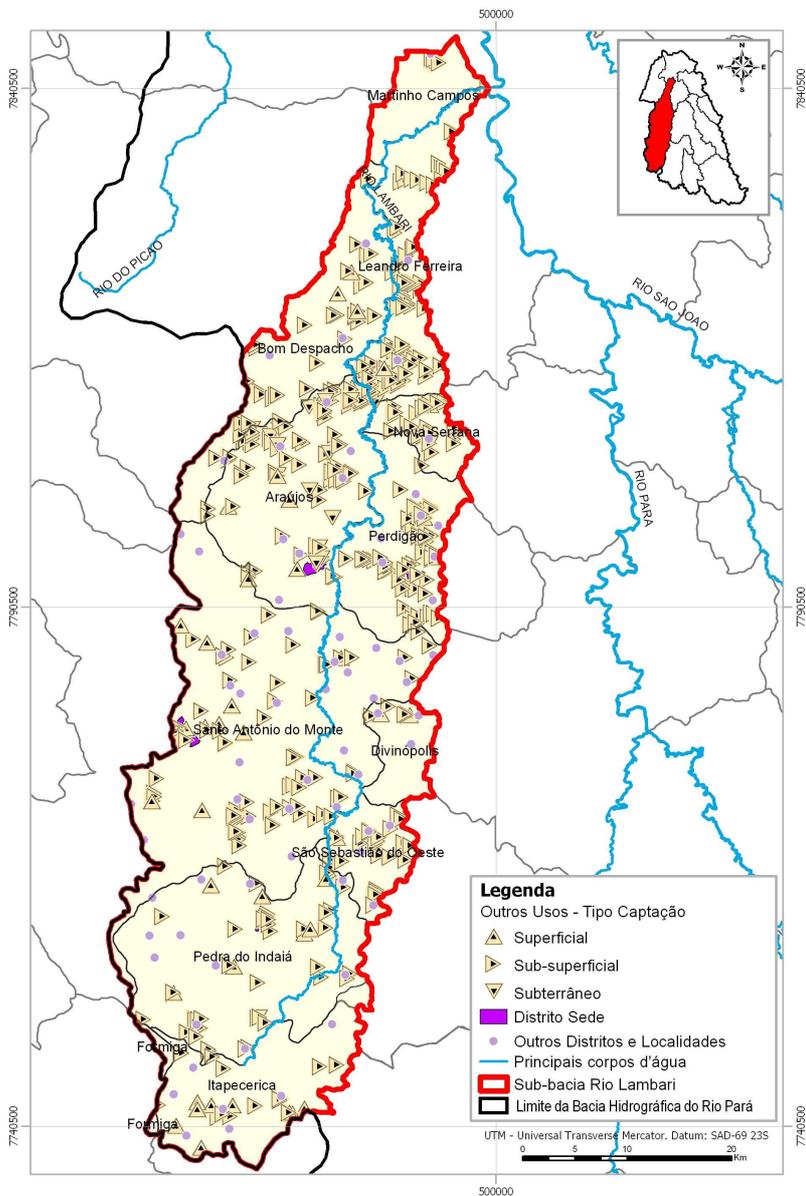


Pontos de captação para Outros Usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

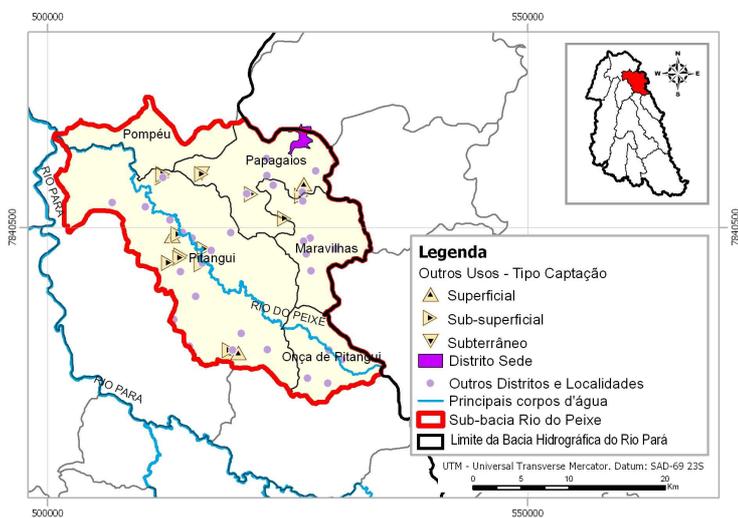


Pontos de captação para Outros Usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

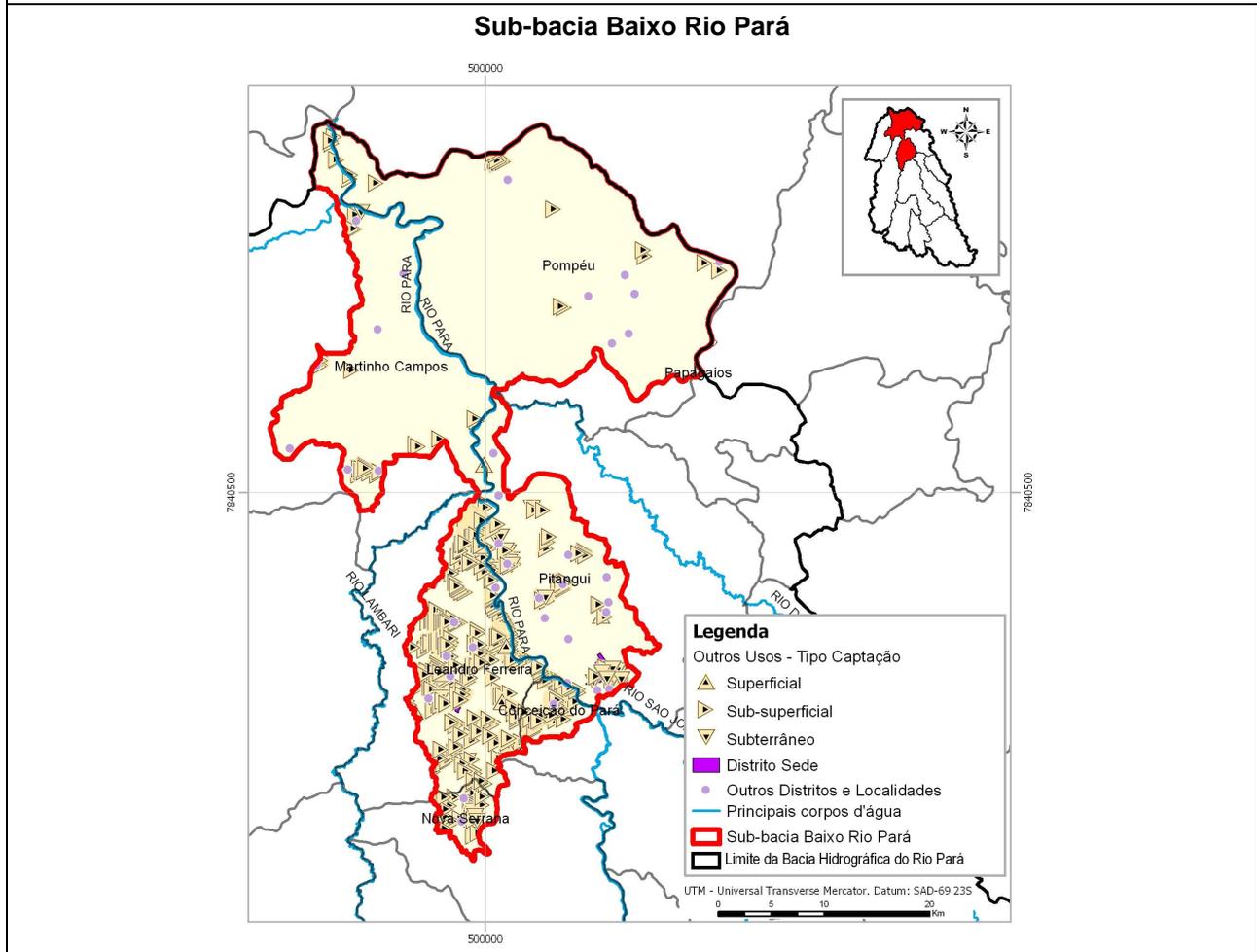
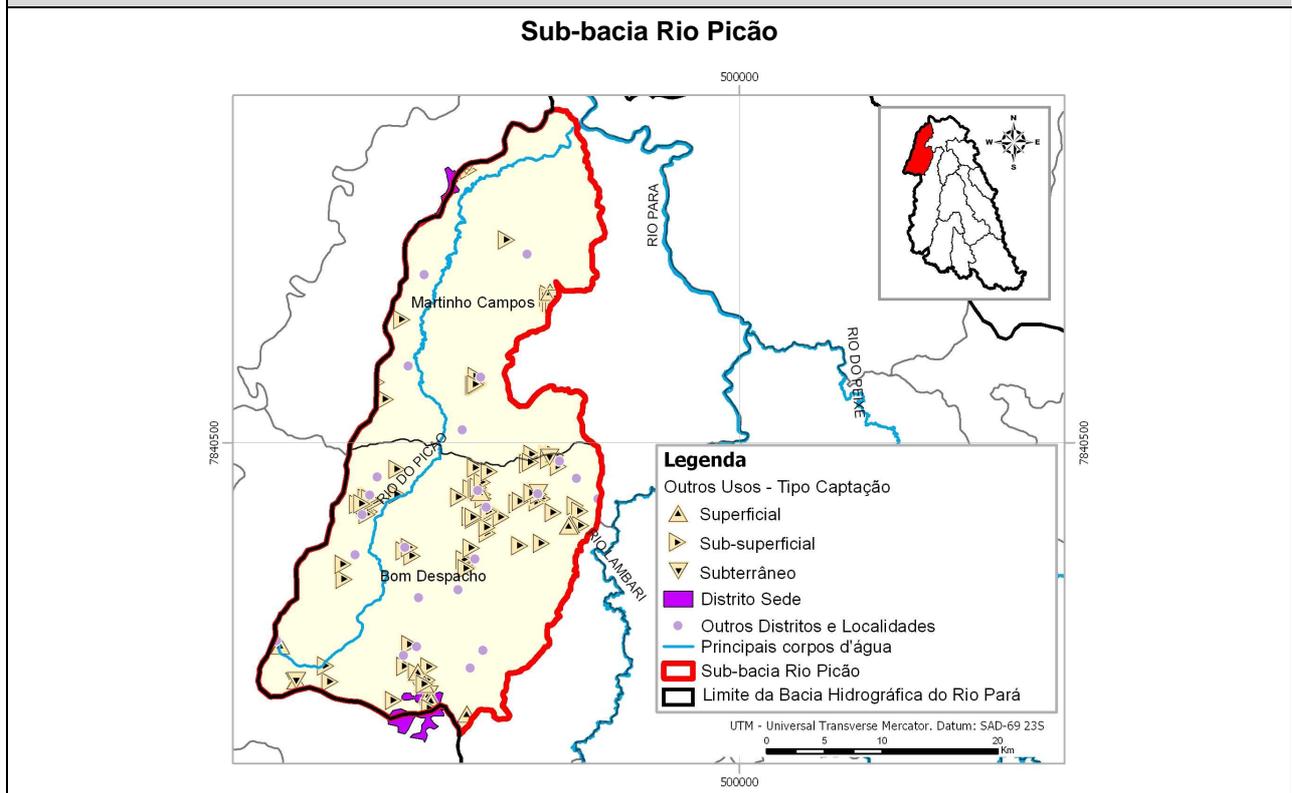
Sub-bacia Rio Lambari



Sub-bacia Rio do Peixe



Pontos de captação para Outros Usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)



Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.8 Aquicultura

Tabela 63 – Pontos e vazão de captação para aquicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006

Pontos e vazão de captação para aquicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Araújos	0	0	0,00
Bom Despacho	0	0	0,00
Carmo da Mata	12	28	796,90
Carmo do Cajuru	2	21	875,20
Carmópolis de Minas	1	7	357,60
Cláudio	4	30	3.027,50
Conceição do Pará	0	0	0,00
Desterro de Entre Rios	16	34	215,20
Divinópolis	84	236	1.600,34
Florestal	0	0	0,00
Formiga	0	0	0,00
Igaratinga	0	0	0,00
Itaguara	0	0	0,00
Itapecerica	7	24	1.052,76
Itatiaiuçu	3	15	1.933,86
Itaúna	2	8	533,40
Leandro Ferreira	0	0	0,00
Maravilhas	0	0	0,00
Martinho Campos	0	0	0,00
Nova Serrana	0	0	0,00
Oliveira	0	0	0,00
Onça de Pitangui	0	0	0,00
Papagaios	1	7	440,90
Pará de Minas	2	9	191,50
Passa Tempo	0	0	0,00
Pedra do Indaiá	8	34	855,30
Perdigão	1	11	45,00
Piracema	12	73	418,06
Pitangui	0	0	0,00
Pompéu	1	6	836,10
Resende Costa	1	4	240,00
Santo Antônio do Monte	19	82	2.668,70

Pontos e vazão de captação para aqüicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006 (cont.)			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
São Francisco de Paula	0	0	0,00
São Gonçalo do Pará	3	13	497,70
São Sebastião do Oeste	16	71	217,00
TOTAL	195	713	16.803,02

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos de pontos de captação

 Maiores vazões de captação

 Pontos e vazão de captação inexistentes

Tabela 64 – Pontos e vazão de captação para aqüicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016

Pontos e vazão de captação para aqüicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2006)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2006)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	122	7	0	129	1.604,26	25,00	0,00	1.629,26
Ribeirão Boa Vista	33	9	0	42	2.922,40	28,00	0,00	2.950,40
Rio Itapecerica	96	42	4	142	1.357,20	158,00	19,00	1.534,20
Médio Rio Pará	140	62	6	208	2.133,30	208,50	39,00	2.380,80
Ribeirão da Paciência	8	1	0	9	190,50	1,00	0,00	191,50
Rio São João	30	5	0	35	2.766,46	10,00	0,00	2.776,46
Rio Lambari	112	23	0	135	4.006,40	57,00	0,00	4.063,40
Rio do Peixe	5	2	0	7	432,90	8,00	0,00	440,90
Rio Picão	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Baixo Rio Pará	5	1	0	6	833,60	2,50	0,00	836,10
Total Geral	551	152	10	713	16.247,02	498,00	58,00	16.803,02

Pontos e vazão de captação para aquícultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – Tendencial 2016 e 2016 (cont.)									
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2016)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2016)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	0,73	131,2	7,5	0,0	138,7	1.725,43	26,89	0,00	1.752,32
Ribeirão Boa Vista	1,26	37,4	10,2	0,0	47,6	3.312,70	31,74	0,00	3.344,44
Rio Itapecerica	-0,02	95,8	41,9	4,0	141,7	1.354,79	157,72	18,97	1.531,48
Médio Rio Pará	2,36	176,8	78,3	7,6	262,7	2.694,49	263,35	49,26	3.007,09
Ribeirão da Paciência	1,57	9,3	1,2	0,0	10,5	222,60	1,17	0,00	223,77
Rio São João	1,66	35,4	5,9	0,0	41,3	3.262,26	11,79	0,00	3.274,06
Rio Lambari	1,27	127,0	26,1	0,0	153,1	4.543,80	64,65	0,00	4.608,44
Rio do Peixe	0,98	5,5	2,2	0,0	7,7	477,16	8,82	0,00	485,97
Rio Picão	0,87	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Baixo Rio Pará	1,42	5,8	1,2	0,0	6,9	959,36	2,88	0,00	962,24
Total Geral		624,3	174,5	11,6	810,3	18.552,58	569,00	68,23	19.189,81

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos de pontos de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

 Maiores vazões de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

5.4.9 Criação Animal

5.4.9.1 Avicultura

Tabela 65 – Pontos e vazão de captação para avicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006

Pontos e vazão de captação para avicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Araújos	1	4	26,00
Bom Despacho	5	13	229,00
Carmo da Mata	0	0	0,00
Carmo do Cajuru	2	2	345,00

Pontos e vazão de captação para avicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006 (cont.)			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Carmópolis de Minas	0	0	0,00
Cláudio	4	17	46,00
Conceição do Pará	10	14	226,00
Desterro de Entre Rios	1	3	8,00
Divinópolis	12	32	599,80
Florestal	0	0	0,00
Formiga	0	0	0,00
Igaratinga	18	40	1.206,10
Itaguara	0	0	0,00
Itapecerica	10	47	342,50
Itatiaiuçu	0	0	0,00
Itaúna	7	12	396,00
Leandro Ferreira	6	54	305,00
Maravilhas	0	0	0,00
Martinho Campos	0	0	0,00
Nova Serrana	3	17	557,00
Oliveira	0	0	0,00
Onça de Pitangui	3	4	148,00
Papagaios	2	5	106,00
Pará de Minas	40	138	1.703,50
Passa Tempo	0	0	0,00
Pedra do Indaiá	7	27	194,10
Perdigão	7	38	280,50
Piracema	2	11	58,00
Pitangui	1	4	480,00
Pompéu	0	0	0,00
Resende Costa	0	0	0,00
Santo Antônio do Monte	12	35	275,00
São Francisco de Paula	0	0	0,00
São Gonçalo do Pará	4	12	131,00
São Sebastião do Oeste	28	131	753,10
TOTAL	185	660	8.415,60

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

-  Maiores quantitativos de pontos de captação
-  Maiores vazões de captação
-  Pontos e vazão de captação inexistentes

Tabela 66 – Pontos e vazão de captação para avicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016

Pontos e vazão de captação para avicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2006)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2006)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	13	2	1	16	49,00	19,00	20,00	88,00
Ribeirão Boa Vista	17	9	0	26	130,00	53,00	0,00	183,00
Rio Itapeçerica	111	46	0	157	453,60	535,20	0,00	988,80
Médio Rio Pará	40	21	8	69	464,20	436,40	738,00	1.638,60
Ribeirão da Paciência	85	42	13	140	617,00	505,50	707,00	1.829,50
Rio São João	27	25	16	68	272,40	271,00	1.210,70	1.754,10
Rio Lambari	115	41	1	157	702,10	393,50	45,00	1.140,60
Rio do Peixe	3	2	0	5	44,00	62,00	0,00	106,00
Rio Picão	6	3	2	11	69,00	60,00	49,00	178,00
Baixo Rio Pará	3	3	5	11	14,00	11,00	484,00	509,00
Total Geral	420	194	46	660	2.815,30	2.346,60	3.253,70	8.415,60

Pontos e vazão de captação para avicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016 (cont.)									
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2016)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2016)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	0,66	13,9	2,1	1,1	17,1	52,36	20,30	21,37	94,03
Ribeirão Boa Vista	3,07	23,0	12,2	0,0	35,2	175,84	71,69	0,00	247,52
Rio Itapeçerica	6,64	211,1	87,5	0,0	298,5	862,53	1.017,70	0,00	1.880,23
Médio Rio Pará	5,30	67,1	35,2	13,4	115,7	778,36	731,75	1.237,46	2.747,57
Ribeirão da Paciência	-3,45	59,9	29,6	9,2	98,6	434,53	356,00	497,91	1.288,45
Rio São João	-2,20	21,6	20,0	12,8	54,4	218,06	216,94	969,17	1.404,17
Rio Lambari	9,79	292,5	104,3	2,5	399,3	1.785,81	1.000,88	114,46	2.901,14
Rio do Peixe	19,24	17,4	11,6	0,0	29,1	255,68	360,27	0,00	615,95
Rio Picão	29,22	77,9	38,9	26,0	142,8	895,58	778,77	635,99	2.310,35

Pontos e vazão de captação para avicultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016 (cont.)									
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2016)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2016)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Baixo Rio Pará	20,20	18,9	18,9	31,5	69,2	88,13	69,25	3.046,81	3.204,19
Total Geral		803,2	360,3	96,4	1.259,9	5.546,88	4.623,54	6.523,18	16.693,60

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos de pontos de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

 Maiores vazões de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

5.4.9.2 Bovinocultura

Tabela 67 – Pontos e vazão de captação para bovinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006

Pontos e vazão de captação para bovinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Araújos	2	8	191,00
Bom Despacho	21	87	3.074,96
Carmo da Mata	9	54	1.158,00
Carmo do Cajuru	1	8	130,00
Carmópolis de Minas	4	67	334,00
Cláudio	9	88	733,50
Conceição do Pará	3	17	315,00
Desterro de Entre Rios	1	5	86,00
Divinópolis	16	98	1.411,00
Florestal	0	0	0,00
Formiga	0	0	0,00
Igaratinga	4	22	279,08
Itaguara	1	6	68,00
Itapecerica	11	54	815,00
Itatiaiuçu	0	0	0,00
Itaúna	2	12	128,00
Leandro Ferreira	23	436	2.891,50

Pontos e vazão de captação para bovinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006 (cont.)			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Maravilhas	1	1	48,00
Martinho Campos	20	65	1.620,00
Nova Serrana	6	37	756,00
Oliveira	6	25	396,00
Onça de Pitangui	0	0	0,00
Papagaios	6	18	632,00
Pará de Minas	1	33	131,00
Passa Tempo	4	83	704,00
Pedra do Indaiá	2	12	118,00
Perdigão	2	9	88,00
Piracema	2	30	154,00
Pitangui	6	48	731,40
Pompéu	22	103	2.039,80
Resende Costa	0	0	0,00
Santo Antônio do Monte	6	45	600,00
São Francisco de Paula	2	6	71,00
São Gonçalo do Pará	2	16	213,00
São Sebastião do Oeste	5	40	463,00
TOTAL	200	1.533	20.380,24

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos de pontos de captação

 Maiores vazões de captação

 Pontos e vazão de captação inexistentes

Tabela 68 – Pontos e vazão de captação para bovinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006

Pontos e vazão de captação para bovinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2006)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2006)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	186	5	0	191	1.311,00	35,00	0,00	1.346,00
Ribeirão Boa Vista	131	8	0	139	1.515,50	29,00	0,00	1.544,50

Pontos e vazão de captação para bovinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016 (cont.)								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2006)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2006)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Rio Itapecerica	106	18	4	128	1.958,00	80,00	117,00	2.155,00
Médio Rio Pará	113	23	5	141	1.558,00	225,00	148,00	1.931,00
Ribeirão da Paciência	28	5	0	33	110,00	21,00	0,00	131,00
Rio São João	51	13	1	65	872,20	45,88	4,00	922,08
Rio Lambari	349	29	2	380	4.648,46	297,00	17,00	4.962,46
Rio do Peixe	63	12	2	77	1.301,00	184,00	200,00	1.685,00
Rio Picão	53	11	3	67	1.337,00	313,00	134,00	1.784,00
Baixo Rio Pará	271	39	2	312	2.811,30	617,90	490,00	3.919,20
Total Geral	1.351	163	19	1.533	17.422,46	1.847,78	1.110,00	20.380,24

Pontos e vazão de captação para bovinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016

SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2016)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2016)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	-5,15	109,7	2,9	0,0	112,6	773,00	20,64	0,00	793,64
Ribeirão Boa Vista	-0,31	127,0	7,8	0,0	134,7	1.468,73	28,10	0,00	1.496,83
Rio Itapecerica	-2,78	79,9	13,6	3,0	96,5	1.476,25	60,32	88,21	1.624,78
Médio Rio Pará	-3,40	80,0	16,3	3,5	99,8	1.102,37	159,20	104,72	1.366,29
Ribeirão da Paciência	-4,65	17,4	3,1	0,0	20,5	68,34	13,05	0,00	81,39
Rio São João	-5,79	28,1	7,2	0,6	35,8	480,59	25,28	2,20	508,08
Rio Lambari	-7,01	168,8	14,0	1,0	183,7	2.247,74	143,61	8,22	2.399,57
Rio do Peixe	-2,23	50,3	9,6	1,6	61,5	1.038,68	146,90	159,67	1.345,26
Rio Picão	-2,07	43,0	8,9	2,4	54,4	1.084,83	253,96	108,73	1.447,52
Baixo Rio Pará	-1,25	238,9	34,4	1,8	275,0	2.478,06	544,66	431,92	3.454,63
Total Geral		942,9	117,7	13,9	1074,5	12.218,59	1.395,72	903,67	14.517,99

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos de pontos de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

 Maiores vazões de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

5.4.9.3 Suinocultura

Tabela 69 – Pontos e vazão de captação para suinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006

Pontos e vazão de captação para suinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Araújos	1	4	90,00
Bom Despacho	1	2	540,00
Carmo da Mata	3	6	295,60
Carmo do Cajuru	3	18	163,32
Carmópolis de Minas	3	15	40,00
Cláudio	12	60	1.998,88
Conceição do Pará	5	9	45,80
Desterro de Entre Rios	1	3	7,00
Divinópolis	0	0	0,00
Florestal	2	17	370,50
Formiga	0	0	0,00
Igaratinga	9	27	359,20
Itaguara	1	1	36,00
Itapecerica	4	29	102,00
Itatiaiuçu	0	0	0,00
Itaúna	4	9	72,00
Leandro Ferreira	0	0	0,00
Maravilhas	1	2	54,00
Martinho Campos	5	13	2.705,70
Nova Serrana	2	4	13,00
Oliveira	1	2	48,00
Onça de Pitangui	10	22	996,30
Papagaios	2	7	74,00
Pará de Minas	41	150	3.810,72
Passa Tempo	0	0	0,00
Pedra do Indaiá	1	5	36,00
Perdigão	4	15	84,20
Piracema	2	20	166,40
Pitangui	4	40	514,60
Pompéu	4	21	261,50
Resende Costa	0	0	0,00
Santo Antônio do Monte	0	0	0,00

Pontos e vazão de captação para suinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por município – 2006 (cont.)			
MUNICÍPIOS	QTD. CADASTROS	SIGNIFICANTES	
		PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
São Francisco de Paula	0	0	0,00
São Gonçalo do Pará	4	13	237,00
São Sebastião do Oeste	2	4	23,00
TOTAL	132	518	13.144,72

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos de pontos de captação

 Maiores vazões de captação

 Pontos e vazão de captação inexistentes

Tabela 70 – Pontos e vazão de captação para suinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006

Pontos e vazão de captação para suinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016								
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2006)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2006)			
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	37	5	2	44	84,90	55,50	140,00	280,40
Ribeirão Boa Vista	46	13	4	63	1.309,00	212,08	790,40	2.311,48
Rio Itapeçerica	20	8	1	29	31,00	53,00	18,00	102,00
Médio Rio Pará	9	11	2	22	185,40	94,00	11,00	290,40
Ribeirão da Paciência	112	44	15	171	2.275,42	564,00	1.022,50	3.861,92
Rio São João	53	26	5	84	1.662,12	206,00	195,00	2.063,12
Rio Lambari	16	14	0	30	136,20	107,00	0,00	243,20
Rio do Peixe	20	4	1	25	176,00	10,00	50,00	236,00
Rio Picão	3	2	3	8	941,00	26,00	570,00	1.537,00
Baixo Rio Pará	33	8	1	42	2.034,70	118,50	66,00	2.219,20
Total Geral	349	135	34	518	8.835,74	1.446,08	2.862,90	13.144,72

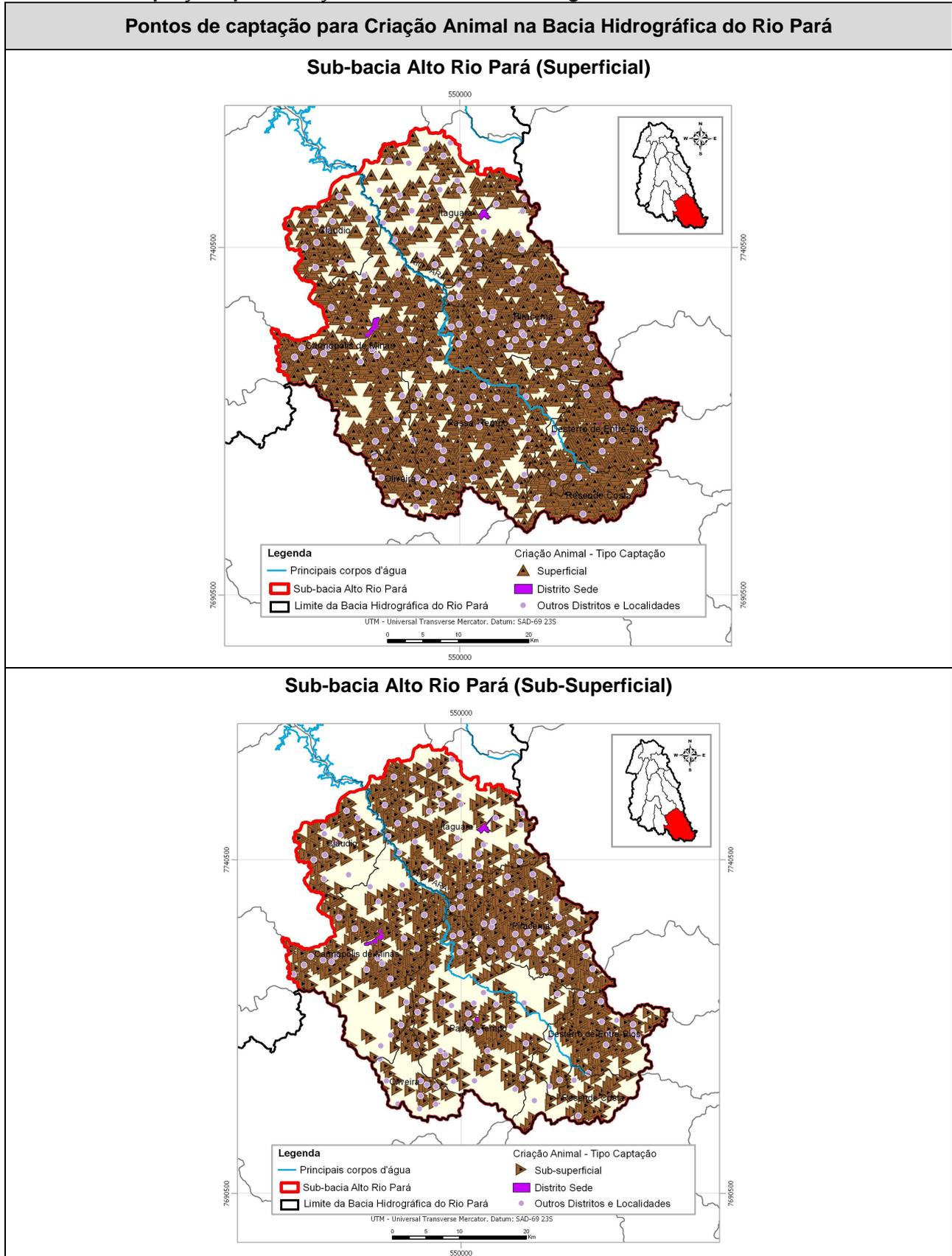
Pontos e vazão de captação para suinocultura na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – 2006 e 2016 (cont.)									
SUB-BACIA	TAXA CRESC. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2016)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2016)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	2,85	49,0	6,6	2,6	58,3	112,40	73,48	185,35	371,23
Ribeirão Boa Vista	14,66	180,7	51,1	15,7	247,5	5.142,76	833,21	3.105,30	9.081,28
Rio Itapeçerica	7,96	43,0	17,2	2,2	62,4	66,66	113,96	38,70	219,33
Médio Rio Pará	9,64	22,6	27,6	5,0	55,2	465,35	235,94	27,61	728,89
Ribeirão da Paciência	7,22	225,0	88,4	30,1	343,5	4.570,55	1.132,89	2.053,86	7.757,29
Rio São João	3,43	74,2	36,4	7,0	117,7	2.328,21	288,55	273,15	2.889,91
Rio Lambari	13,55	57,0	49,9	0,0	106,9	485,21	381,19	0,00	866,40
Rio do Peixe	4,77	31,9	6,4	1,6	39,8	280,39	15,93	79,66	375,98
Rio Picão	30,04	41,5	27,7	41,5	110,7	13.016,38	359,64	7.884,52	21.260,55
Baixo Rio Pará	-0,02	32,9	8,0	1,0	41,9	2.030,03	118,23	65,85	2.214,10
Total Geral		757,8	319,2	106,8	1183,8	28.497,95	3.553,03	13.714,00	45.764,98

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maiores quantitativos de pontos de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

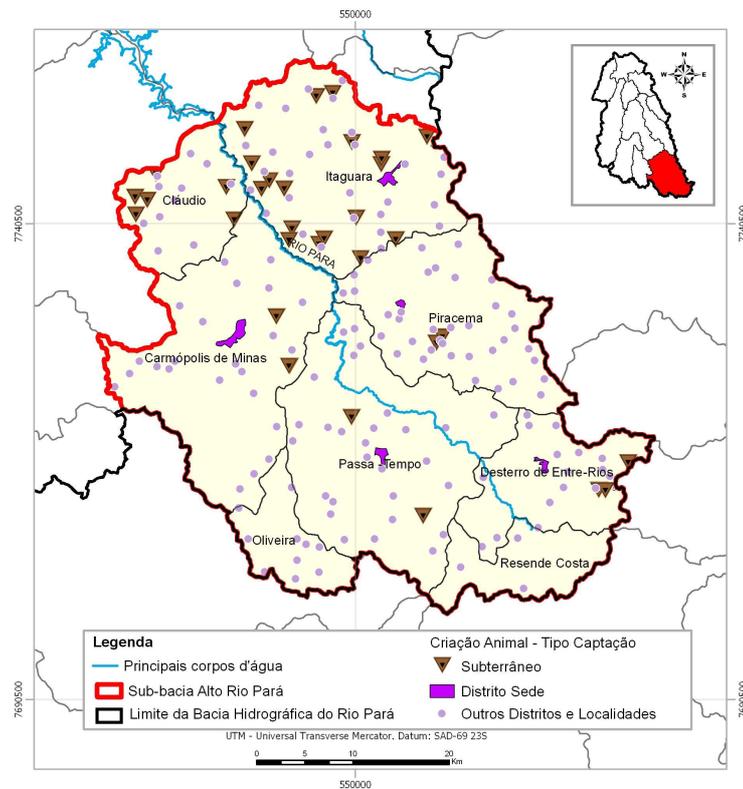
 Maiores vazões de captação superficiais, sub-superficiais, subterrâneos ou totais

Tabela 71 – Captações para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

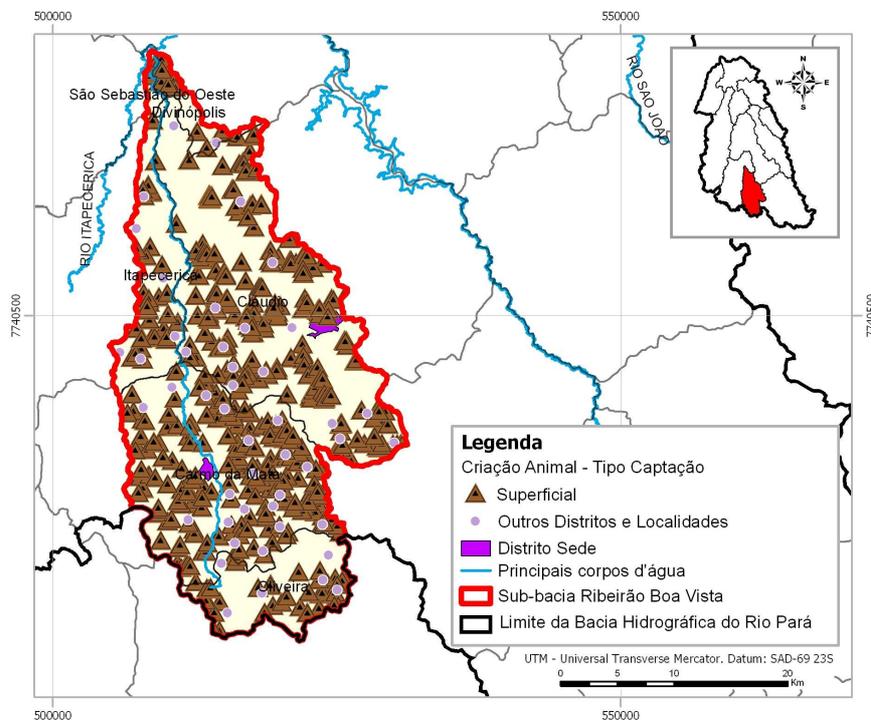


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Alto Rio Pará (Subterrânea)

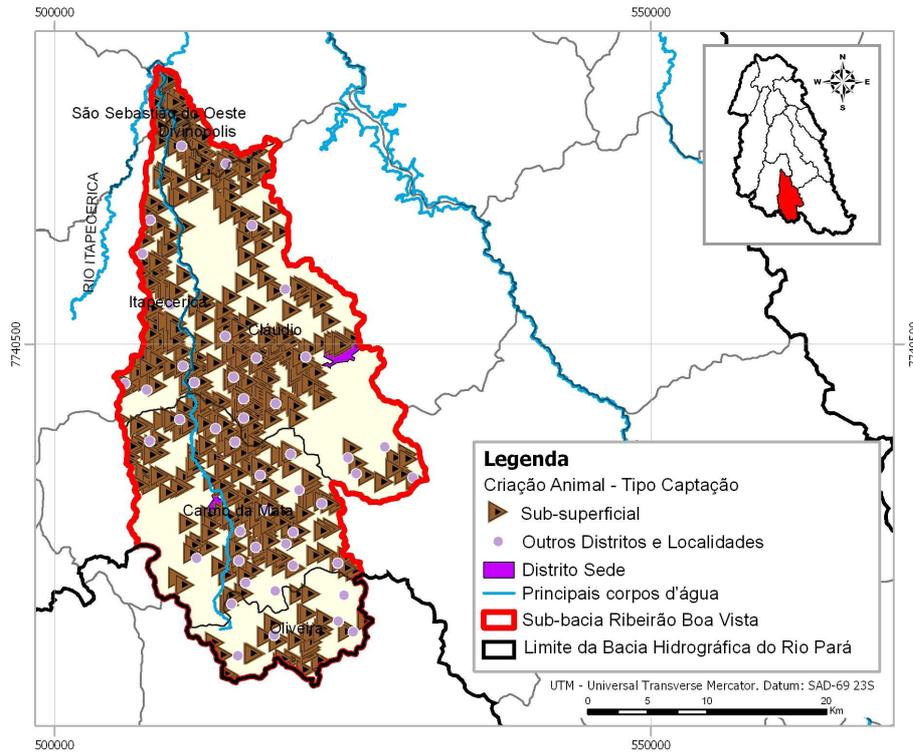


Sub-bacia Ribeirão Boa Vista (Superficial)

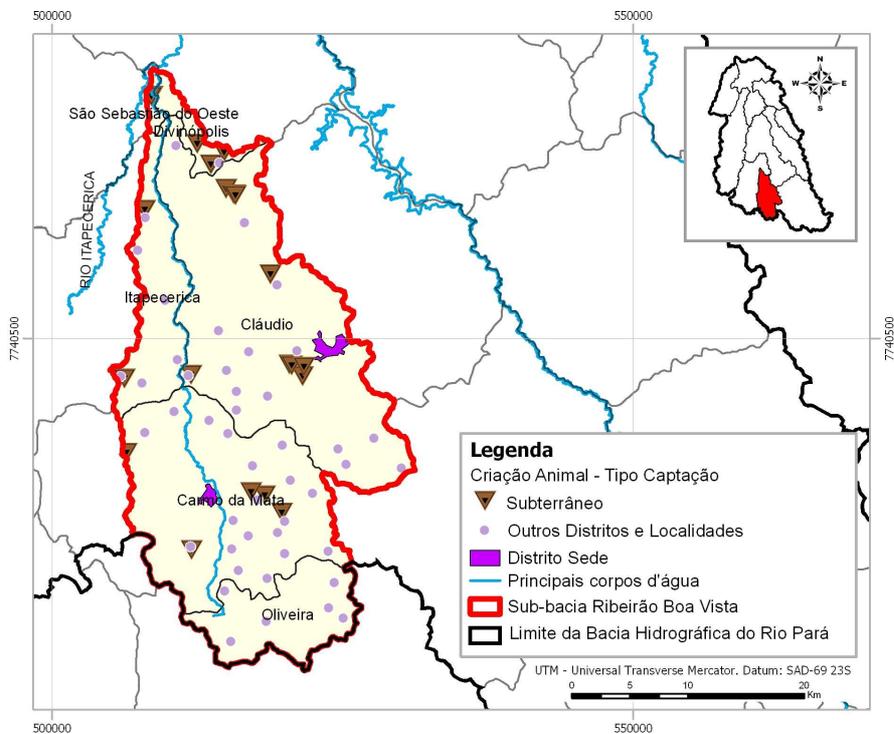


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Ribeirão Boa Vista (Sub-Superficial)

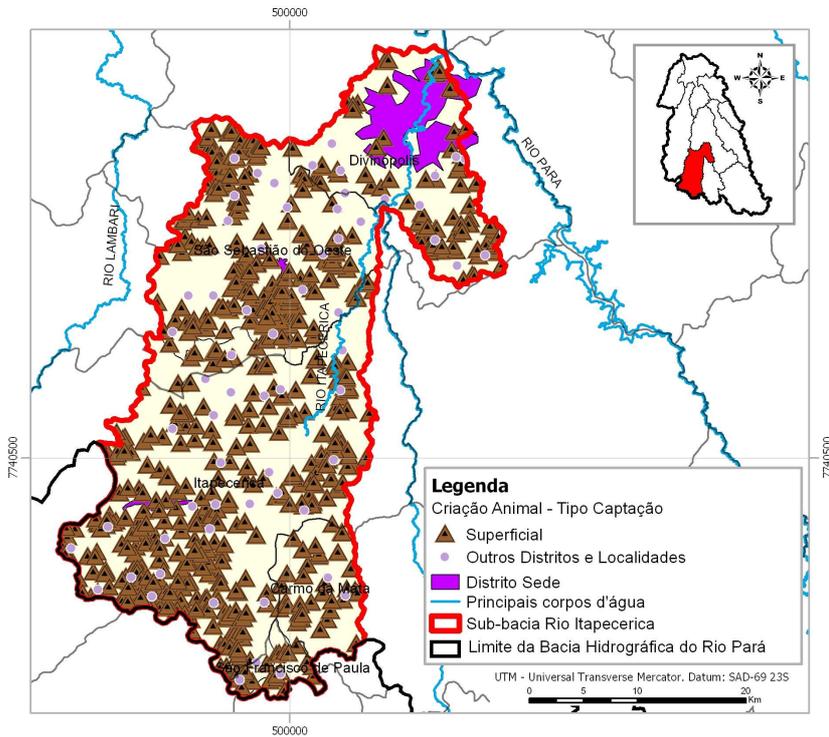


Sub-bacia Ribeirão Boa Vista (Subterrânea)

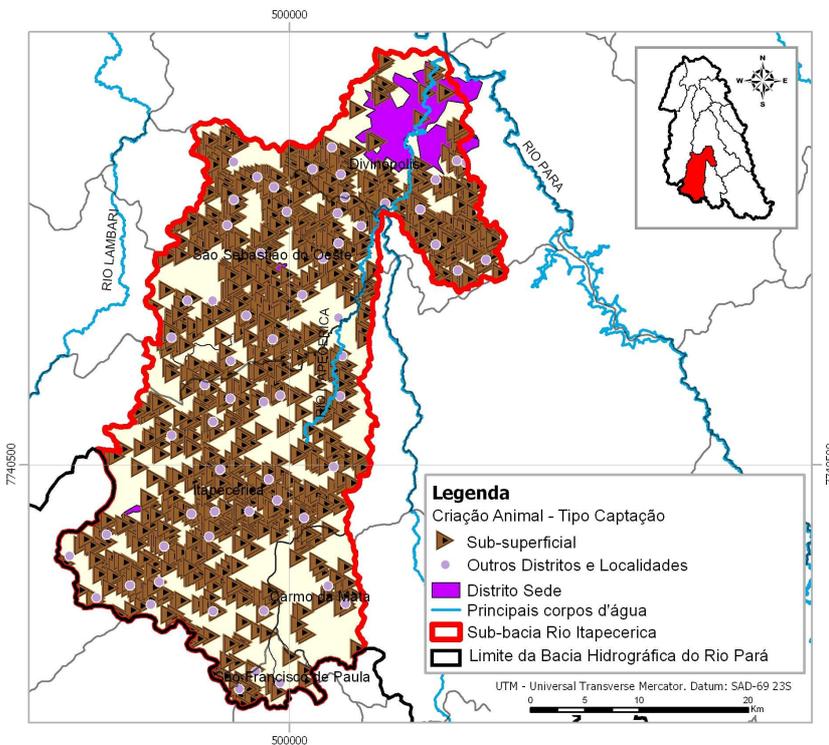


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Itapecerica(Superficial)

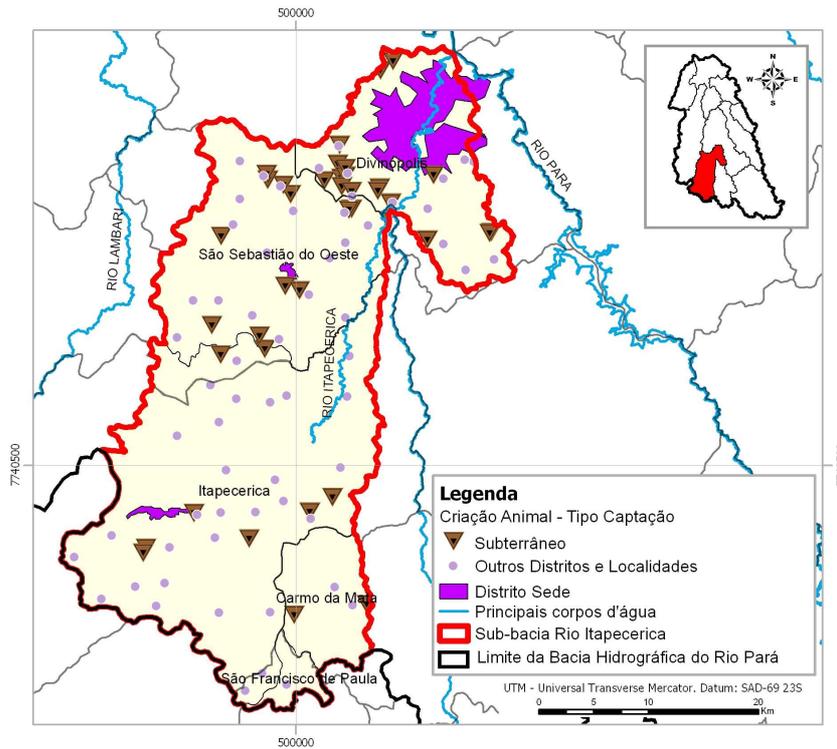


Sub-bacia Rio Itapecerica (Sub-Superficial)

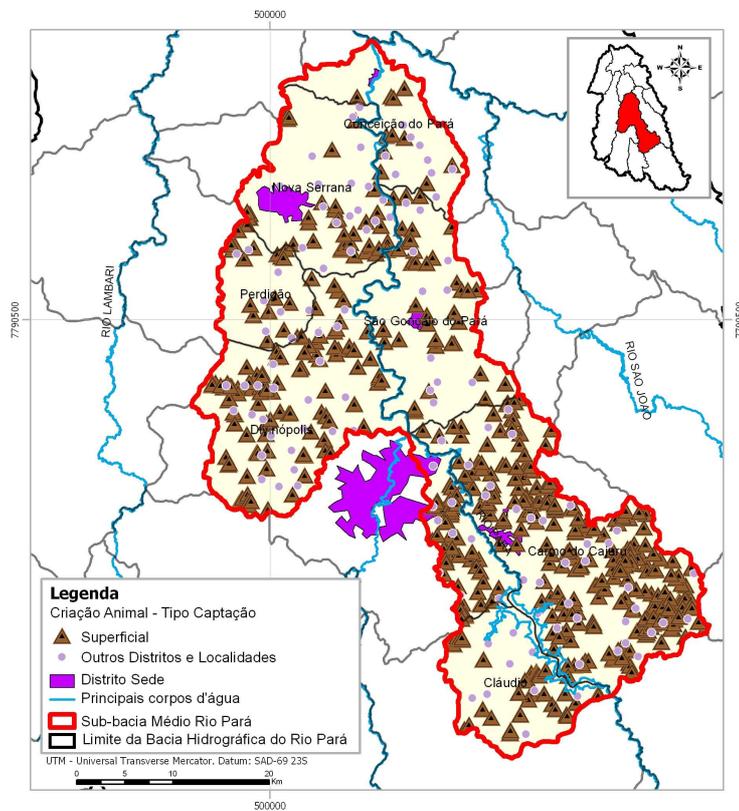


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Itapecerica (Subterrânea)

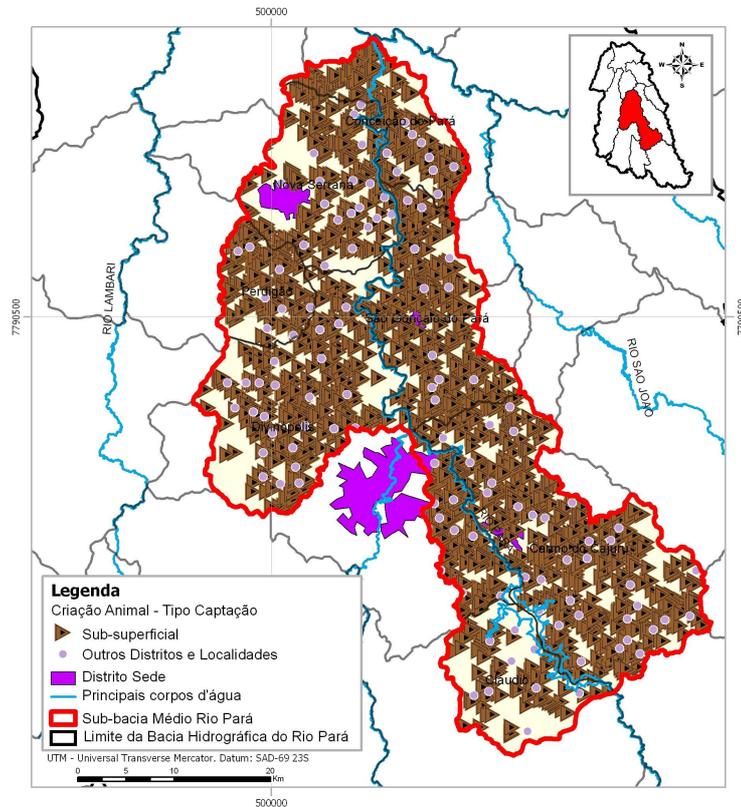


Sub-bacia Médio Rio Pará (Superficial)

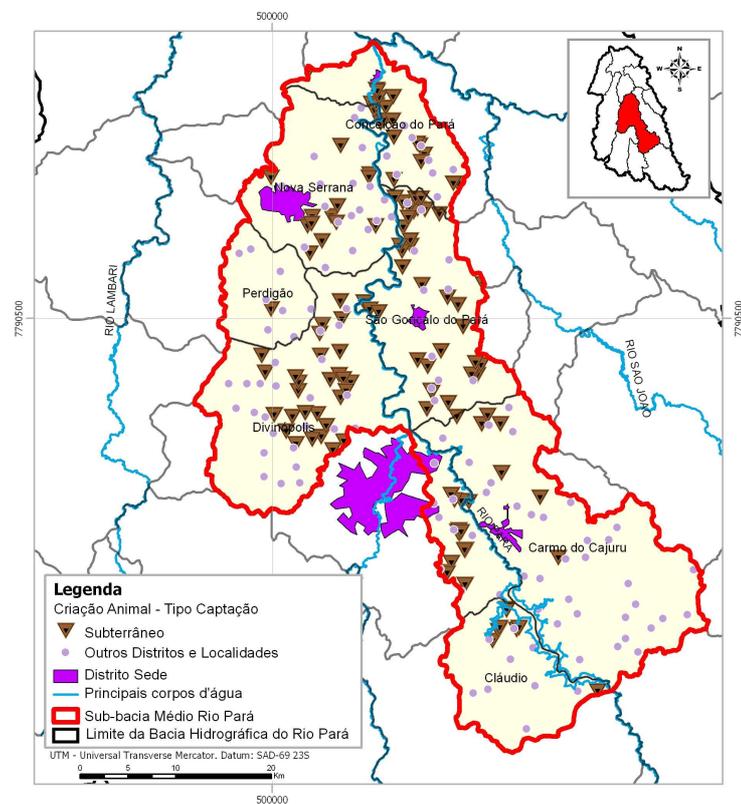


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Médio Rio Pará (Sub-Superficial)

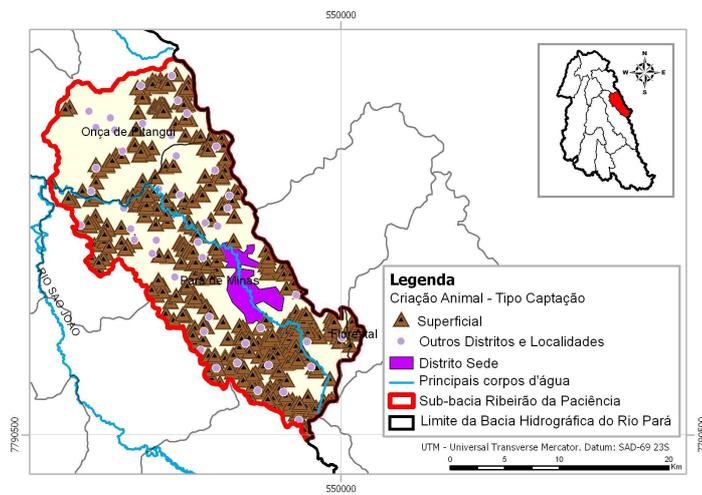


Sub-bacia Médio Rio Pará (Subterrânea)

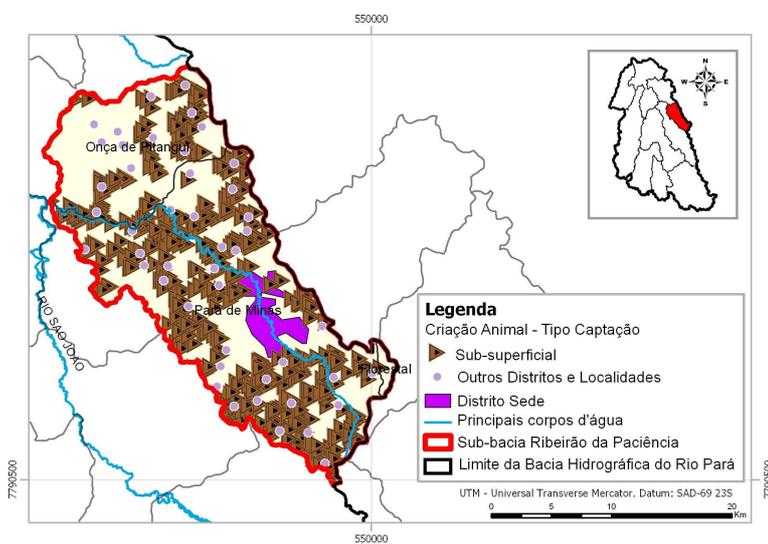


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

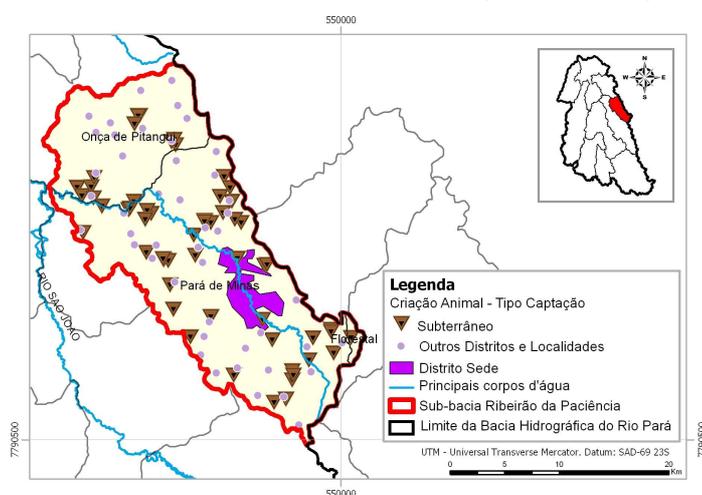
Sub-bacia Ribeirão da Paciência (Superficial)



Sub-bacia Ribeirão da Paciência (Sub-Superficial)

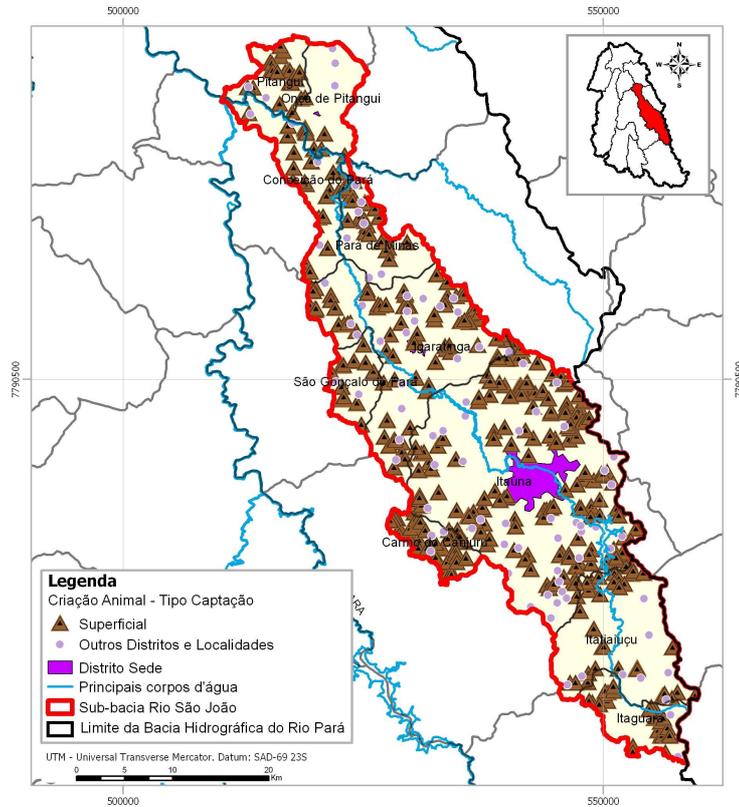


Sub-bacia Ribeirão da Paciência (Subterrânea)

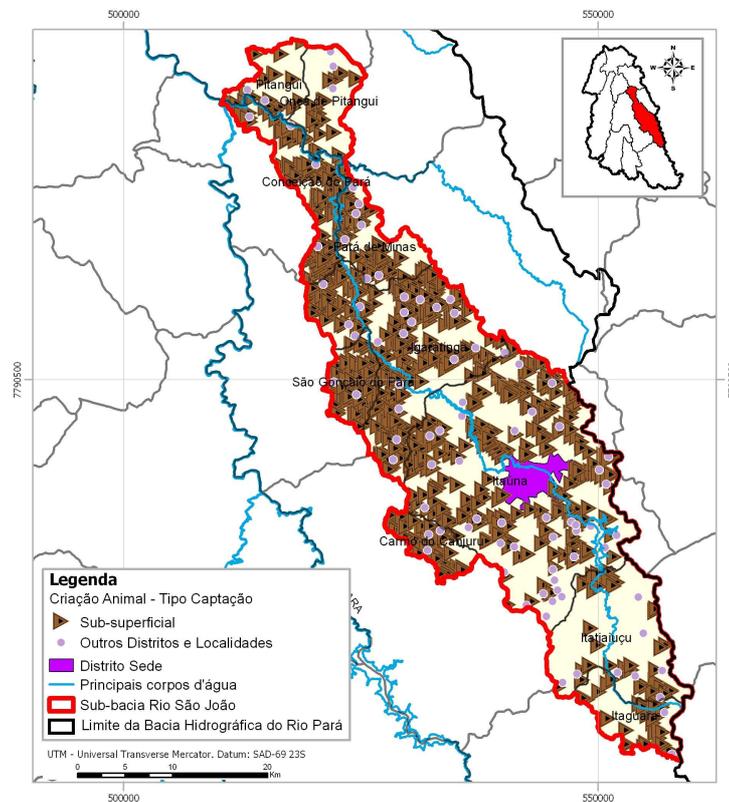


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio São João (Superficial)

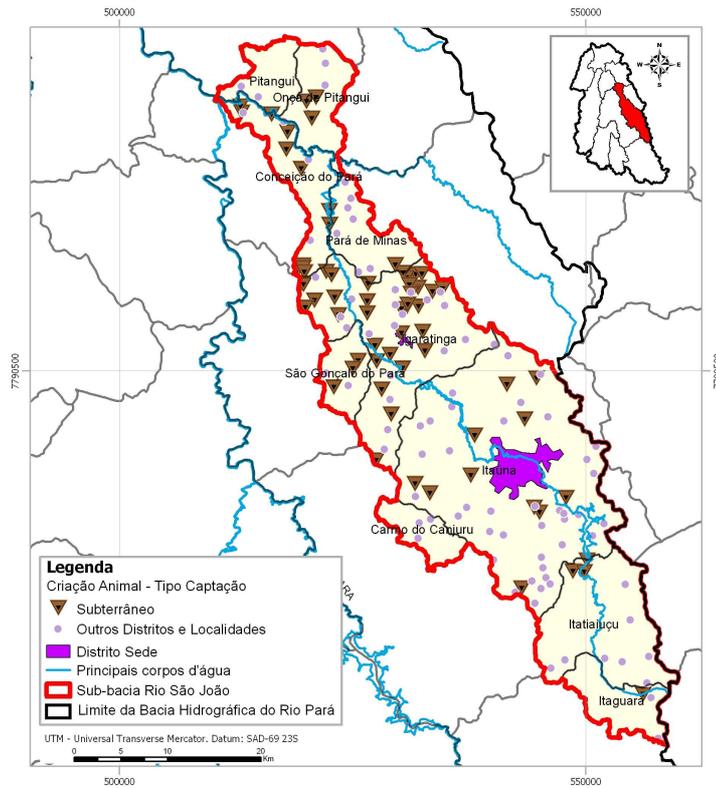


Sub-bacia Rio São João (Sub-Superficial)

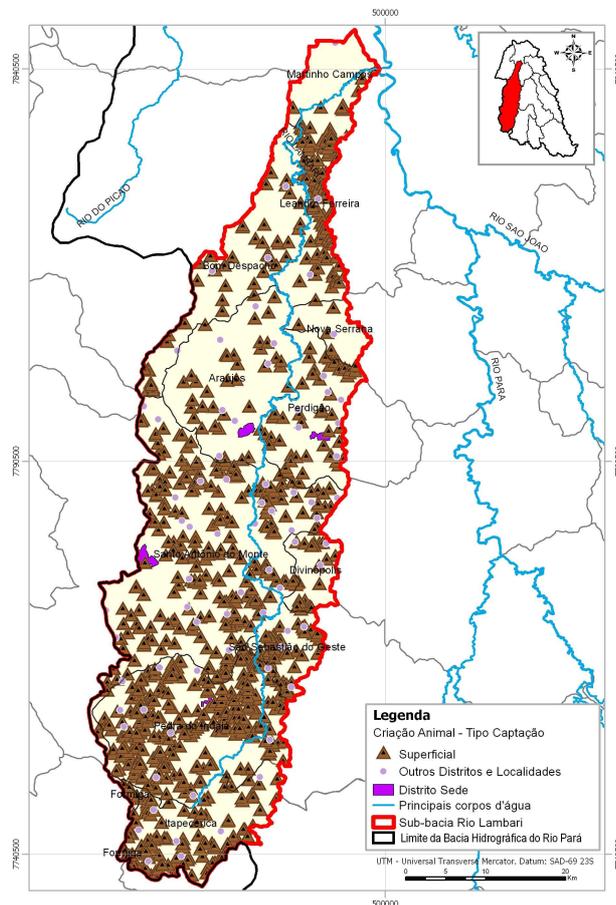


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio São João (Subterrânea)

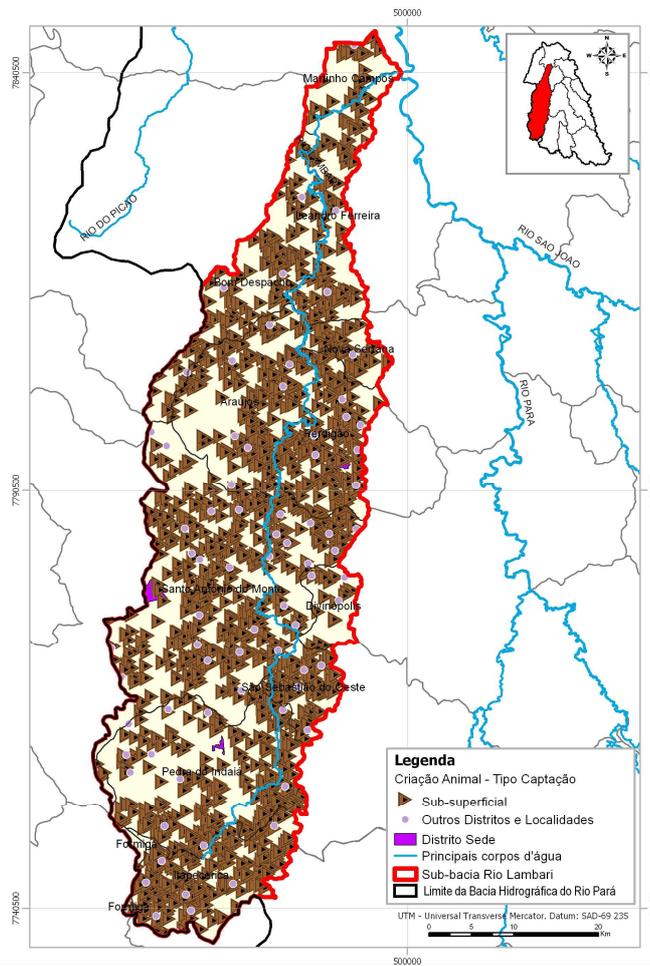


Sub-bacia Rio Lambari (Superficial)

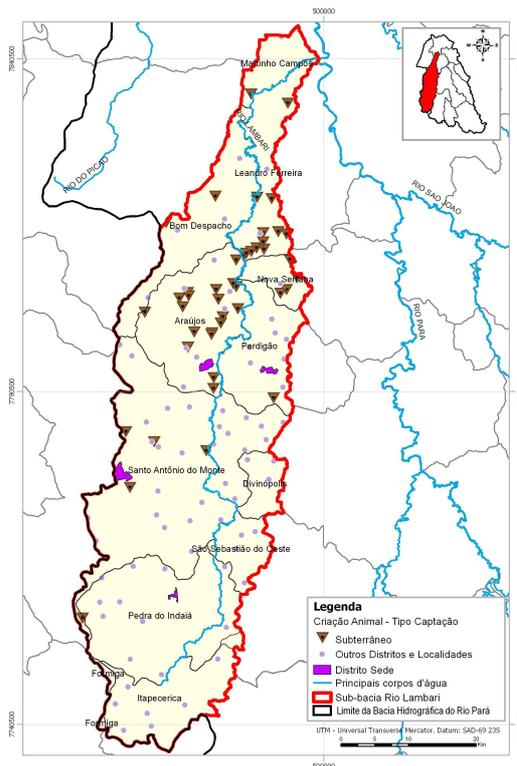


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Lambari (Sub-Superficial)

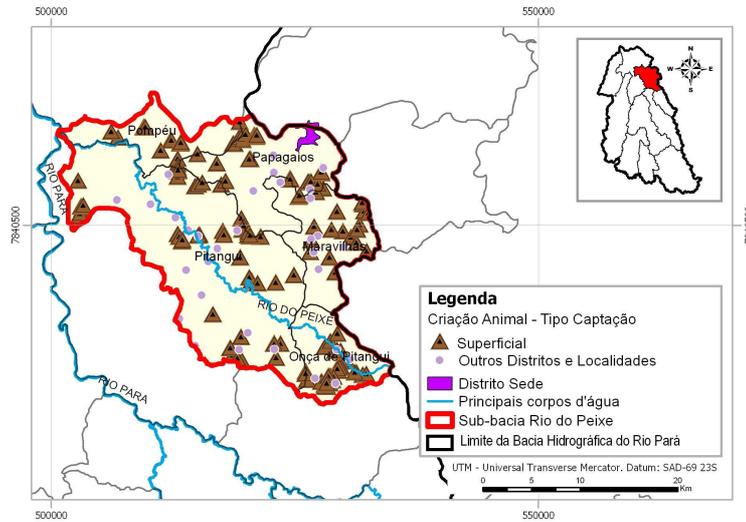


Sub-bacia Rio Lambari (Subterrânea)

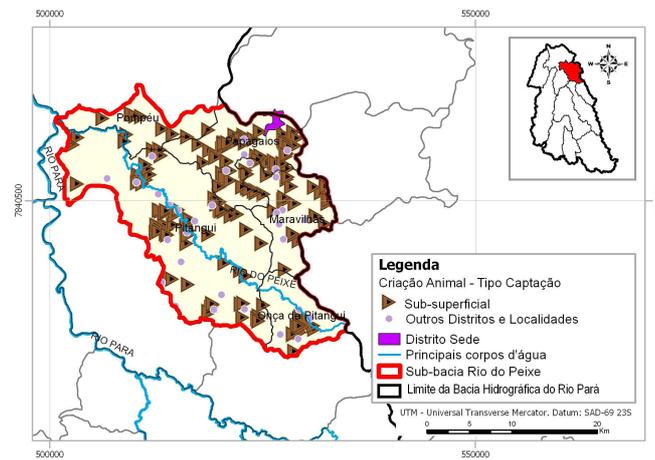


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

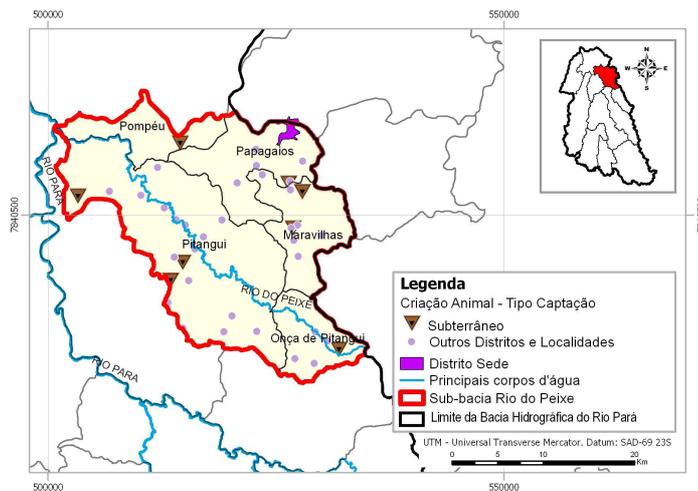
Sub-bacia Rio do Peixe (Superficial)



Sub-bacia Rio do Peixe (Sub-Superficial)

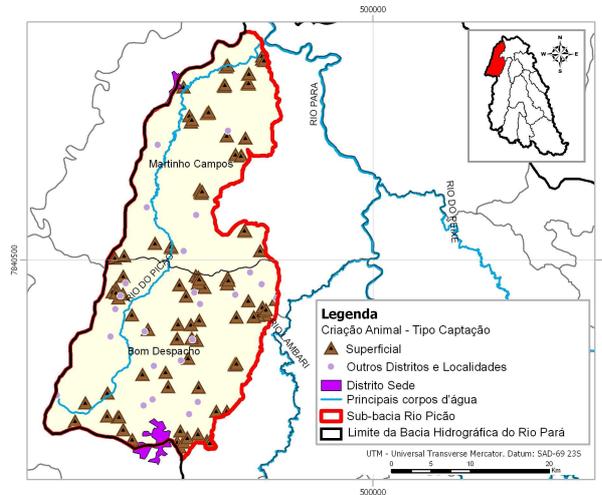


Sub-bacia Rio do Peixe (Subterrânea)

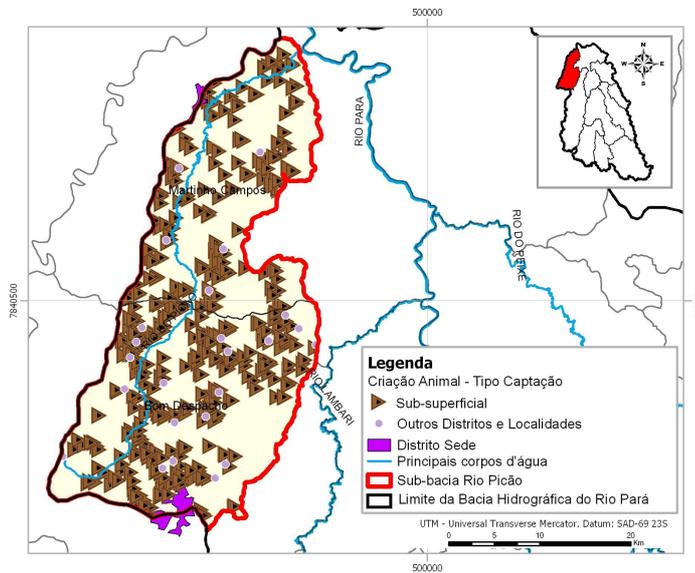


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

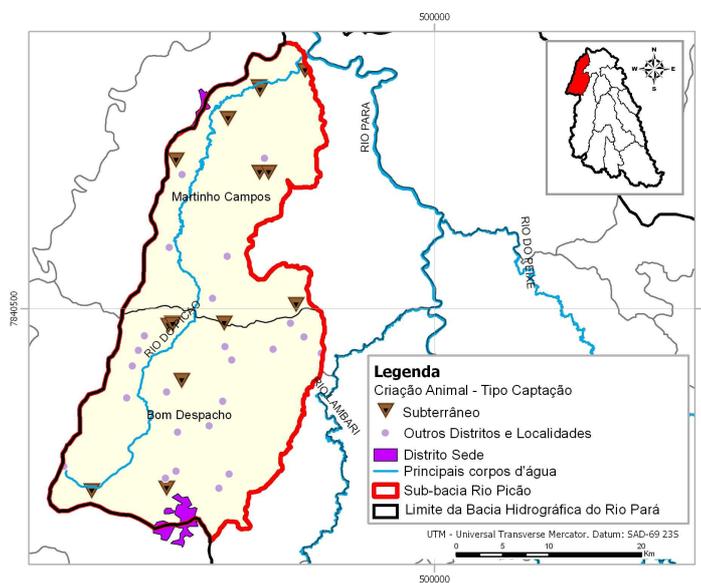
Sub-bacia Rio Picão (Superficial)



Sub-bacia Rio Picão (Sub-Superficial)

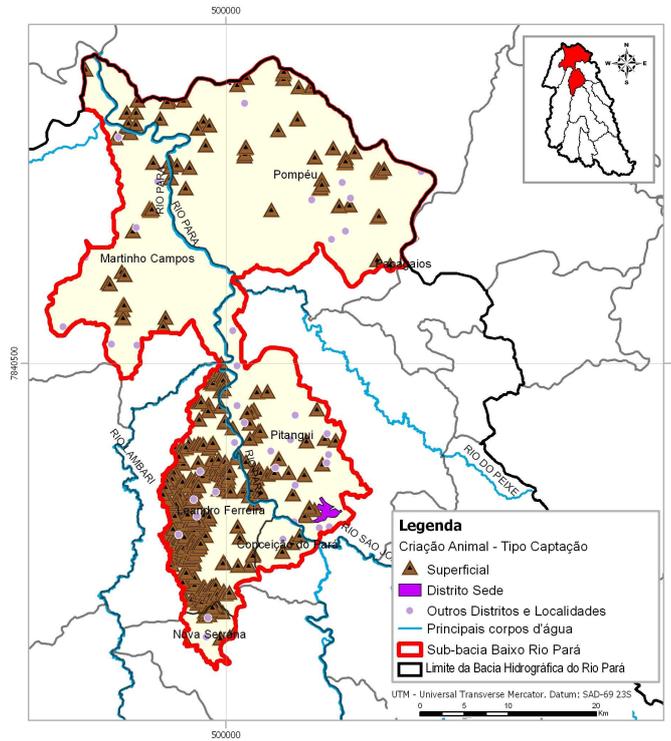


Sub-bacia Rio Picão (Subterrânea)

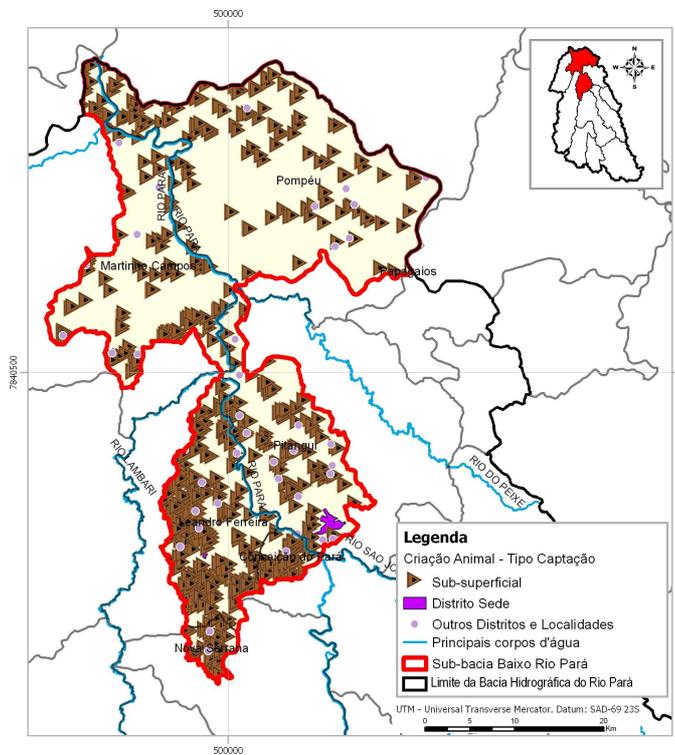


Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

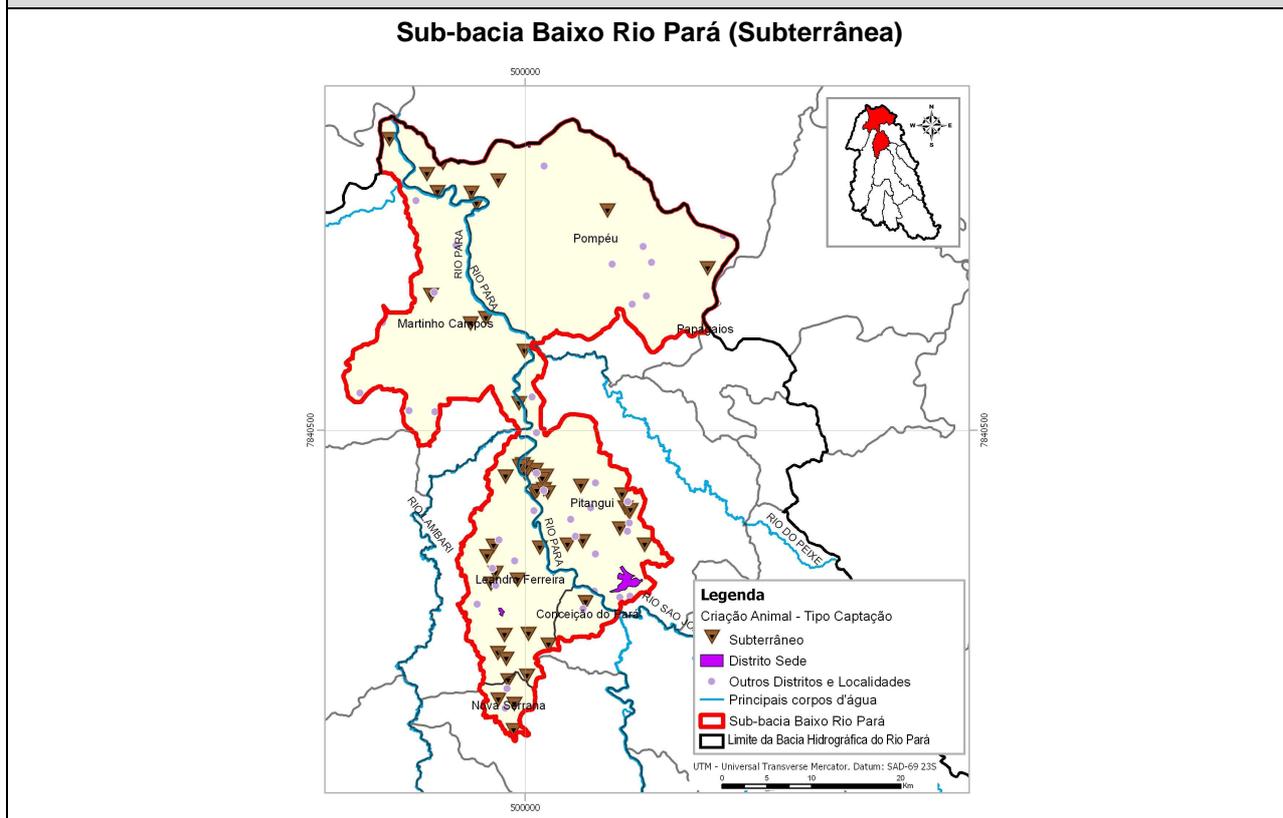
Sub-bacia Baixo Rio Pará (Superficial)



Sub-bacia Baixo Rio Pará (Sub-Superficial)



Pontos de captação para Criação Animal na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)



Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.10 Usos Insignificantes

Na execução do Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará a Associação de Usuários registrou 164 usos significantes dentro da categoria de outros usos, que inclui hotéis, motéis, associações, bares, restaurantes, órgãos públicos, clubes e centros religiosos, entre outros. Estes usos estão distribuídos em 24 municípios, em quase todas as 10 sub-bacias, com exceção da Sub-bacia Rio do Peixe, que não recebeu nenhum registro de usuário significante.

A **Tabela 48** a seguir mostra o resultado da utilização dos recursos hídricos por usuários considerados significantes para outros usos por município. Mostra também o resultado para usuários considerados insignificantes (que utilizam até 1 litro/s, durante 8 horas diárias, ou 28,80 m³/dia), cadastrados por município.

Tabela 72 – Pontos e vazão de captação para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por municípios – 2006

Pontos de captação de efluentes dos insignificantes por municípios		
MUNICÍPIOS	INSIGNIFICANTES 2006	
	PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Araújos	660	19.008,00
Bom Despacho	962	27.705,60
Carmo da Mata	837	24.105,60

Pontos de captação de efluentes dos insignificantes por municípios (cont.)		
MUNICÍPIOS	INSIGNIFICANTES 2006	
	PONTOS DE CAPTAÇÃO	VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia)
Carmo do Cajuru	2.401	69.148,80
Carmópolis de Minas	2.724	78.451,20
Cláudio	2.621	75.484,80
Conceição do Pará	1.804	51.955,20
Desterro de Entre Rios	2.803	80.726,40
Divinópolis	3.744	107.827,20
Florestal	1	28,80
Formiga	43	1.238,40
Igaratinga	710	20.448,00
Itaguara	1.426	41.068,80
Itapecerica	3.396	97.804,80
Itatiaiuçu	209	6.019,20
Itaúna	1.015	29.232,00
Leandro Ferreira	1.731	49.852,80
Maravilhas	94	2.707,20
Martinho Campos	895	25.776,00
Nova Serrana	996	28.684,80
Oliveira	535	15.408,00
Onça de Pitangui	718	20.678,40
Papagaios	148	4.262,40
Pará de Minas	1.840	52.992,00
Passa Tempo	1.858	53.510,40
Pedra do Indaiá	1.510	43.488,00
Perdigão	1.203	34.646,40
Piracema	2.514	72.403,20
Pitangui	797	22.953,60
Pompéu	411	11.836,80
Resende Costa	1.062	30.585,60
Santo Antônio do Monte	1.822	52.473,60
São Francisco de Paula	94	2.707,20
São Gonçalo do Pará	1.134	32.659,20
São Sebastião do Oeste	2.202	63.417,60
TOTAL	46.920	1.351.296,00

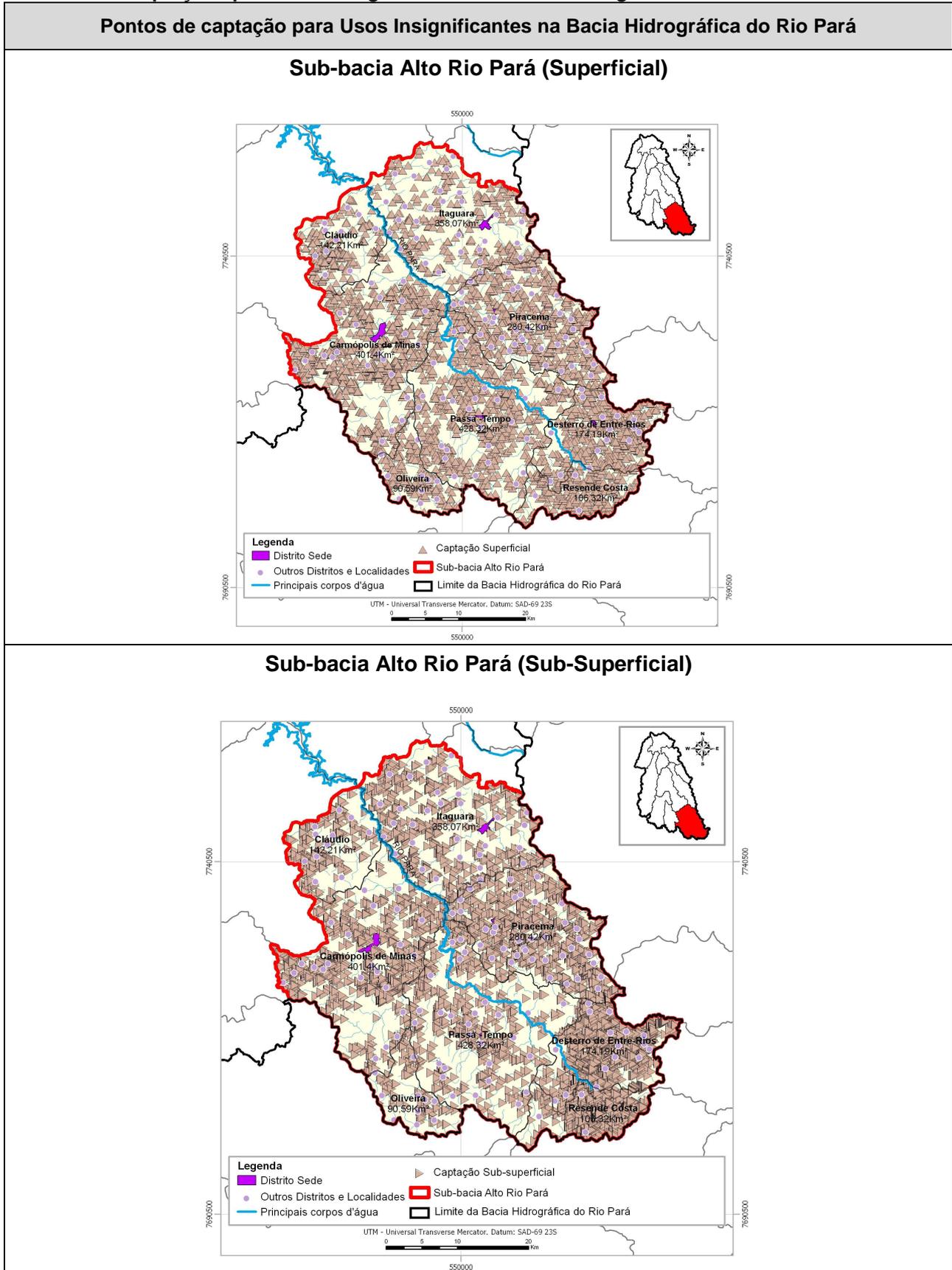
Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 73 – Pontos e vazão de captação para outros usos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, por sub-bacia – (2006 e 2016)

Pontos de captação dos insignificantes por sub-bacia - 2006									
SUB-BACIA	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2006)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2006)				
	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	
Alto Rio Pará	4.814	8.593	46	13.453	138.643,20	247.478,40	1.324,80	387.446,40	
Ribeirão Boa Vista	762	1.828	23	2.613	21.945,60	52.646,40	662,40	75.254,40	
Rio Itapecerica	744	4.596	62	5.402	21.427,20	132.364,80	1.785,60	155.577,60	
Médio Rio Pará	660	7.066	258	7.984	19.008,00	203.500,80	7.430,40	229.939,20	
Ribeirão da Paciência	525	1.537	83	2.145	15.120,00	44.265,60	2.390,40	61.776,00	
Rio São João	538	2.863	90	3.491	15.494,40	82.454,40	2.592,00	100.540,80	
Rio Lambari	1.228	5.826	63	7.117	35.366,40	167.788,80	1.814,40	204.969,60	
Rio do Peixe	142	514	9	665	4.089,60	14.803,20	259,20	19.152,00	
Rio Picão	59	1.075	9	1.143	1.699,20	30.960,00	259,20	32.918,40	
Baixo Rio Pará	235	2.574	98	2.907	6.768,00	74.131,20	2.822,40	83.721,60	
Total Geral	18.346	36.472	741	46.920	279.561,60	1.050.393,60	21.340,80	1.351.296,00	
Pontos de captação dos insignificantes por sub-bacia - Tendencial 2016									
SUB-BACIA	TAXA CRES C. a/a %	PONTOS DE CAPTAÇÃO (2016)				VAZÃO DE CAPTAÇÃO (m³/dia) (2016)			
		Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total	Superficial	Sub-superficial	Subterrâneo	Sub-total
Alto Rio Pará	0,7427	5.183,7	9.252,9	49,5	14.486,2	149.290,72	266.484,25	1.426,54	417.201,52
Ribeirão Boa Vista	1,2330	861,3	2.066,3	26,0	2.953,6	24.806,55	59.509,69	748,75	85.065,00
Rio Itapecerica	1,7253	882,8	5.453,4	73,6	6.409,8	25.424,57	157.058,21	2.118,71	184.601,49
Médio Rio Pará	3,2358	907,5	9.715,8	354,8	10.978,0	26.136,02	279.813,77	10.216,81	316.166,59
Ribeirão da Paciência	1,8388	629,9	1.844,2	99,6	2.573,7	18.142,01	53.112,88	2.868,16	74.123,05
Rio São João	1,6525	633,8	3.372,9	106,0	4.112,7	18.253,81	97.138,77	3.053,61	118.446,20
Rio Lambari	1,8919	1.481,1	7.027,0	76,0	8.584,1	42.656,73	202.376,32	2.188,42	247.221,46
Rio do Peixe	1,7496	168,9	611,3	10,7	790,9	4.864,15	17.606,86	308,29	22.779,30
Rio Picão	0,5457	55,9	1.017,8	8,5	1.082,1	1.608,71	29.311,27	245,40	31.165,37
Baixo Rio Pará	1,3657	269,1	2.948,0	112,2	3.329,3	7.751,25	84.900,98	3.232,44	95.884,67
Total Geral		11.074,1	43.309,5	916,9	55.300,5	318.934,53	1.247.312,99	26.407,13	1.592.654,65

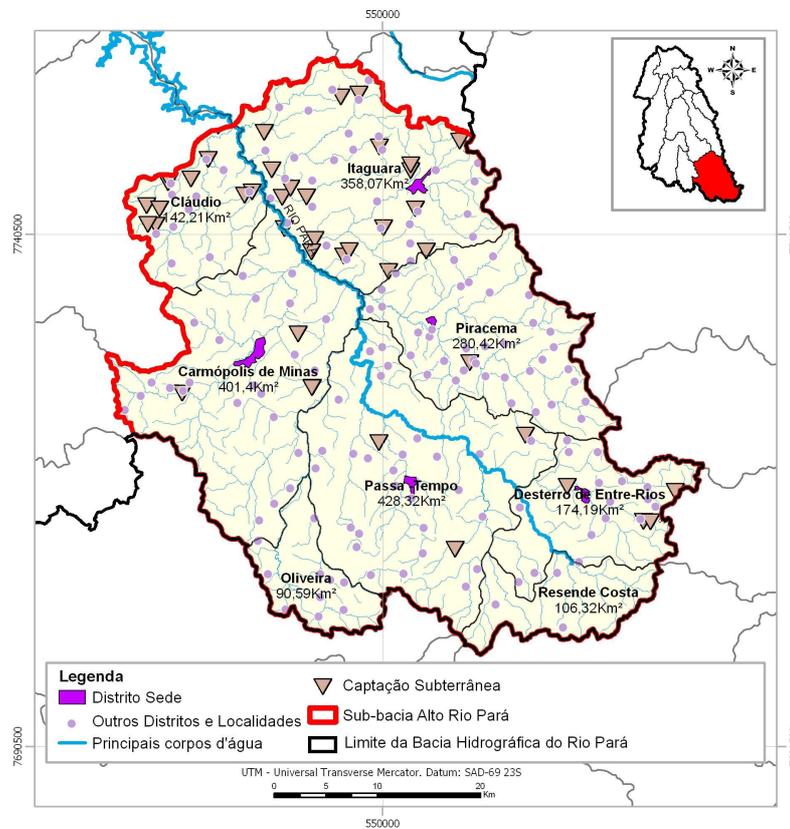
Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 74 – Captações para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

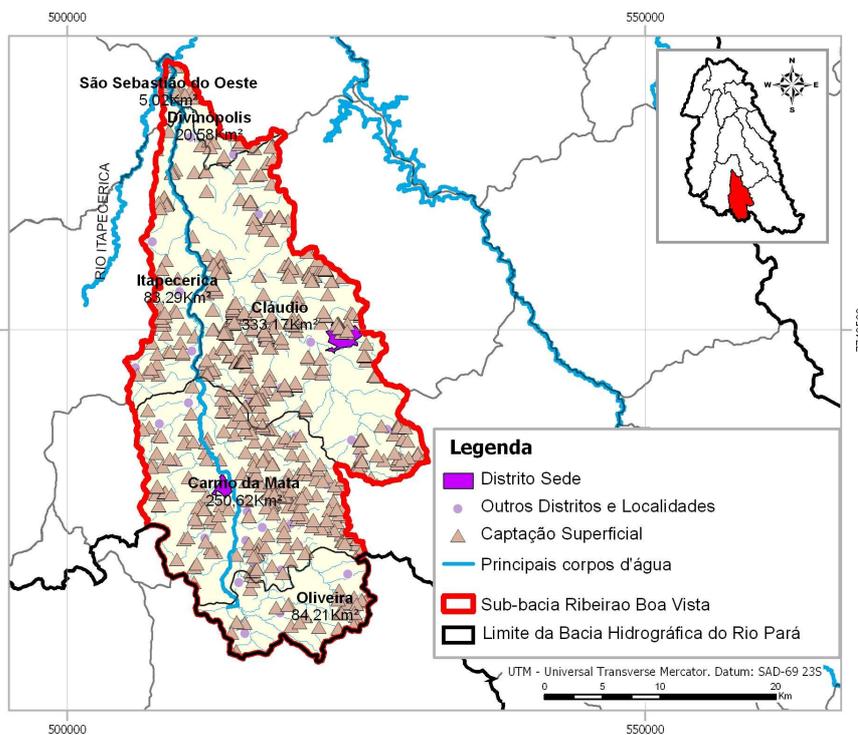


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Alto Rio Pará (Subterrânea)

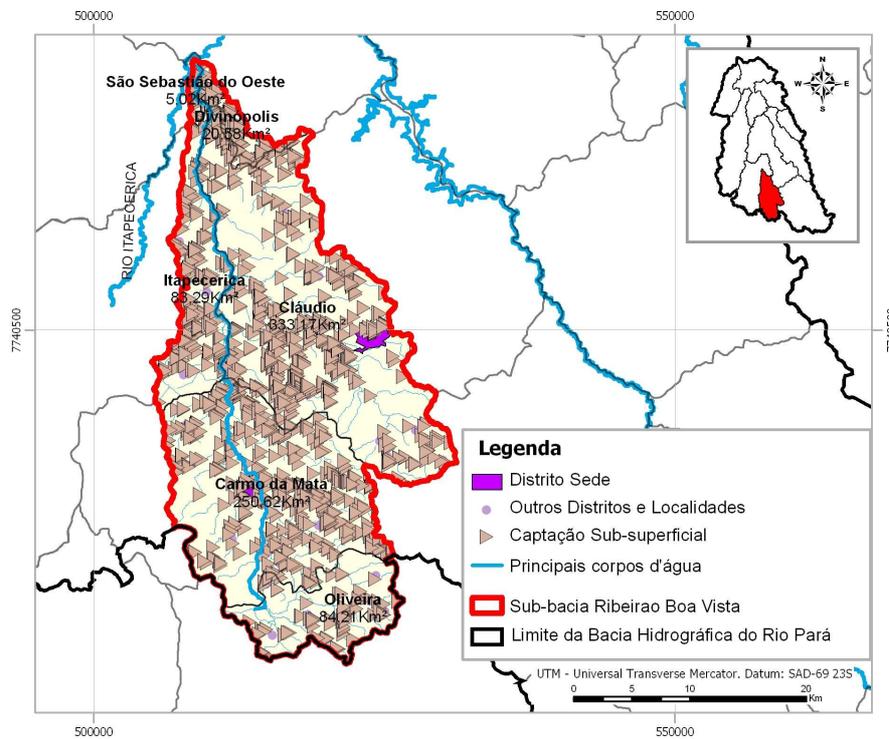


Sub-bacia Ribeirão Boa Vista (Superficial)

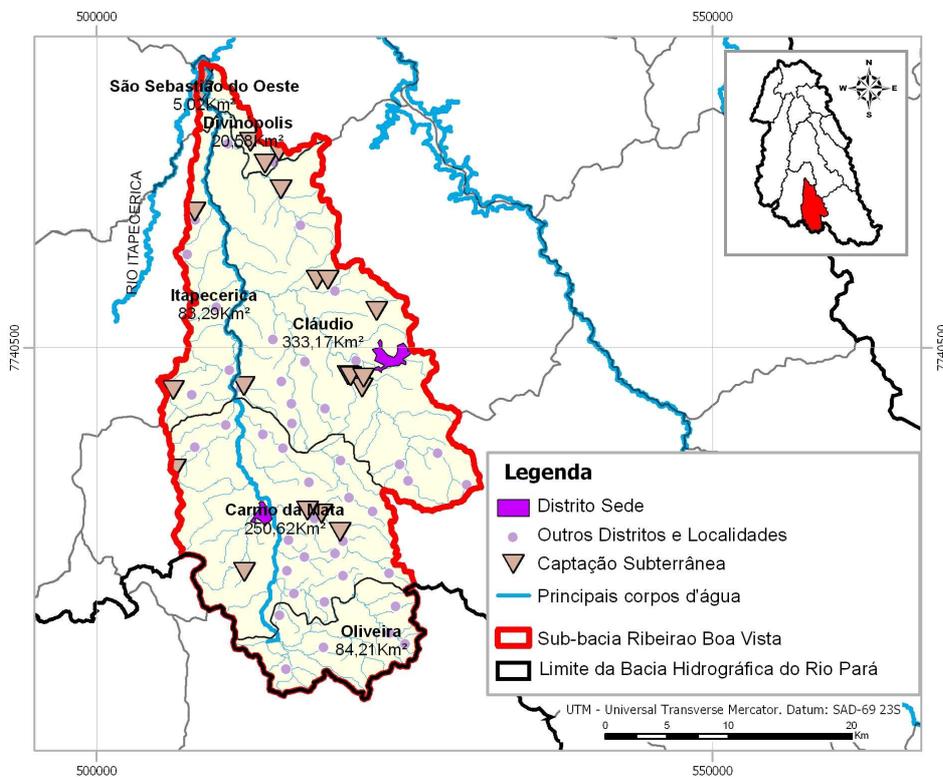


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Ribeirão Boa Vista (Sub-Superficial)

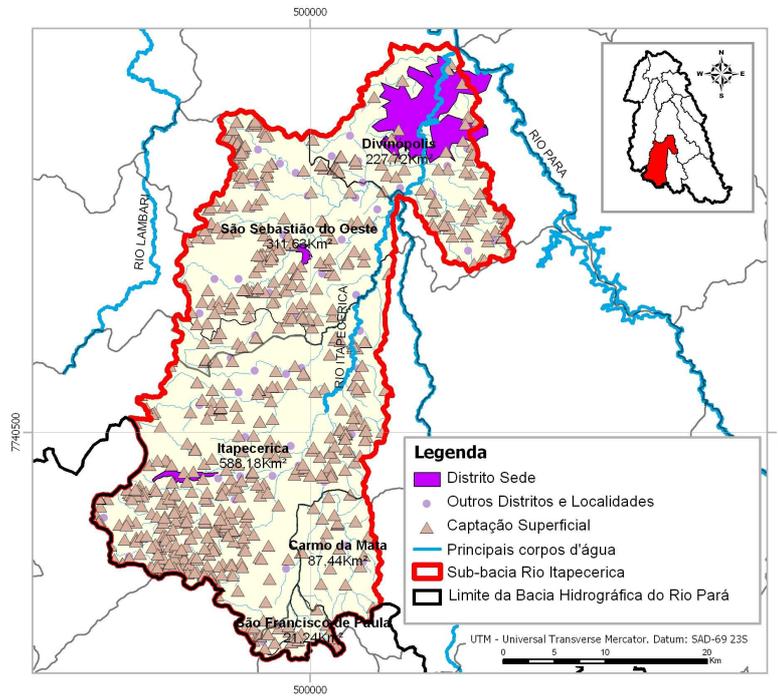


Sub-bacia Ribeirão Boa Vista (Subterrânea)

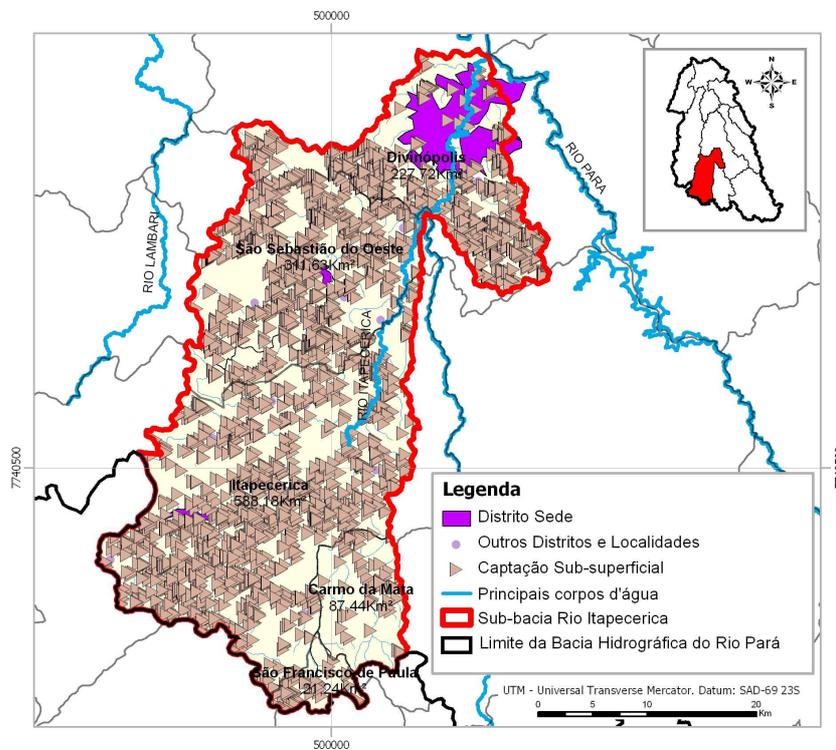


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Itapecerica(Superficial)

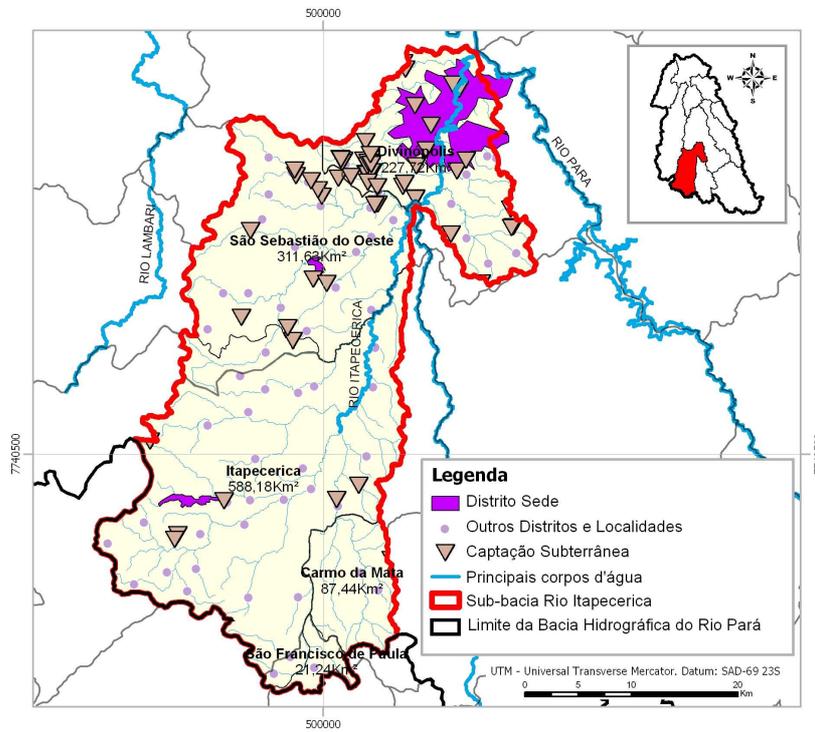


Sub-bacia Rio Itapecerica (Sub-Superficial)

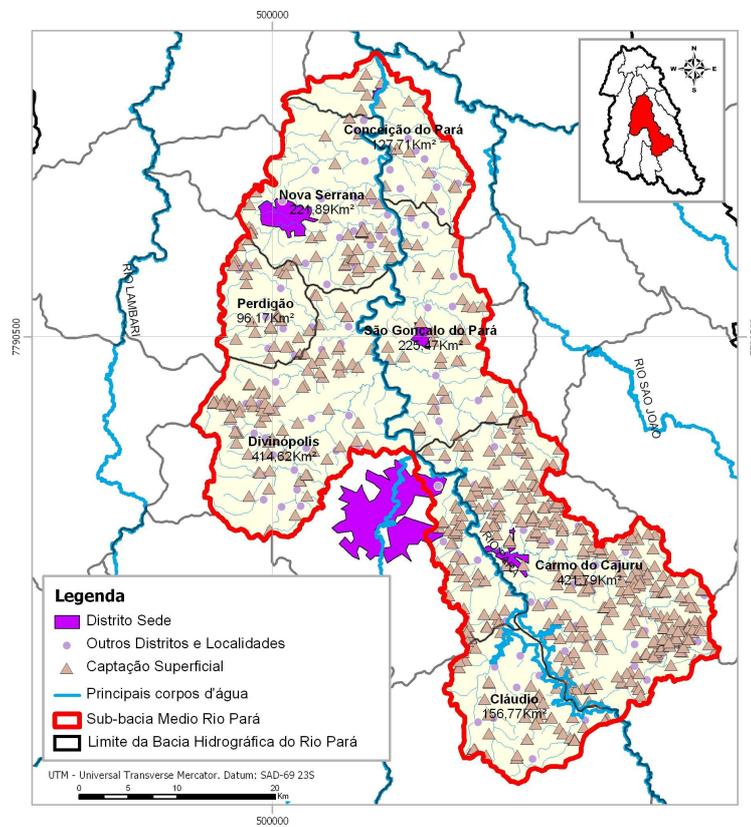


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Itapecerica (Subterrânea)

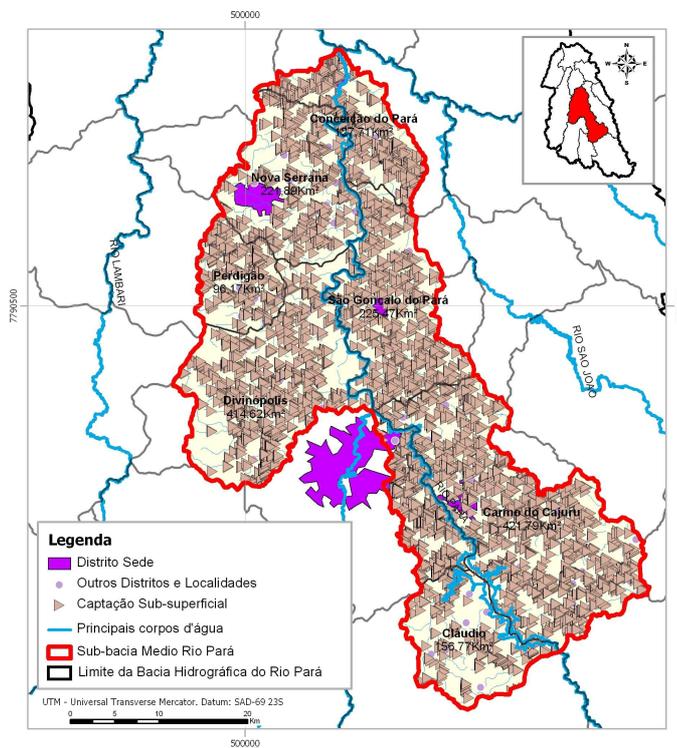


Sub-bacia Médio Rio Pará (Superficial)

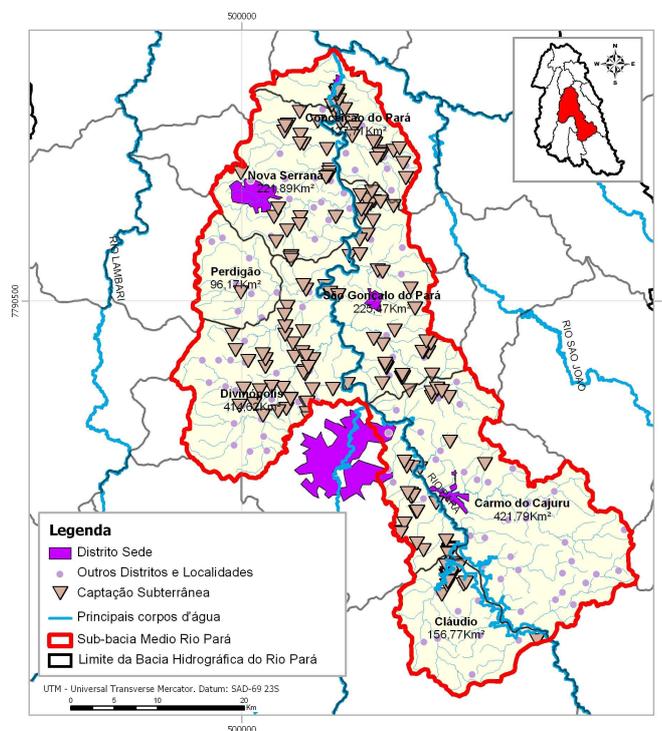


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Médio Rio Pará (Sub-Superficial)

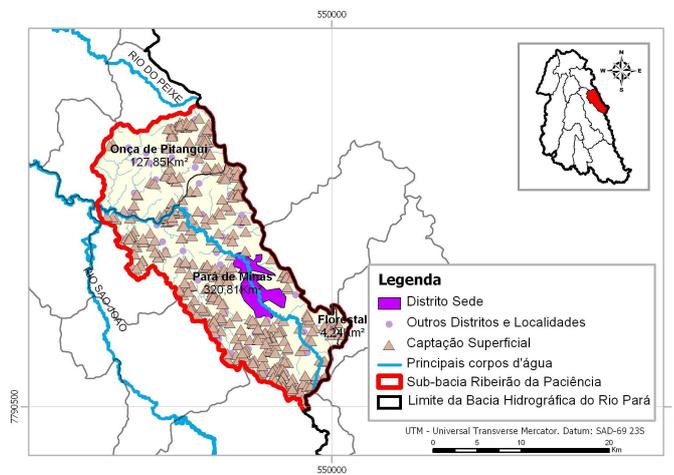


Sub-bacia Médio Rio Pará (Subterrânea)

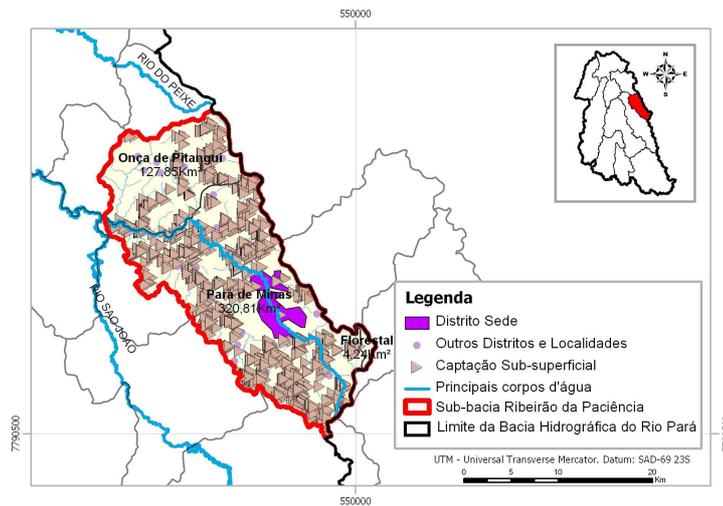


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

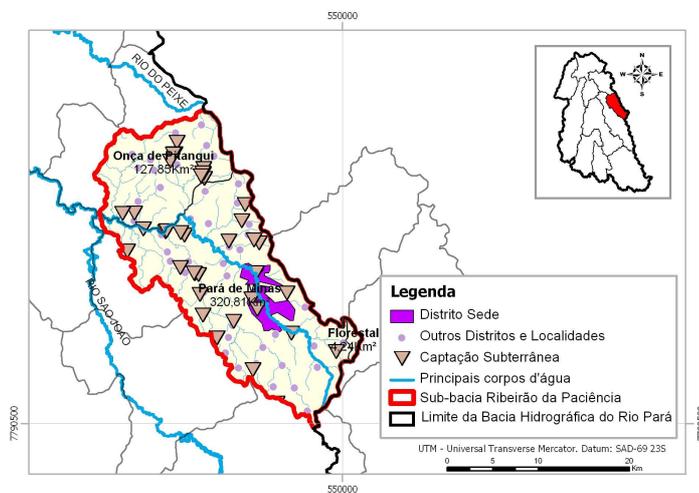
Sub-bacia Ribeirão da Paciência (Superficial)



Sub-bacia Ribeirão da Paciência (Sub-Superficial)

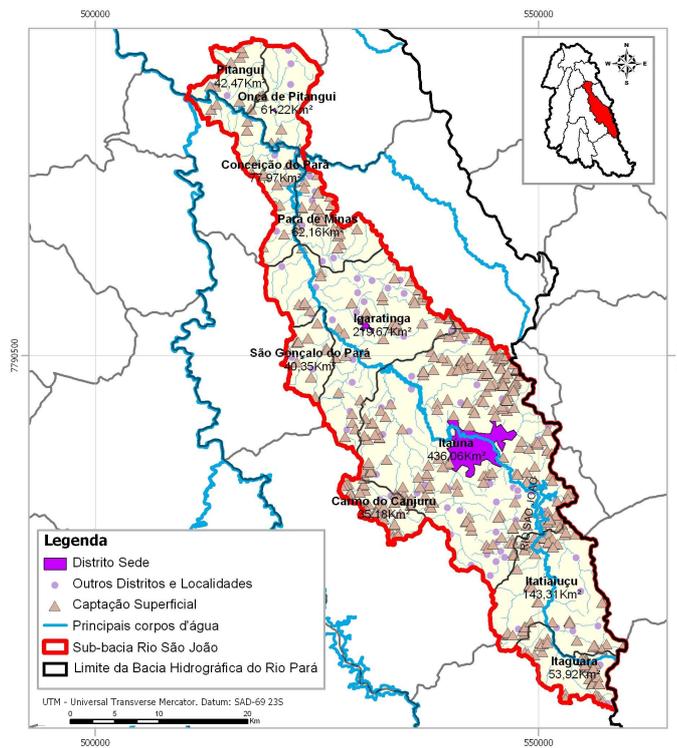


Sub-bacia Ribeirão da Paciência (Subterrânea)

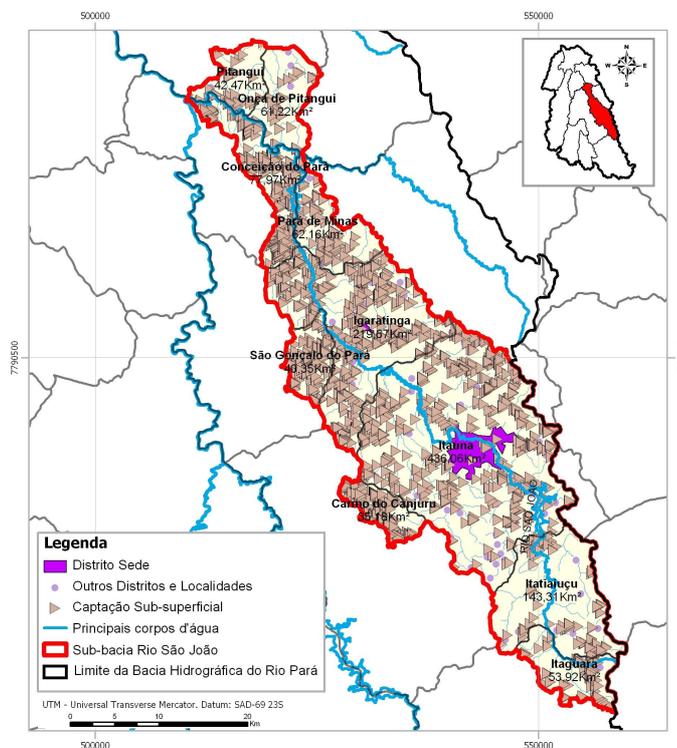


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio São João (Superficial)

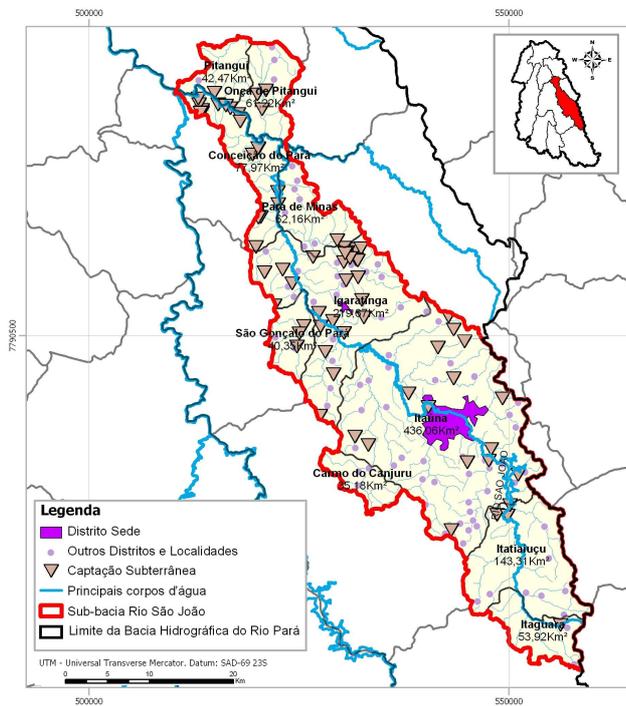


Sub-bacia Rio São João (Sub-Superficial)

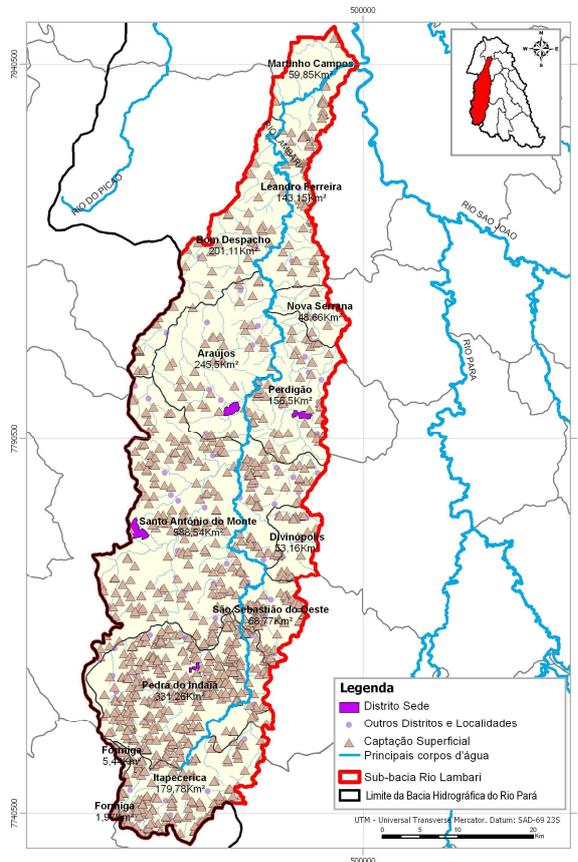


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio São João (Subterrânea)

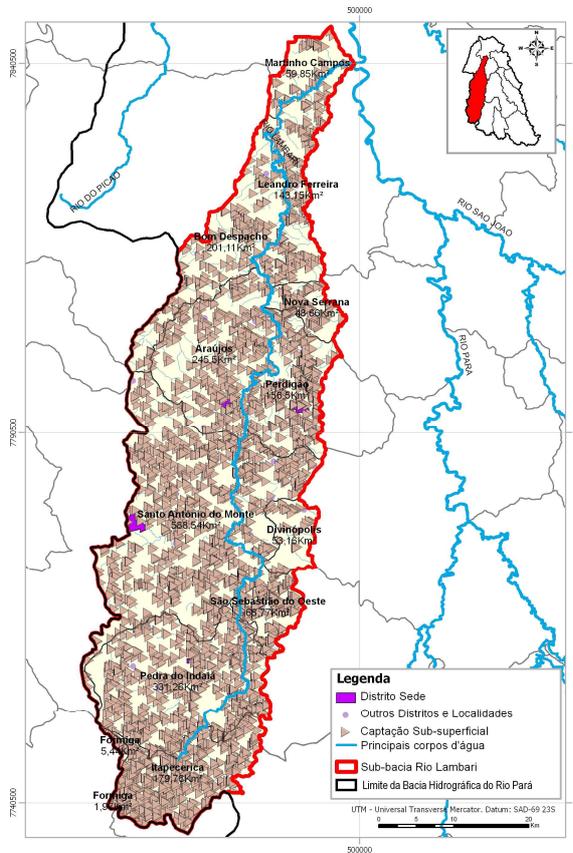


Sub-bacia Rio Lambari (Superficial)

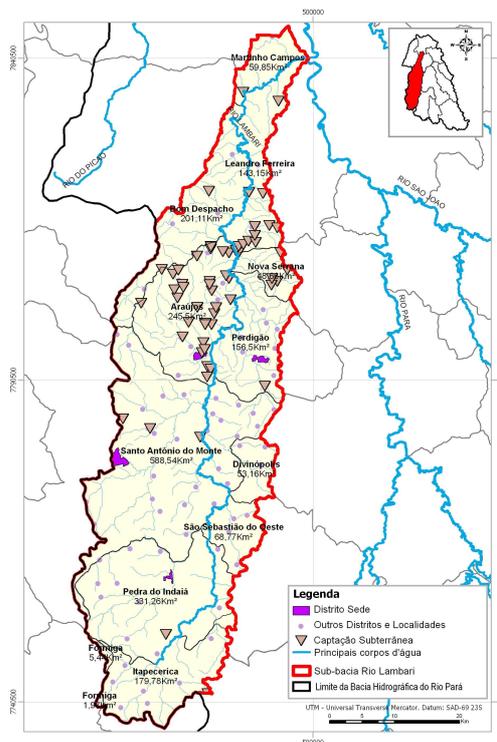


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Rio Lambari (Sub-Superficial)

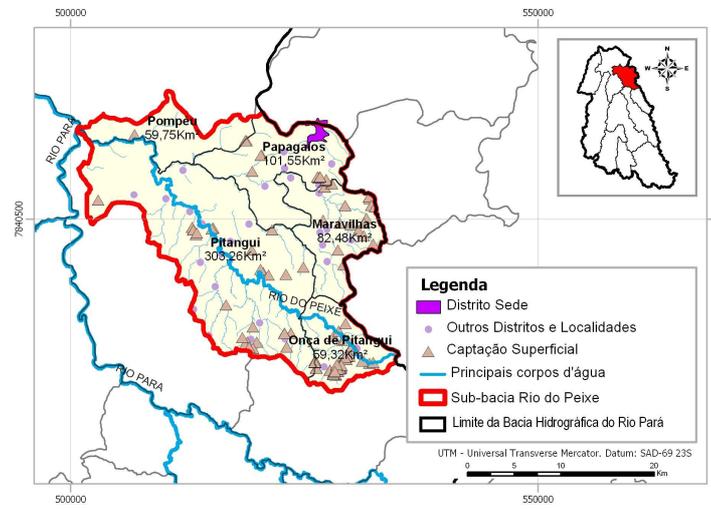


Sub-bacia Rio Lambari (Subterrânea)

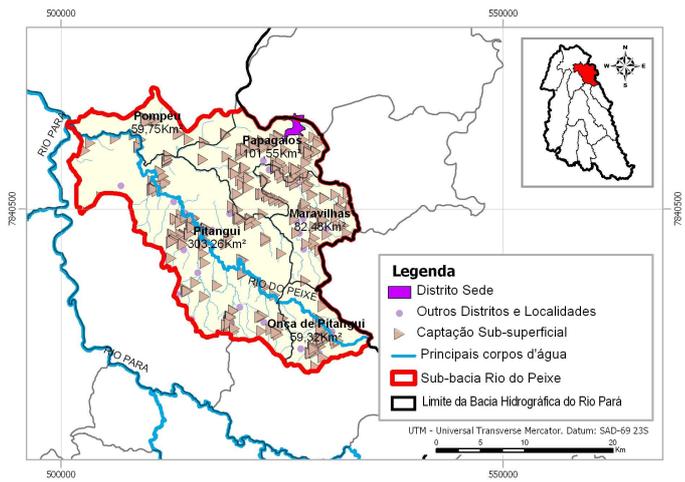


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

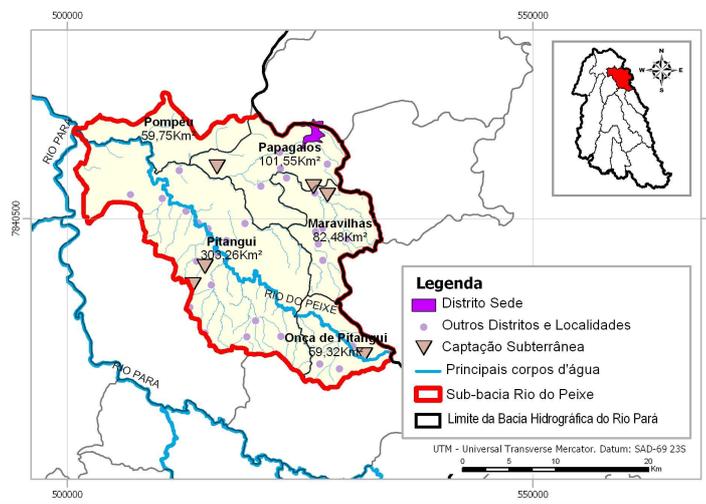
Sub-bacia Rio do Peixe (Superficial)



Sub-bacia Rio do Peixe (Sub-Superficial)

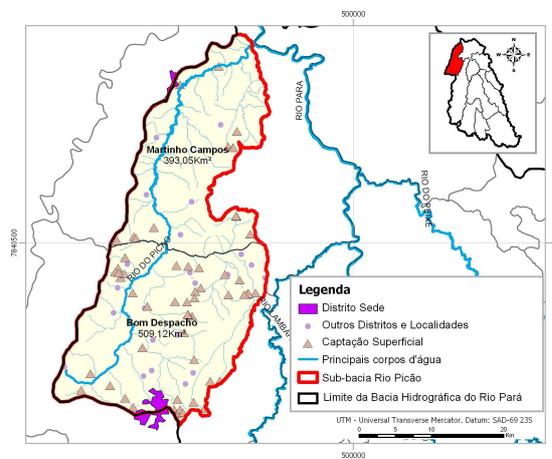


Sub-bacia Rio do Peixe (Subterrânea)

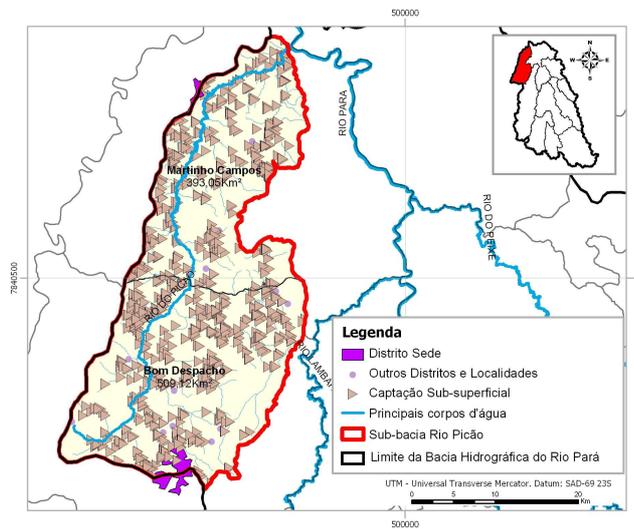


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

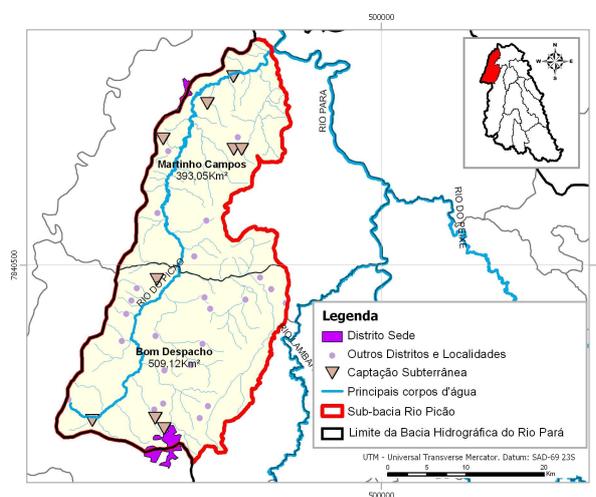
Sub-bacia Rio Picão (Superficial)



Sub-bacia Rio Picão (Sub-Superficial)

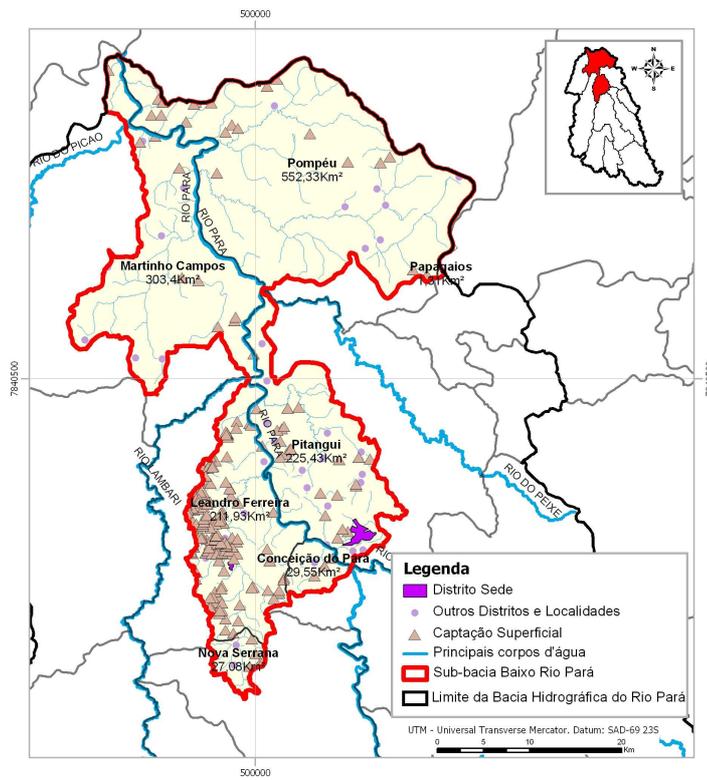


Sub-bacia Rio Picão (Subterrânea)

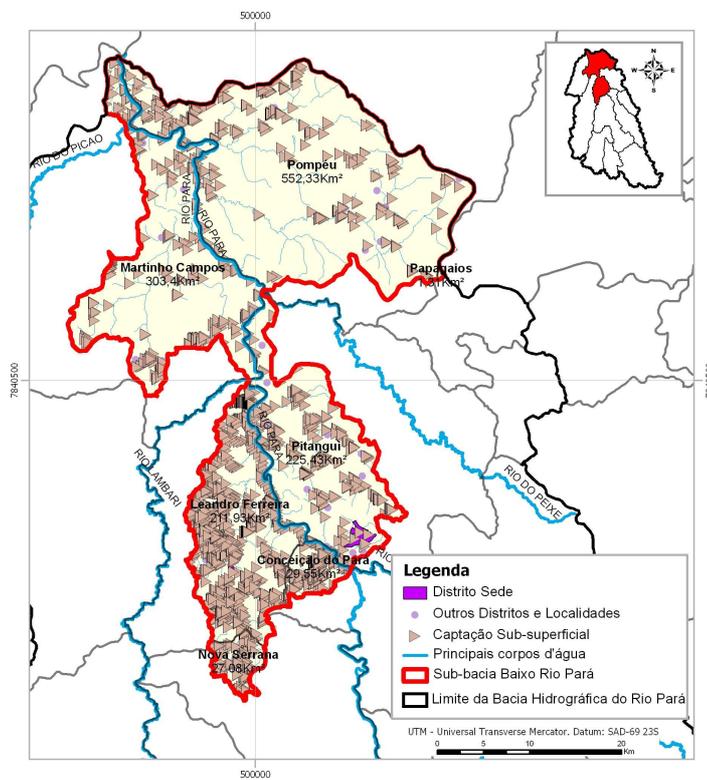


Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Baixo Rio Pará (Superficial)

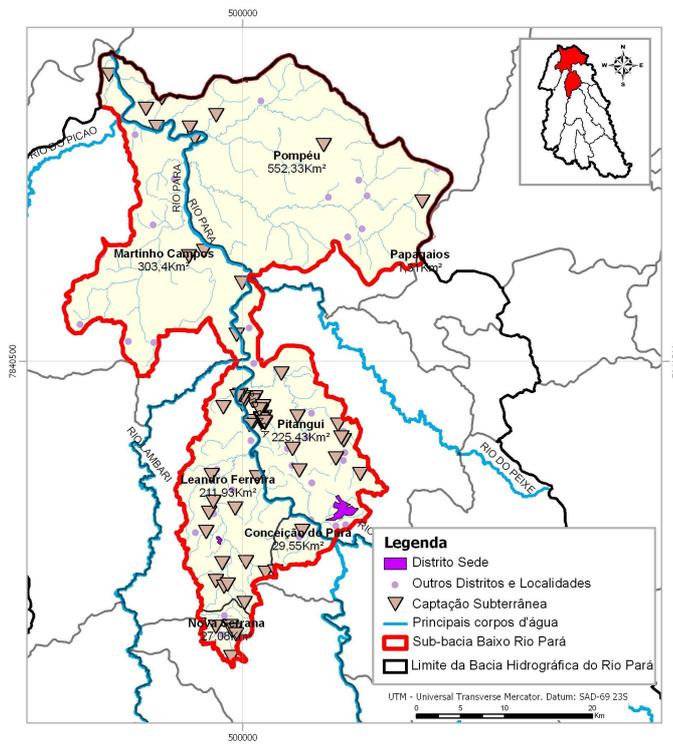


Sub-bacia Baixo Rio Pará (Sub-Superficial)



Pontos de captação para Usos Insignificantes na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)

Sub-bacia Baixo Rio Pará (Subterrânea)



Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.4.11 Conclusão sobre o uso dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

A **Tabela 75** a seguir mostra o panorama geral dos usos dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Tabela 75 – Captações na Bacia Hidrográfica do Rio Pará – 2006 (m³/dia)

Captações na Bacia Hidrográfica do Rio Pará – 2006 (m³/dia)											
SUB-BACIA	Irrigação	Produção de Energia	Abastecimento Doméstico	Abastecimento Industrial	Mineração	Agroindústria	Outros Usos	Aqüicultura	Avicultura	Bovinocultura	Suinocultura
Alto Rio Pará	7.300,15	-	11.864,98	239,90	6.805,36	466,10	122,00	1.629,26	88,00	1.346,00	280,40
Ribeirão Boa Vista	4.911,10	-	4.863,68	1.151,39	134,00	55,00	80,00	2.950,40	183,00	1.544,50	2.311,48
Rio Itapeçerica	12.293,96	657,04	46.989,64	7.082,66	965,40	2.763,00	1.204,63	1.534,20	988,80	2.155,00	102,00
Médio Rio Pará	15.927,40	5,00	170.677,02	2.985,55	4.654,78	166,60	354,74	2.380,80	1.638,60	1.931,00	290,40
Ribeirão da Paciência	19.830,84	-	13.549,50	5.051,52	797,50	1.476,40	3,00	191,50	1.829,50	131,00	3.861,92
Rio São João	5.400,90	1.398,50	30.005,96	80.546,75	2.644,80	7.041,40	689,25	2.776,46	1.754,10	922,08	2.063,12
Rio Lambari	3.253,60	684,64	20.167,18	941,42	8.846,60	312,40	74,00	4.063,40	1.140,60	4.962,46	243,20
Rio do Peixe	4.277,26	-	3.498,00	0,00	779,00	54,20	0,00	440,90	106,00	1.685,00	236,00
Rio Picão	36.535,42	24,00	2.361,96	5.316,00	0,00	329,52	158,20	0,00	178,00	1.784,00	1.537,00
Baixo Rio Pará	102.124,96	-	8.270,90	2.241,58	4.078,60	745,00	273,00	836,10	509,00	3.919,20	2.219,20
Total	211.855,59	2.769,18	312.248,82	105.556,77	29.706,04	13.409,62	2.958,82	16.803,02	8.415,60	20.380,24	13.144,72

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

 Maior vazão de captação, por atividade

Tabela 76 – Captações na Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Tendencial 2016 (m³/dia)

Captações na Bacia Hidrográfica do Rio Pará – Tendencial 2016 (m³/dia)											
SUB-BACIA	Irrigação	Produção de Energia	Abastecimento Doméstico	Abastecimento Industrial	Mineração	Agroindústria	Outros Usos	Aqüicultura	Avicultura	Bovinocultura	Suinocultura
Alto Rio Pará	5.551,14	-	12.772,92	246,87	7.326,12	471,66	131,34	1.752,32	94,03	793,64	371,23
Ribeirão Boa Vista	4.100,94	-	5.483,78	1.299,56	151,08	62,08	90,20	3.344,44	247,52	1.496,83	9.081,28
Rio Itapeçerica	2.398,57	783,23	56.014,42	7.151,68	1.150,81	3.269,04	1.435,99	1.531,48	1.880,23	1.624,78	219,33
Médio Rio Pará	9.682,09	6,88	234.773,78	4.064,98	6.402,86	226,83	487,96	3.007,09	2.747,57	1.366,29	728,89
Ribeirão da Paciência	14.840,78	-	16.227,54	6.041,43	955,12	1.765,72	3,59	223,77	1.288,45	81,39	7.757,29
Rio São João	1.685,49	1.642,44	35.239,85	94.640,93	3.106,13	8.273,51	809,47	3.274,06	1.404,17	508,08	2.889,91
Rio Lambari	2.894,51	836,26	24.633,49	1.131,57	10.805,81	375,50	90,39	4.608,44	2.901,14	2.399,57	866,40
Rio do Peixe	5.696,43	-	4.233,01	0,00	942,69	64,27	0,00	485,97	615,95	1.345,26	375,98
Rio Picão	117.277,68	22,40	2.204,84	5.031,39	0,00	311,88	147,68	0,00	2.310,35	1.447,52	21.260,55
Baixo Rio Pará	94.494,77	-	9.444,39	2.562,58	4.657,28	851,69	311,73	962,24	3.204,19	3.454,63	2.214,10
Total	258.622,41	3.291,21	401.028,03	122.170,99	35.497,90	15.672,18	3.508,35	19.189,81	16.693,60	14.517,99	45.764,98

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará 2006. Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda. Projeção 2016 IDB – Ministério da Saúde.

 Maior vazão de captação, por atividade

De acordo com o demonstrado na **Tabela 76**, a atividade mais preocupante com relação à utilização dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará é a irrigação, em especial na Sub-bacia Baixo Rio Pará. Em seguida está o abastecimento doméstico, com destaque para a Sub-bacia Médio Rio Pará e o abastecimento industrial, com destaque para a Sub-bacia Rio São João. É clara também a necessidade de um monitoramento maior nas atividades existentes dentro da categoria “outros usos”, pois o total captado nesta categoria ultrapassa todos os demais totais.

5.5 Qualidade da Água

O controle da qualidade da água é fundamental para que se consiga harmonizar os usos múltiplos dos recursos hídricos, resultantes das atividades humanas, como abastecimento doméstico e industrial, produção de energia, irrigação das áreas agrícolas, mineração, entre outros.

A expansão demográfica trás como conseqüência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios. A falta de recursos financeiros e de consciência dos usuários de recursos hídricos agrava o problema de poluição das águas, pela impossibilidade da aplicação de medidas corretivas e mitigadoras dos impactos causados pela ocupação humana. Para o controle e a utilização racional dos recursos hídricos, o trabalho de gestão de uma bacia hidrográfica deve considerar não só um plano que contemple os múltiplos usos desse recurso, mas também desenvolver e aperfeiçoar técnicas de utilização, tratamento e recuperação dos mananciais.

Neste trabalho, a qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foi analisada com a utilização dos dados oriundos do monitoramento físico-químico e bacteriológico realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) no âmbito do Projeto Águas de Minas, da rede de amostragem da FEAM/IGAM, tomando como base o enquadramento dos corpos d'água superficiais e as campanhas expedidas.

Foi utilizado também um sistema de simulação da qualidade da água (QUAL2E) para uma avaliação do comportamento de alguns parâmetros de monitoramento. Para rodar o modelo foram utilizados os dados levantados junto aos usuários dos recursos hídricos, do cadastramento feito pela Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, assim como os dados de monitoramento fluviométrico, das estações já apresentadas no presente relatório, para a obtenção de uma relação entre quantidade e qualidade das águas.

A ocorrência de eventos específicos, tais como contaminação por mercúrio, alumínio e agrotóxicos não foi analisada neste Plano Diretor por não existirem dados suficientemente consistidos para tal. O cadastramento executado até o momento da execução deste trabalho teve como foco principal o volume captado. O volume lançado não chegou a ser detalhado com as características dos efluentes das atividades desenvolvidas na Bacia. Este levantamento, contendo análises dos efluentes lançados, está previsto para um futuro próximo, na complementação do cadastro existente.

A análise da qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará segue, portanto, no presente relatório, as seguintes atividades:

- Avaliação dos dados de monitoramento de qualidade da água, considerando os parâmetros mais violados de 1997 a 2006, por sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, considerando os limites destes parâmetros para sua classe correspondente;
- Simulação matemática, com a formatação dos dados necessários, a calibração do modelo de qualidade da água, QUAL2E, e o resultado para os principais rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

5.5.1 Avaliação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Para a avaliação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foram utilizados os dados monitorados nas 16 estações de amostragem atualmente em operação na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, sob a responsabilidade do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. A **Tabela 77** apresenta as características de localização destas estações e a **Figura 95**

mostra a distribuição das mesmas sobre as 10 sub-bacias da compartimentação hidromorfológica para o Plano Diretor.

Tabela 77 – Descrição das estações de amostragem da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Caracterização das Estações de Amostragem da Qualidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará								
Estação	Descrição	Latitude			Longitude			Altitude
PA001	Rio PARÁ entre as cidades de Passa-Tempo e Desterro de Entre Rios	20	37	56	44	25	52	840
PA002	Ribeirão PAIOL a jusante de Carmópolis de Minas	20	31	03	44	37	09	753
PA003	Rio PARÁ na localidade de Pará dos Vilelas, a jusante da foz do ribeirão Campo Grande	20	24	22	44	37	47	700
PA004	Rio ITAPECERICA a montante da cidade de Divinópolis	20	13	01	44	55	03	746
PA005	Rio PARÁ a montante da foz do Rio Itapecerica, próximo da UHE de Gafanhoto	20	06	22	44	50	35	680
PA007	Rio ITAPECERICA a jusante da cidade de Divinópolis	20	03	43	44	52	26	680
PA009	Rio SÃO JOÃO a jusante da cidade de Itaúna	20	43	36	44	38	25	840
PA010	Ribeirão PACIÊNCIA a jusante de Pará de Minas	19	47	21	44	42	27	727
PA011	Rio SÃO JOÃO na localidade de Vargem do Santiago, próximo de sua foz no Rio Pará	19	41	27	44	51	27	650
PA013	Rio PARÁ na localidade de Velho da Taipa, próximo ao município de Pitangui	19	31	40	44	55	48	650
PA015	Rio LAMBARI próximo de sua foz no Rio Pará	19	19	47	45	01	18	650
PA017	Rio PICÃO próximo de sua foz no Rio Pará	19	16	53	45	13	16	650
PA019	Rio PARÁ a montante de sua foz no Rio São Francisco	19	06	12	45	07	58	600
*PA020	Ribeirão da Fartura ou Gama a montante de sua foz no rio Pará no município de Nova Serrana.	19	58	45	44	55	53	680
*PA021	Rio do Picão a jusante da cidade de Bom Despacho.	19	35	18	45	25	48	612
*PA022	Ribeirão Diamante a jusante da cidade de Santo Antônio do Monte.	20	02	51	45	12	10	802

Fonte: IGAM. *Pontos implantados em agosto e monitorados somente a partir de novembro de 2005.

A **Tabela 78** mostra a quantidade de estações por sub-bacia. Nota-se que as sub-bacias Ribeirão Boa Vista e Rio do Peixe não possuíam, até o momento das análises efetuadas para este Plano Diretor, nenhuma estação de monitoramento de qualidade de suas águas.

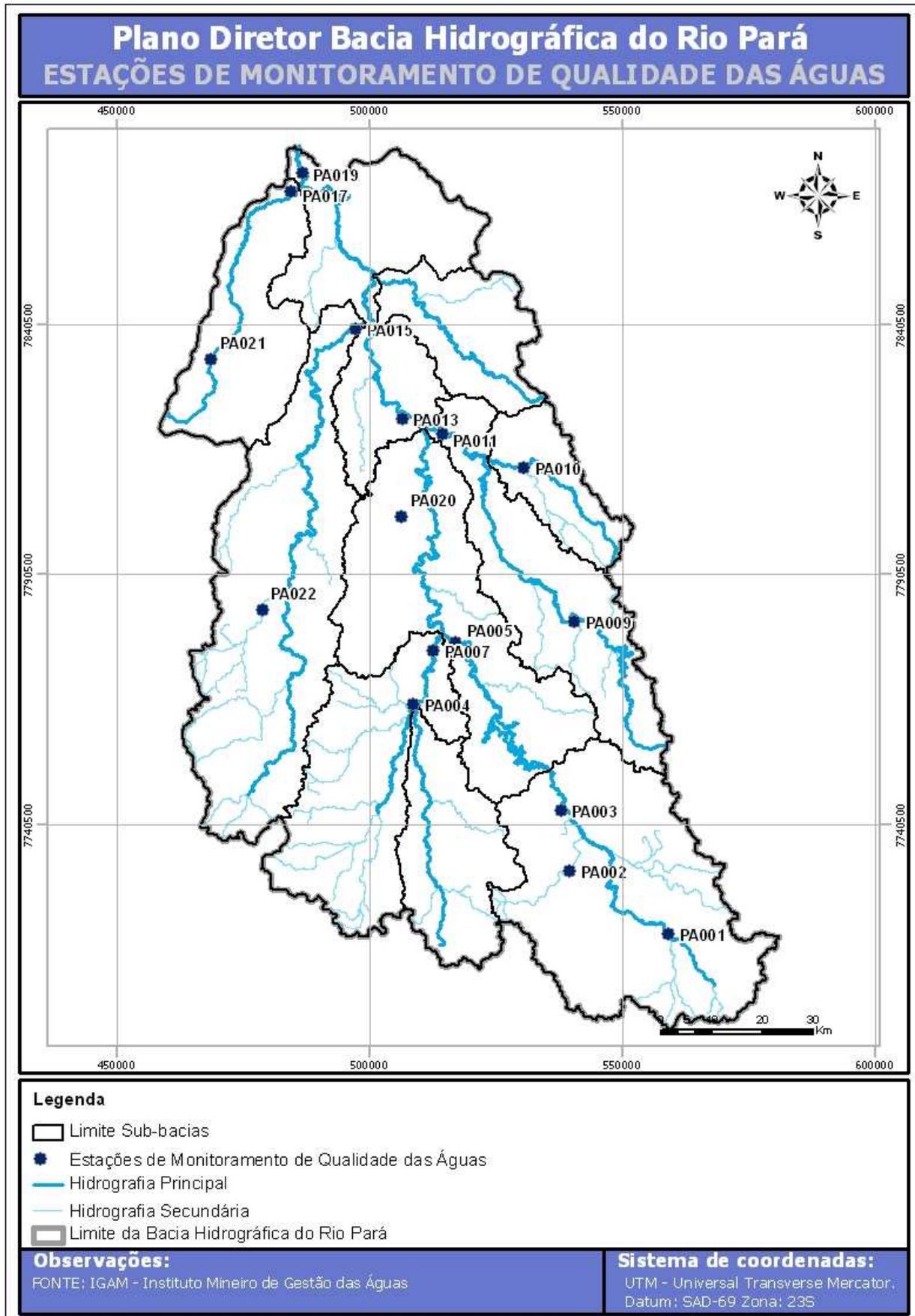


Figura 95 – Estações de monitoramento da qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia

Tabela 78 – Número de estações de monitoramento da qualidade das águas por sub-bacia

Número de estações de monitoramento da qualidade das águas por sub-bacia na Bacia Hidrográfica do Rio Pará	
Sub-Bacias	Num. de Estações
Ribeirão Boa Vista	0
Ribeirão da Paciência	1
Rio do Peixe	0
Rio Picão	2
Rio Itapecerica	2
Rio Lambari	2
Alto Rio Pará	3
Baixo Rio Pará	2
Médio Rio Pará	2
Rio São João	2
Total	16

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Na avaliação da qualidade das águas considerou-se também o enquadramento atual dos corpos hídricos nas estações de amostragem existentes, considerando o estabelecido nas Deliberações Normativas do COPAM nº 28 e 31 de 1998, apresentado na **Tabela 79** a seguir.

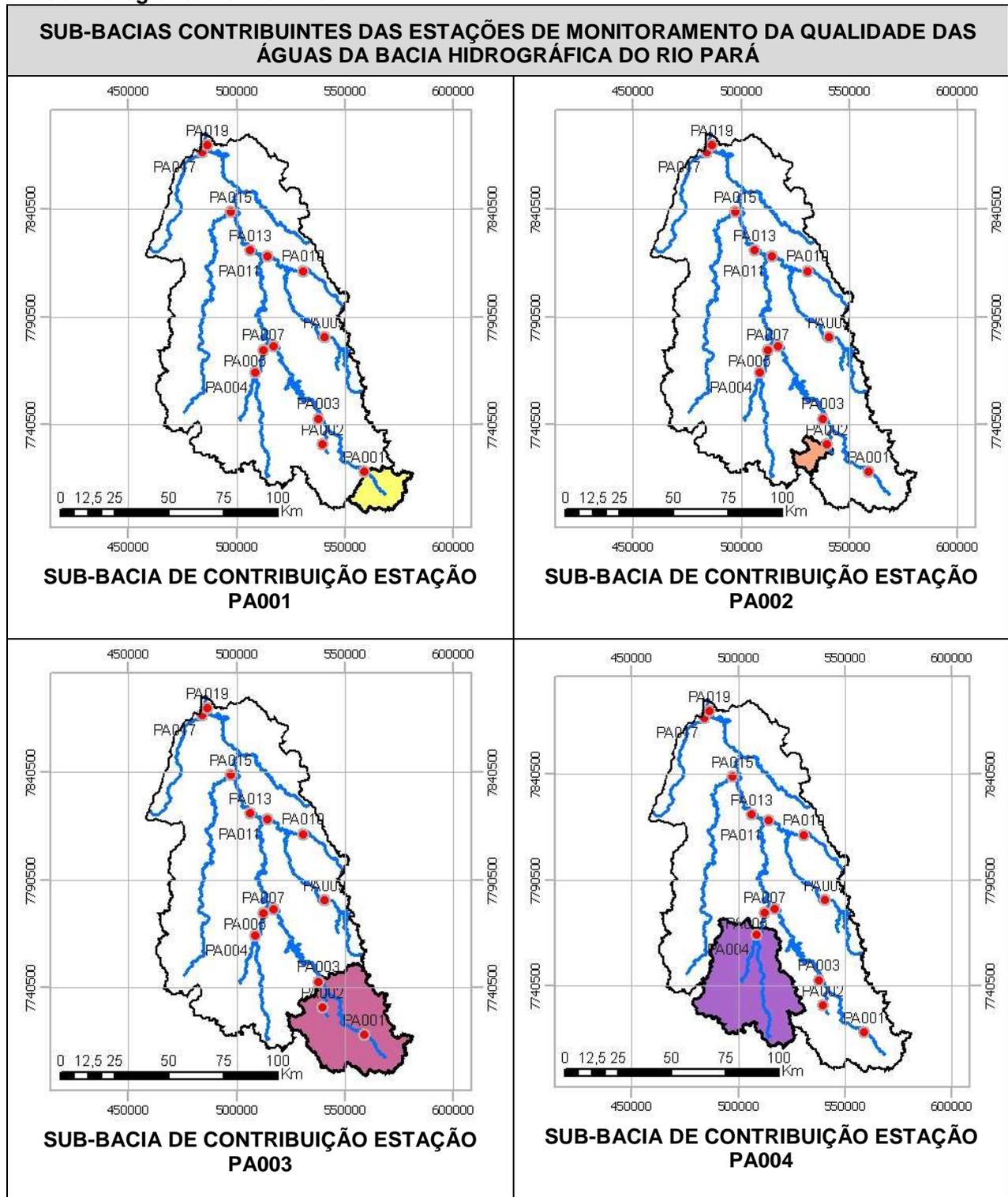
Tabela 79 – Classes de enquadramento nas estações de monitoramento da qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Classes de enquadramento nas estações de monitoramento da qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará		
Sub-Bacias	Estação	Classe de enquadramento
Alto Rio Pará	PA001	Classe 1
Alto Rio Pará	PA002	Classe 2
Alto Rio Pará	PA003	Classe 1
Rio Itapecerica	PA004	Classe 1
Rio Itapecerica	PA007	Classe 3
Médio Rio Pará	PA005	Classe 1
Médio Rio Pará	PA020	Classe 2
Ribeirão Da Paciência	PA010	Classe 3
Rio São João	PA009	Classe 3
Rio São João	PA011	Classe 2
Rio Lambari	PA015	Classe 1
Rio Lambari	PA022	Classe 2
Rio Picão	PA017	Classe 1
Rio Picão	PA021	Classe 2
Baixo Rio Pará	PA013	Classe 2
Baixo Rio Pará	PA019	Classe 2

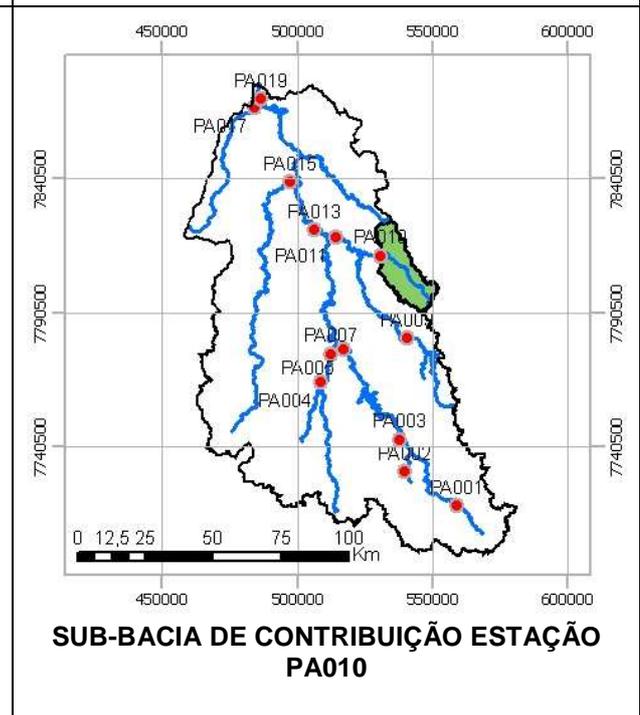
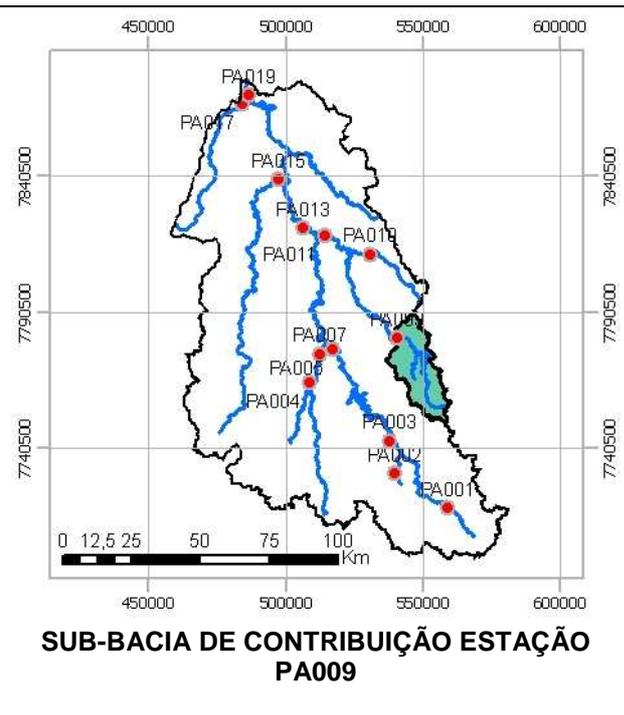
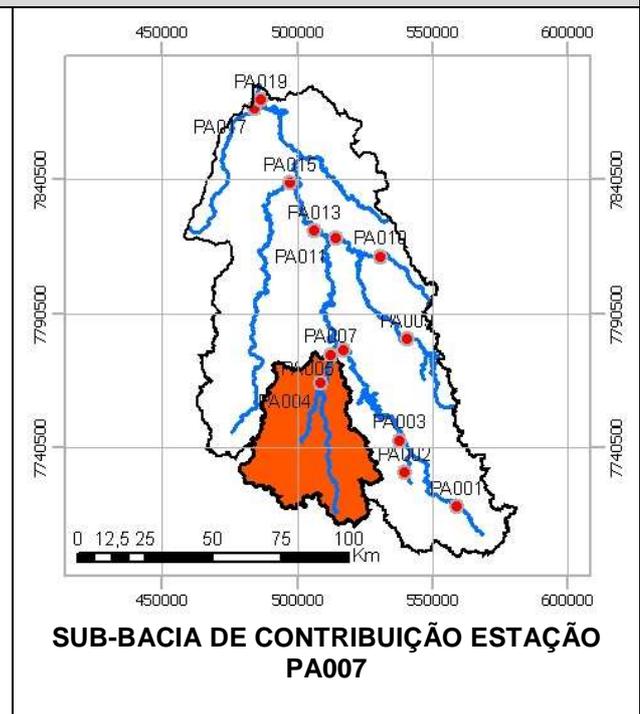
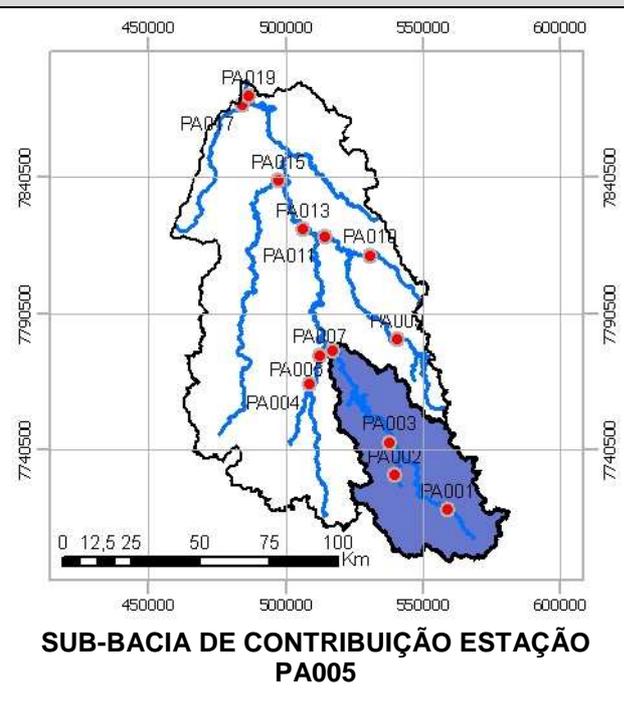
Fonte: COPAM DN 28 e 31/98

Nas análises foram consideradas também as bacias de contribuição de cada Estação de Monitoramento da Qualidade das Águas, presentes na **Tabela 80** a seguir. Os arquivos em formato shapefile destas bacias (PA001 a PA022) estão no **Anexo 3**. Os arquivos em formato jpg das figuras presentes na **Tabela 80** estão no **Anexo 1**.

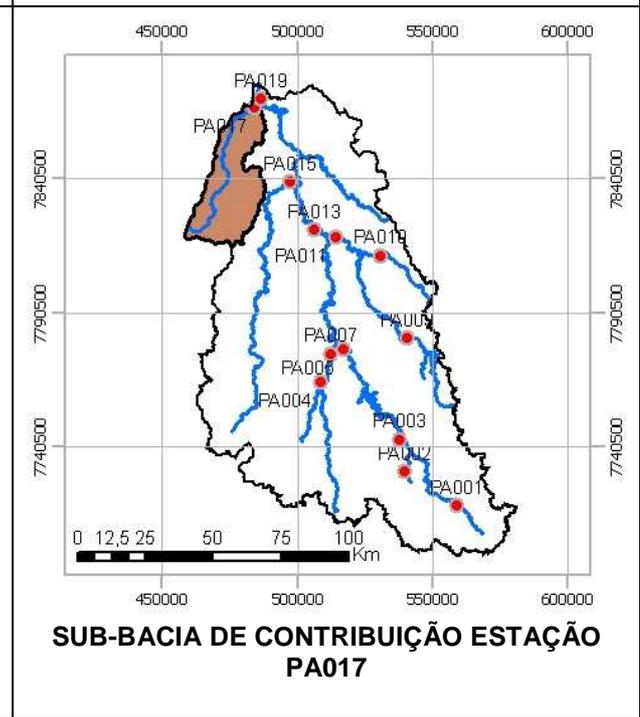
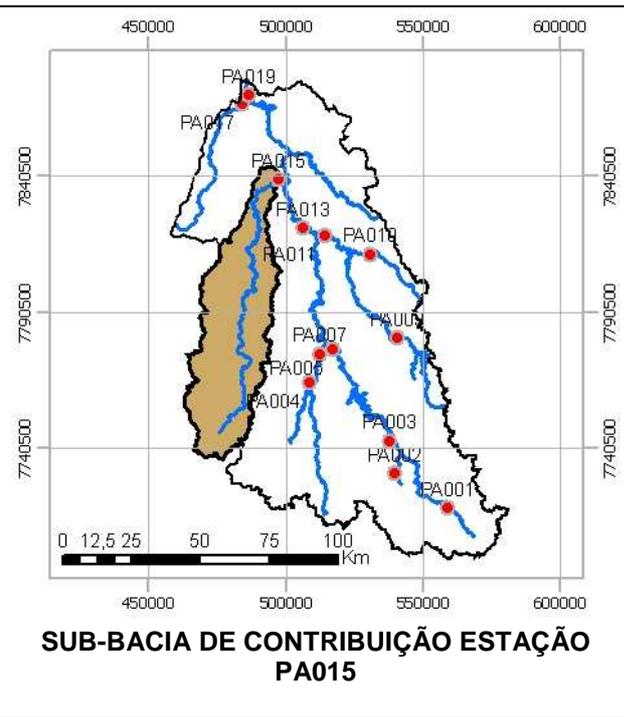
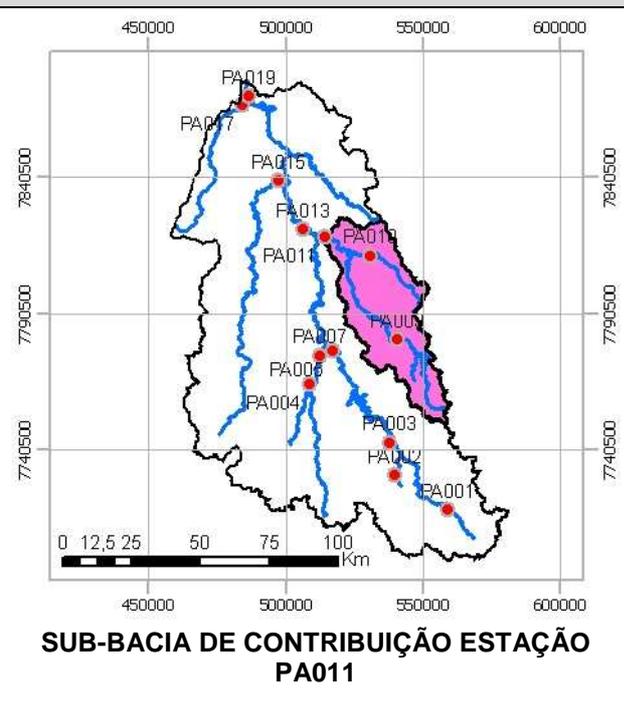
Tabela 80 – Sub-bacias contribuintes das estações de monitoramento da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará



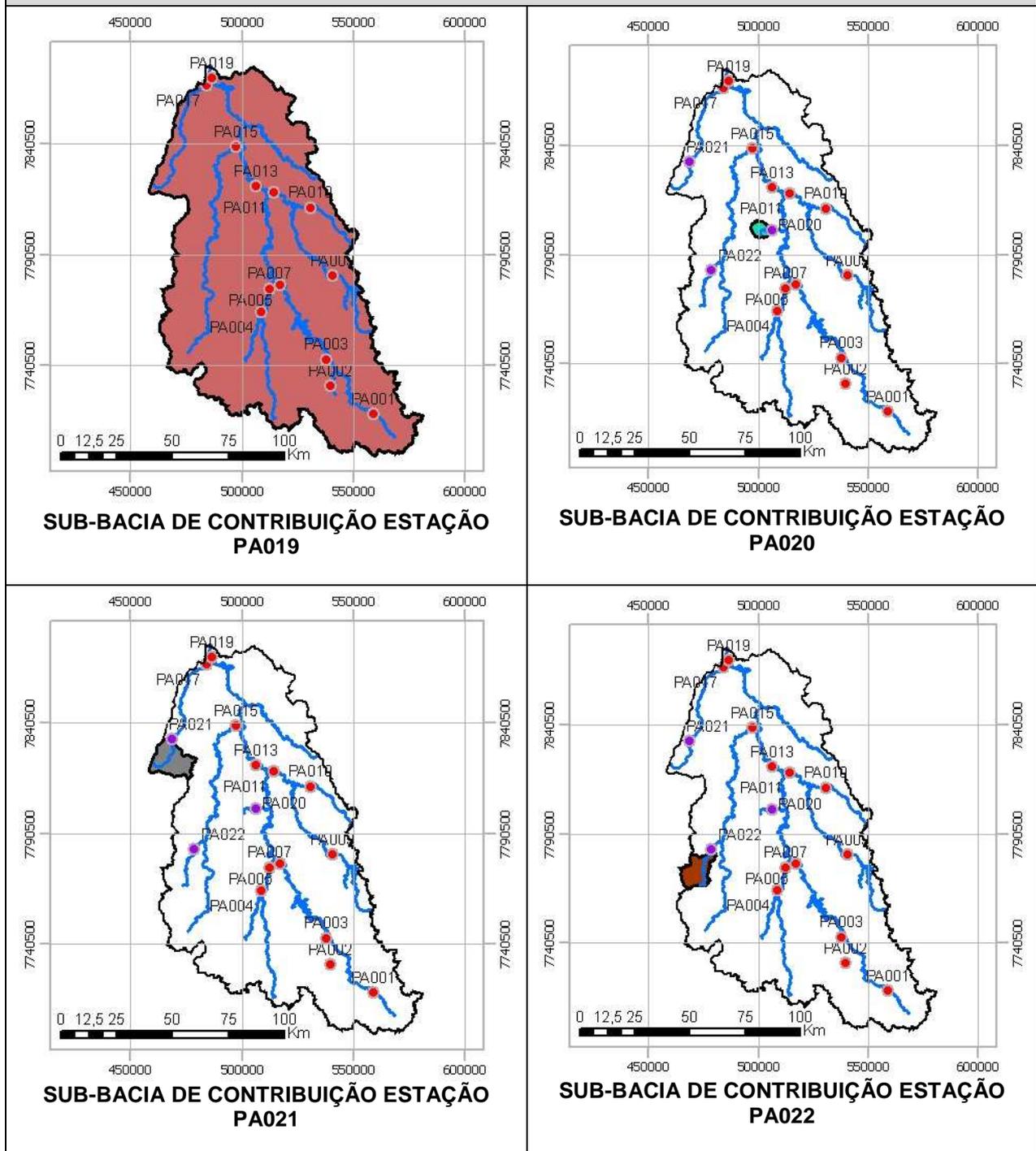
SUB-BACIAS CONTRIBUENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ (cont.)



SUB-BACIAS CONTRIBUENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ (cont.)



SUB-BACIAS CONTRIBUENTES DAS ESTAÇÕES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ (cont.)



Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Sub-bacias de contribuição das estações de monitoramento da qualidade das águas, traçadas a partir de dados de curvas de nível e rede hidrográfica do IBGE vetorizadas no projeto de Sistema de Apoio a Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Estações Amostrais de Monitoramento da Qualidade da Água do IGAM.

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM – Universal Transverse Mercator. – Datum: SAD-69 Zona: 23S

Os limites para os diversos parâmetros de medição da qualidade das águas definidos na Resolução CONAMA nº.357/06 para as diversas classes estão demonstradas na **Tabela 81**.

Tabela 81 – Limites para os parâmetros de qualidade das águas por classe

Limites para os parâmetros de qualidade das águas por classe					
Parâmetros	Unidade	Limites CONAMA 357/06			
		1	2	3	4
pHmin		6	6	6	6
pHmax		9	9	9	9
Turbidez	UNT	40	100	100	-
Cor	mg Pt/L	0	75	75	-
Sólidos Dissolvidos	mg/L	500	500	500	-
Cloretos	mg/L	250	250	250	-
Sulfatos	mg/L	250	250	250	-
Sulfetos	mg/L	0.002	0.002	0.3	-
Fosfato Total (ambiente lêntico)	mg/L	0.02	0.03	0.05	-
Fosfato Total (ambiente lótico)	mg/L	0.1	0.1	0.15	-
Fosfato Total (ambiente intermediário)	mg/L	0.025	0.05	0.075	-
Nitrogênio Amoniacal (pH <=7,5)	mg/L	3.7	3.7	13.3	-
Nitrogênio Amoniacal (7,5<pH<=8,0)	mg/L	2	2	5.6	-
Nitrogênio Amoniacal (8<pH<=8,5)	mg/L	1	1	2.2	-
Nitrogênio Amoniacal (pH>8,5)	mg/L	0.5	0.5	1	-
Nitrato	mg/L	10	10	10	-
Nitrito	mg/L	1	1	1	-
OD	mg/L	6	5	4	2
DBO	mg/L	3	5	10	-
Cianetos	mg/L	0.005	0.005	0.022	-
Fenóis	mg/L	0.003	0.003	0.01	1
Óleos e Graxas	mg/L	0	0	0	-
ColiFecais	NMP/100mL	200	1000	4000	-
Alumínio Solúvel	mg/L	0.1	0.1	0.2	-
Arsênio	mg/L	0.01	0.01	0.033	-
Bário	mg/L	0.7	0.7	1	-
Boro	mg/L	0.5	0.5	0.75	-
Cádmio	mg/L	0.001	0.001	0.01	-
Chumbo	mg/L	0.01	0.01	0.033	-
Cobre Solúvel	mg/L	0.009	0.009	0.013	-
Cromo Total	mg/L	0.05	0.05	0.05	-
Ferro Sol	mg/L	0.3	0.3	5	-
Manganês	mg/L	0.1	0.1	0.5	-
Mercúrio	mg/L	0.0002	0.0002	0.002	-
Níquel	mg/L	0.025	0.025	0.025	-
Selênio	mg/L	0.01	0.01	0.05	-
Zinco Total	mg/L	0.18	0.18	5	-

Fonte: CONAMA 357/06

Neste relatório são apresentados, além dos indicadores IQA e CT monitorados pelo IGAM desde 1997, os resultados de qualidade da água dos parâmetros escolhidos para serem

detalhados, através do critério de número de violações dos limites das classes, para as Sub-Bacias da divisão hidromorfológica adotada para o Plano Diretor, explicado no **Item 5.5.1.1** a seguir.

Para cada Sub-bacia foram demonstrados:

- Número de violações entre as estações de qualidade para todo o período, para o período seco e para o período úmido;
- Variação dos valores do IQA e CT:
 - Entre as estações de qualidade para todo o período, para o período seco e para o período úmido;
 - Ao longo dos anos para todo o período, para o período seco e para o período úmido;
- Variação dos parâmetros selecionados para detalhamento:
 - Entre as estações de qualidade para todo o período, para o período seco e para o período úmido;
 - Ao longo dos anos para todo o período, para o período seco e para o período úmido;

Em função da grande quantidade de gráficos a serem analisados por estação (6 gráficos para cada parâmetro e para os indicadores IQA e CT), considerando todos os parâmetros selecionados para o detalhamento, optou-se por apresentar a avaliação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará da seguinte forma:

- Para cada sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Pará foram selecionados três parâmetros cujos resultados receberam uma avaliação sobre os gráficos traçados: (1) DBO, (2) OD e (3) Turbidez.
- Os demais parâmetros selecionados para o detalhamento estão com seus gráficos apresentados no **Anexo 20**, para cada sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, onde podem ser consultados para uma avaliação mais específica.

5.5.1.1 Análise das Violações

Para o cálculo do número de violações foram contados o número de amostras cujas concentrações ultrapassaram o valor limite segundo as classes na Resolução CONAMA no357/06, considerando as classes do enquadramento do corpo hídrico. Como critério inicial, foram selecionados apenas os parâmetros que possuem limites para as classes definidas pela resolução 357/06 do CONAMA. Em seguida, os resultados correspondentes ao número de violações de todos os parâmetros de qualidade de água foram ordenados de forma decrescente. Os parâmetros que violaram mais que 10% do total de amostras foram detalhados.

A análise do número de violações considerou todo o período das séries históricas do monitoramento da qualidade das águas na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, bem como o período seco e o período úmido. O objetivo de avaliar os períodos secos e úmidos é procurar vincular se as violações estão relacionadas com a poluição pontual (período seco) ou com a poluição difusa (período úmido). Foi avaliado o número de violações em função das estações de qualidade da água ao longo dos anos. Procurou-se, desta maneira, identificar se as violações ocorreram de maneira semelhante em todas as Sub-bacias, ou se de maneira mais crítica em algumas regiões. Este número procura avaliar também se ao longo dos anos o

comportamento é semelhante ou se está piorando. A **Tabela 82** contém o período avaliado para cada estação.

Tabela 82 – Períodos avaliados para cada estação de monitoramento da qualidade das águas

Períodos avaliados para cada estação de monitoramento da qualidade das águas			
Sub-Bacias	Estação	Período Avaliado	
		Inicial	Final
Alto Rio Pará	PA001	23/09/1997	10/02/2006
Alto Rio Pará	PA002	02/02/2000	10/02/2006
Alto Rio Pará	PA003	23/09/1997	10/02/2006
Rio Itapeçerica	PA004	03/02/2000	14/02/2006
Rio Itapeçerica	PA007	24/09/1997	14/02/2006
Médio Rio Pará	PA005	24/09/1997	10/02/2006
Médio Rio Pará	PA020	18/11/2005	13/02/2006
Ribeirão da Paciência	PA010	03/02/2000	14/02/2006
Rio São João	PA009	24/09/1997	10/02/2006
Rio São João	PA011	24/09/1997	14/02/2006
Rio Lambari	PA015	25/09/1997	15/02/2006
Rio Lambari	PA022	18/11/2005	13/02/2006
Rio Picão	PA017	25/09/1997	15/02/2006
Rio Picão	PA021	18/11/2005	13/02/2006
Baixo Rio Pará	PA013	24/09/1997	14/02/2006
Baixo Rio Pará	PA019	25/09/1997	15/02/2006
Médio Rio Pará	PA020		
Rio Picão	PA021		
Rio Lambari	PA022		

Fonte: IGAM

A classificação dos parâmetros a serem detalhados foi baseada no número de violações, durante todo o período monitorado, sem considerar a localização das estações e está presente na **Tabela 83**. Os resultados encontrados podem ser considerados também um indicativo dos parâmetros mais críticos na Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

Tabela 83 – Porcentagem de violações sobre o total de amostras dos parâmetros de qualidade da água

Porcentagem de violações sobre o total de amostras dos parâmetros de qualidade da água		
Parâmetros	Violações (%)	Total de Análises
Cor	63,0	292
Coliformes Termotolerantes	61,4	440
Óleos e Graxas	48,9	223
Cromo Total	37,9	327
Ferro Solúvel	35,7	356
Fósforo Total	26,1	440
Turbidez	23,2	440
Manganês	22,6	265
Chumbo	13,1	434

Porcentagem de violações sobre o total de amostras dos parâmetros de qualidade da água (cont.)

Parâmetros	Violações (%)	Total de Análises
DBO	11,2	439
OD	10,7	440
Fenóis	7,7	440
Cádmio	4,0	422
Níquel	2,8	434
Mercúrio	2,2	318
Sulfetos	1,7	422
Cianetos	1,4	422
Zinco Total	1,4	422
Nitrogênio Amoniacal	1,4	440
pH	-	440
Sólidos Dissolvidos	-	354
Cloretos	-	440
Sulfatos	-	222
Nitrato	-	440
Nitrito	-	290
Arsênio	-	222
Bário	-	222
Boro	-	222
Cobre Solúvel	-	44
Selênio	-	222
Alumínio Solúvel	-	0

Fonte: IGAM

A partir da **Tabela 83** verifica-se que foram 11 os parâmetros selecionados para serem detalhados: Cor, Coliformes Termotolerantes, Óleos e Graxas, Cromo Total, Ferro Solúvel, Fósforo Total, Turbidez, Manganês, Chumbo, DBO, OD, pois o número de violações ultrapassou 10% das amostras, além do IQA e CT.

O número de violações para os períodos seco e úmido estão apresentados na **Tabela 84**. Verifica-se que o período úmido é pior em relação ao período seco, ou seja, possui um maior número de parâmetros que excedem os limites desejados. Para o detalhamento foram selecionados os parâmetros do período úmido.

Tabela 84 – Número de violações para os parâmetros de qualidade de água em relação aos períodos seco e úmido

Número de violações para os parâmetros de qualidade de água em relação aos períodos seco e úmido					
Período Seco			Período Úmido		
Parâmetros	Violações (%)	Total de Análises	Parâmetros	Violações (%)	Total de Análises
Cor	56.6	143	Cor	69.1	149
Coliformes Termotolerantes	54.9	206	Coliformes Termotolerantes	67.1	234
Óleos e Graxas	51.9	108	Ferro Solúvel	47.3	182
Cromo Total	37.9	153	Óleos e Graxas	46.1	115
Ferro Solúvel	23.6	174	Manganês	38.4	138
Fósforo Total	20.4	206	Cromo Total	37.9	174
Chumbo	9.3	204	Turbidez	35.9	234
Turbidez	8.7	206	Fósforo Total	31.2	234
DBO	7.8	205	Chumbo	16.5	230
Fenóis	5.8	206	OD	16.2	234
Manganês	5.5	127	DBO	14.1	234
OD	4.4	206	Fenóis	9.4	234
Mercurio	3.2	154	Cádmio	5.8	224
Cádmio	2.0	198	Níquel	4.3	230
Níquel	1.0	204	Sulfetos	3.1	224
Cianetos	0.5	198	Zinco Total	2.7	224
pH	-	206	Nitrogênio Amoniacal	2.6	234
Sólidos Dissolvidos	-	173	Cianetos	2.2	224
Cloretos	-	206	Mercurio	1.2	164
Sulfatos	-	108	pH	-	234
Sulfetos	-	198	Sólidos Dissolvidos	-	181
Nitrogênio Amoniacal	-	206	Cloretos	-	234
Nitrato	-	206	Sulfatos	-	114
Nitrito	-	147	Nitrato	-	234
Alumínio Solúvel	-	0	Nitrito	-	143
Arsênio	-	108	Alumínio Solúvel	-	0
Bário	-	108	Arsênio	-	114
Boro	-	108	Bário	-	114
Cobre Solúvel	-	13	Boro	-	114
Selênio	-	108	Cobre Solúvel	-	31
Zinco Total	-	198	Selênio	-	114

Fonte: IGAM

Para aprofundar a análise das violações ocorridas, o número total de ocorrências foi distribuído e analisado para cada estação de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará.

As **Tabelas 85, 86 e 87** apresentam os dados separados por estação de qualidade de água para os períodos: anual, seco e úmido. Através destas tabelas é possível avaliar quais parâmetros foram violados e em que período ocorreram estas violações. Pode-se verificar ainda se as violações ocorreram em todas as estações da Sub-bacia ou se as estações apresentaram um resultado semelhante dentro de uma mesma Sub-bacia. O resultado do monitoramento das estações de uma mesma sub-bacia pode ser observado também na **Tabela 88**, que mostra o período mais crítico de cada estação (seco ou úmido) por Sub-bacia.

Um exemplo de ocorrências diferenciadas nos períodos considerados é o parâmetro cor na estação PA007, que possui 27,8% de violações ao longo de todo o período monitorado. Ao se

analisar em separado os períodos seco e úmido, verifica-se que no período de estiagem não houve violações e no período chuvoso 55,6% das amostras foram violadas. Através destes valores pode-se dizer que a estação PA007 está fora de classe, em relação ao parâmetro cor, apenas no período úmido.

Quando avaliado OD na estação de qualidade PA002, este parâmetro possui 50% de violações ao longo de todo o período monitorado. Ao se analisar em separado os períodos seco e úmido, verifica-se que no período de estiagem houve 25% de violações e no período chuvoso 75%. Pode-se dizer que esta estação está fora de classe, em relação ao parâmetro OD, em ambos os períodos, mas que a poluição difusa tem um caráter mais significativo.

Com relação aos parâmetros alumínio, mercúrio e agrotóxicos não foi possível fazer uma análise conclusiva, pois alumínio solúvel não tinha nenhuma coleta realizada, alumínio total foi realizada apenas uma campanha em 2005, mercúrio foi realizada apenas uma campanha em 1997 e para a identificação de agrotóxicos também não foi encontrada nenhuma campanha.

Na campanha de 2005 foi identificada uma concentração de 2 mg/l de mercúrio na estação PA004 e de 4,49 mg/l na estação PA007, ambas em 15/02/2005.

Tabela 85 – Violações por estação de qualidade para os 31 parâmetros de qualidade de água monitorados no período anual.

Violações por estação de monitoramento de qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para todos os parâmetros em relação ao período anual																
Parâmetros	Violações (%)															
	PA001	PA002	PA003	PA004	PA005	PA007	PA009	PA010	PA011	PA013	PA015	PA017	PA019	PA020	PA021	PA022
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbidez	58.3	8.3	52.8	24.0	16.7	11.1	5.6	8.0	5.6	5.6	38.9	33.3	13.9	100.0	50.0	100.0
Cor	96.7	13.0	96.7	100.0	93.3	27.8	5.6	23.1	22.2	27.8	93.3	93.3	27.8	100.0	100.0	100.0
Sólidos Dissolvidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloretos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfatos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfetos	-	4.2	2.8	-	-	-	2.8	-	-	-	2.8	5.6	2.8	-	-	-
Fósforo Total	8.3	16.7	13.9	8.0	5.6	25.0	69.4	92.0	77.8	11.1	5.6	5.6	2.8	100.0	50.0	100.0
Nitrogênio Amoniacal	-	-	-	-	-	-	-	20.0	-	-	-	-	-	50.0	-	-
Nitrato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OD	5.6	50.0	2.8	12.0	2.8	-	2.8	36.0	2.8	-	2.8	38.9	-	100.0	-	-
DBO	2.8	8.3	8.3	-	2.8	2.8	54.3	48.0	8.3	-	8.3	2.8	-	100.0	-	50.0
Cianetos	-	-	2.8	-	-	-	-	-	5.6	2.8	2.8	-	2.8	-	-	-
Fenóis	2.8	12.5	2.8	8.0	11.1	2.8	2.8	4.0	13.9	25.0	5.6	2.8	8.3	-	-	-
Óleos e Graxas	68.4	46.2	44.4	53.8	33.3	38.9	72.2	61.5	50.0	44.4	50.0	50.0	33.3	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	86.1	12.5	83.3	64.0	69.4	91.7	94.4	92.0	44.4	36.1	47.2	41.7	22.2	100.0	100.0	100.0
Alumínio Solúvel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bário	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio	-	-	11.1	8.0	5.6	-	-	-	5.6	5.6	5.6	5.6	2.8	-	-	-
Chumbo	33.3	12.5	30.6	16.0	5.6	2.8	-	4.0	19.4	11.1	22.2	5.6	5.6	-	50.0	50.0
Cobre Solúvel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total	44.4	21.4	38.9	12.5	38.9	41.7	44.4	23.1	44.4	44.4	41.7	41.7	44.4	-	-	-
Ferro Solúvel	16.7	54.2	50.0	30.8	40.0	-	-	-	73.3	63.3	40.0	40.0	36.7	50.0	50.0	-
Manganês	27.8	63.6	31.0	53.8	-	-	-	7.7	22.2	11.1	5.3	37.9	22.2	100.0	100.0	-

Violações por estação de monitoramento de qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para todos os parâmetros em relação ao período anual (cont.)																
Parâmetros	Violações (%)															
	PA001	PA002	PA003	PA004	PA005	PA007	PA009	PA010	PA011	PA013	PA015	PA017	PA019	PA020	PA021	PA022
Mercúrio	–	–	3.3	–	–	–	–	–	3.4	3.3	6.7	3.4	3.3	–	–	–
Níquel	6.7	8.3	2.8	–	–	–	2.8	4.0	2.8	2.8	2.8	–	5.6	–	–	–
Selênio	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Zinco Total	5.6	–	5.6	–	–	–	–	–	2.8	–	–	2.8	–	50.0	–	–

Fonte: IGAM

Tabela 86 – Violações por estação de qualidade para os 31 parâmetros de qualidade de água monitorados no período úmido.

Violações por estação de monitoramento de qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para todos os parâmetros em relação ao período úmido														
Parâmetros	Violações (%)													
	PA001	PA002	PA003	PA004	PA005	PA007	PA009	PA010	PA011	PA013	PA015	PA017	PA019	
pH	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Turbidez	47.1	–	35.3	–	–	–	–	–	–	–	17.6	5.9	–	
Cor	93.3	–	100.0	100.0	93.3	–	–	16.7	11.1	11.1	100.0	93.3	–	
Sólidos Dissolvidos	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Cloretos	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Sulfatos	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Sulfetos	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Fósforo Total	5.9	–	11.8	–	5.9	5.9	64.7	100.0	76.5	5.9	–	–	–	
Nitrogênio Amoniacal	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Nitrato	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Nitrito	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
OD	–	25.0	–	8.3	–	–	–	33.3	–	–	–	5.9	–	
DBO	–	8.3	–	–	–	5.9	56.3	33.3	5.9	–	–	–	–	
Cianetos	–	–	5.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Fenóis	–	16.7	5.9	8.3	–	–	–	–	–	35.3	–	–	11.8	
Óleos e Graxas	77.8	50.0	44.4	50.0	33.3	44.4	66.7	50.0	44.4	44.4	66.7	66.7	33.3	
Coliformes Termotolerantes	94.1	16.7	82.4	75.0	64.7	88.2	88.2	91.7	35.3	11.8	41.2	17.6	11.8	
Alumínio Solúvel	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
Arsênio	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	

Violações por estação de monitoramento de qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para todos os parâmetros em relação ao período úmido (cont.)													
Parâmetros	Violações (%)												
	PA001	PA002	PA003	PA004	PA005	PA007	PA009	PA010	PA011	PA013	PA015	PA017	PA019
Bário	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Boro	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cádmio	–	–	5.9	8.3	5.9	–	–	–	5.9	–	–	–	–
Chumbo	13.3	8.3	23.5	8.3	5.9	5.9	–	–	11.8	5.9	17.6	5.9	11.8
Cobre Solúvel	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cromo Total	44.4	16.7	44.4	9.1	44.4	41.2	41.2	16.7	44.4	44.4	41.2	41.2	41.2
Ferro Solúvel	13.3	16.7	26.7	–	33.3	–	–	–	73.3	46.7	20.0	20.0	26.7
Manganês	–	30.0	7.1	–	–	–	–	–	22.2	–	–	7.1	–
Mercúrio	–	–	–	–	–	–	–	–	7.1	6.7	6.7	7.1	6.7
Níquel	–	8.3	–	–	–	–	–	–	–	5.9	–	–	–
Selênio	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Zinco Total	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Fonte: IGAM

As estações PA020, PA021 e PA022 são novas e não possuem monitoramento no período úmido.

Tabela 87 – Violações por estação de qualidade para os 31 parâmetros de qualidade de água monitorados no período seco.

Violações por estação de monitoramento de qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para todos os parâmetros em relação ao período seco																
Parâmetros	Violações (%)															
	PA001	PA002	PA003	PA004	PA005	PA007	PA009	PA010	PA011	PA013	PA015	PA017	PA019	PA020	PA021	PA022
pH	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Turbidez	68.4	16.7	68.4	46.2	31.6	21.1	10.5	15.4	10.5	10.5	57.9	57.9	26.3	100.0	50.0	100.0
Cor	100.0	25.0	93.3	100.0	93.3	55.6	11.1	28.6	33.3	44.4	86.7	93.3	55.6	100.0	100.0	100.0
Sólidos Dissolvidos	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Cloretos	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Sulfatos	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Sulfetos	–	8.3	5.3	–	–	–	5.3	–	–	–	5.3	10.5	5.3	–	–	–
Fósforo Total	10.5	33.3	15.8	15.4	5.3	42.1	73.7	84.6	78.9	15.8	10.5	10.5	5.3	100.0	50.0	100.0

Violações por estação de monitoramento de qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará para todos os parâmetros em relação ao período seco (cont.)																
Parâmetros	Violações (%)															
	PA001	PA002	PA003	PA004	PA005	PA007	PA009	PA010	PA011	PA013	PA015	PA017	PA019	PA020	PA021	PA022
Nitrogênio Amoniacal	-	-	-	-	-	-	-	38.5	-	-	-	-	-	50.0	-	-
Nitrato	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OD	10.5	75.0	5.3	15.4	5.3	-	5.3	38.5	5.3	-	5.3	68.4	-	100.0	-	-
DBO	5.3	8.3	15.8	-	5.3	-	52.6	61.5	10.5	-	15.8	5.3	-	100.0	-	50.0
Cianetos	-	-	-	-	-	-	-	-	10.5	5.3	5.3	-	5.3	-	-	-
Fenóis	5.3	8.3	-	7.7	21.1	5.3	5.3	7.7	26.3	15.8	10.5	5.3	5.3	-	-	-
Óleos e Graxas	60.0	42.9	44.4	57.1	33.3	33.3	77.8	71.4	55.6	44.4	33.3	33.3	33.3	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	78.9	8.3	84.2	53.8	73.7	94.7	100.0	92.3	52.6	57.9	52.6	63.2	31.6	100.0	100.0	100.0
Alumínio Solúvel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bário	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio	-	-	15.8	7.7	5.3	-	-	-	5.3	10.5	10.5	10.5	5.3	-	-	-
Chumbo	53.3	16.7	36.8	23.1	5.3	-	-	7.7	26.3	15.8	26.3	5.3	-	-	50.0	50.0
Cobre Solúvel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo Total	44.4	25.0	33.3	15.4	33.3	42.1	47.4	28.6	44.4	44.4	42.1	42.1	47.4	-	-	-
Ferro Solúvel	20.0	91.7	73.3	57.1	46.7	-	-	-	73.3	80.0	60.0	60.0	46.7	50.0	50.0	-
Manganês	55.6	91.7	53.3	100.0	-	-	-	14.3	22.2	22.2	10.0	66.7	44.4	100.0	100.0	-
Mercúrio	-	-	6.7	-	-	-	-	-	-	-	6.7	-	-	-	-	-
Níquel	13.3	8.3	5.3	-	-	-	5.3	7.7	5.3	-	5.3	-	10.5	-	-	-
Selênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco Total	11.1	-	10.5	-	-	-	-	-	5.3	-	-	5.3	-	50.0	-	-

Fonte: IGAM

Os valores presentes nas **Tabelas de 83 a 87** foram obtidos das séries de monitoramento da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará sob a responsabilidade do IGAM (**Anexo 22**).

Tabela 88 – Período mais crítico de cada parâmetro por estação de monitoramento e por Sub-bacia, em % de violações das amostras.

Período mais crítico de cada parâmetro por estação de monitoramento e por Sub-bacia, em % de violações das amostras.													
Sub-bacia	Estação	Turbidez	Cor	Fósforo Total	OD	DBO	Fenóis	Óleos e Graxas	Coliformes Termotol.	Chumbo	Cromo Total	Ferro Solúvel	Manganês
Alto Rio Pará	PA002	úmido	úmido	úmido	úmido	seco	seco	seco	seco	úmido	úmido	úmido	úmido
Alto Rio Pará	PA003	úmido	seco	úmido	úmido	úmido	seco	seco	úmido	úmido	seco	úmido	úmido
Alto Rio Pará	PA001	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	seco	seco	úmido	seco	úmido	úmido
Rio Itapeçerica	PA004	úmido	seco	úmido	úmido	seco	seco	úmido	seco	úmido	úmido	úmido	úmido
Rio Itapeçerica	PA007	úmido	úmido	úmido	seco	seco	úmido	seco	úmido	seco	úmido	seco	seco
Médio Rio Pará	PA005	úmido	seco	seco	úmido	úmido	úmido	seco	úmido	seco	seco	úmido	seco
Médio Rio Pará	PA020	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco
Ribeirão da Paciência	PA010	úmido	úmido	seco	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	seco	úmido
Rio São João	PA011	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido	seco	seco	seco
Rio São João	PA009	úmido	úmido	úmido	úmido	seco	úmido	úmido	úmido	seco	úmido	seco	seco
Rio Lambari	PA015	úmido	seco	úmido	úmido	úmido	úmido	seco	úmido	úmido	úmido	úmido	úmido
Rio Lambari	PA022	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco
Rio do Picão	PA017	úmido	seco	úmido	úmido	úmido	úmido	seco	úmido	seco	úmido	úmido	úmido
Rio do Picão	PA021	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco	seco
Baixo Rio Para	PA019	úmido	úmido	úmido	seco	seco	seco	seco	úmido	seco	úmido	úmido	úmido
Baixo Rio Para	PA013	úmido	úmido	úmido	seco	seco	seco	seco	úmido	úmido	seco	úmido	úmido

Fonte: IGAM

Os valores presentes na **Tabela 88** foram obtidos das séries de monitoramento da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará sob a responsabilidade do IGAM (**Anexo 22**).

Avaliando a distribuição das violações nas estações de qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, observa-se que 55% das mesmas ocorreram no período úmido e 45% no período seco. Apenas o parâmetro óleos e graxas está mais presente no período seco, os demais parâmetros possuem uma distribuição semelhante entre os dois períodos. Todas as estações de qualidade de água, com exceção das estações PA020, PA021 e PA022, apresentam maior número de violações nos períodos úmidos. As estações PA020, PA021 e PA022 apresentam todos os parâmetros com período crítico na época de estiagem, pois são postos novos e não há campanha no período úmido.

5.5.1.2 Avaliação dos Resultados

Após a seleção dos parâmetros através do critério da percentagem de violações, foram selecionados 12 parâmetros para o detalhamento, que consistiu na demonstração do comportamento das estações e das variações ocorridas por parâmetro através de gráficos. Os 11 parâmetros selecionados foram: Cor, Coliformes Termotolerantes, Óleos e Graxas, Cromo Total, Ferro Solúvel, Fósforo Total, Turbidez, Manganês, Chumbo, DBO e OD e mais 2 indicadores (IQA e CT). O total gerado para este relatório foi de 714 gráficos: (1) 42 gráficos mostrando o comportamento de todas as estações, mais (2) 672 gráficos que demonstram as variações anuais dos resultados por estação por período (anual, seco e úmido).

Na execução dos gráficos demonstrativos das medições foi definido como padrão que todos representassem os valores máximo, médio e mínimo para cada parâmetro, bem como o valor limite da classe de enquadramento do curso d'água onde está localizada a PA. O mesmo foi adotado na representação dos gráficos dos indicadores (IQA e CT).

Para cada Sub-bacia foram considerados:

- Todos os parâmetros que tiveram violações maiores ou iguais a 10% por estação de monitoramento da qualidade da água existente na Sub-bacia;
- Os indicadores de qualidade – IQA e CT por estação de monitoramento da qualidade da água existente na Sub-bacia;

Para cada Sub-bacia foi produzido o seguinte material:

- Três gráficos para cada parâmetro contendo a medição máxima, a mínima e a média aritmética, de todas as medições efetuadas em todos os anos monitorados, juntamente com os limites das classes correspondentes, de cada estação da Bacia Hidrográfica do Rio Pará: um considerando os anos completos, outro considerando o período seco de cada ano e outro considerando o período úmido de cada ano;
- Três gráficos para cada estação, por parâmetro, (para o período anual, período seco e período úmido), com os valores máximos, mínimos e a média aritmética dos valores medidos, juntamente com os limites das classes correspondentes, em cada ano de monitoramento disponível. Com os gráficos anuais é possível determinar se a estação de qualidade da água está sempre em acordo com os limites da Classe ou se atende esporadicamente;
- Análises conclusivas sobre os gráficos executados para os parâmetros (1) DBO, (2) OD e (3) Turbidez;
- Os demais parâmetros tem seus gráficos apresentados no **Anexo 20**, para que possam ser consultados para uma avaliação mais específica, quando necessário.

5.5.1.2.1 Sub-bacia Alto Rio Pará

As estações correspondentes à Sub-bacia Alto Rio Pará são: PA001 (Classe 1), PA002 (Classe 2) e PA003 (Classe 1).

DBO na Sub-Bacia Alto Rio Pará

A **Figura 96** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

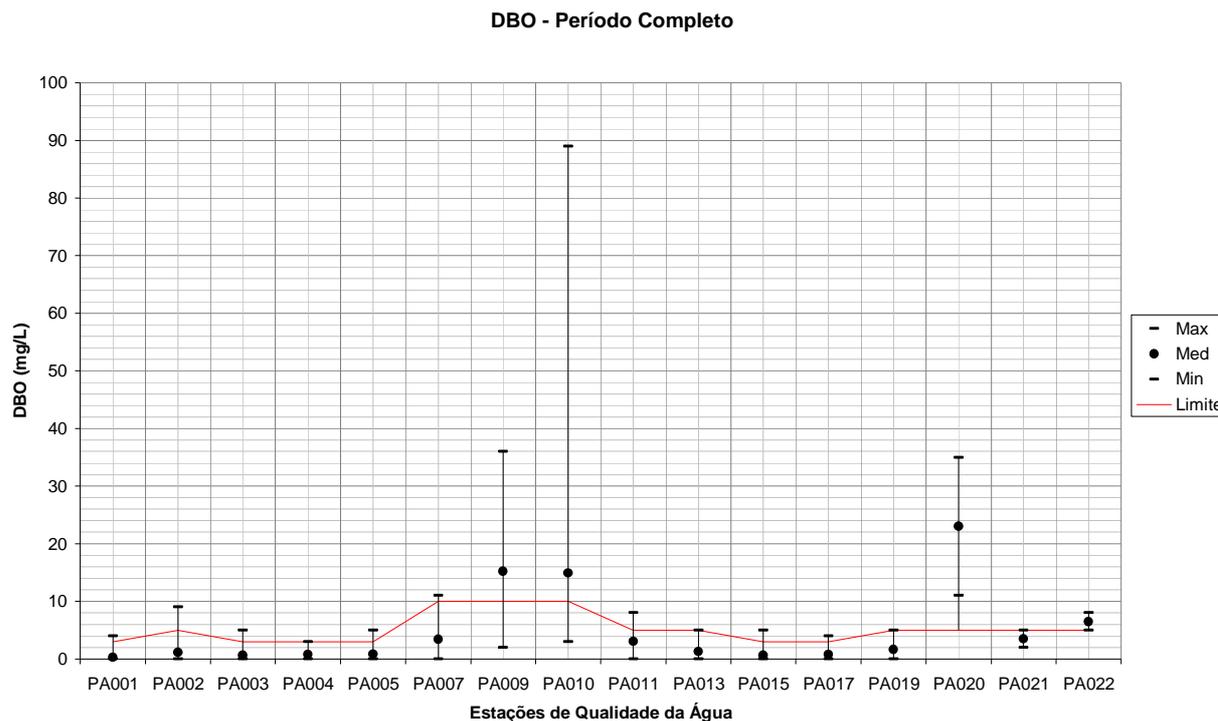


Figura 96 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Comparando às demais estações de qualidade da água, verifica-se que a Sub-bacia Alto Rio Pará possui valores de DBO dentro da expectativa, ou seja, apenas os valores máximos extrapolam o limite das respectivas classes. Nos gráficos a seguir a análise está mais detalhada, identificando se estes valores extrapolaram os limites no período seco ou no úmido, e em que anos estes eventos ocorreram.

Através das tabelas a seguir verifica-se que na PA001 o limite da classe é superado apenas no ano de 1998, que na PA002 isto ocorre em dois anos (2001 e 2003), enquanto que na PA003 ocorre apenas nos anos de 1997 e 1998. Isto demonstra que, em termos de DBO, a água melhorou de qualidade na estação PA003, que é a estação mais a jusante na Sub-bacia. Pode-se também dizer que os demais rios a montante da estação PA003 possuem uma qualidade melhor de água que os rios contribuintes da estação PA002, pois o DBO a jusante desta melhora.

Para o período seco, somente a PA002 ultrapassa o limite permitido, o que ocorreu apenas em 2001. Para o período úmido todas as três estações ultrapassam o limite permitido. Verifica-se que na PA001 o limite da classe é superado apenas no ano de 1998, que na PA002 isto ocorre em dois anos (2001 e 2003), enquanto que na PA003 isto ocorre apenas nos anos de 1997 e 1998.

Isto demonstra que a maioria das violações de DBO na Sub-bacia Alto Rio Pará ocorre nos períodos úmidos e provêm da poluição difusa e não tanto da poluição pontual.

As **Figuras 97 a 99** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

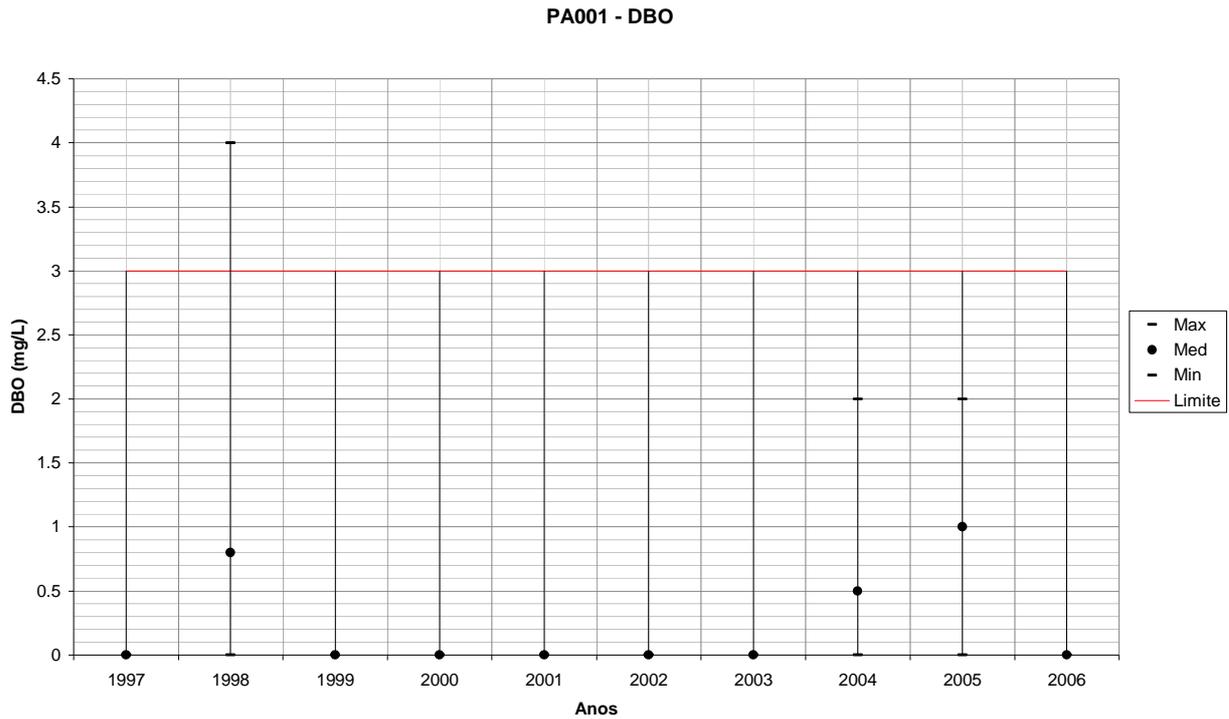


Figura 97 – Variação de DBO para PA001 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

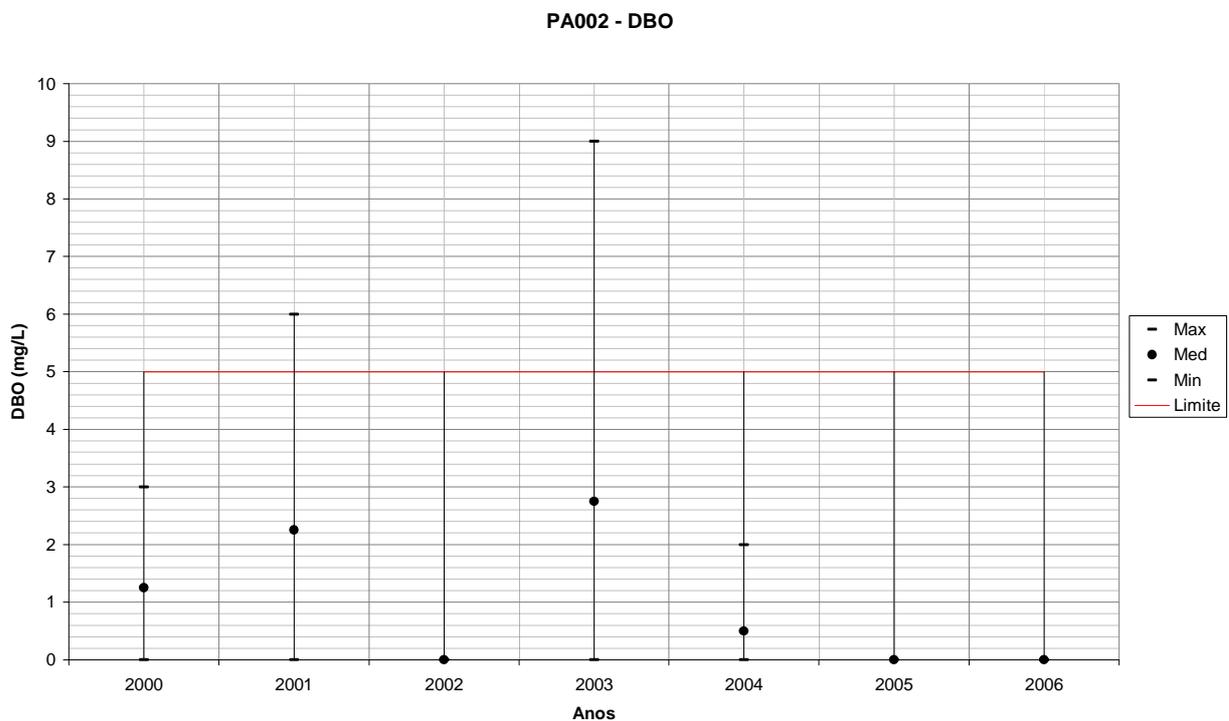


Figura 98 – Variação de DBO para PA002 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

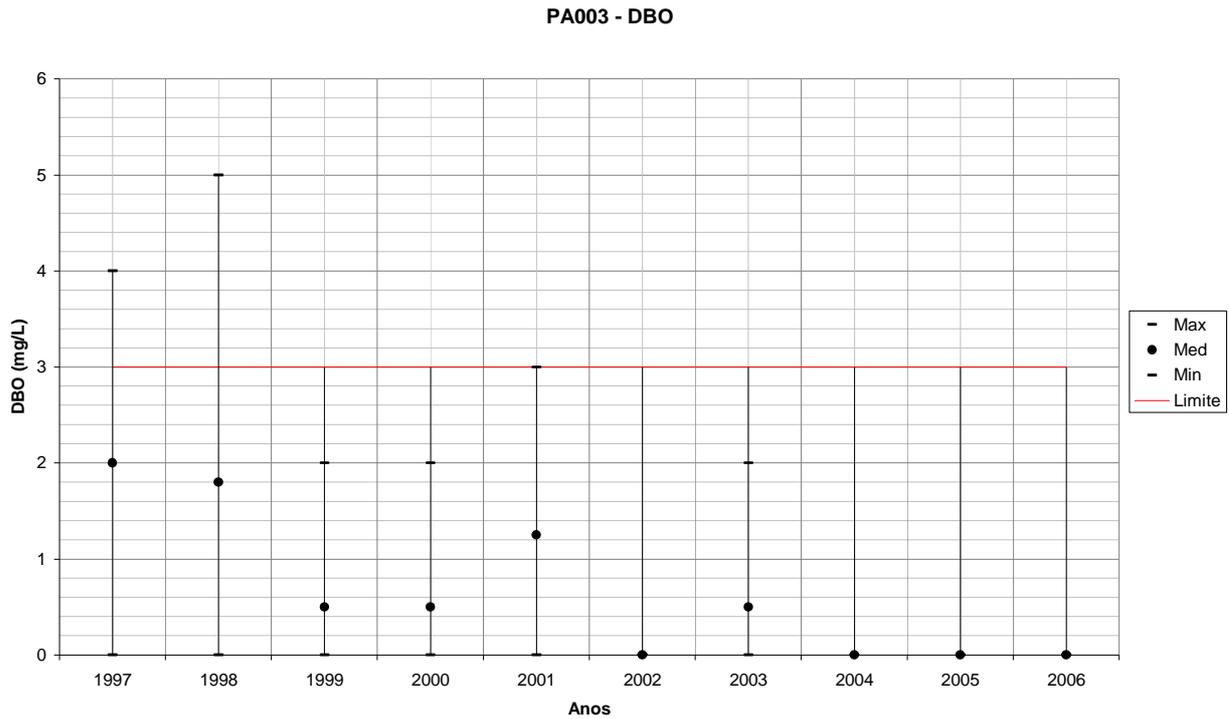


Figura 99 – Variação de DBO para PA003 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 100** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

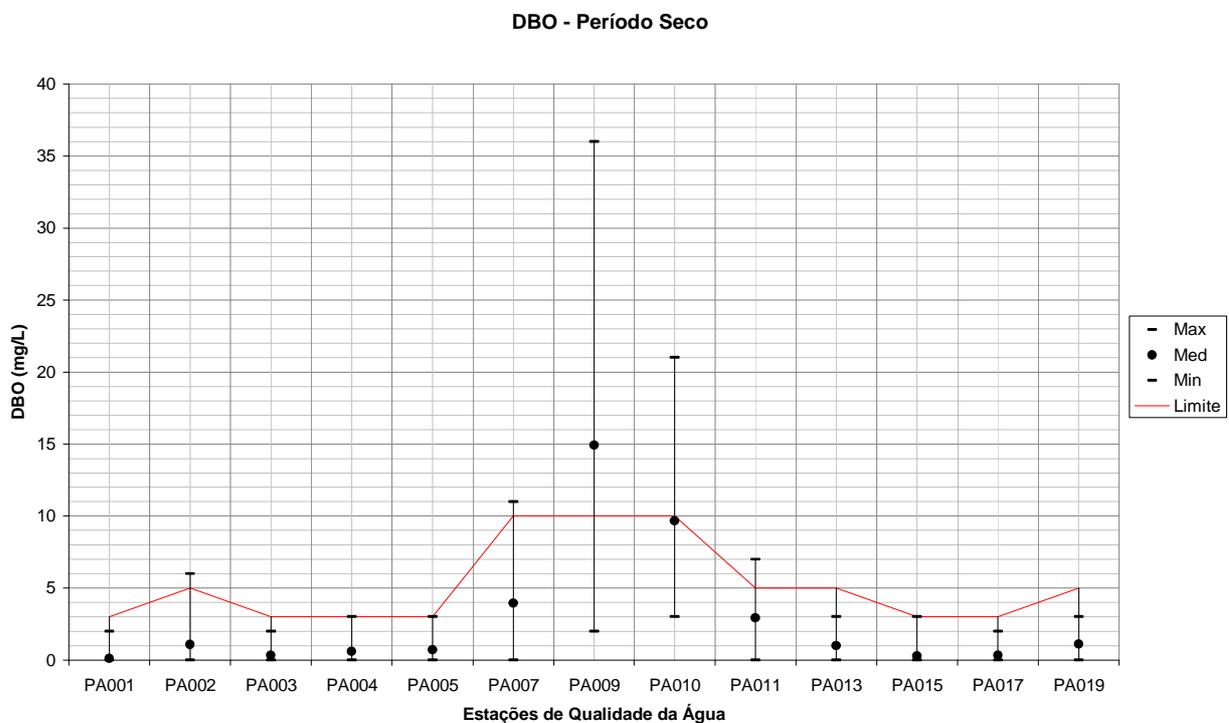


Figura 100 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 101 a 103** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará no período seco dos anos monitorados.

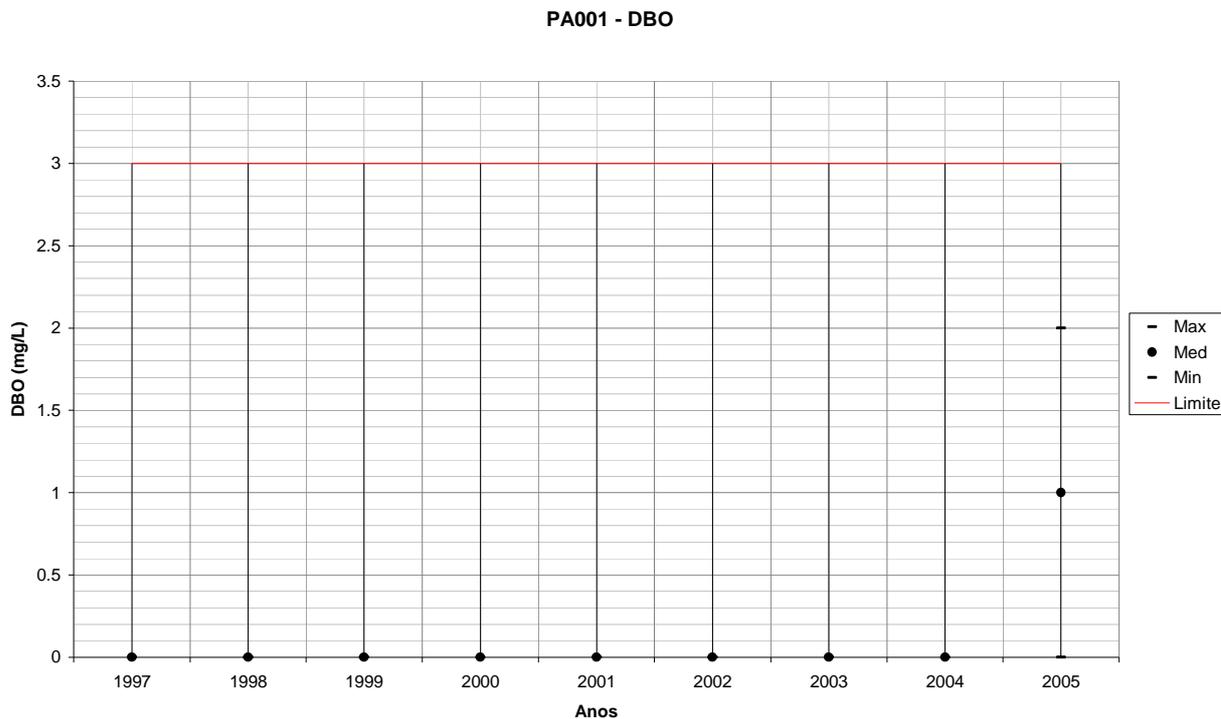


Figura 101 – Variação de DBO para PA001 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

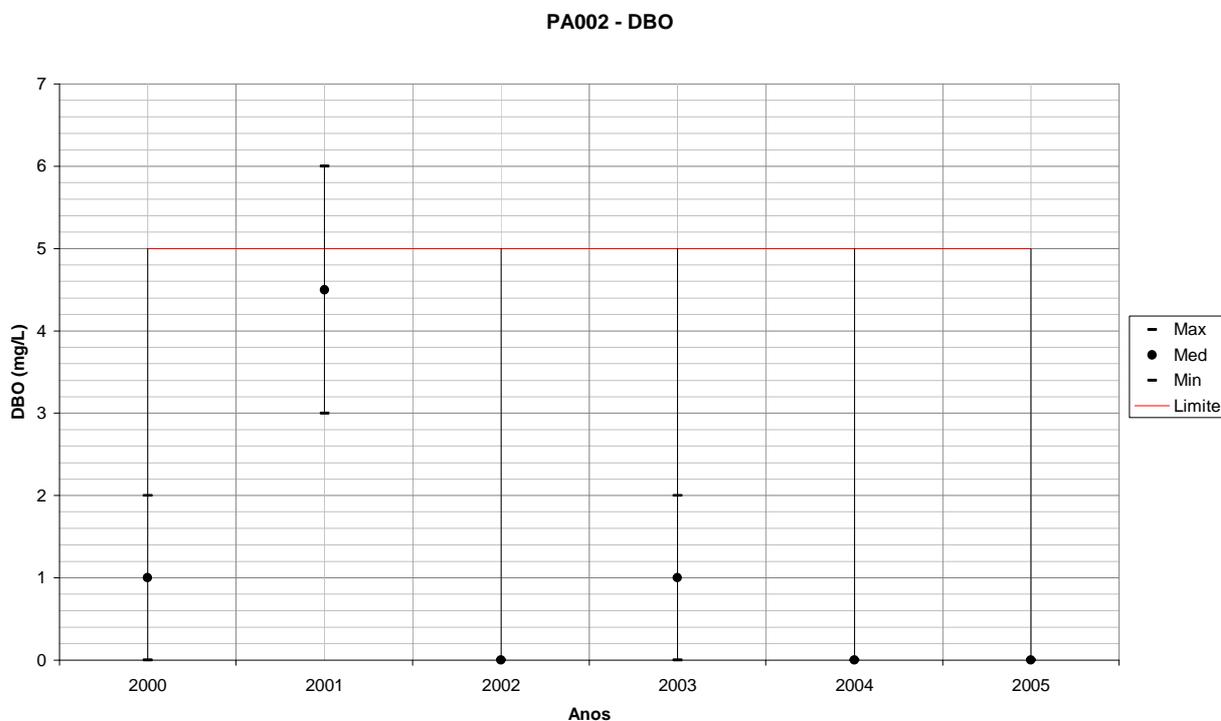


Figura 102 – Variação de DBO para PA002 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

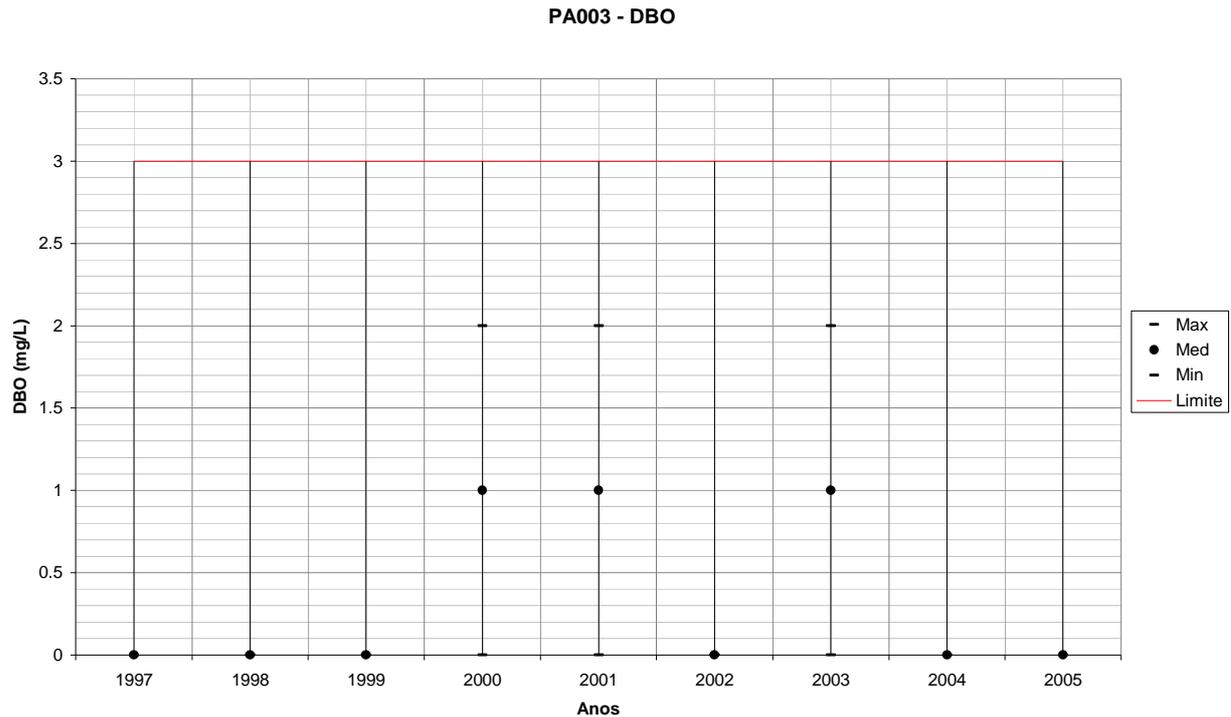


Figura 103 – Variação de DBO para PA003 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 104** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

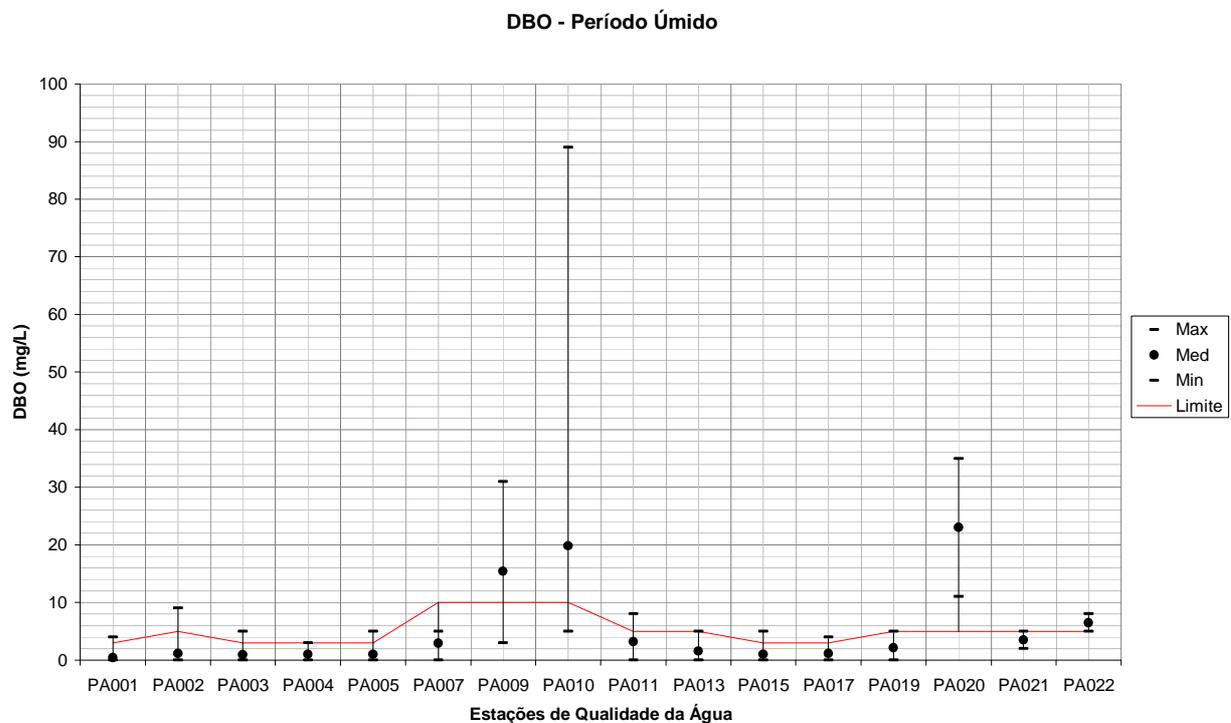


Figura 104 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 105 a 107** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

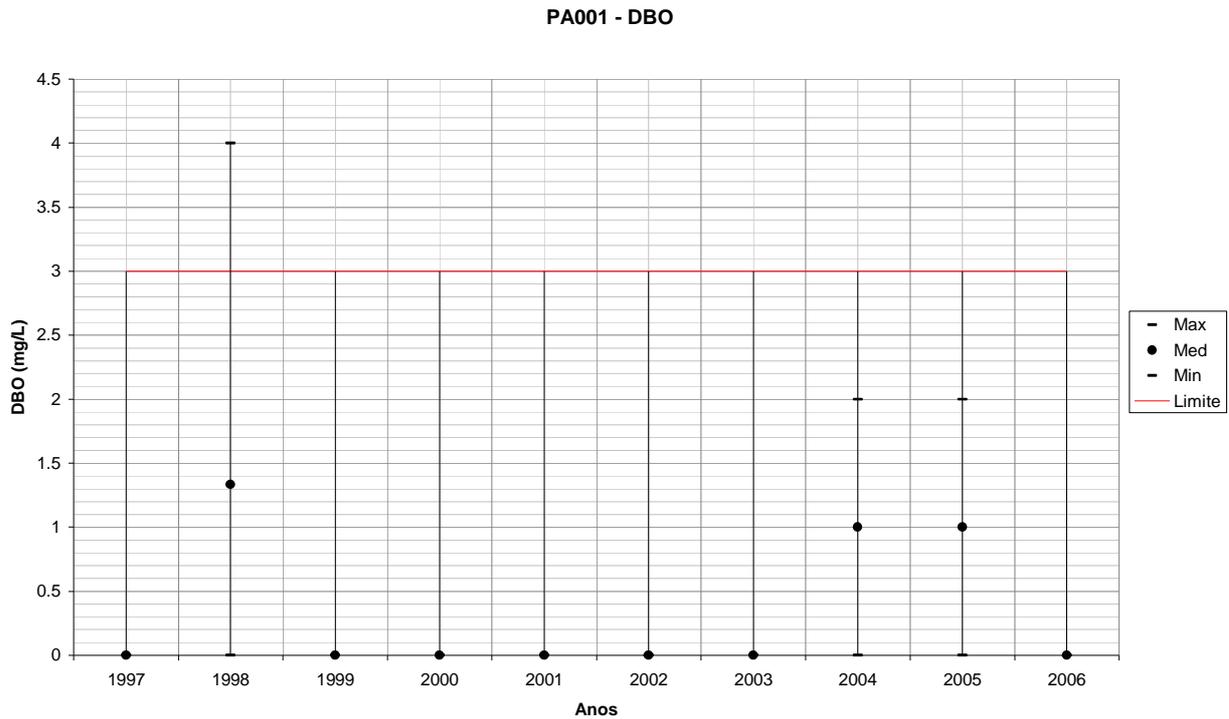


Figura 105 – Variação de DBO para PA001 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

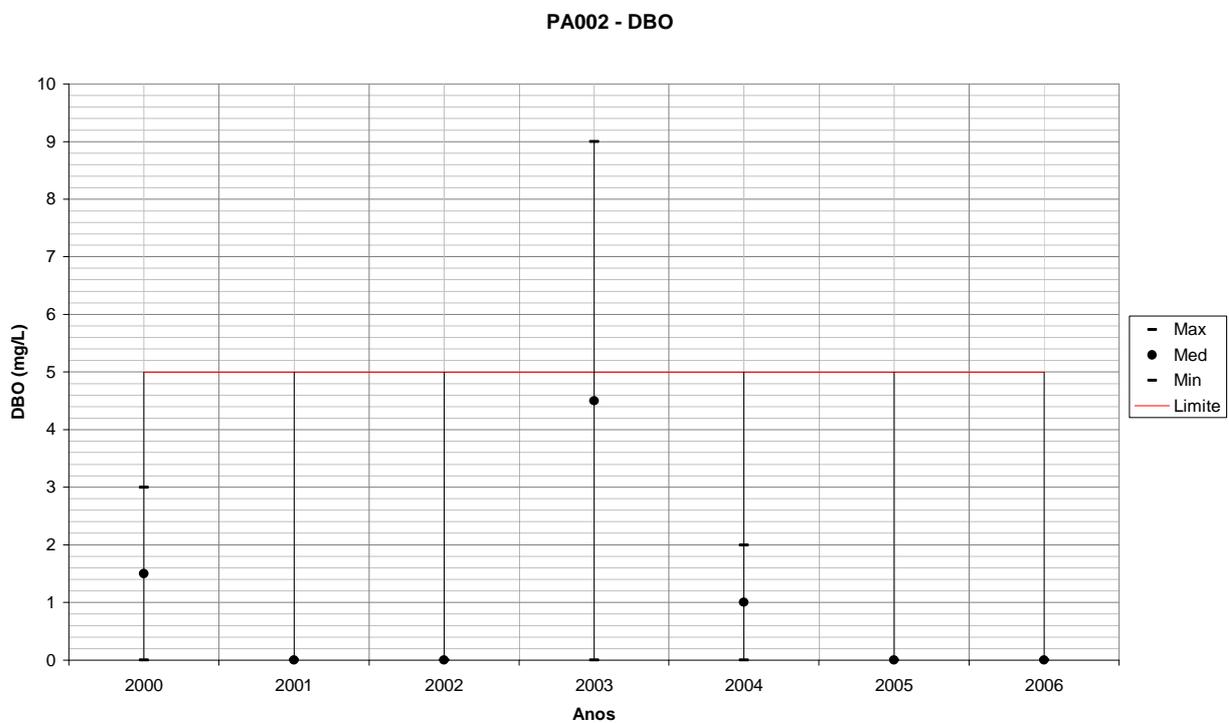


Figura 106 – Variação de DBO para PA002 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

PA003 - DBO

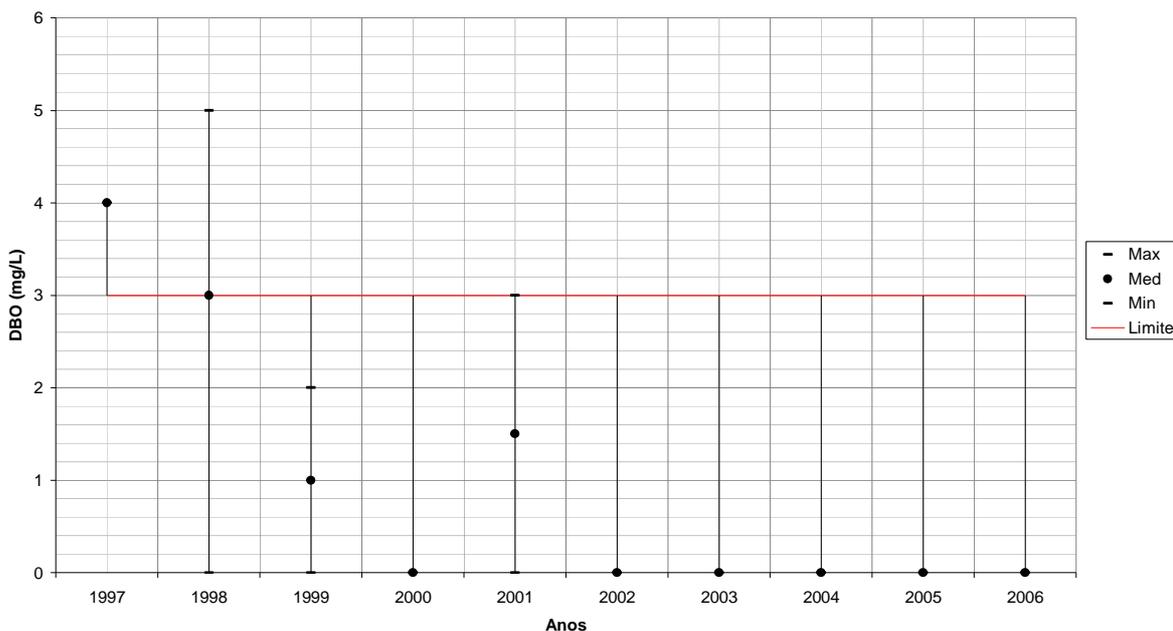


Figura 107 – Variação de DBO para PA003 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

OD na Sub-bacia Alto Rio Pará

A **Figura 108** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

OD - Período Completo

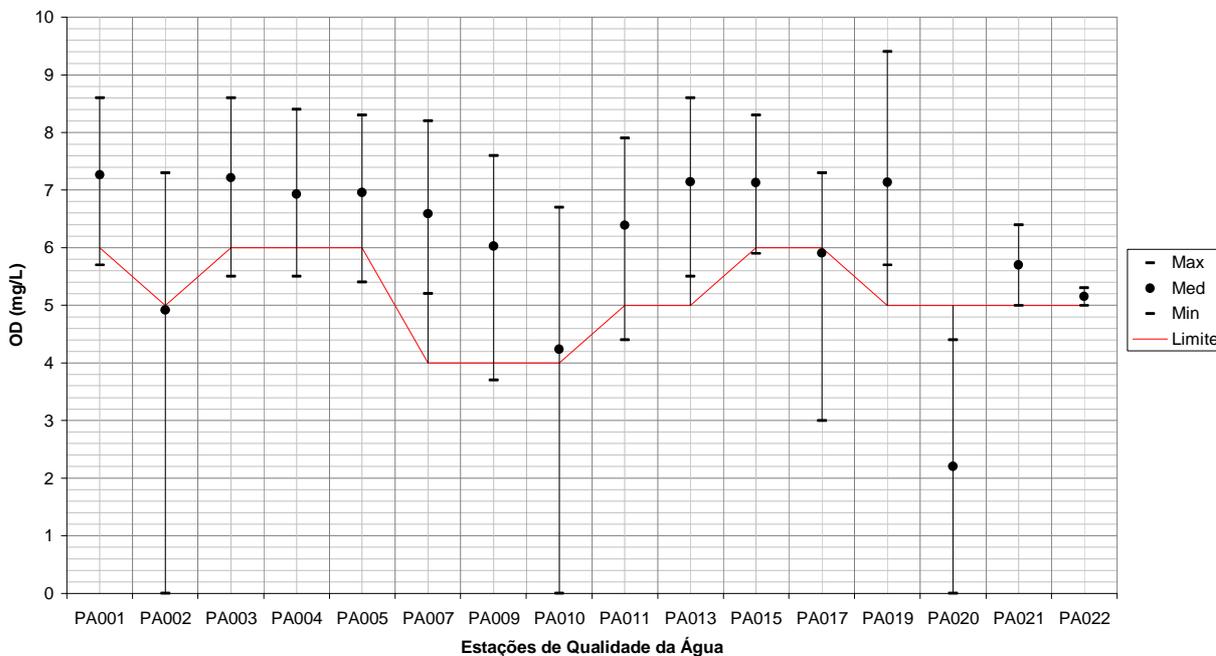


Figura 108 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os resultados de OD na Sub-bacia Alto Rio Pará estão em concordância com os resultados indicativos de DBO, onde a estação PA002 é a que tem maiores problemas de qualidade de água.

É apenas na estação PA002 que a média dos valores coletados de OD estão abaixo do limite mínimo exigido pela classe. Nas demais estações da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, o limite mínimo de OD é ultrapassado apenas algumas vezes.

A estação PA001 infringiu o limite mínimo apenas nos anos 1997 e 1998, mesmo assim o valor ficou bem próximo do limite mínimo. O mesmo ocorreu com a estação PA003 que teve a ocorrência apenas em 2003. Já a estação PA002 tem estado infringindo sempre o limite mínimo, principalmente nos últimos quatro anos. A média dos valores encontrados nestes últimos quatro anos também está abaixo do limite admissível.

Verifica-se ainda que no período seco, apesar da estação PA002 ser a única que extrapola o limite da sua classe, os valores não estão tão abaixo.

É no período úmido, novamente, que se observam os problemas de qualidade da água. Para a estação PA002, nos últimos quatro anos todas as coletas no período úmido resultaram em valores de OD abaixo do limite.

As **Figuras 109 a 111** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

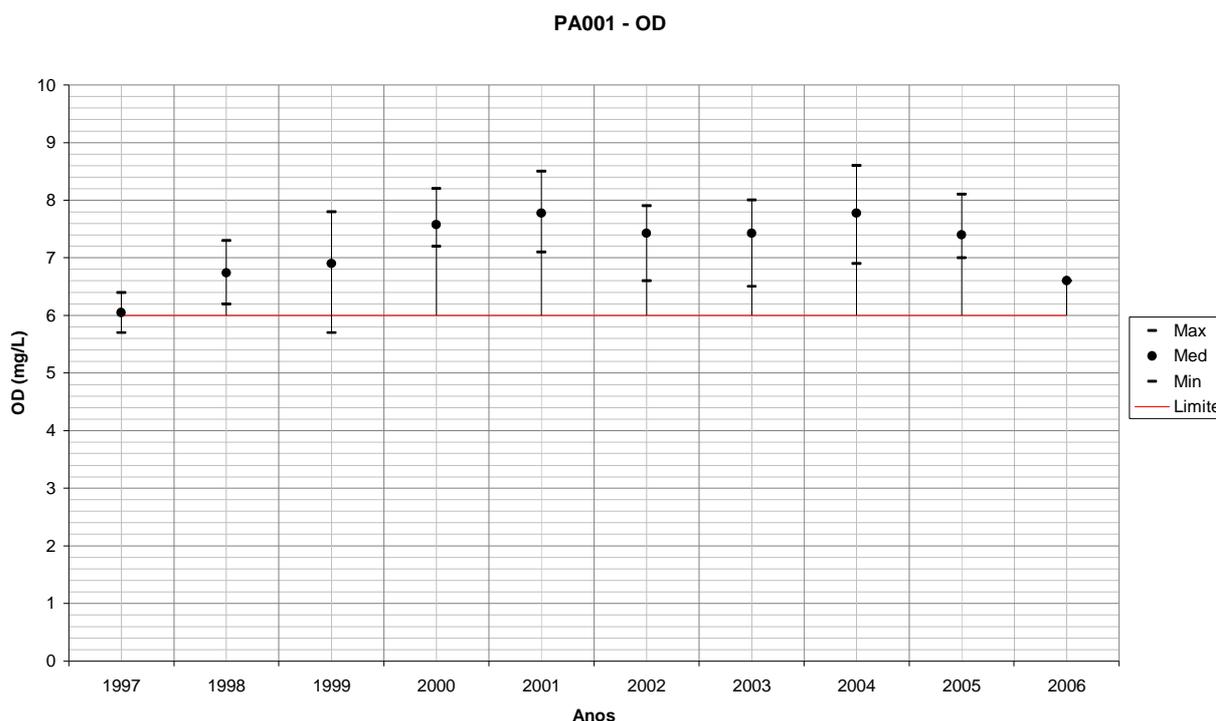


Figura 109 – Variação de OD para PA001 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

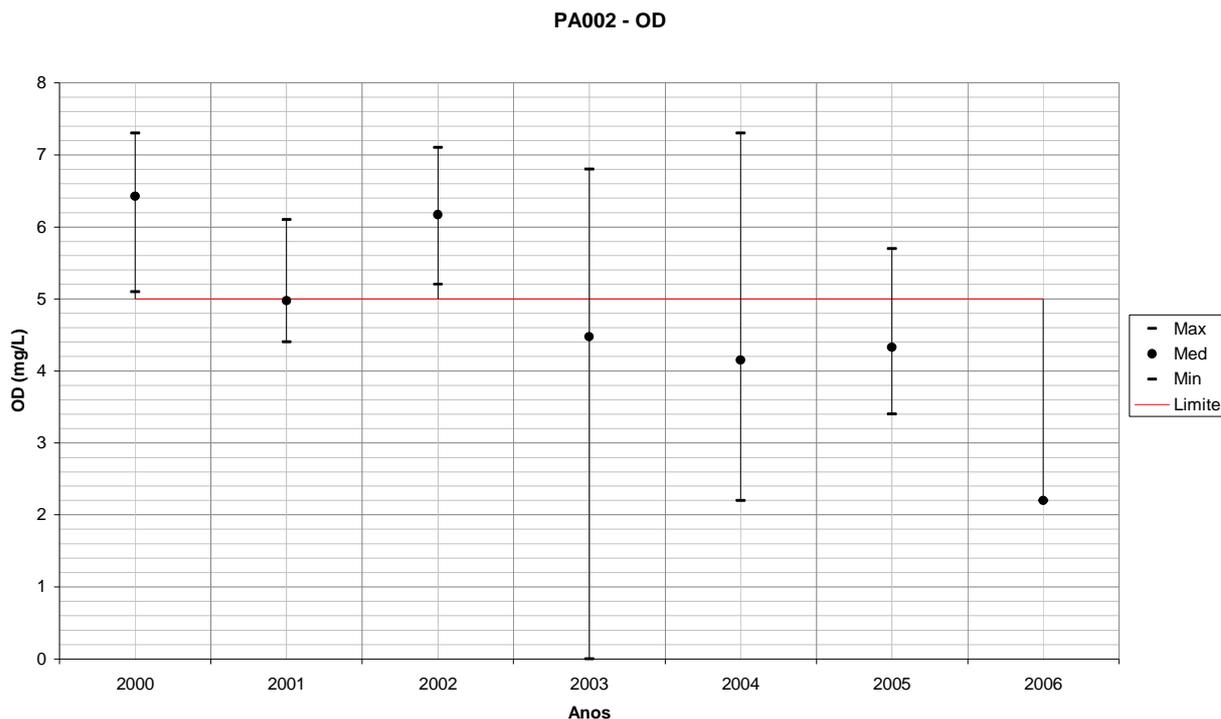


Figura 110 – Variação de OD para PA002 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

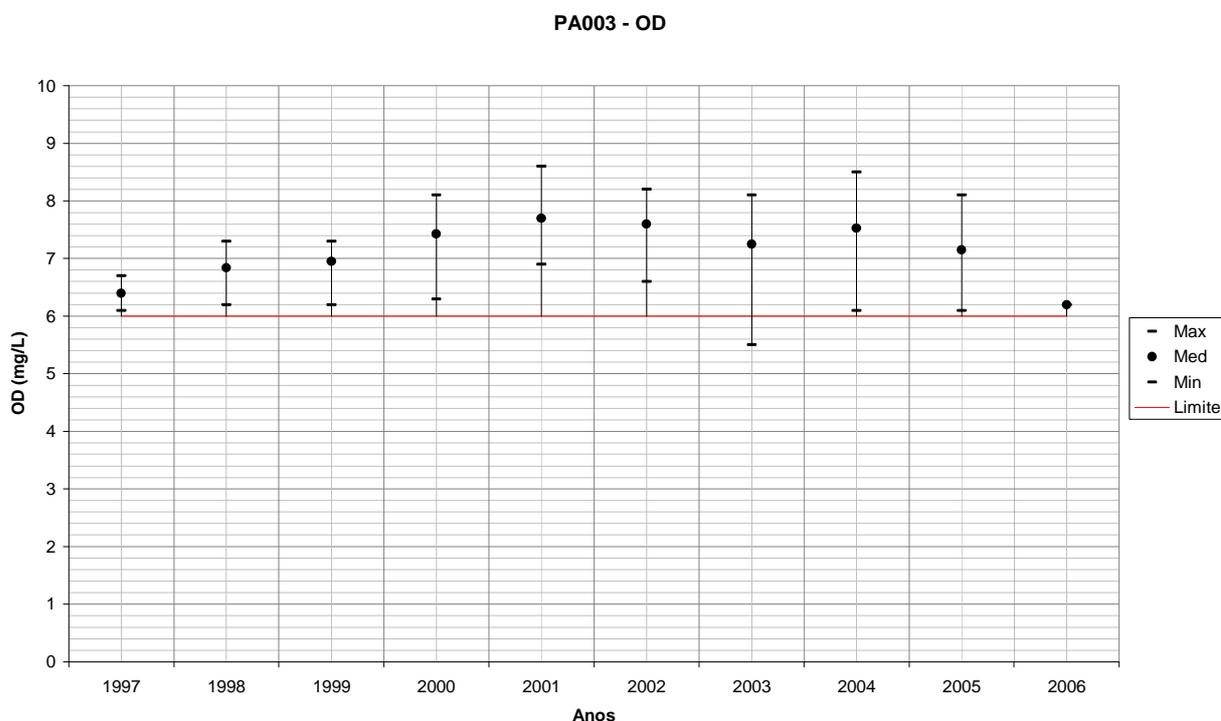


Figura 111 – Variação de OD para PA003 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 112** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

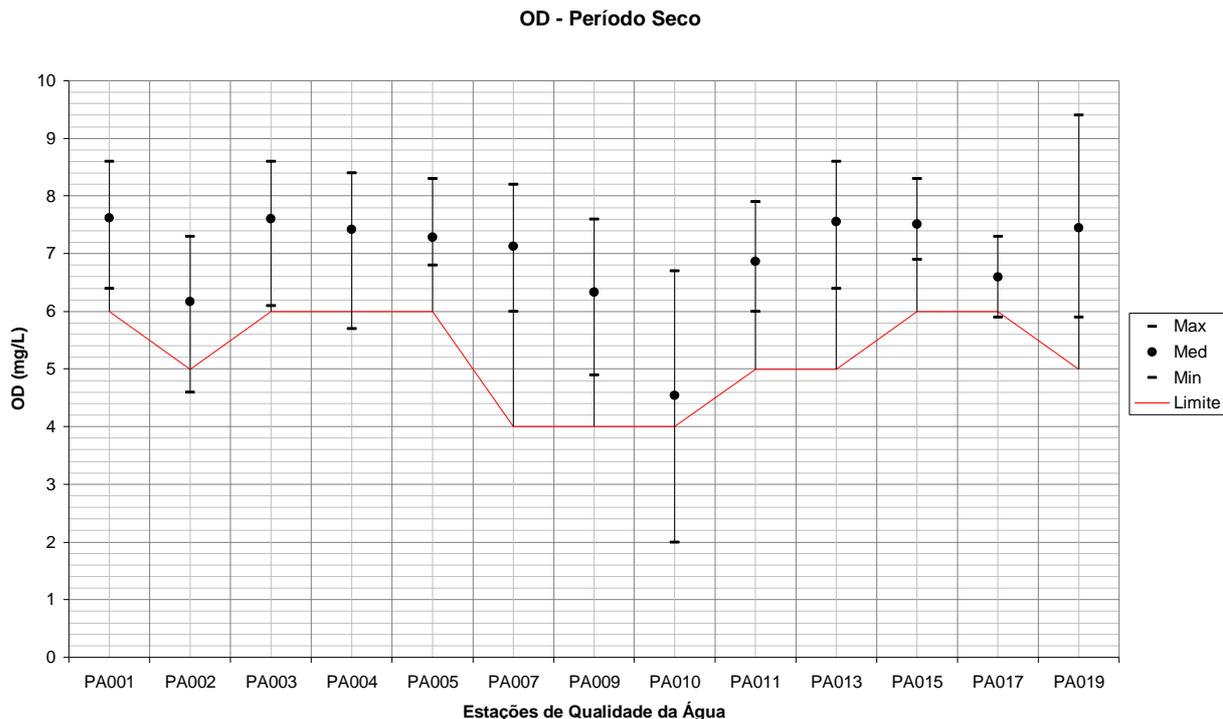


Figura 112 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 113 a 115** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará no período seco dos anos monitorados.

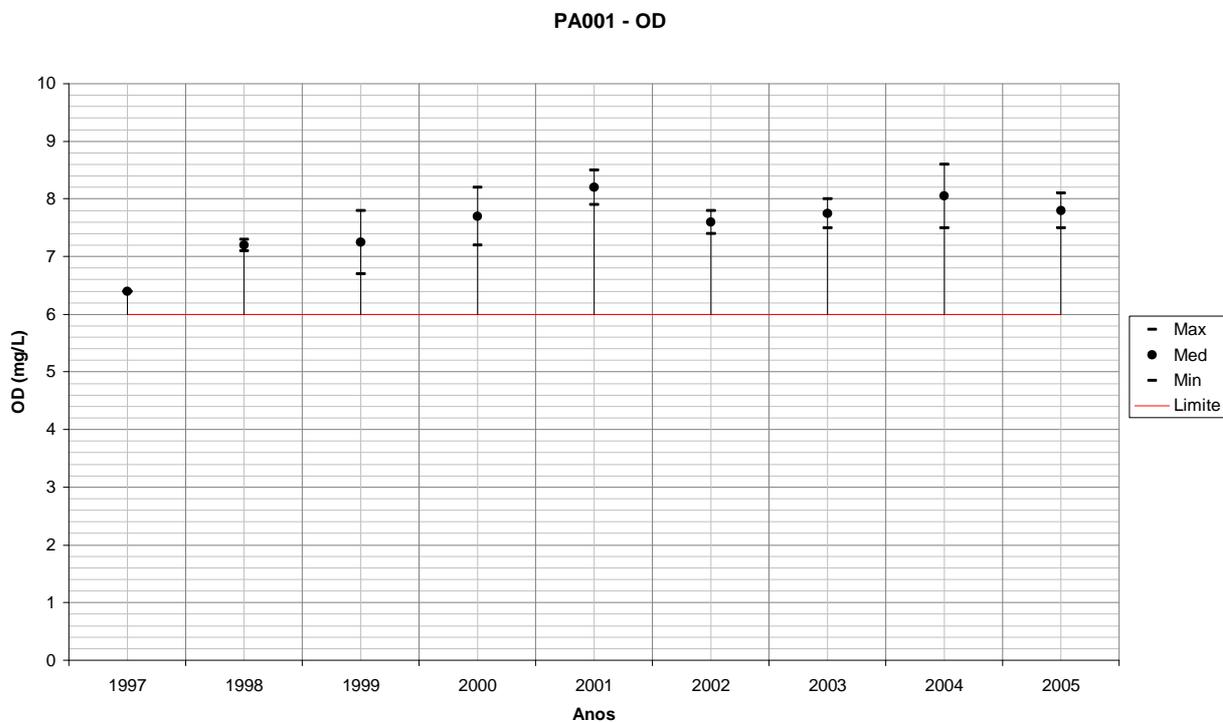


Figura 113 – Variação de OD para PA001 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

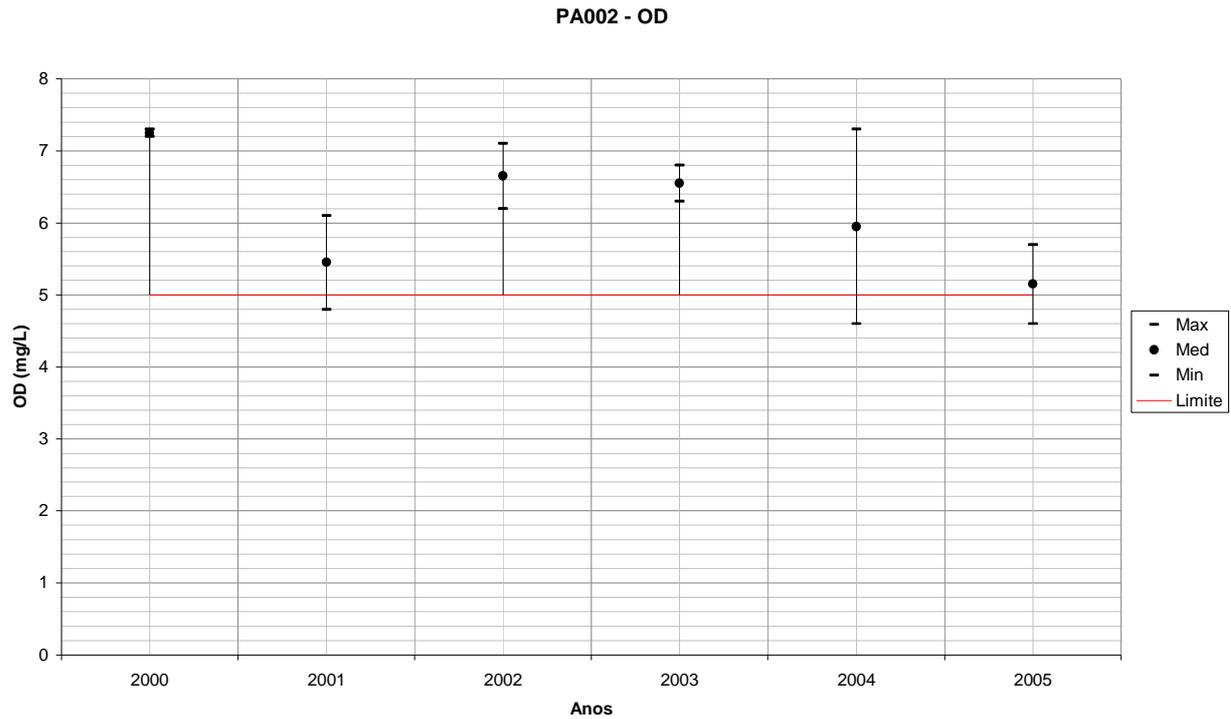


Figura 114 – Variação de OD para PA002 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

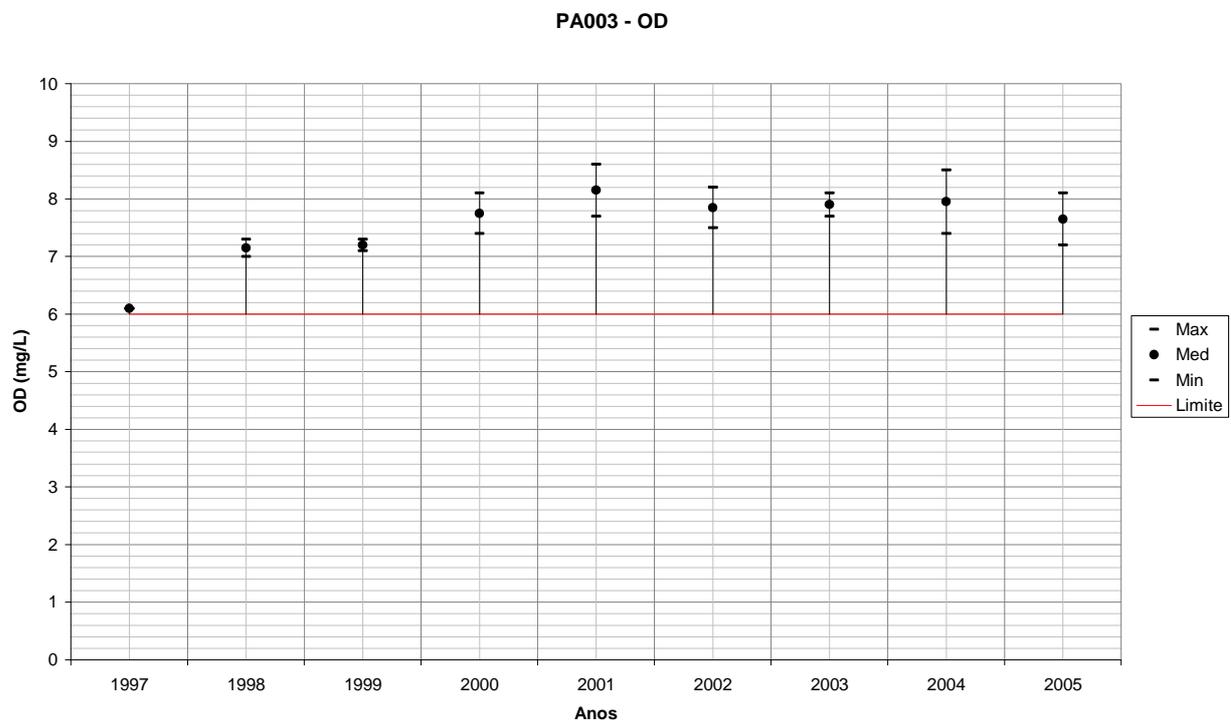


Figura 115 – Variação de OD para PA003 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 116** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

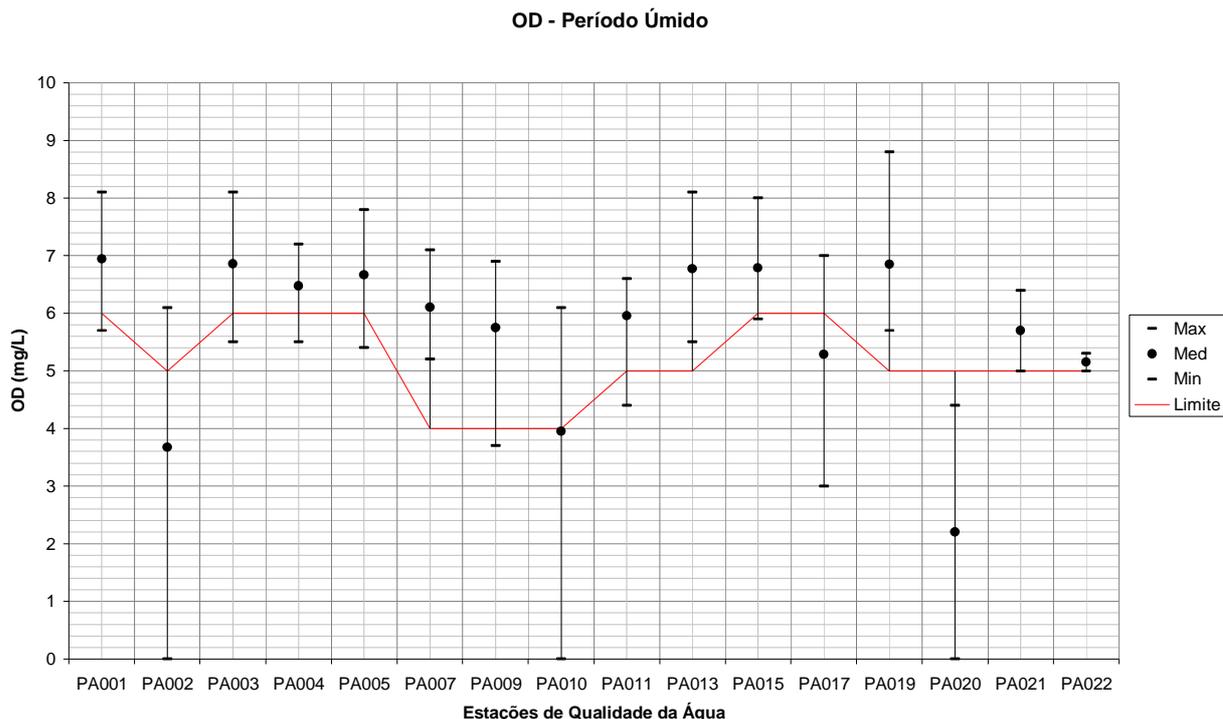


Figura 116 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As Figuras 117 a 119 a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

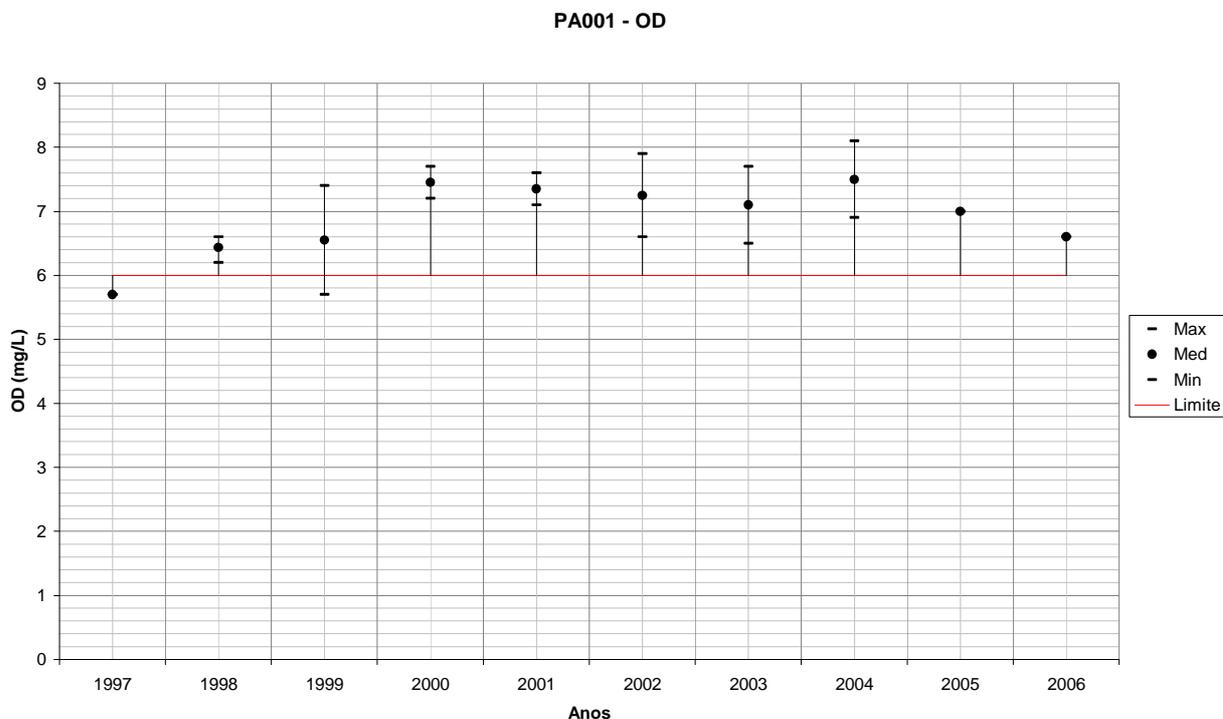


Figura 117 – Variação de OD para PA001 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

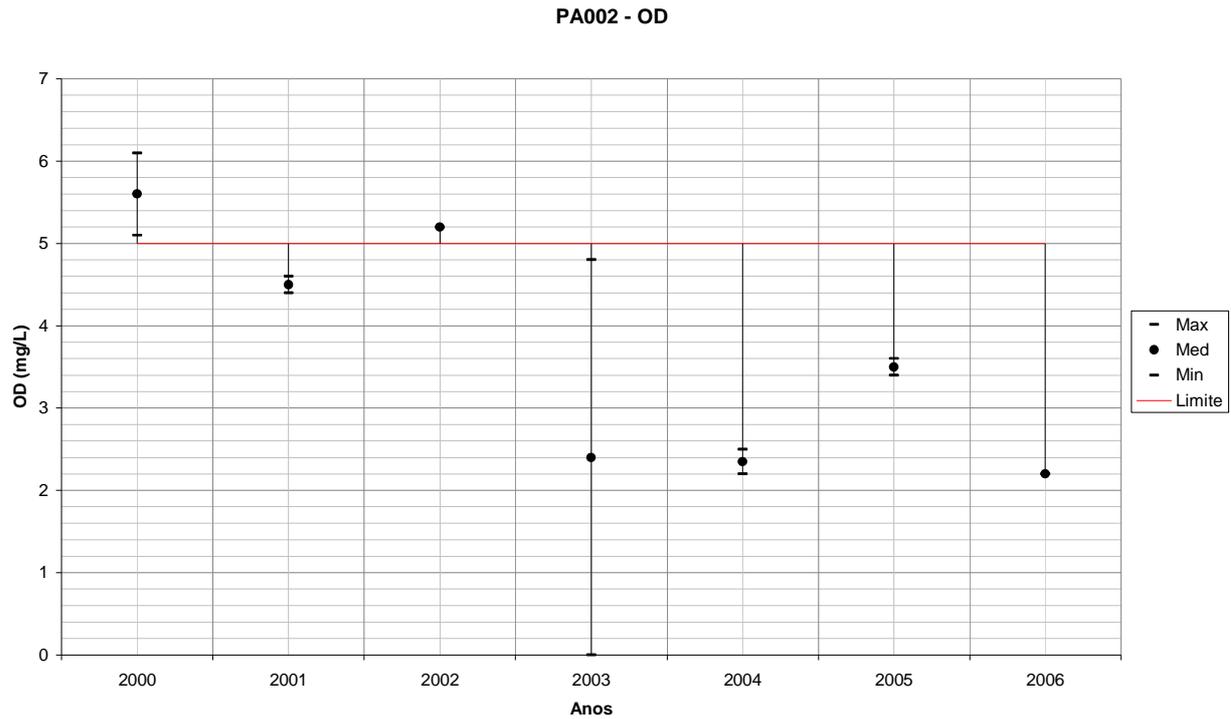


Figura 118 – Variação de OD para PA002 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

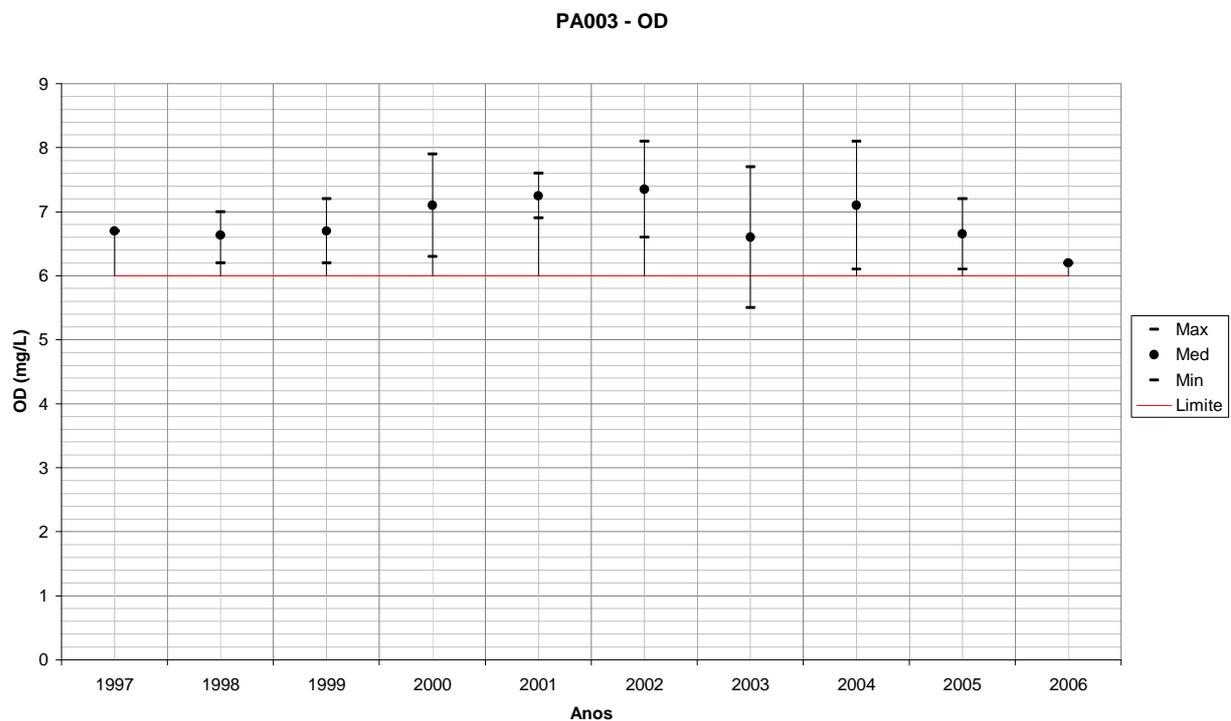


Figura 119 – Variação de OD para PA003 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Turbidez na Sub-bacia Alto Rio Pará

A **Figura 120** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

Turbidez - Período Completo

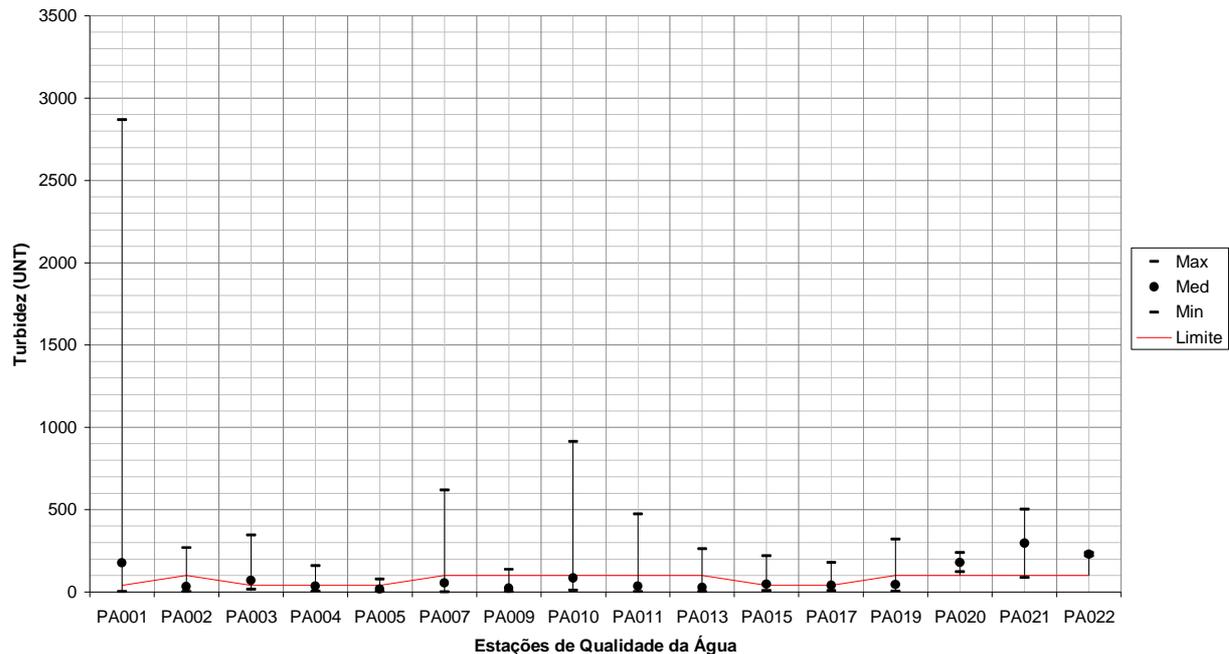


Figura 120 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Com relação aos valores de turbidez, observa-se que praticamente toda a Bacia Hidrográfica do Rio Pará apresenta problemas. A maior discrepância é apresentada pela estação PA001.

Praticamente todos os anos a turbidez passa do valor limite. Os maiores valores ocorreram em 1998, 2000 e 2003 para a PA001, em 2003 para a PA002 e em praticamente todos os anos para a PA003.

No período seco, a PA001 tem valores sempre superiores, mas próximos ao limite, com exceção de 1998. Na PA002 estão sempre dentro do limite, vale ressaltar que o limite para PA001 e PA003 é de 40 (colocar unidade), enquanto que para PA002 é de 100 (colocar unidade). Na PA003 os valores ultrapassam o limite nos anos de 1997, 1998 e 2001.

O período úmido retrata que as estações PA001 e PA002 apresentaram problemas em anos específicos, enquanto que a PA003 tem problemas em toda a época chuvosa.

As **Figuras 121 a 123** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

PA001 - Turbidez

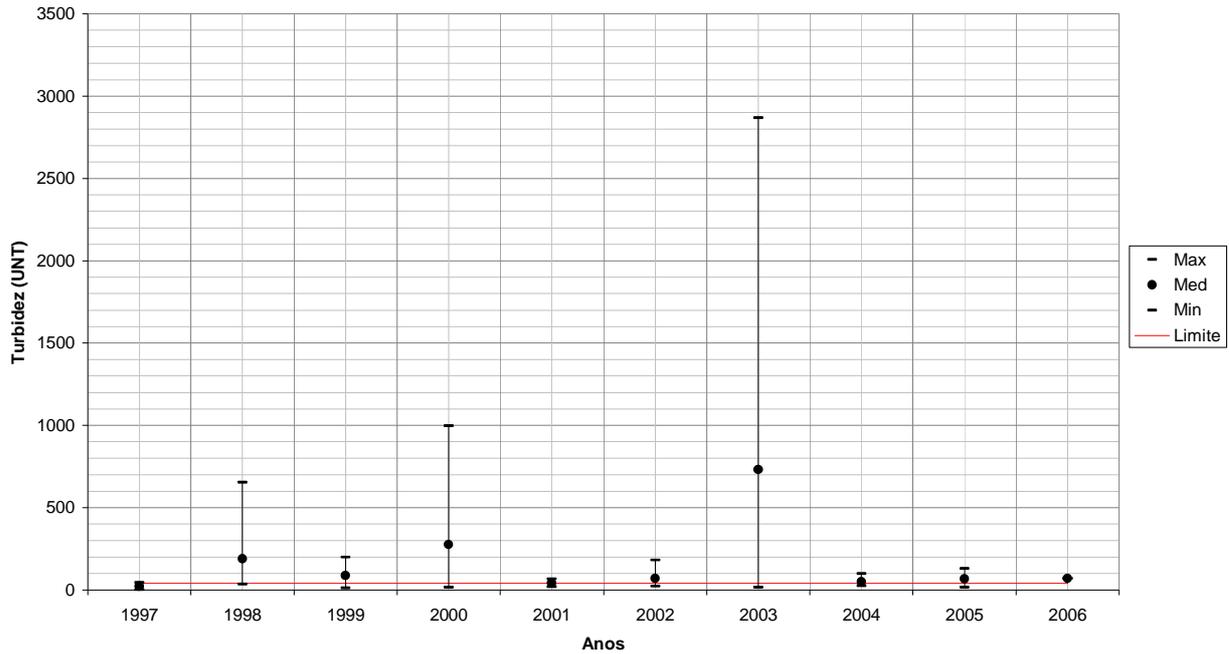


Figura 121 – Variação de Turbidez para PA001 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

PA002 - Turbidez

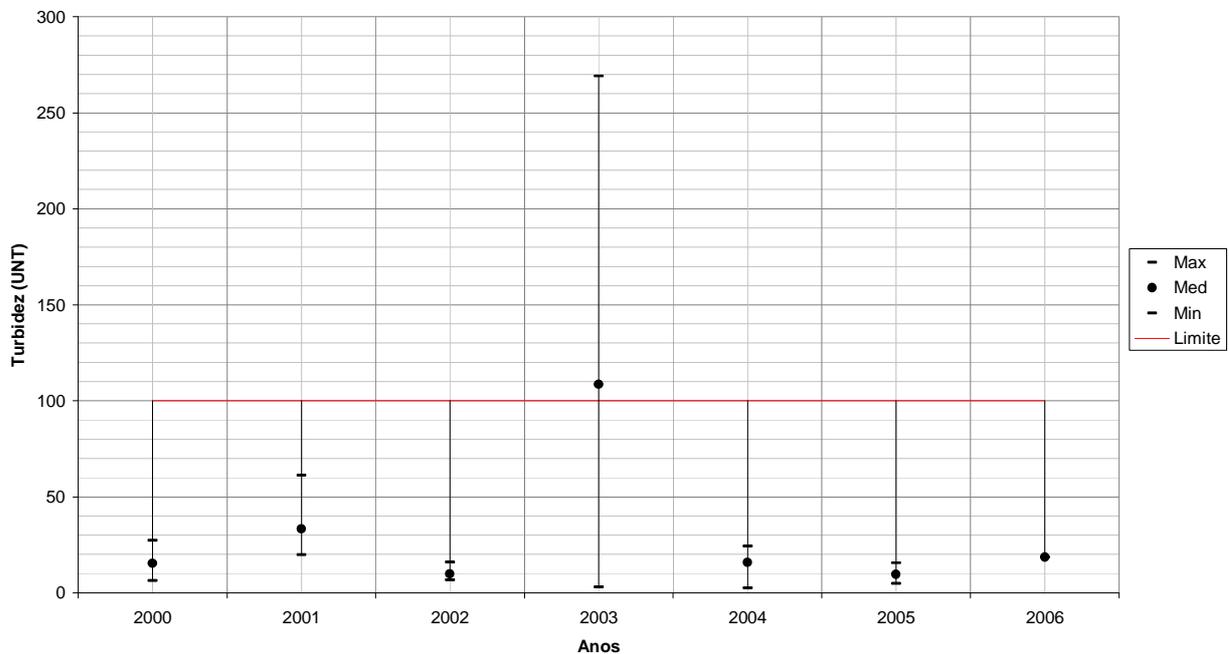


Figura 122 – Variação de Turbidez para PA002 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

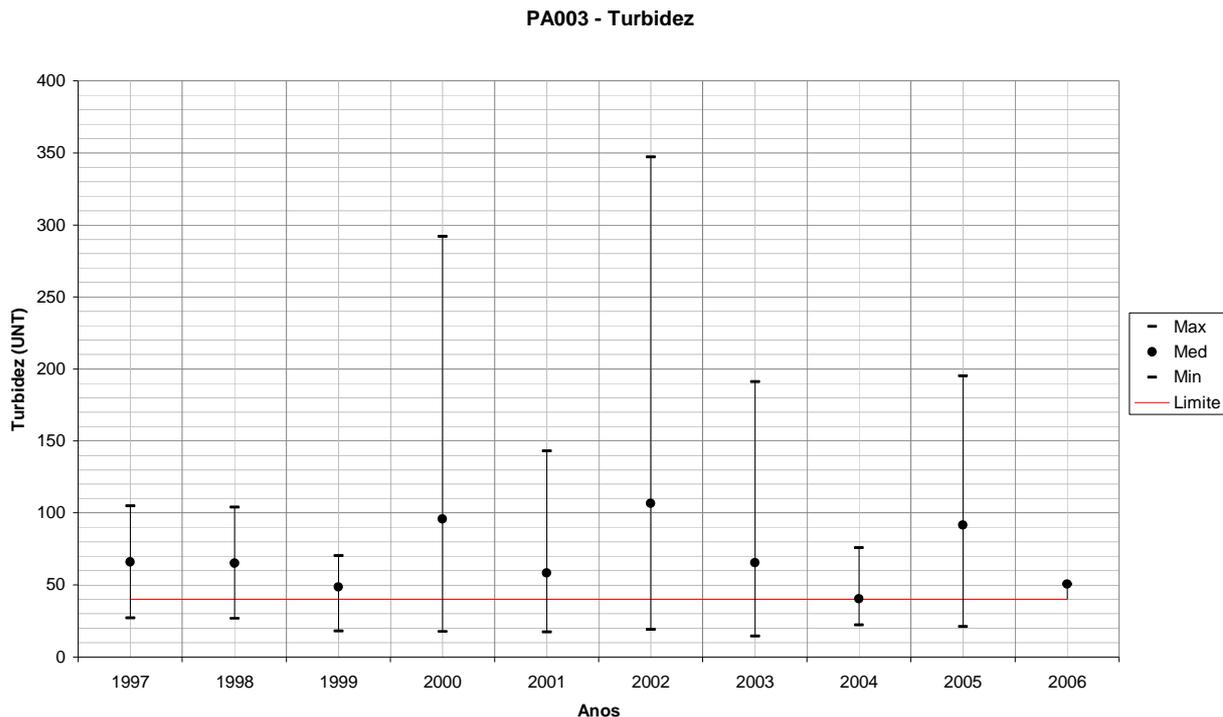


Figura 123 – Variação de Turbidez para PA003 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 124** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

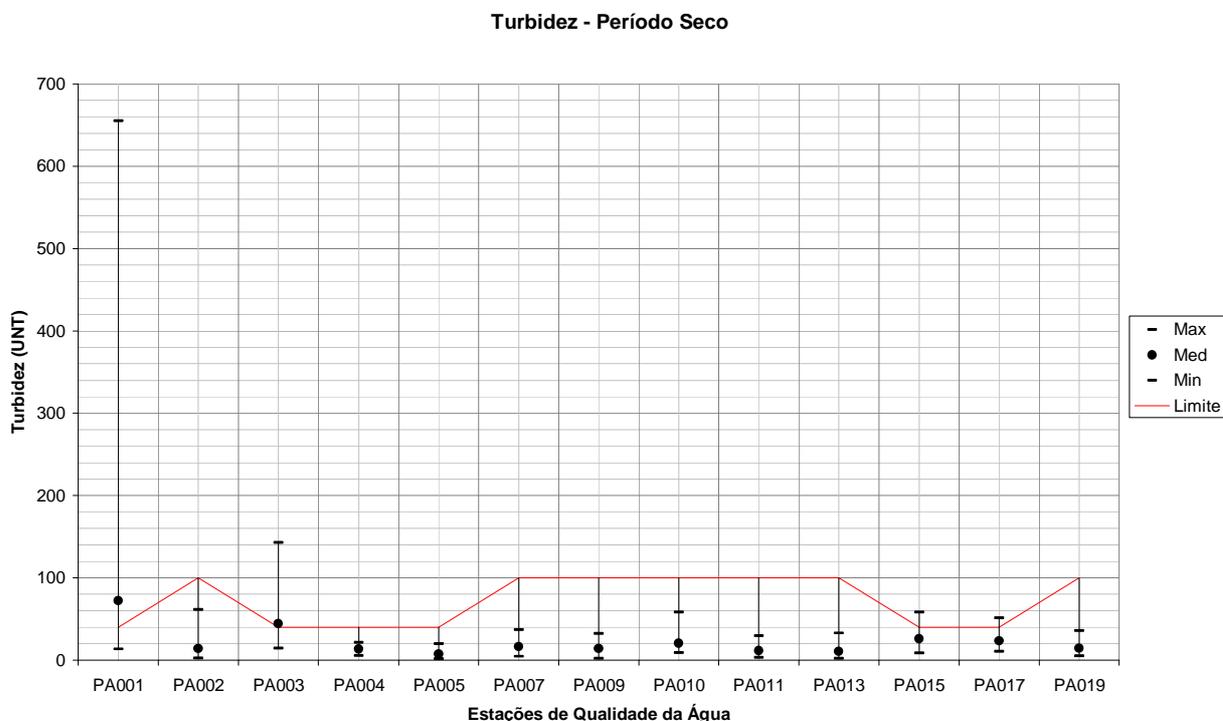


Figura 124 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 125 a 127** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará no período seco dos anos monitorados.

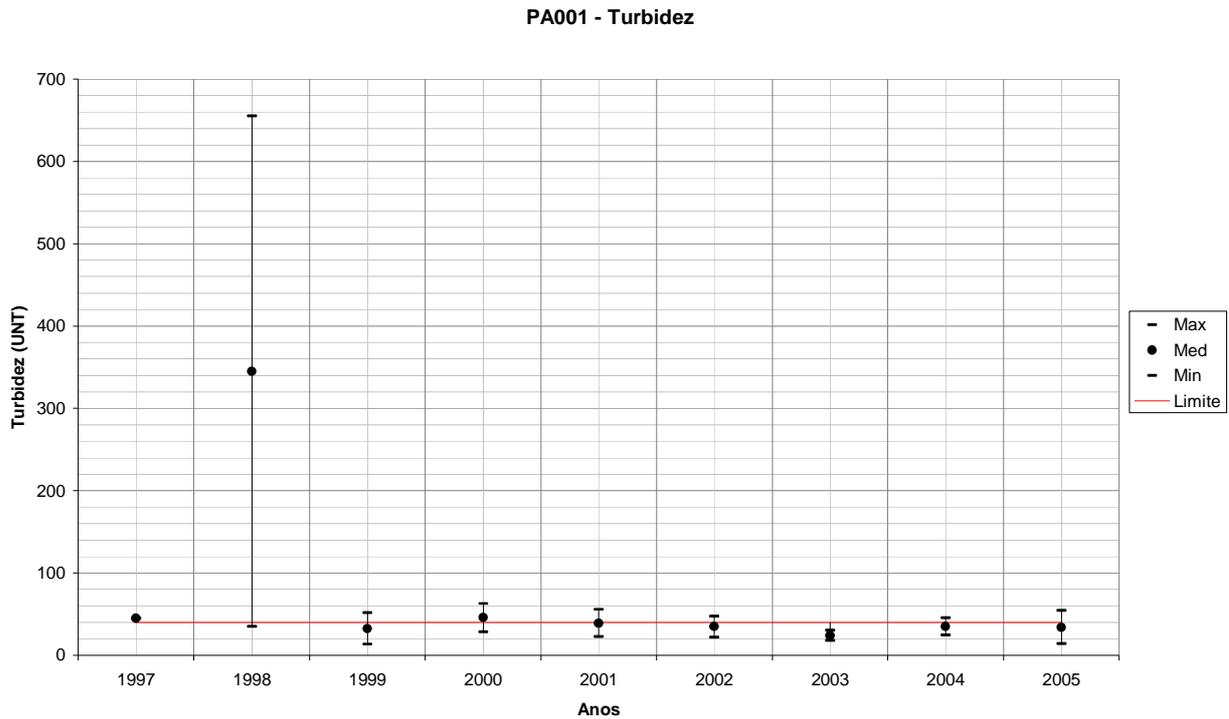


Figura 125 – Variação de Turbidez para PA001 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

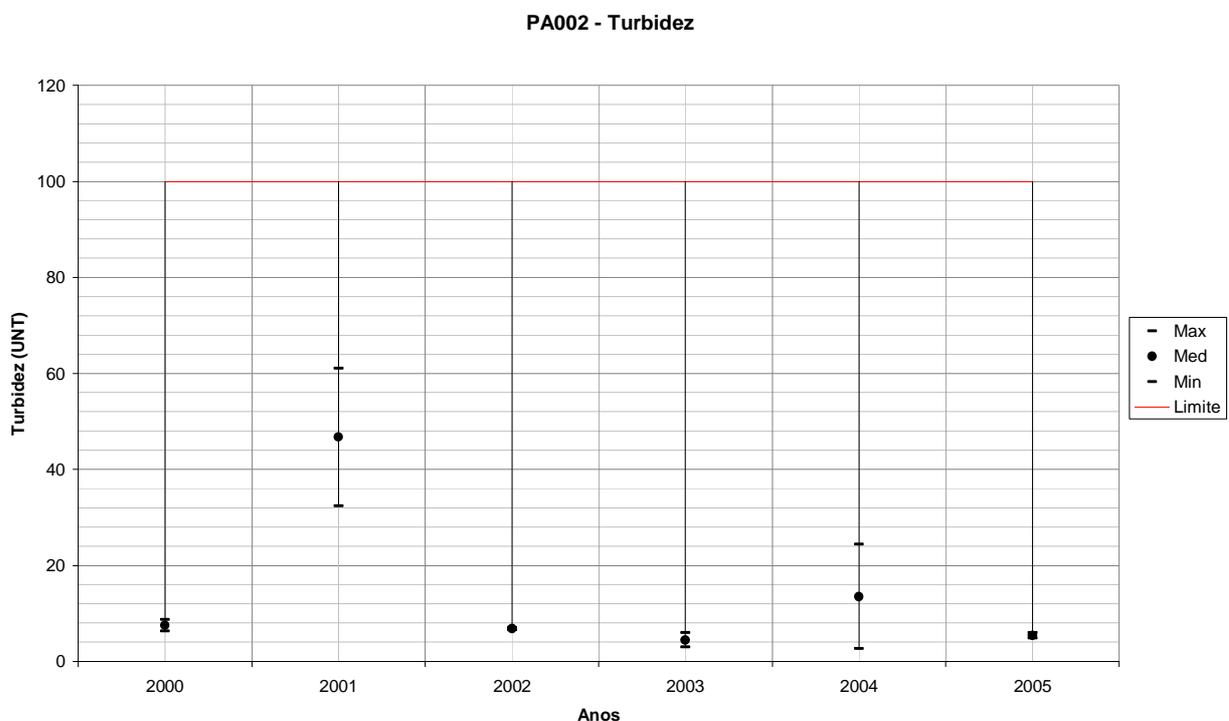


Figura 126 – Variação de Turbidez para PA002 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

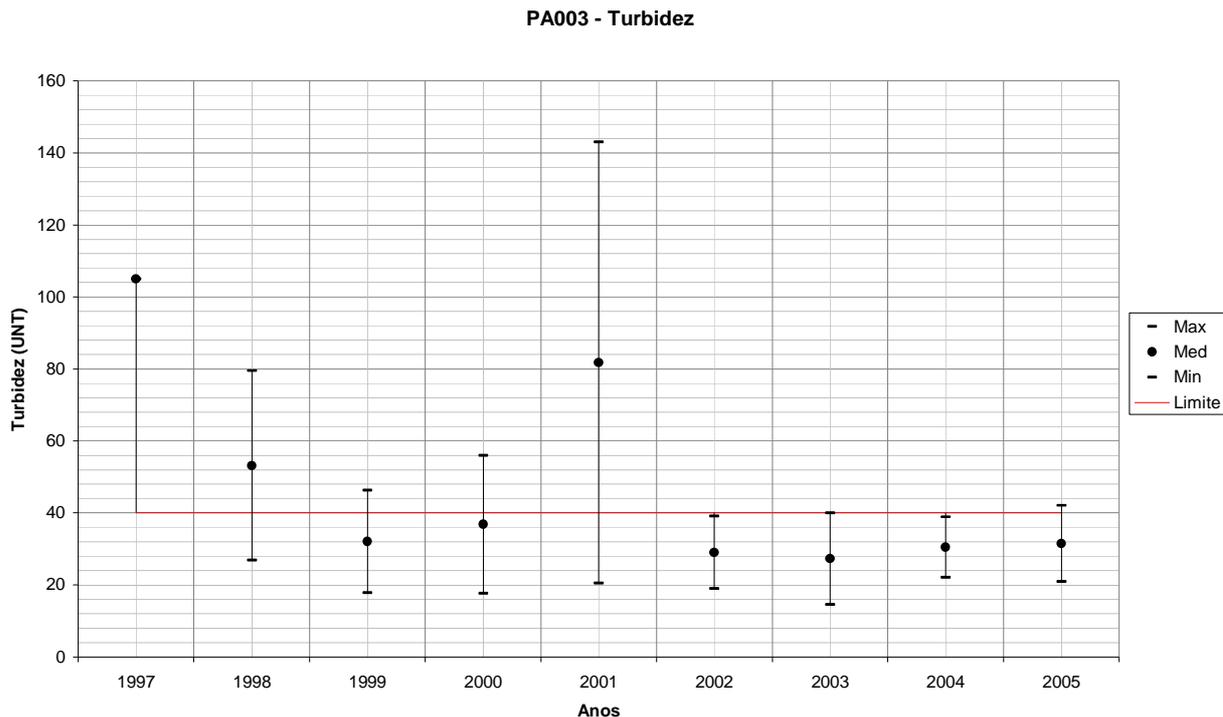


Figura 127 – Variação de Turbidez para PA003 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 128** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

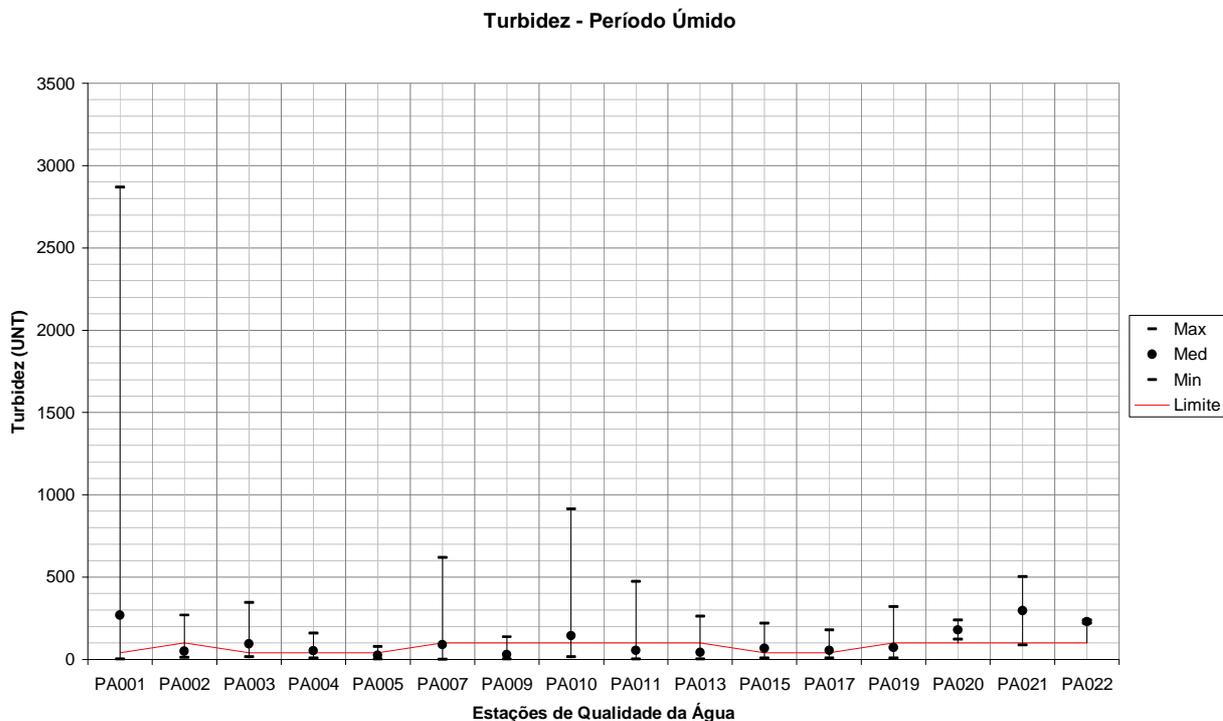


Figura 128 – Variação da Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 129 a 131** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Alto Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

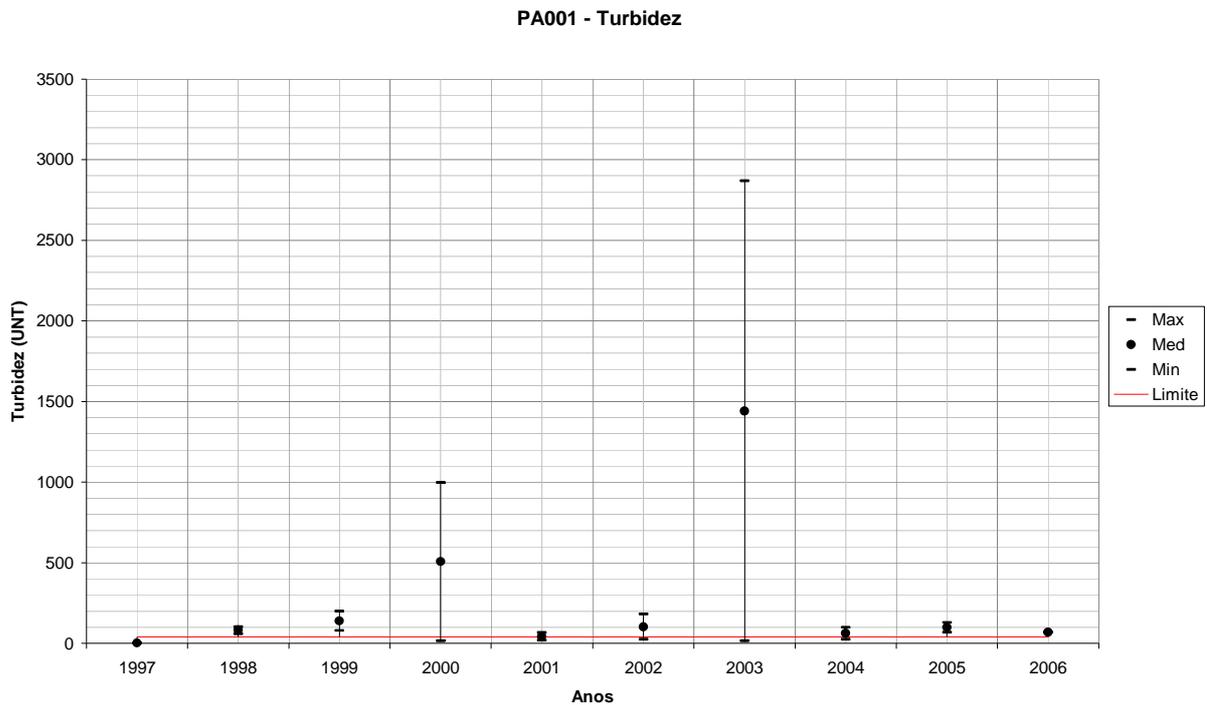


Figura 129 – Variação de Turbidez para PA001 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

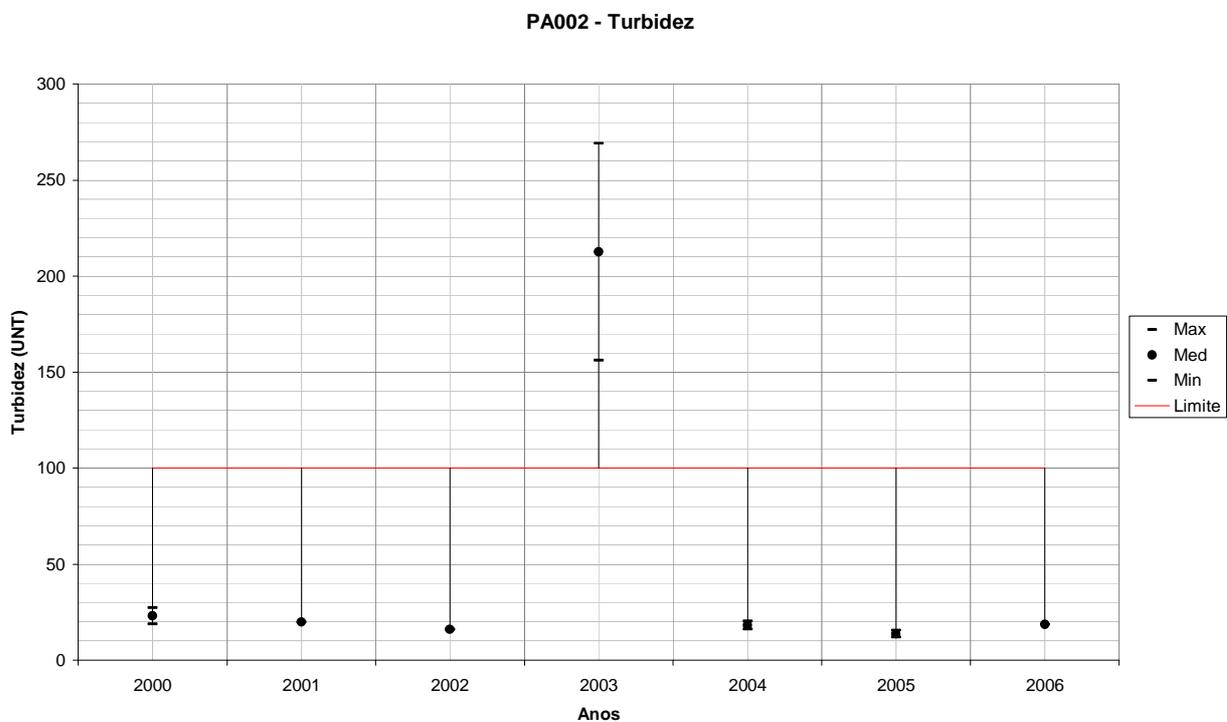


Figura 130 – Variação de Turbidez para PA002 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

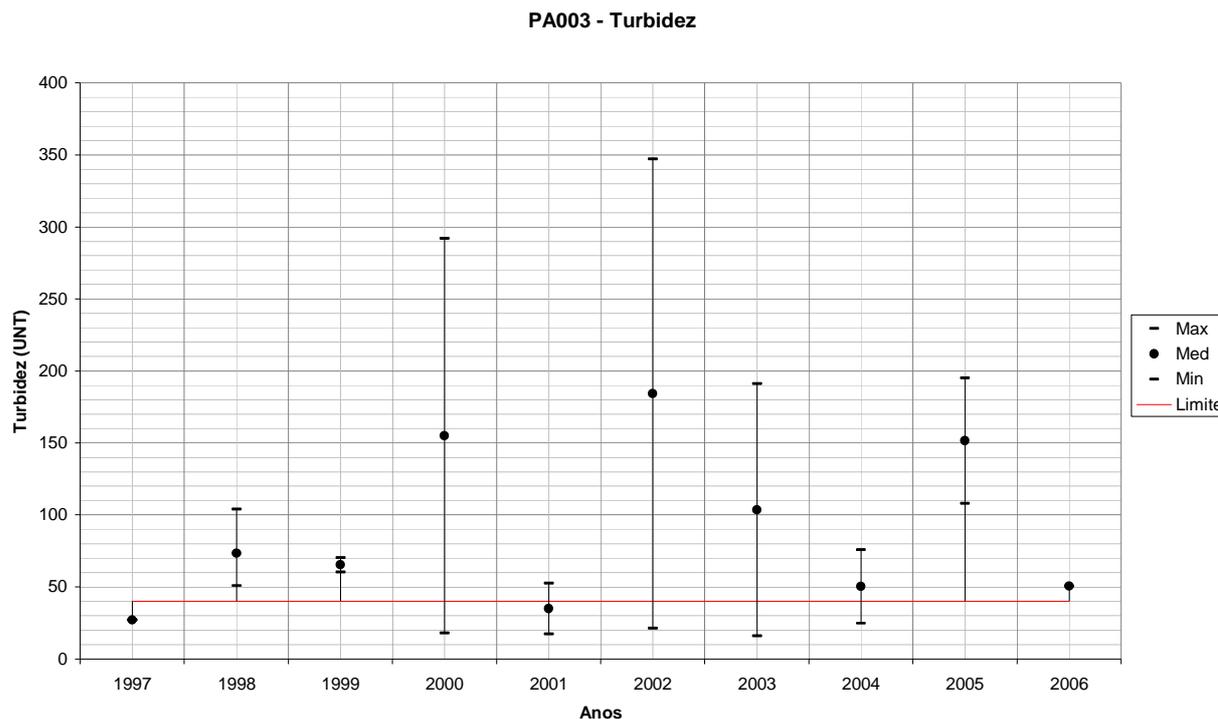


Figura 131 – Variação de Turbidez para PA003 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.5.1.2.2 Sub-bacia Ribeirão Boa vista

Não existem estações de qualidade da água para esta Sub-bacia. A estação que está em posição mais próxima, a jusante desta Sub-bacia é a PA004. Pelo posicionamento em relação a esta estação, conforme mostra a **Tabela 80** e a **Figura 95**, esta Sub-bacia é contribuinte nos resultados medidos na mesma, cujas análises estão detalhadas no próximo item, da Sub-Bacia Rio Itapecerica.

5.5.1.2.3 Sub-bacia Rio Itapecerica

DBO na Sub-bacia Rio Itapecerica

As estações correspondentes à Sub-bacia Rio Itapecerica são: PA004 (Classe 1) e PA007 (Classe 3).

A **Figura 132** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

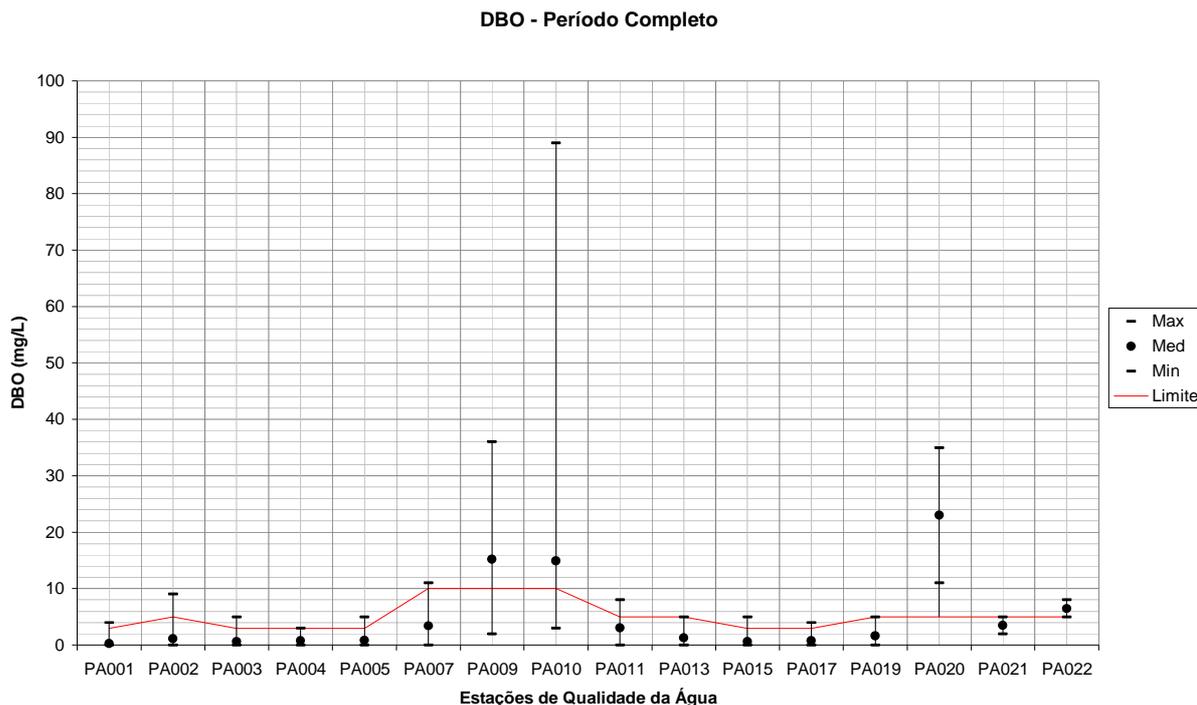


Figura 132 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os valores encontrados em toda a série histórica demonstram que ambas as estações possuem valores de DBO dentro do limite das respectivas classes. Apenas a PA007 supera sua classe em menos de 20%. Nos gráficos a seguir a análise mostra um detalhamento maior, identificando se foi no período seco ou no úmido e em que anos as violações ocorreram.

Através dos gráficos anuais verifica-se que na PA004 o limite da classe é igualado apenas em 2001 e 2006. Na PA007 o limite é ultrapassado apenas no ano 2001.

Avaliando os períodos seco e úmido, verifica-se que a estação PA004 possui um comportamento semelhante em ambos os períodos, enquanto que a estação PA007 tem como período crítico a época seca.

As **Figuras 133 e 134** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapeçerica ao longo dos anos monitorados.

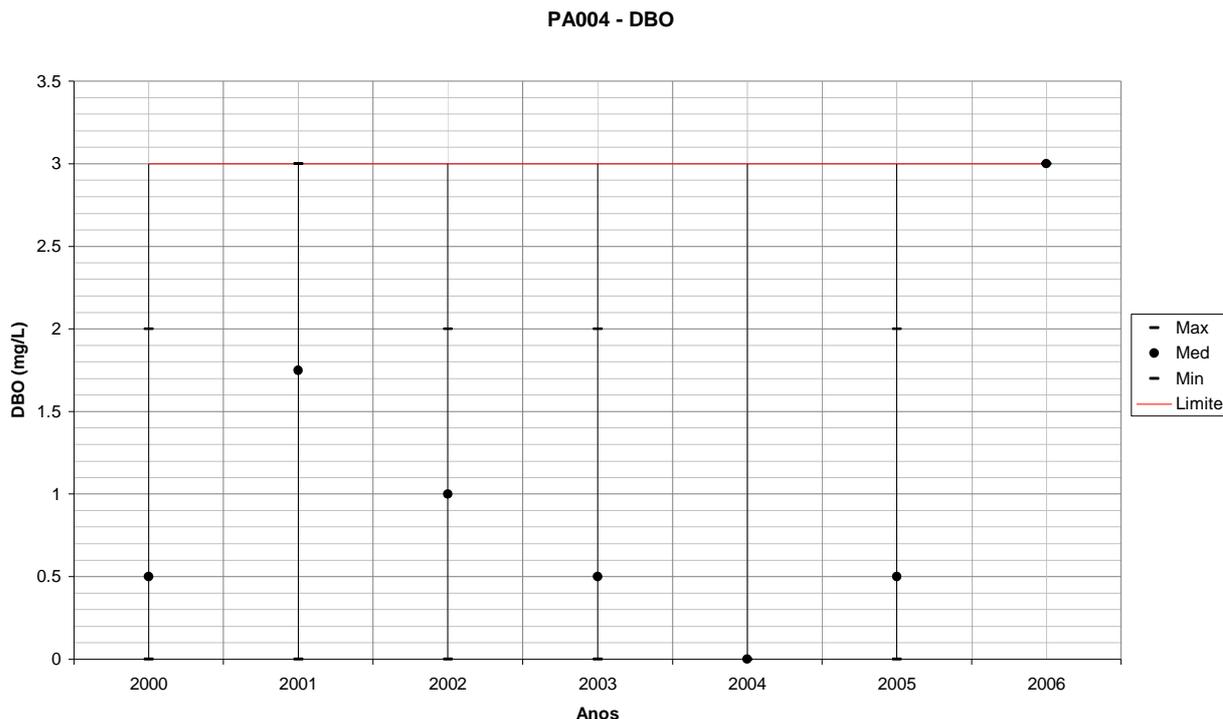


Figura 133 – Variação de DBO para PA004 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

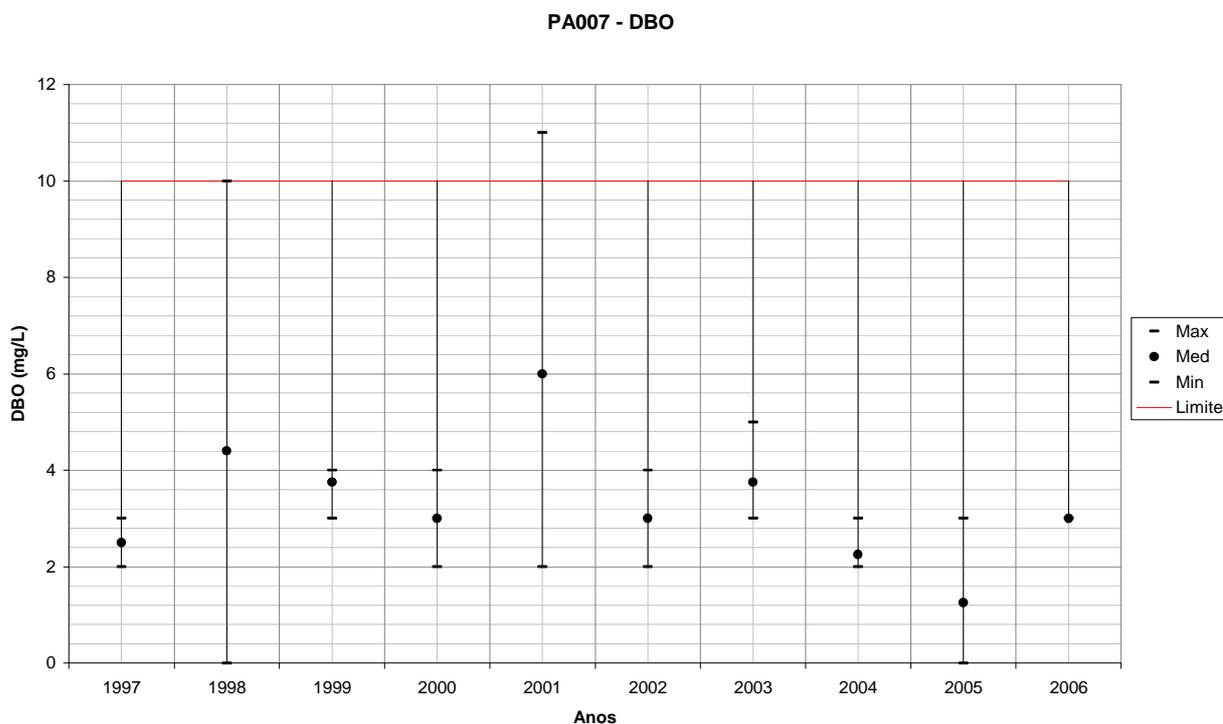


Figura 134 – Variação de DBO para PA007 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 135** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

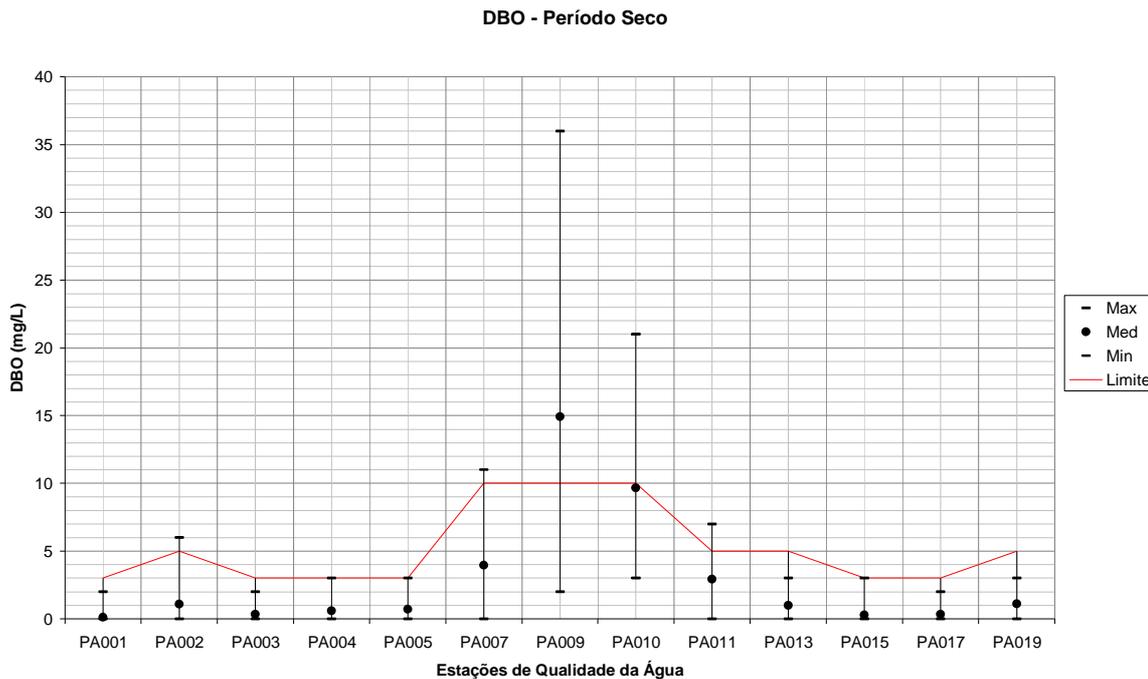


Figura 135 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 136 e 137** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapecerica no período seco dos anos monitorados.

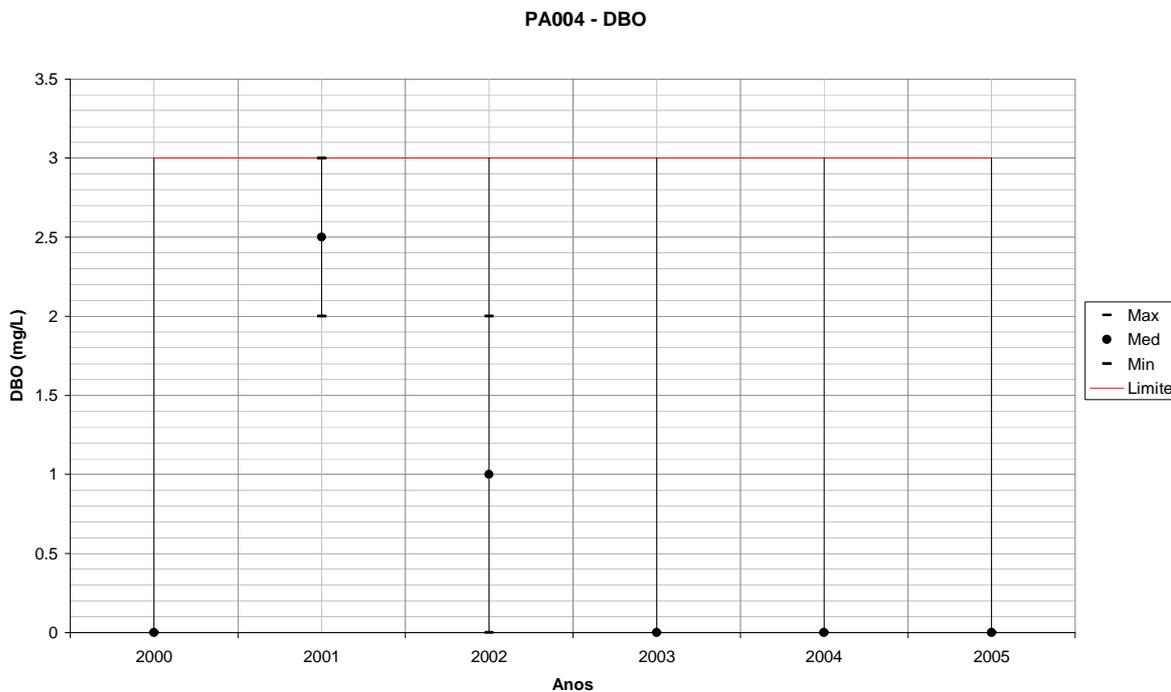


Figura 136 – Variação de DBO para PA004 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

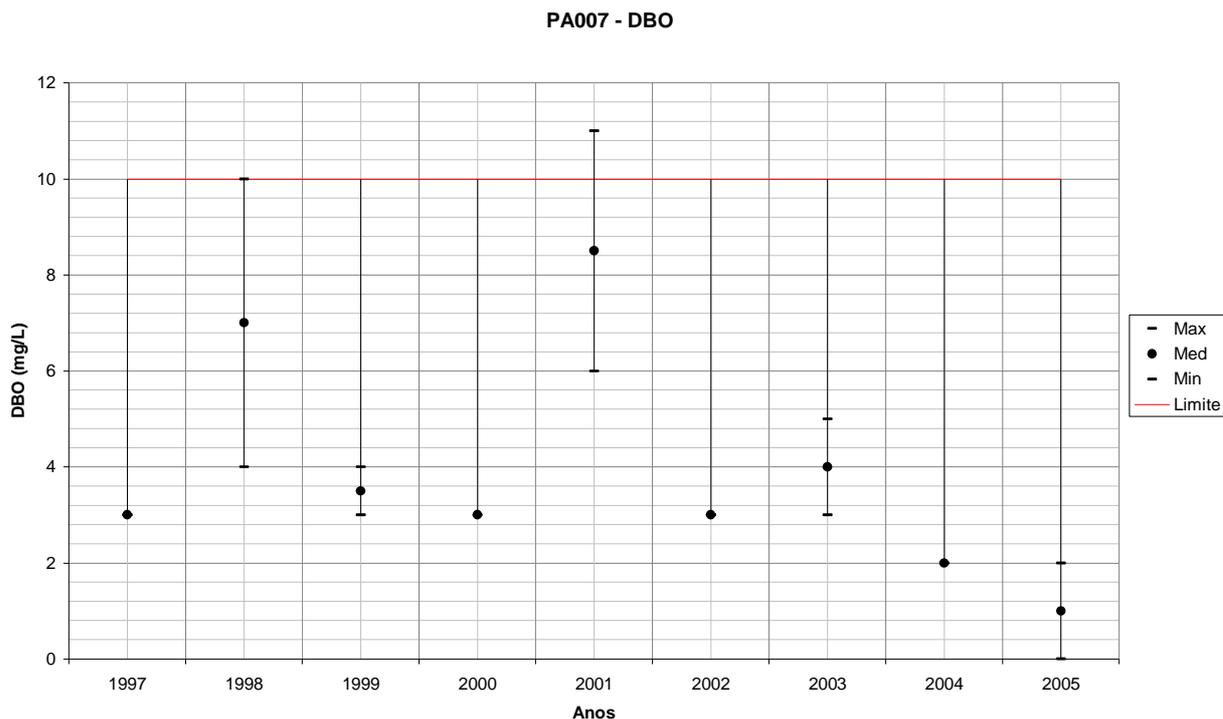


Figura 137 – Variação de DBO para PA007 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 138** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

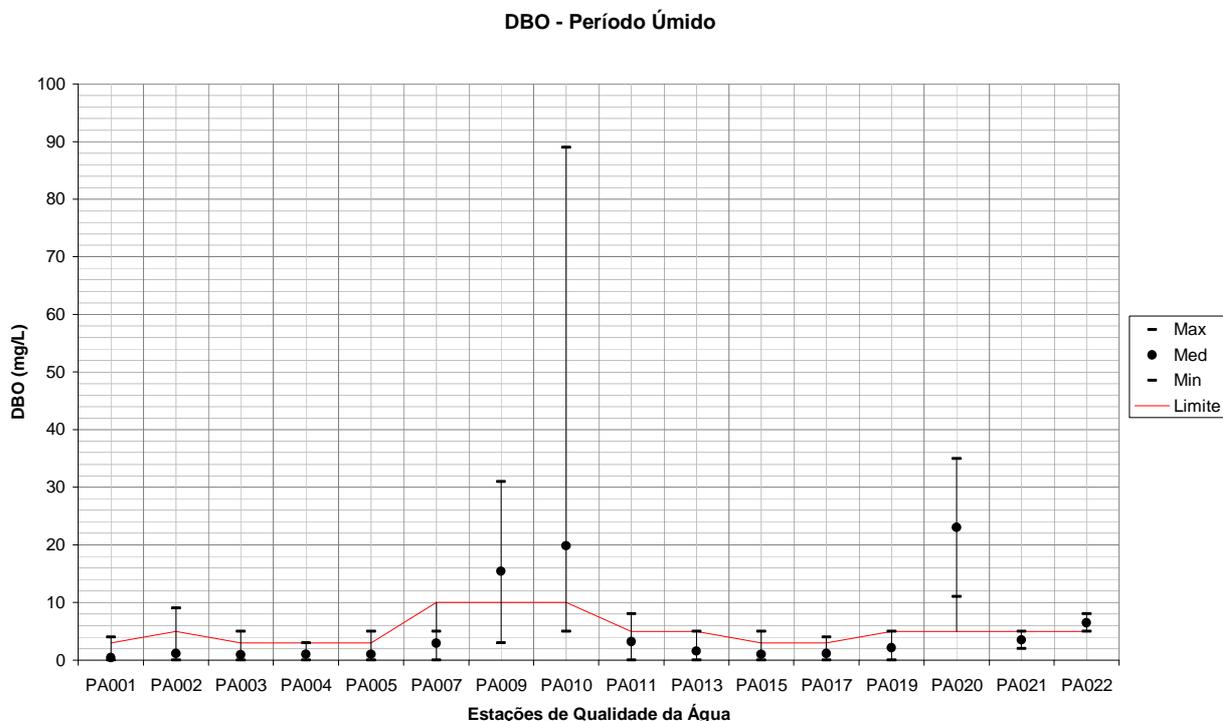


Figura 138 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 139 e 140** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapecerica no período úmido dos anos monitorados.

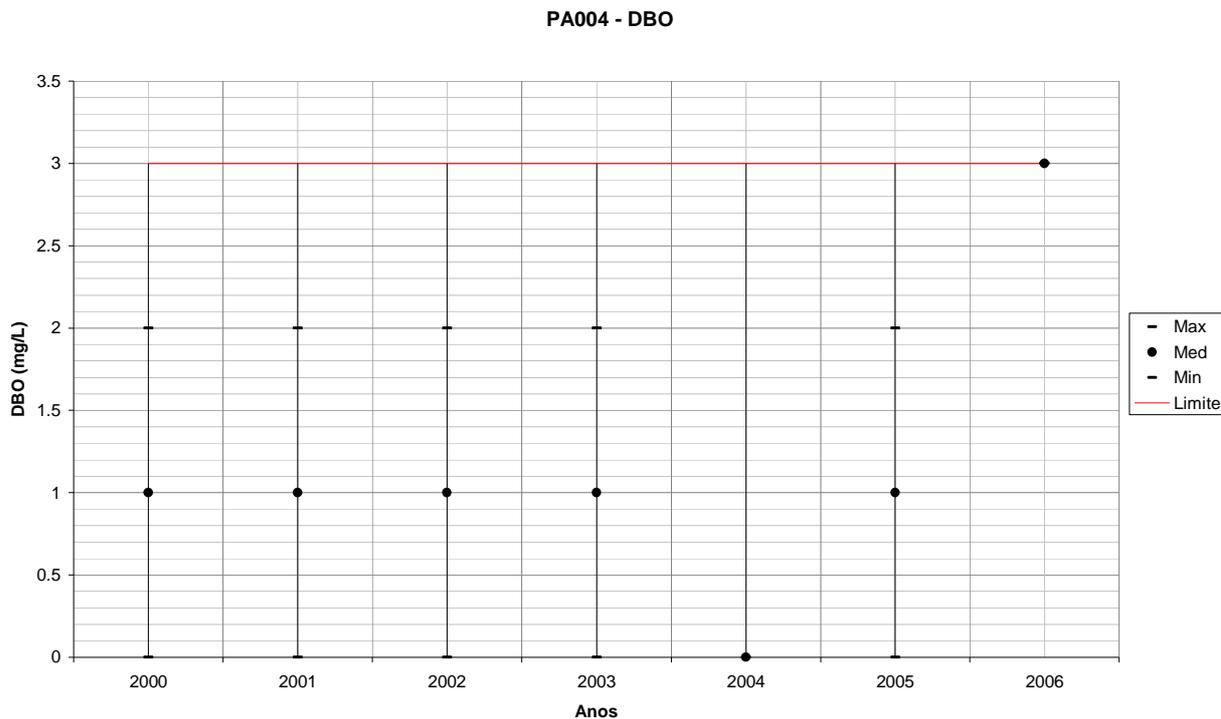


Figura 139 – Variação de DBO para PA004 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

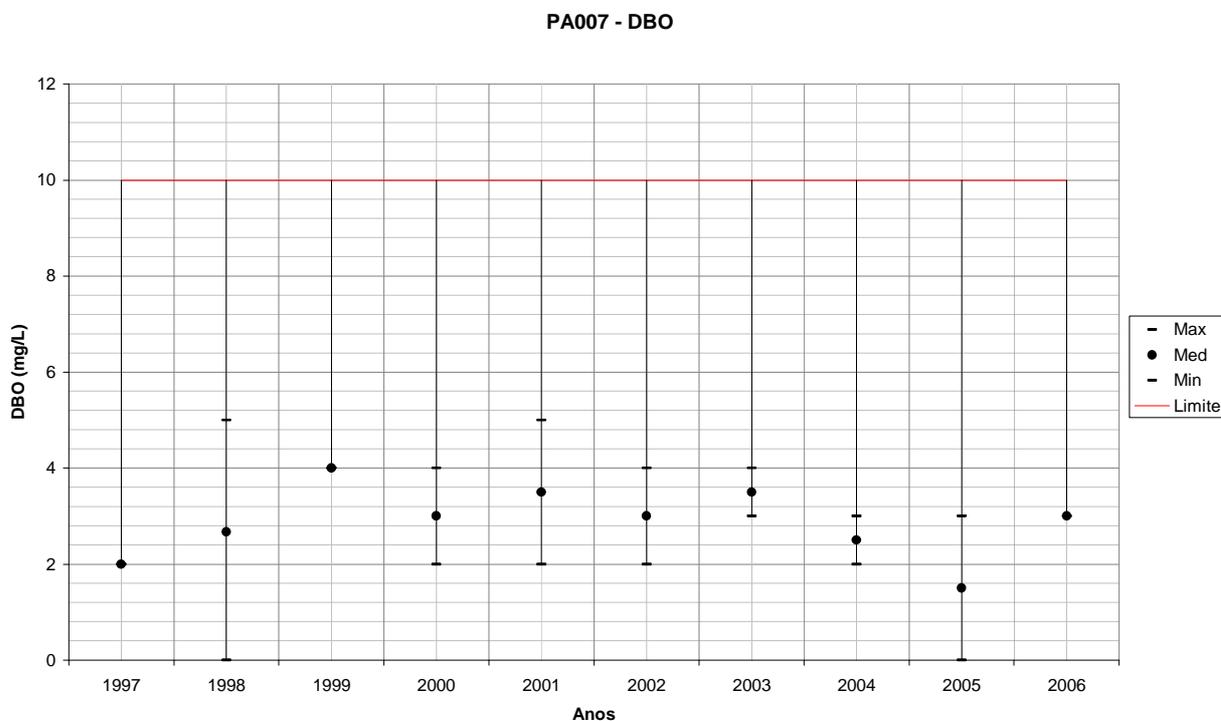


Figura 140 – Variação de DBO para PA007 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

OD na Sub-bacia Rio Itapecerica

A **Figura 141** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

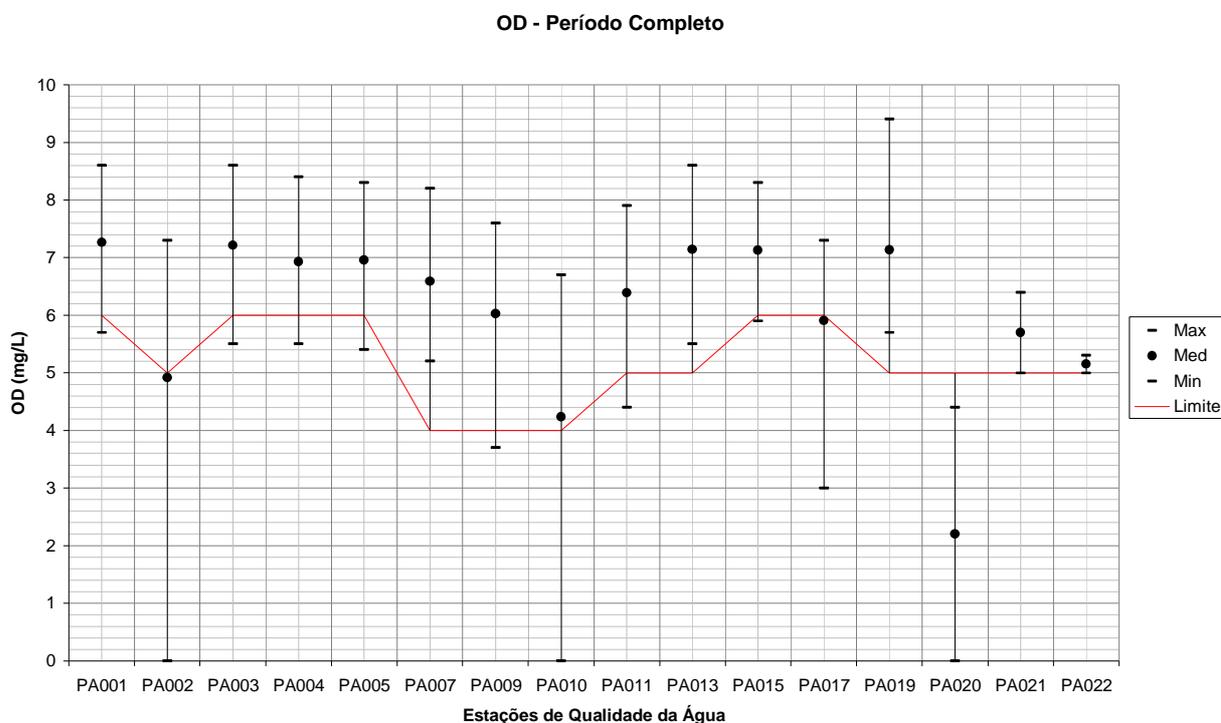


Figura 141 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os resultados de OD demonstram que apenas a estação PA004 teve problemas com o limite mínimo. Os valores médios de OD são de 7mg/L e 6,6mg/L para as estações PA004 e PA007, respectivamente.

Para a estação PA004, o ano de 2003, tanto no período seco quanto no úmido, tiveram valores inferiores ao limite de 6mg/L. No período úmido, também em 2003, todas as coletas tiveram resultados inferiores ao limite. Em 2006 foi feita apenas uma coleta e o seu resultado foi 6mg/L.

As **Figuras 142 e 143** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapecerica ao longo dos anos monitorados.

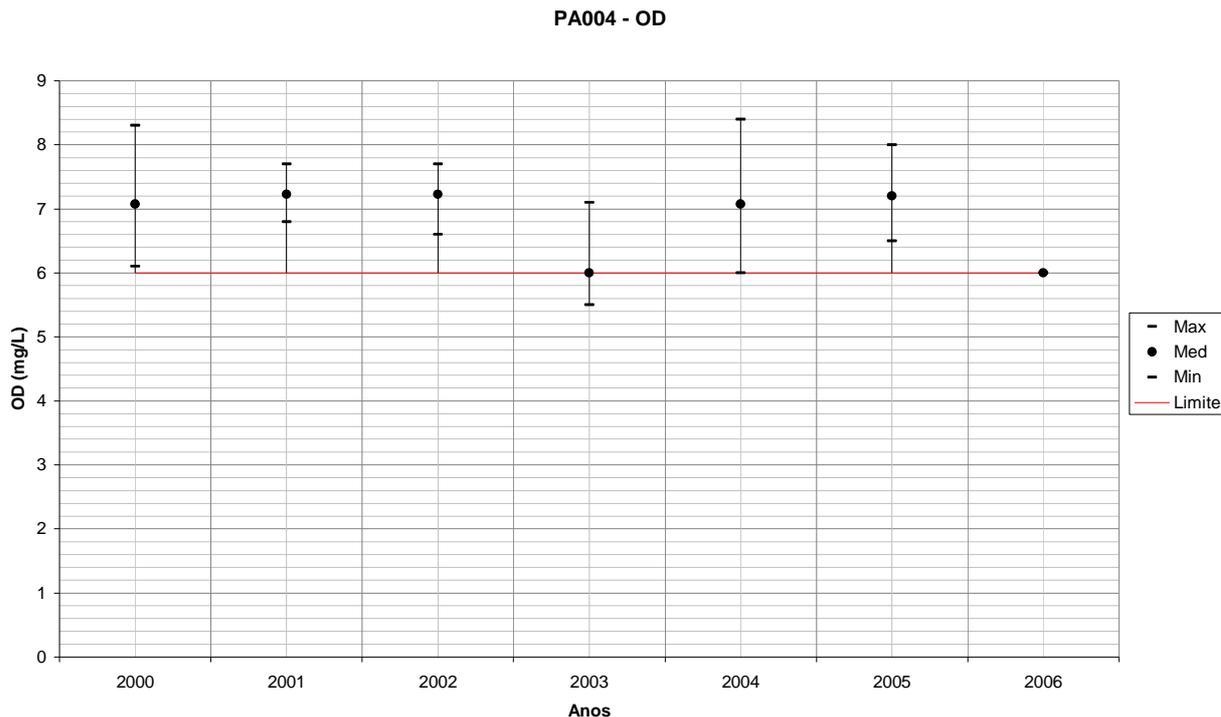


Figura 142 – Variação de OD para PA004 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

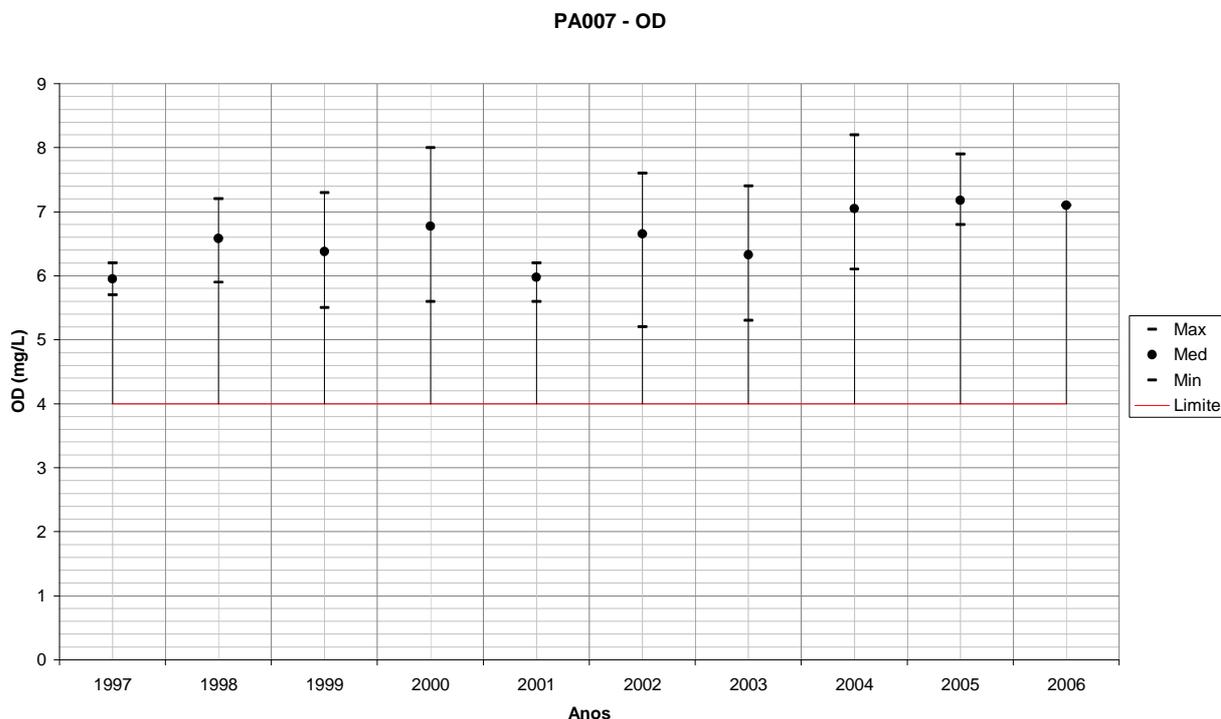


Figura 143 – Variação de OD para PA007 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 144** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

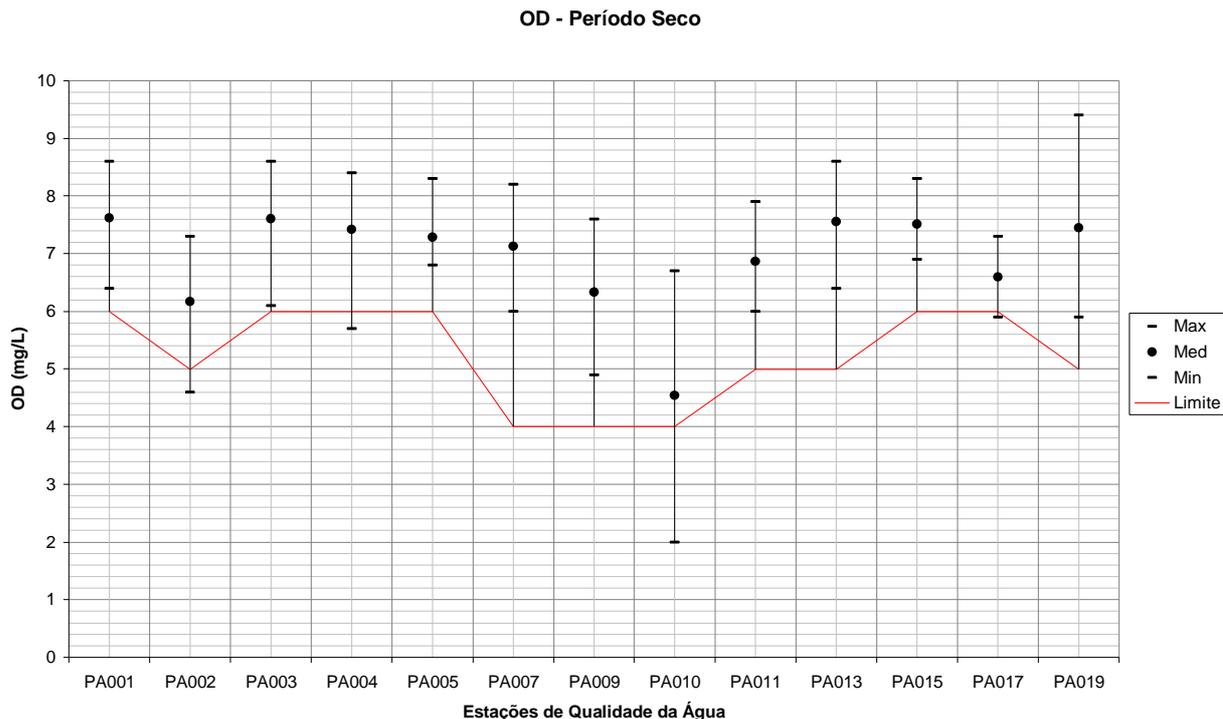


Figura 144 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 145 e 146** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapecerica no período seco dos anos monitorados.

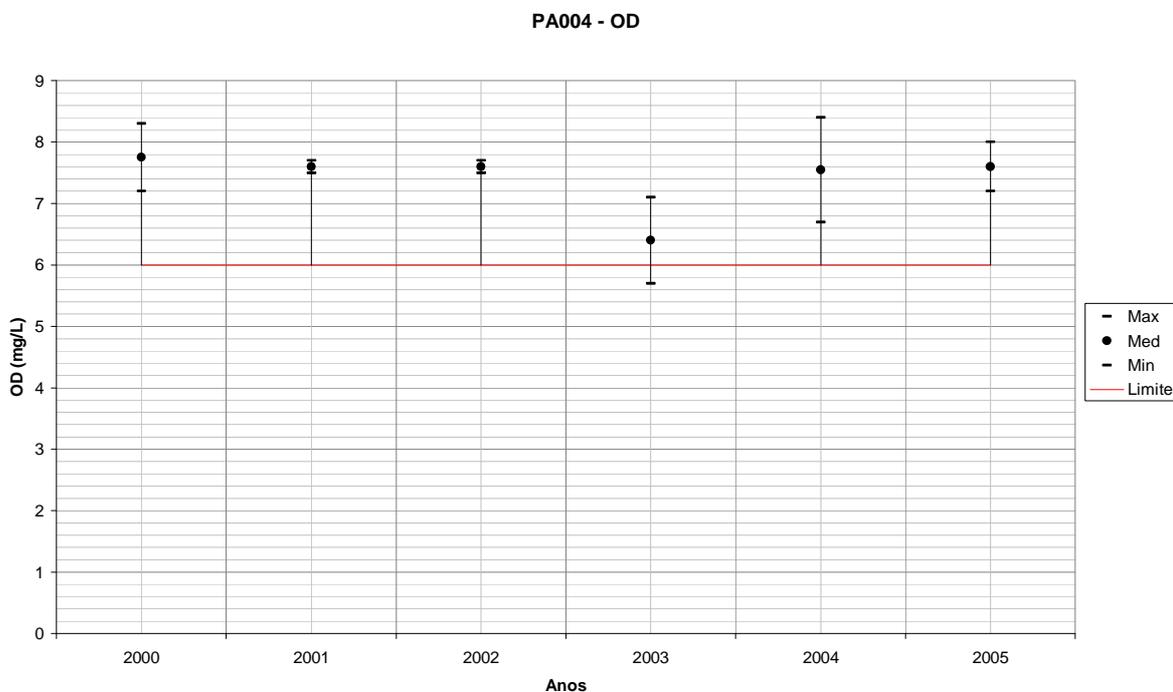


Figura 145 – Variação de OD para PA004 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

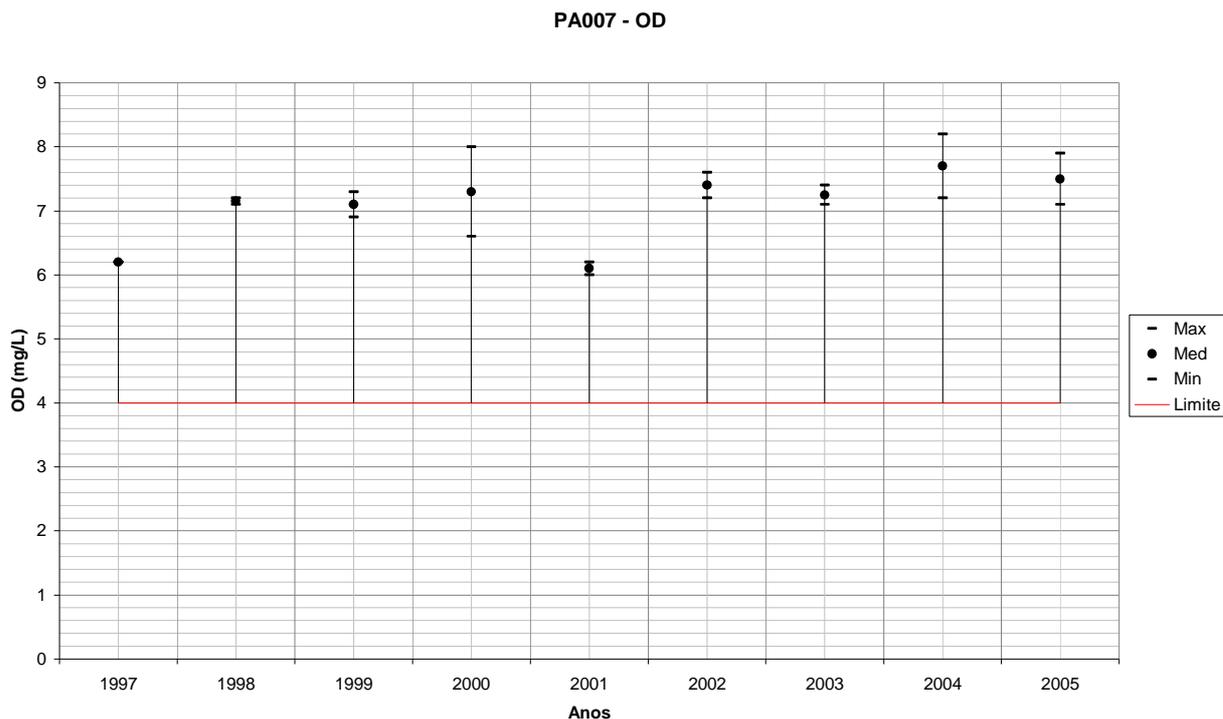


Figura 146 – Variação de OD para PA007 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 147** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

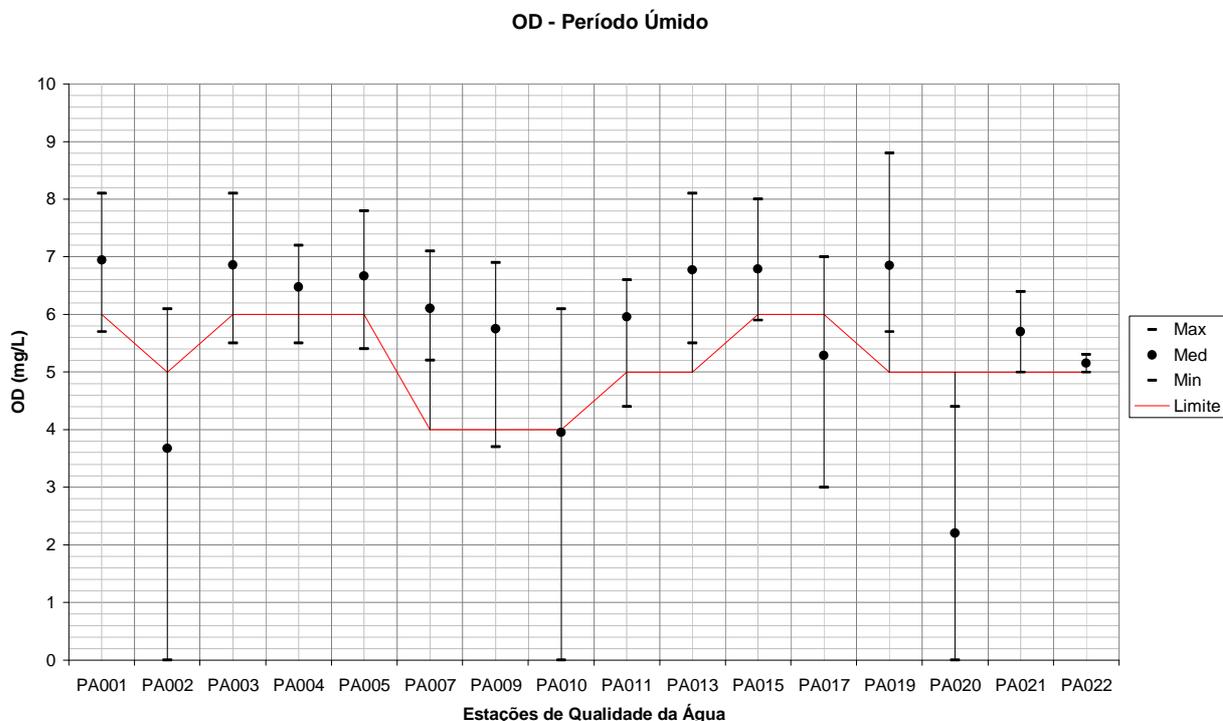


Figura 147 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 148 e 149** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapecerica no período úmido dos anos monitorados.

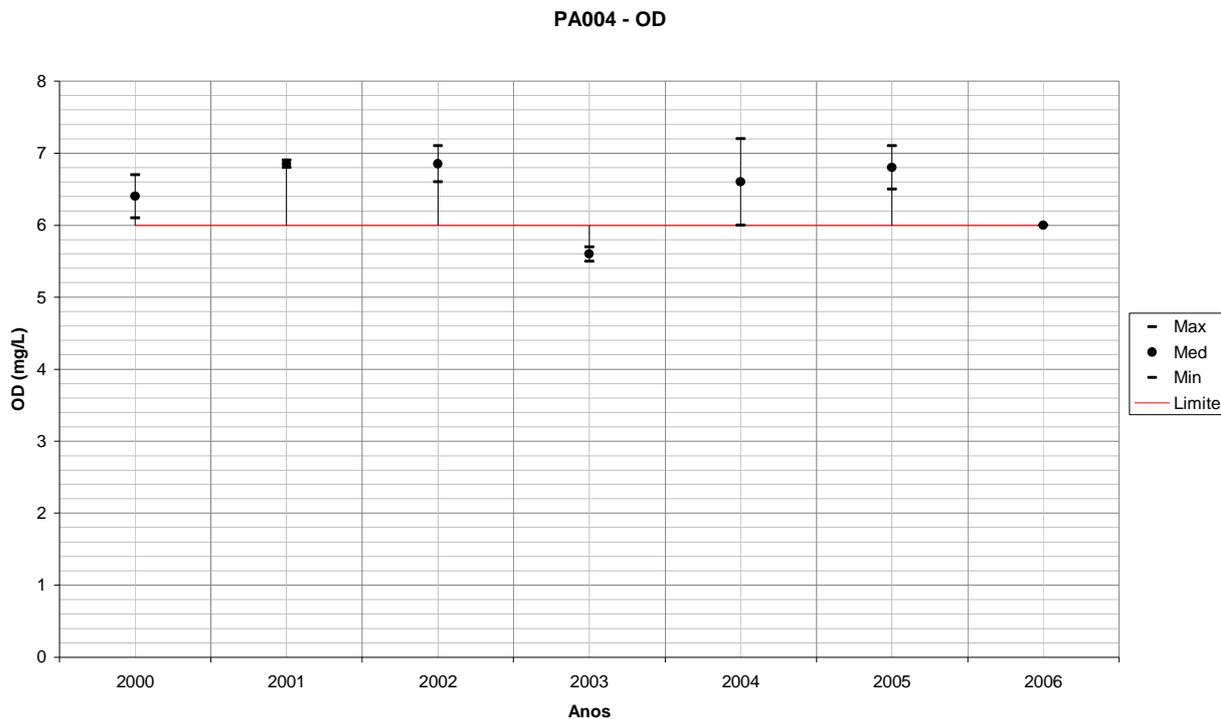


Figura 148 – Variação de OD para PA004 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

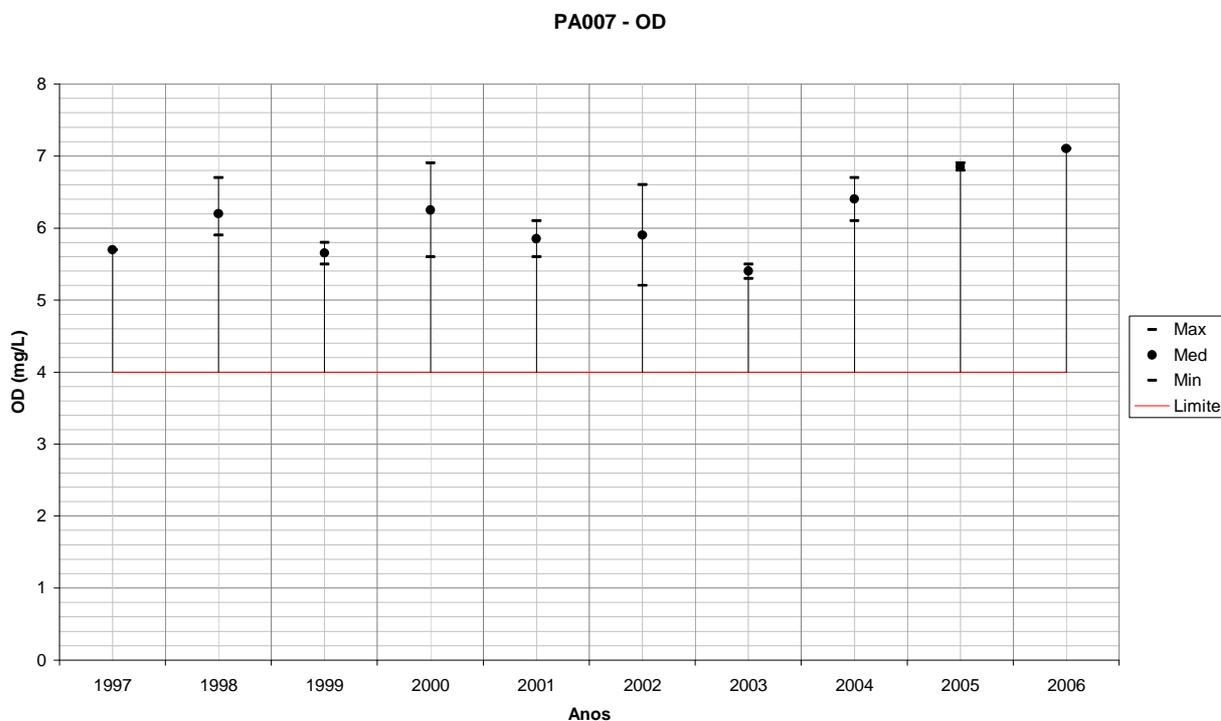


Figura 149 – Variação de OD para PA007 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Turbidez na Sub-bacia Rio Itapecerica

A **Figura 150** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

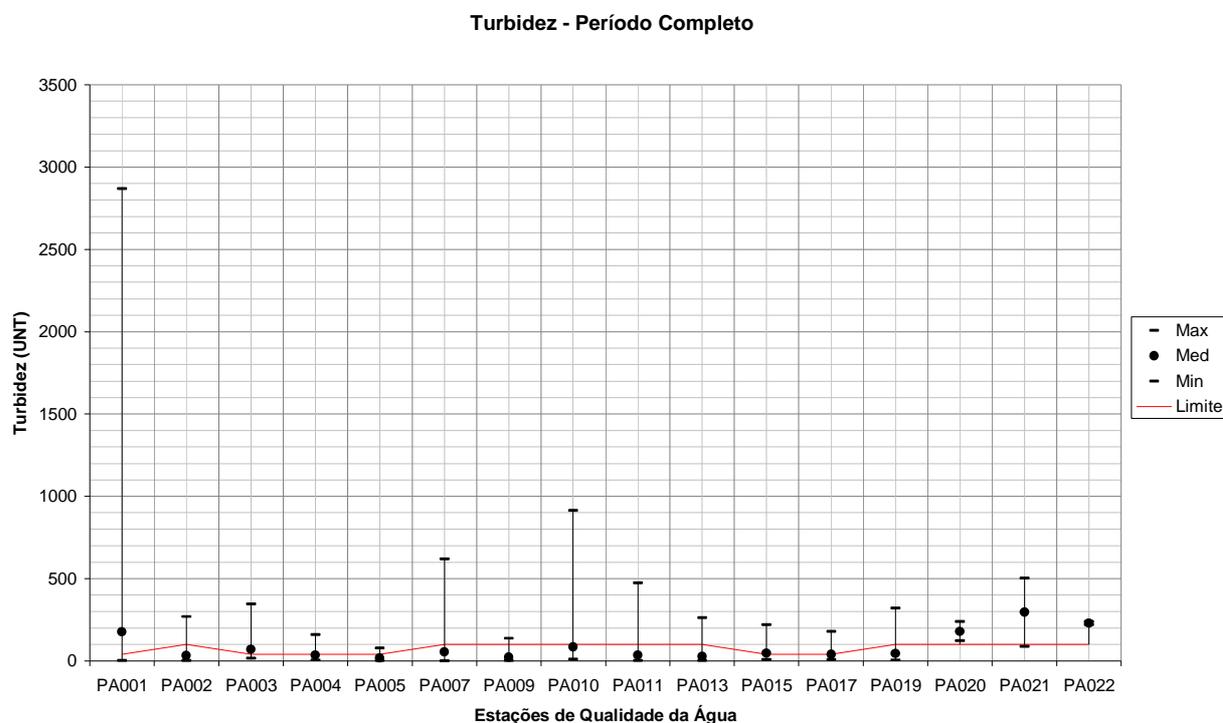


Figura 150 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Ambas as estações apresentam problemas de violação de turbidez, com maior intensidade na PA007. Na PA007 o resultado excedeu em 6 vezes o limite, enquanto que na PA004 excedeu em menos de 2 vezes. Todos os anos de monitoramento disponíveis, de 2000 a 2006, com exceção de 2001 e 2002, a PA004 teve valores que superaram o limite da Classe 1. Já na PA007, apenas os anos de 2003, 2005 e 2006 tiveram valores que passaram do limite da Classe 3.

No período seco, ambas as estações tiveram valores de turbidez inferiores ao limite estabelecido pela Classe 1. A estação PA007, apesar de ter Classe 3 poderia, no período seco, ter uma classe mais restritiva.

Porém, a partir dos dados analisados, a estação PA007 possui maiores impactos com o período chuvoso, obtendo valores de até 620 UNT, enquanto que a PA004 registra valores de até 160 UNT.

As **Figuras 151** e **152** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapecerica ao longo dos anos monitorados.

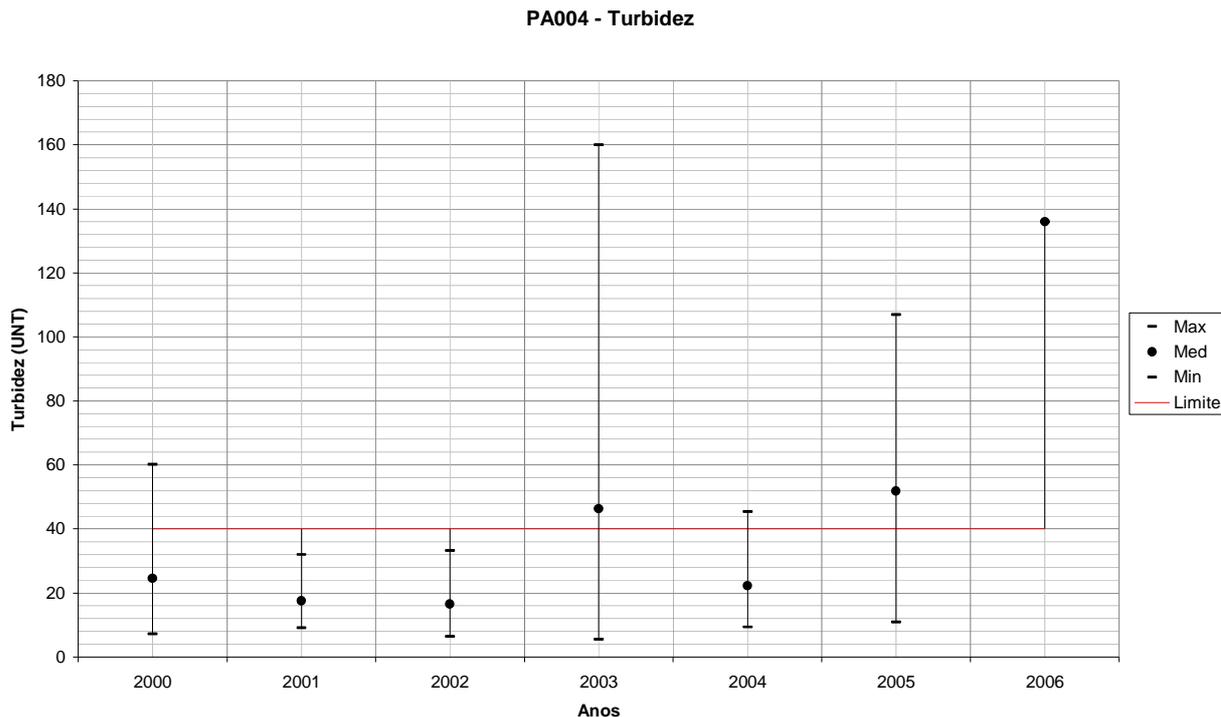


Figura 151 – Variação de Turbidez para PA004 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

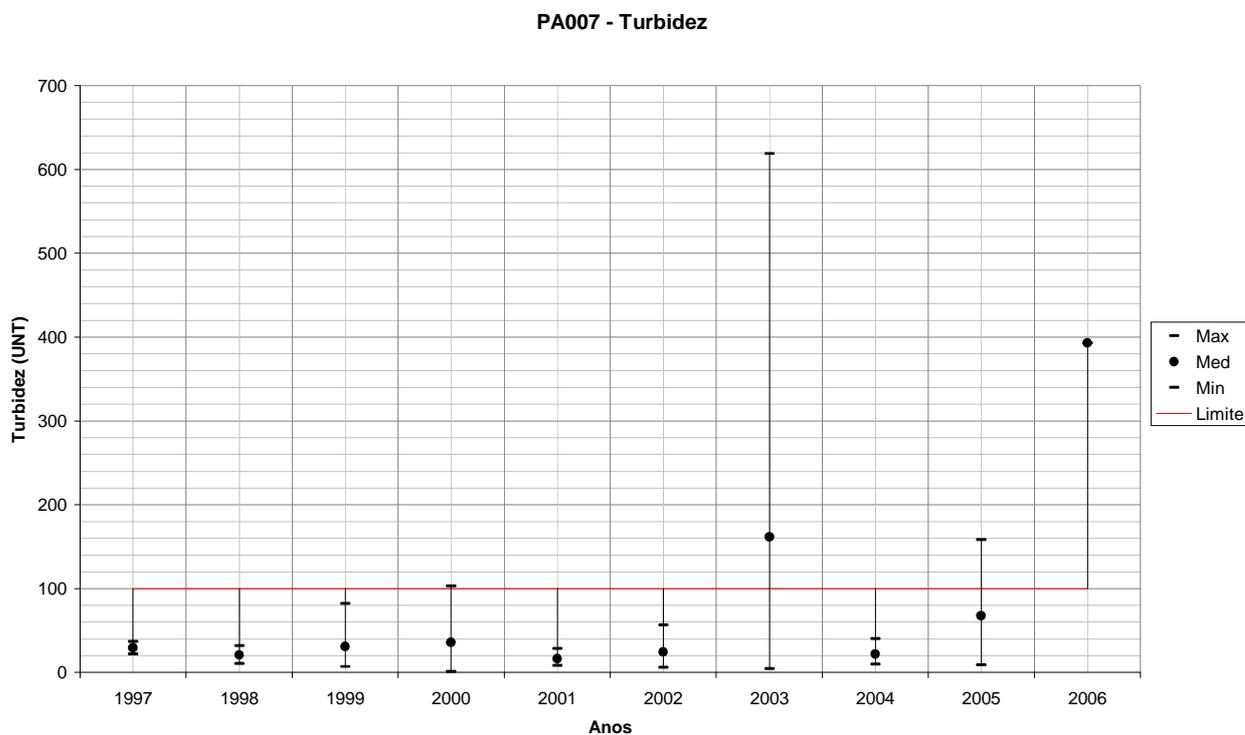


Figura 152 – Variação de Turbidez para PA007 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 153** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

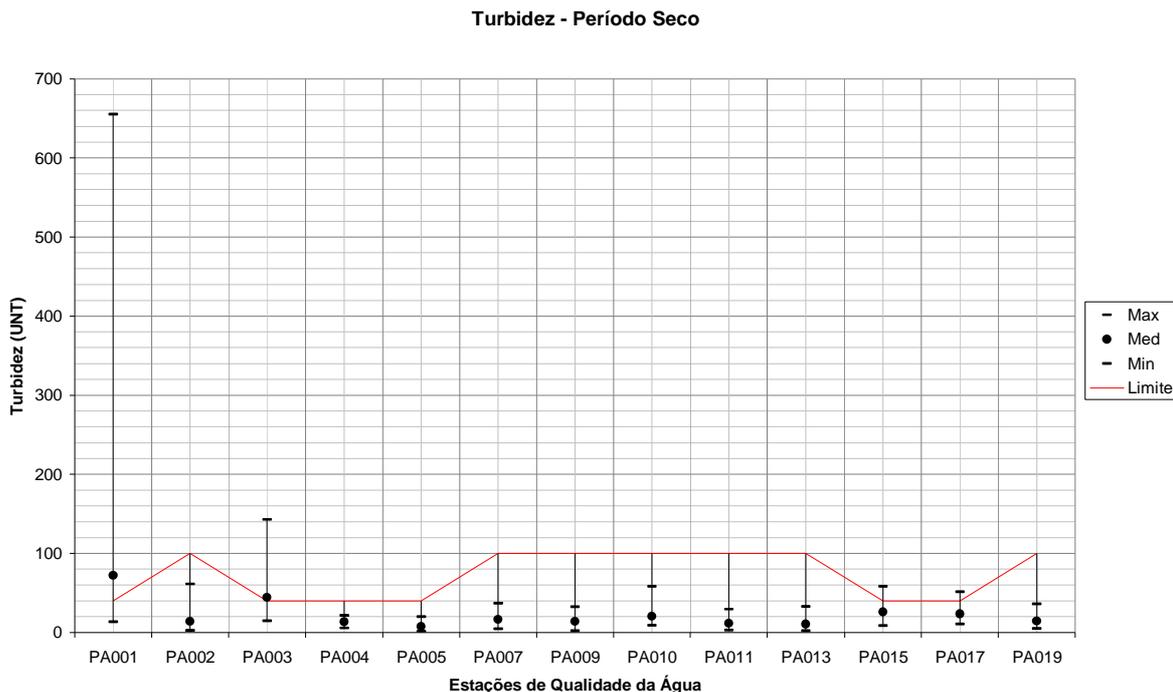


Figura 153 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 154 e 155** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapeçerica no período seco dos anos monitorados.

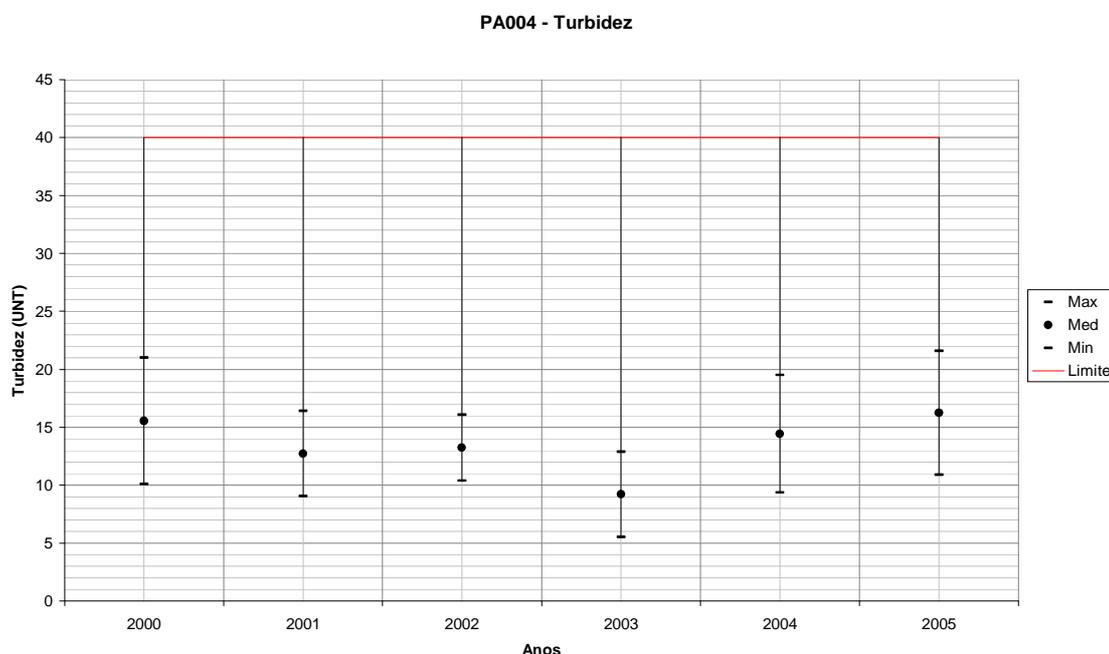


Figura 154 – Variação de Turbidez para PA004 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

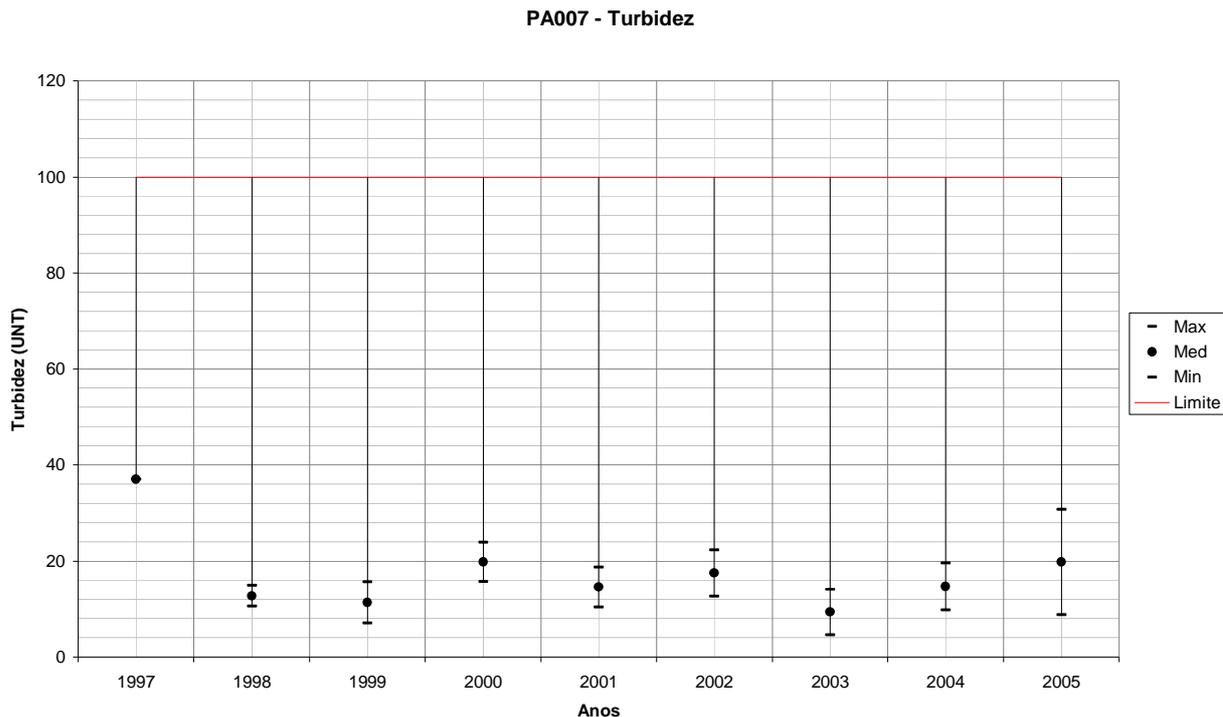


Figura 155 – Variação de Turbidez para PA007 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 156** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

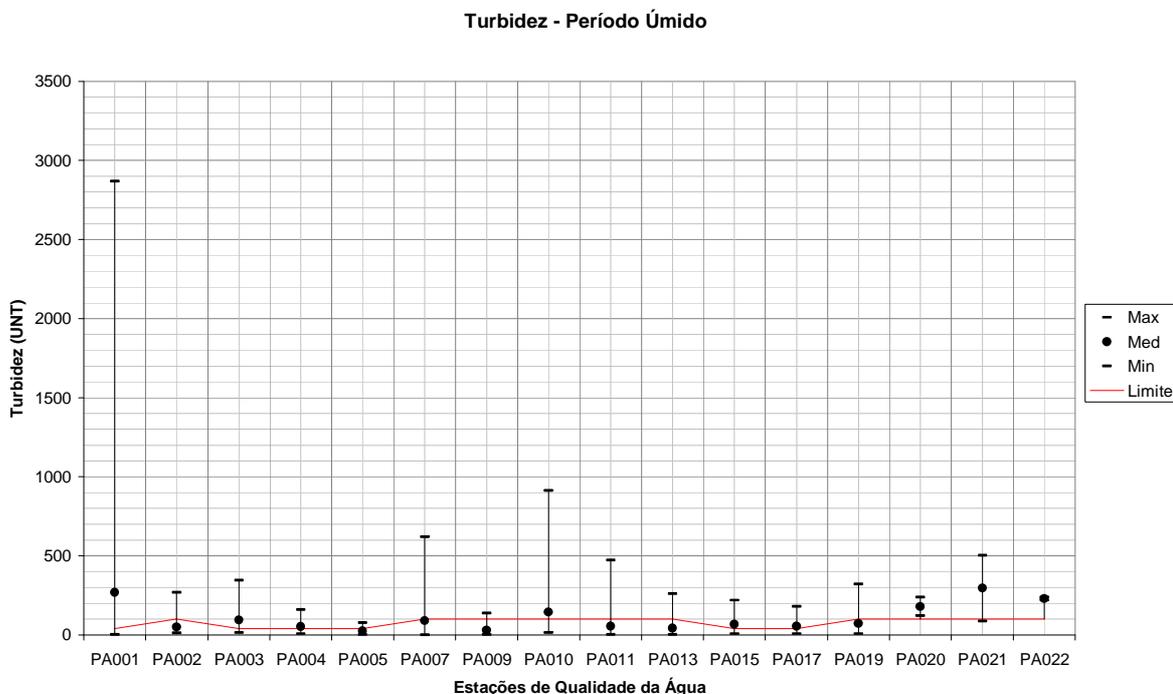


Figura 156 – Variação da Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 157 e 158** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Itapecerica no período úmido dos anos monitorados.

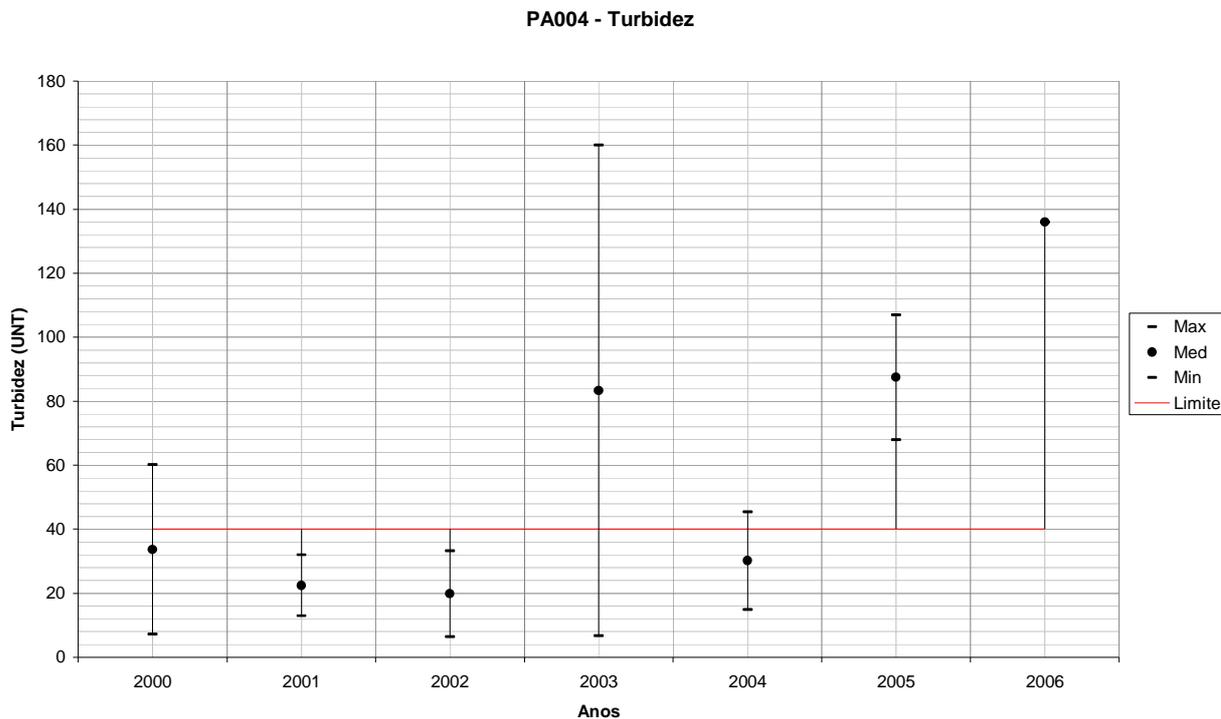


Figura 157 – Variação de Turbidez para PA004 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

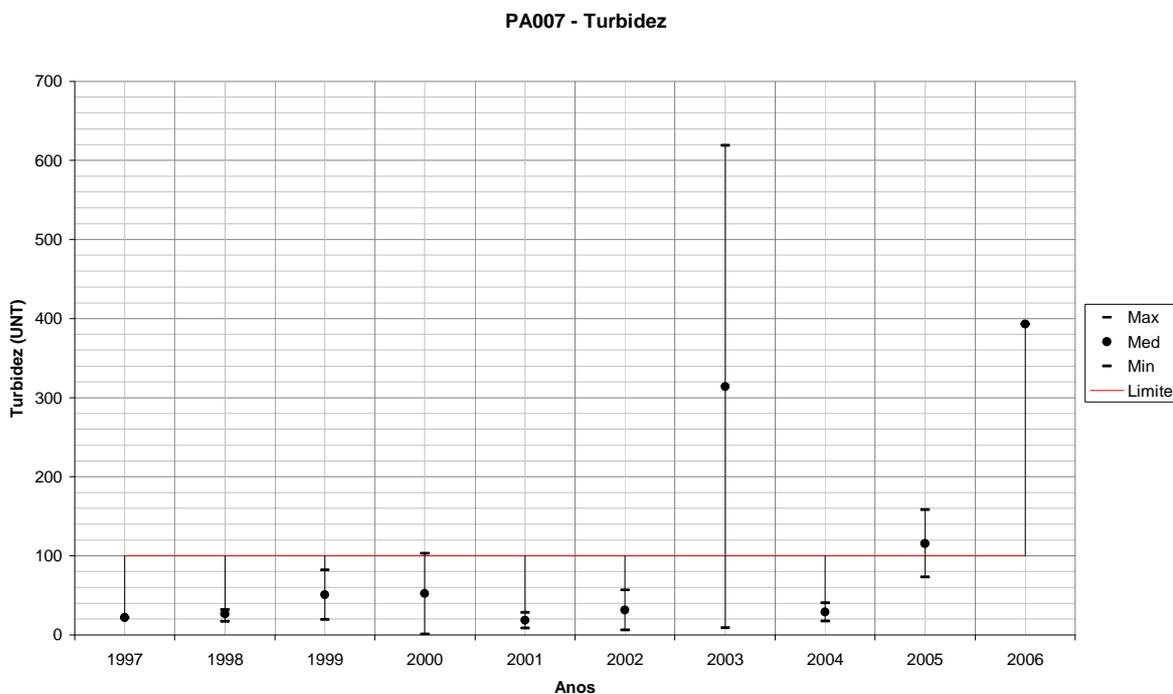


Figura 158 – Variação de Turbidez para PA007 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.5.1.2.4 Sub-bacia Médio Rio Pará

As estações correspondentes à Sub-bacia Médio Rio Pará são: PA005 (Classe 1) e PA020 (Classe 2).

DBO na Sub-bacia Médio Rio Pará

A **Figura 159** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

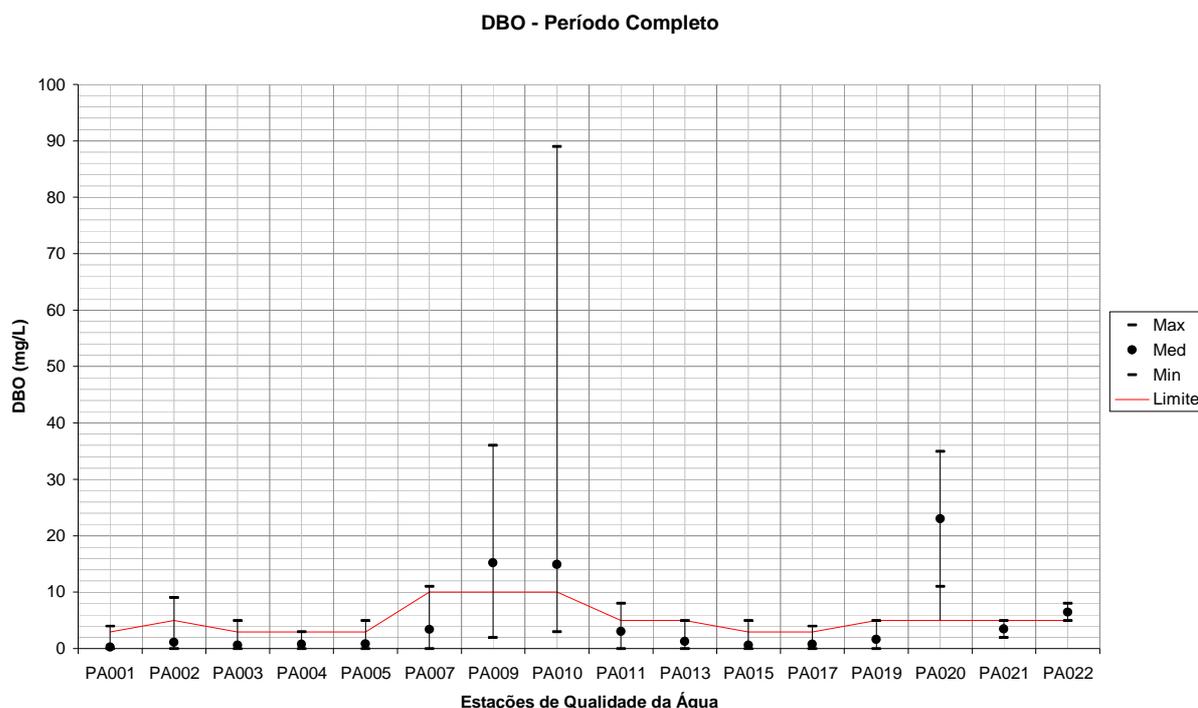


Figura 159 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Comparando às demais estações de qualidade de água, a PA005 tem comportamento similar à maioria das estações. Possui, ao longo do monitoramento feito, alguns valores que extrapolam o limite da sua classe. A estação PA020, diferente da PA005 e das demais estações, possui todos os valores superiores ao limite da Classe 2.

A estação PA020 é uma estação nova e possui apenas duas campanhas, uma em 2005 e outra em 2006. Nestas duas campanhas, os valores de DBO superaram o limite da Classe 2. A estação PA005 extrapolou o limite da sua classe apenas em 1998.

No período seco não ocorreram violações na estação PA005, e na estação PA020 não tiveram campanhas. No período úmido, apenas um ano teve valores superiores ao limite na PA005, o valor foi de 5mg/L. Enquanto que para a estação PA020, em 2005 o valor da DBO foi de 35 mg/L e para 2006 foi de 11 mg/L..

As **Figuras 160** e **161** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Médio Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

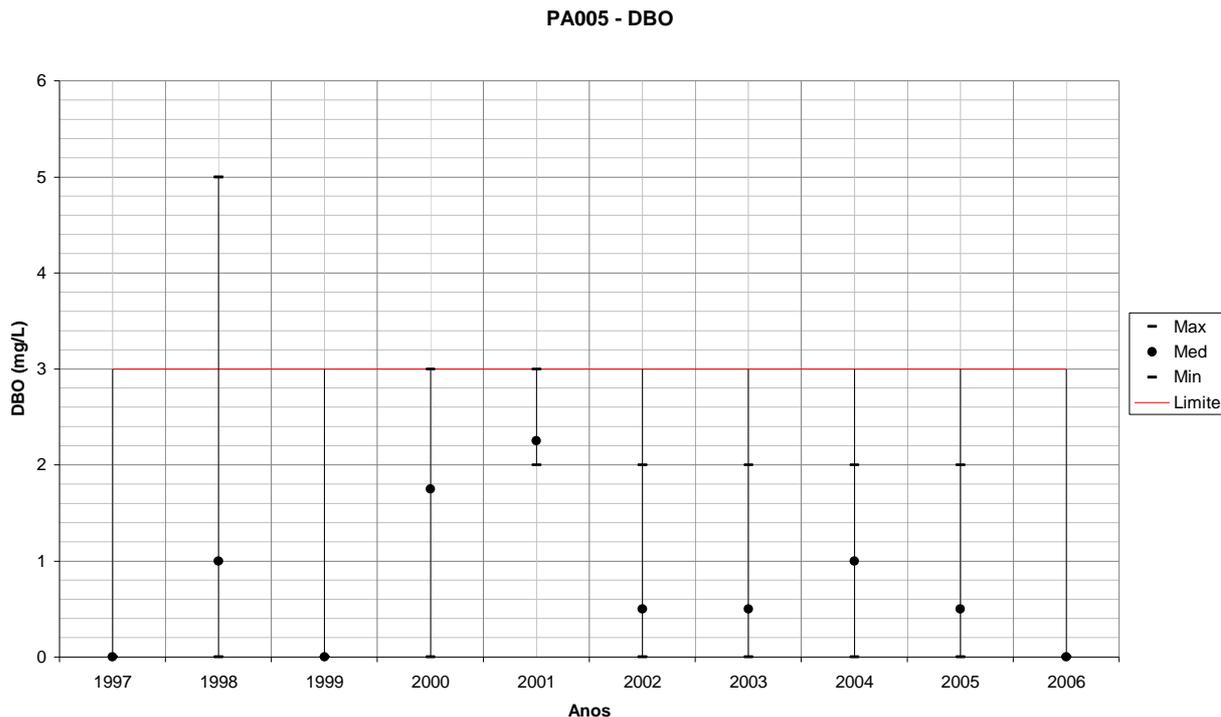


Figura 160 – Variação de DBO para PA005 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

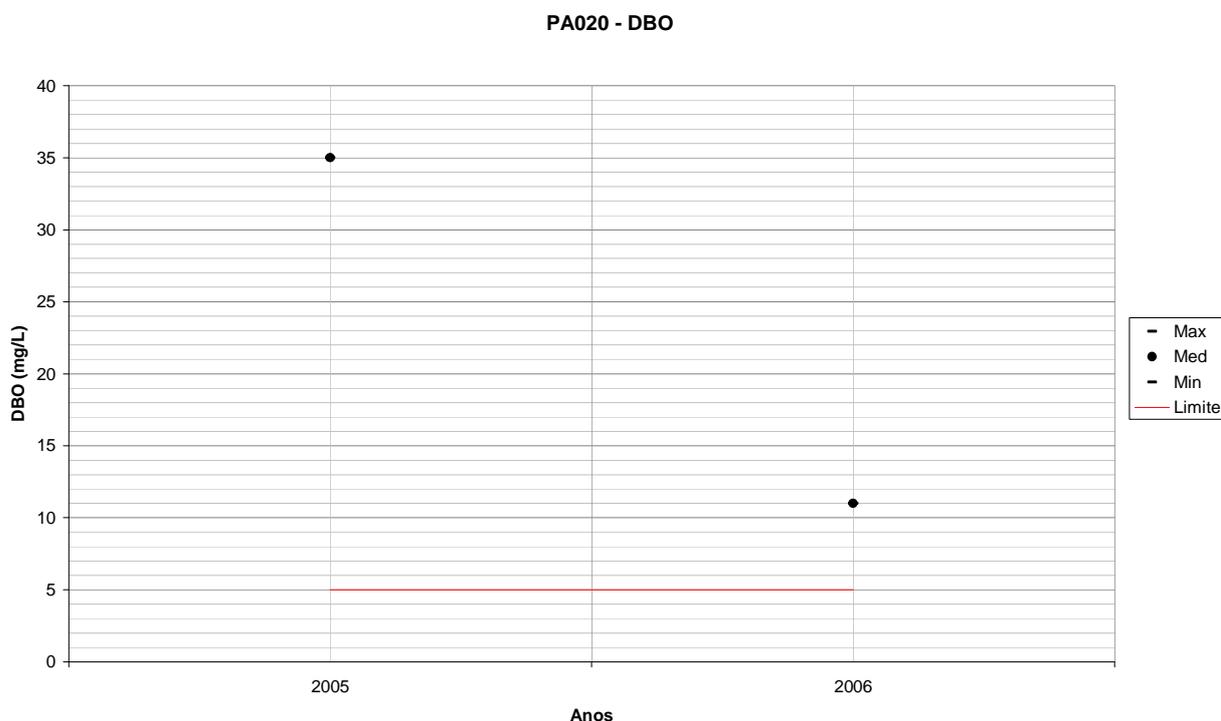


Figura 161 – Variação de DBO para PA020 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 162** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

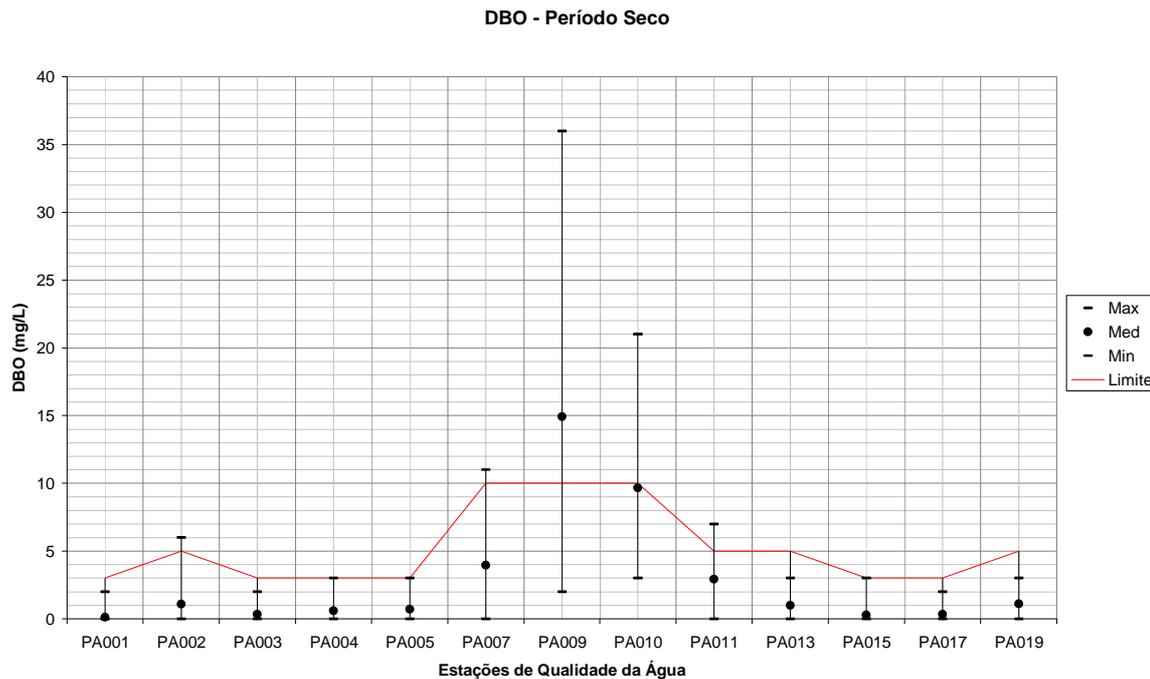


Figura 162 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 163** a seguir mostra o comportamento do DBO na estação de monitoramento PA005 da Sub-bacia Médio Rio Pará no período seco dos anos monitorados. A PA020 não teve campanhas.

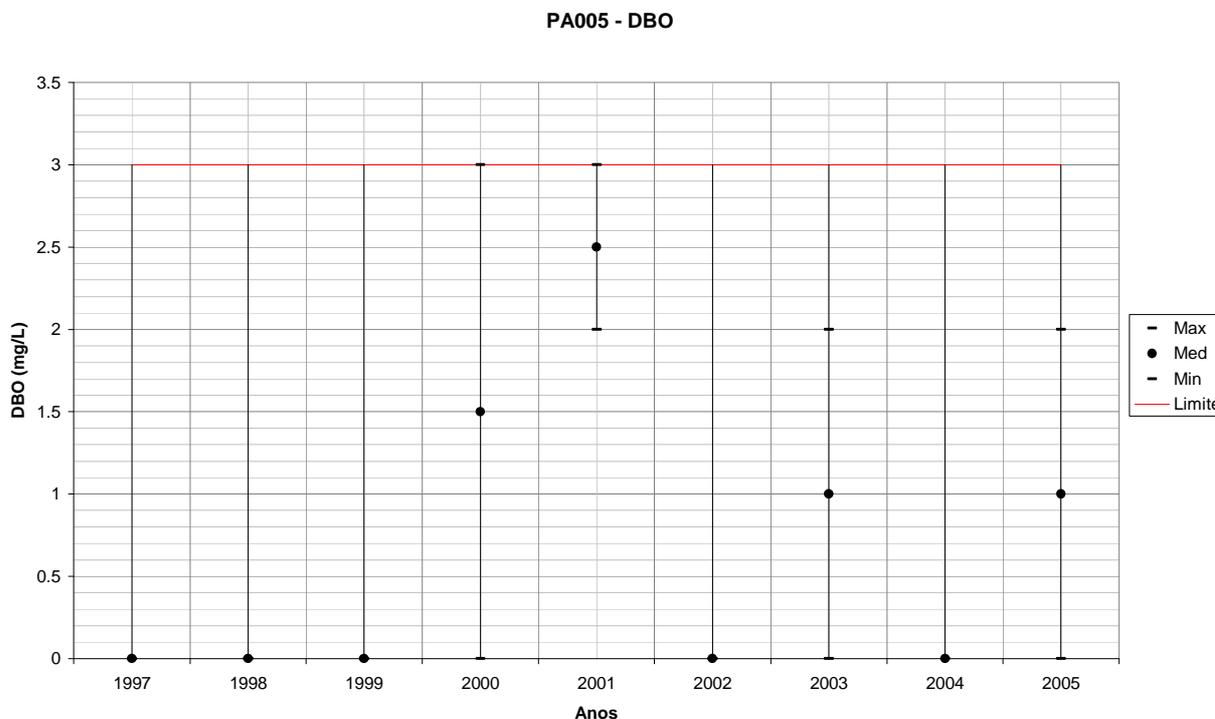


Figura 163 – Variação de DBO para PA005 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 164** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

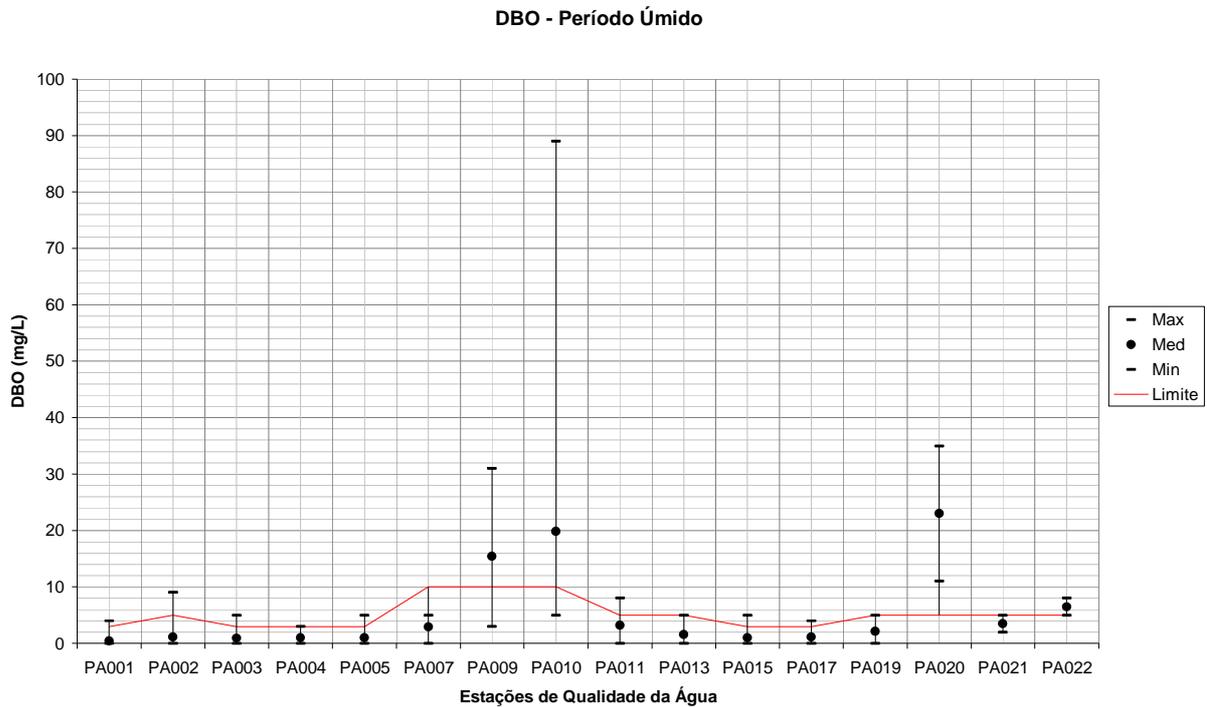


Figura 164 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 165 e 166** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Médio Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

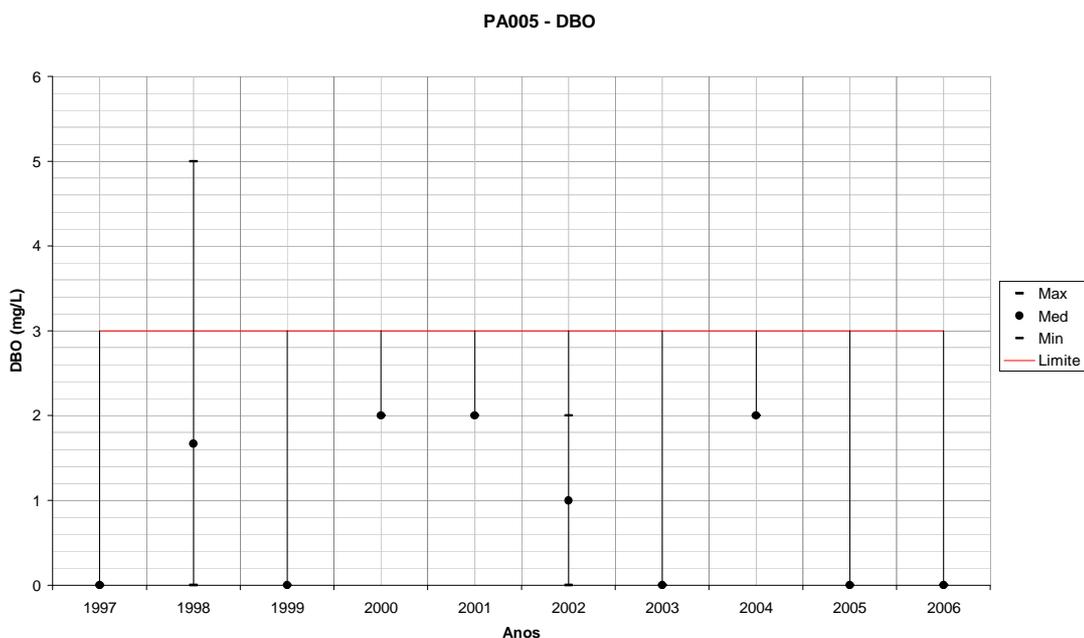


Figura 165 – Variação de DBO para PA005 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

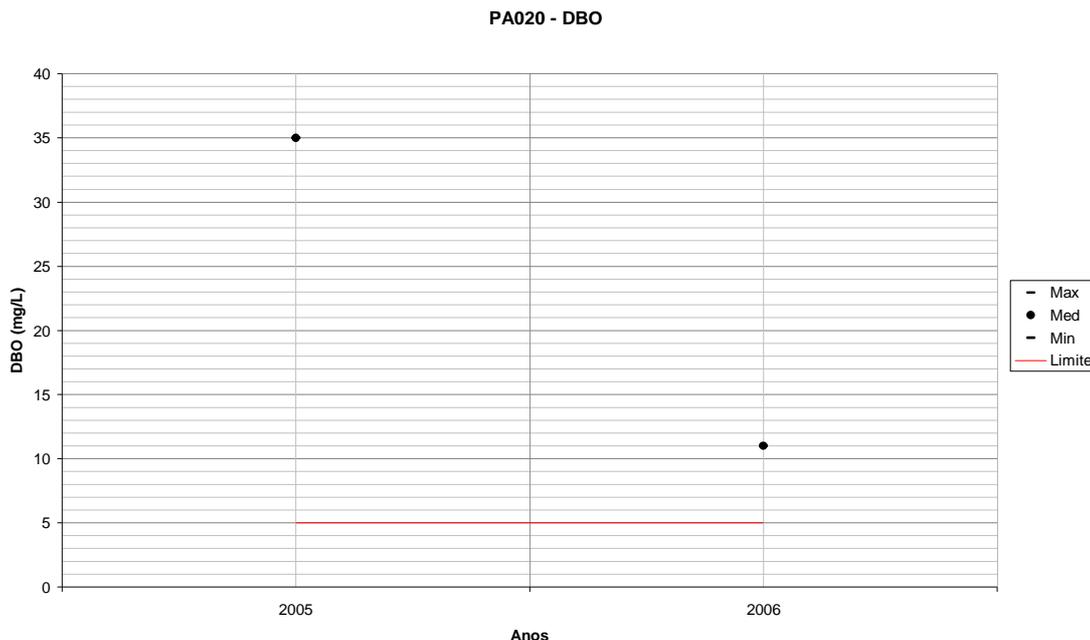


Figura 166 – Variação de DBO para PA020 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

OD na Sub-bacia Médio Rio Pará

A **Figura 167** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

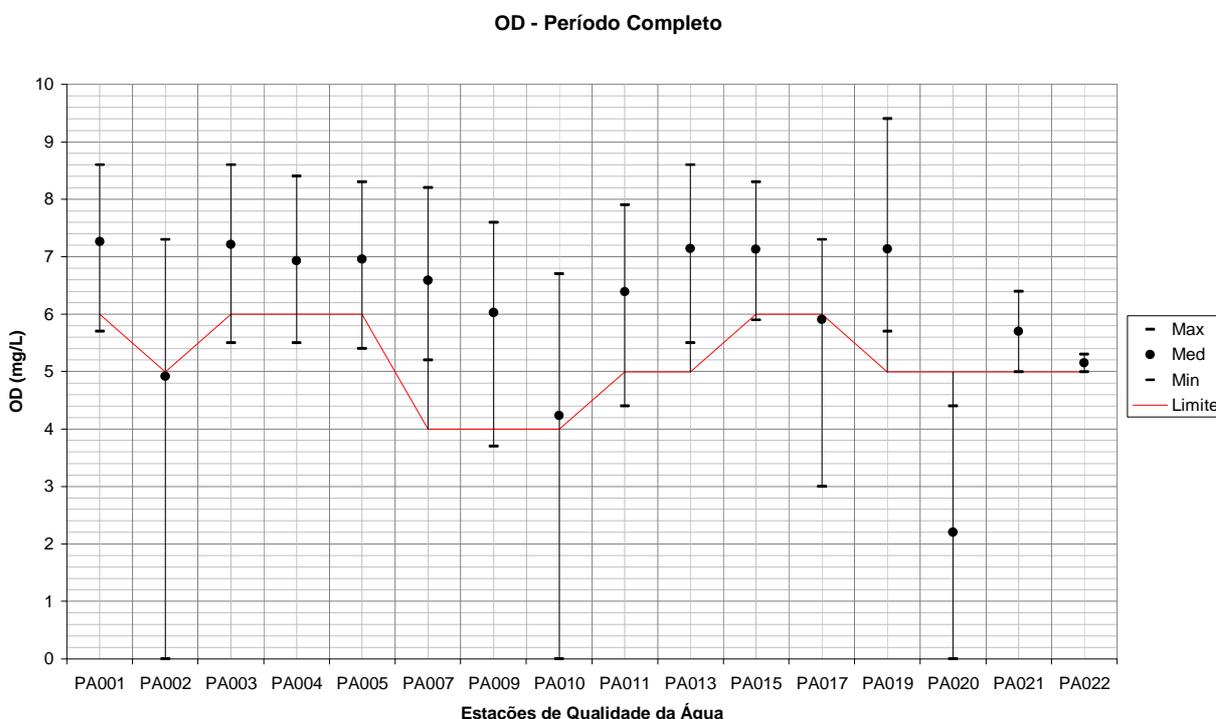


Figura 167 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Em concordância com os resultados de DBO, a estação PA005 teve somente seus valores mínimos de OD inferiores ao limite da sua classe, enquanto que a estação PA020 está sempre abaixo do limite mínimo.

Apenas em 1999 a estação PA005 obteve valores inferiores ao limite da classe, enquanto que PA020 teve em 2005 OD equivalente a zero e em 2006 o registro foi de 4,4 mg/L.. Os valores de OD fora da classe ocorreram apenas no período úmido.

As **Figuras 168 e 169** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Médio Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

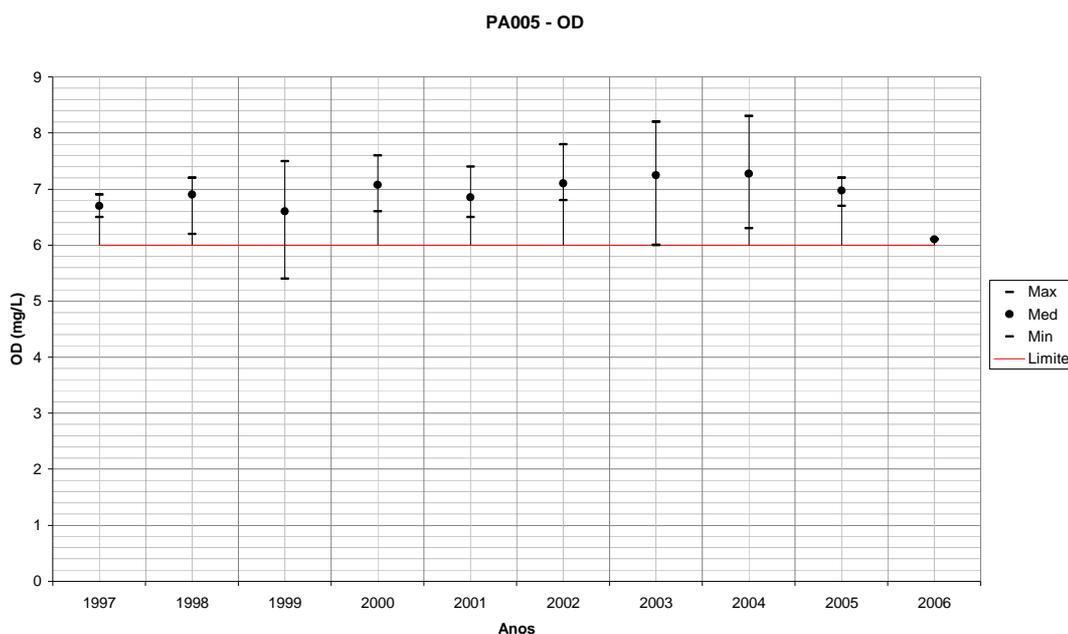


Figura 168 – Variação de OD para PA005 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

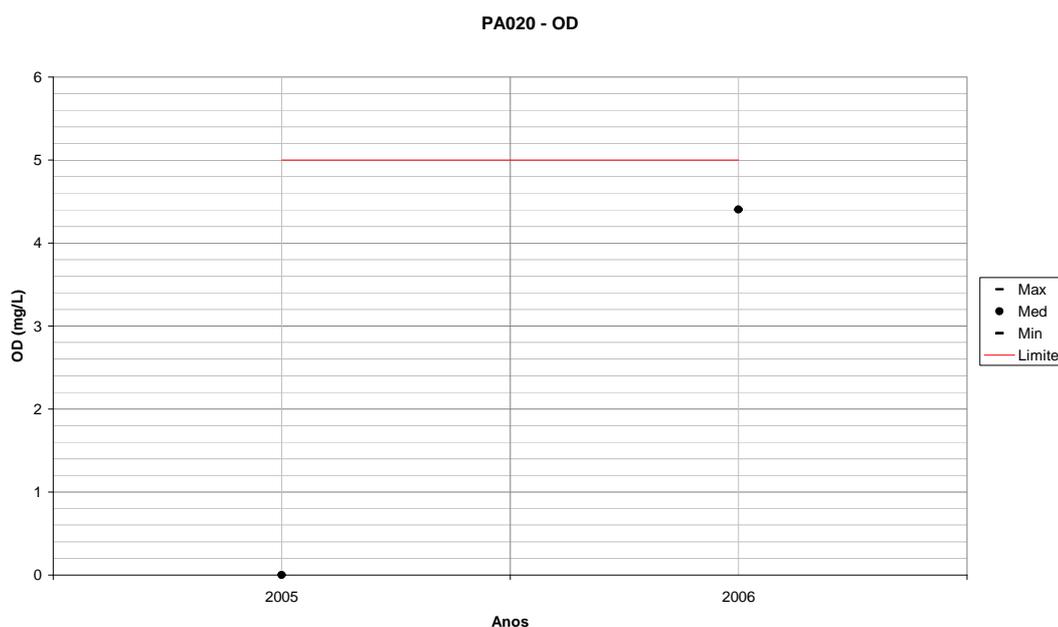


Figura 169 – Variação de OD para PA020 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 170** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

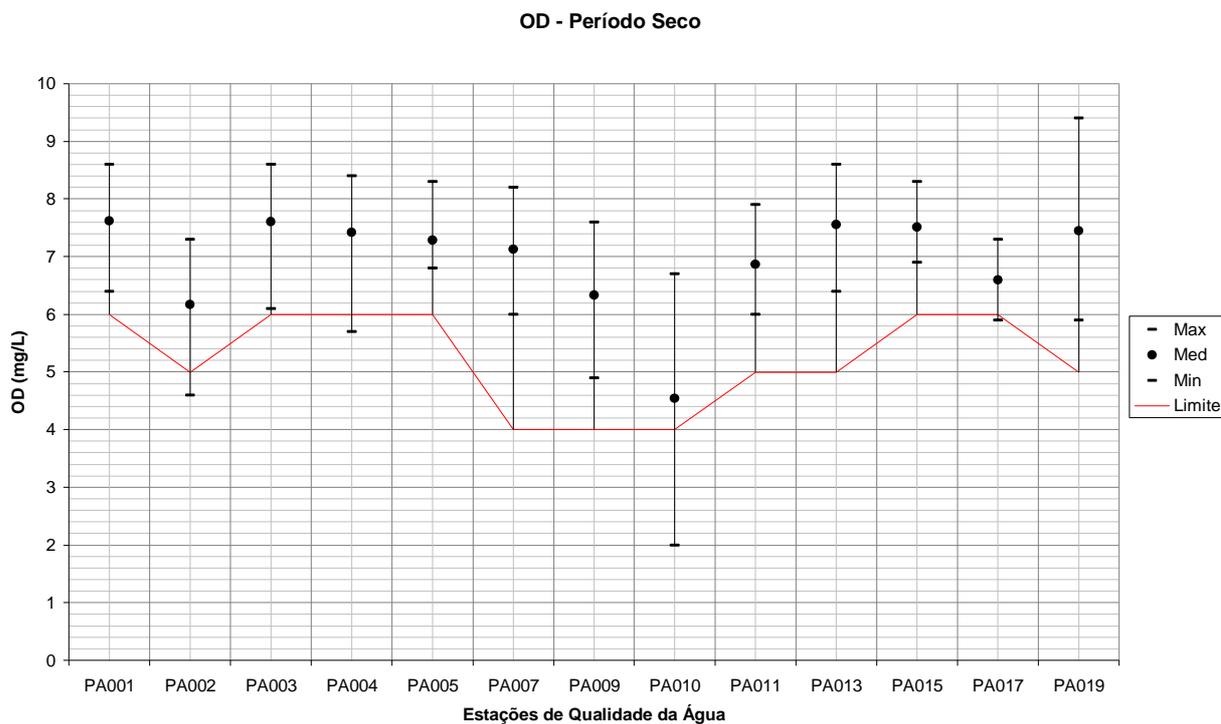


Figura 170 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 171** a seguir mostra o comportamento do OD na estação de monitoramento PA005 da Sub-bacia Médio Rio Pará no período seco dos anos monitorados. A Estação PA020 não teve campanhas.

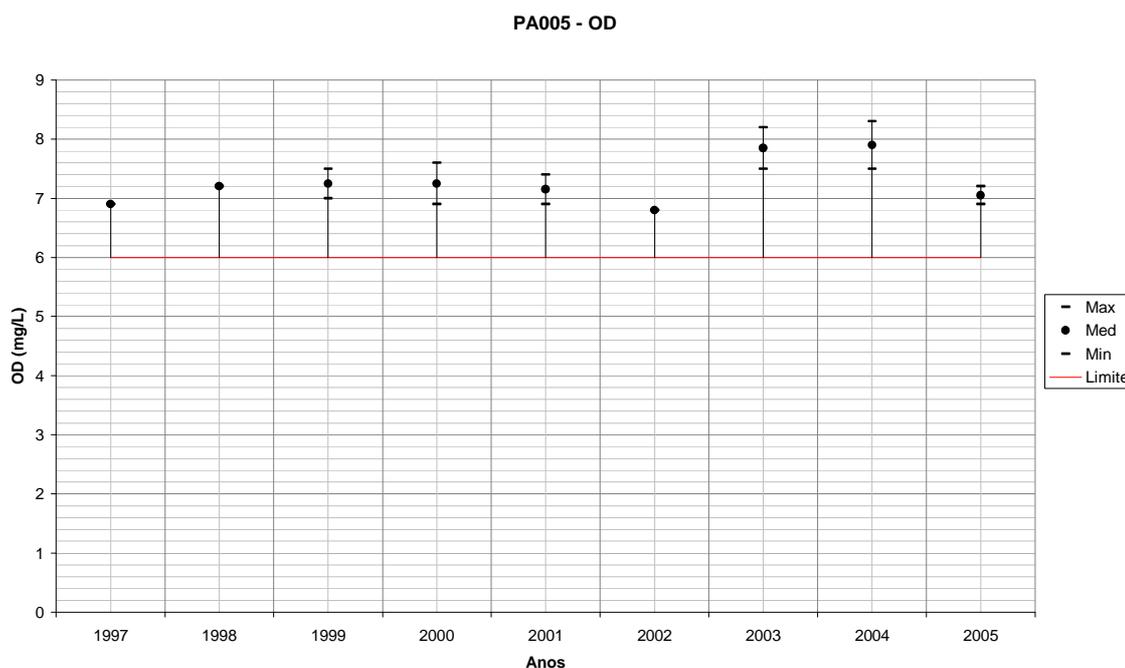


Figura 171 – Variação de OD para PA005 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 172** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

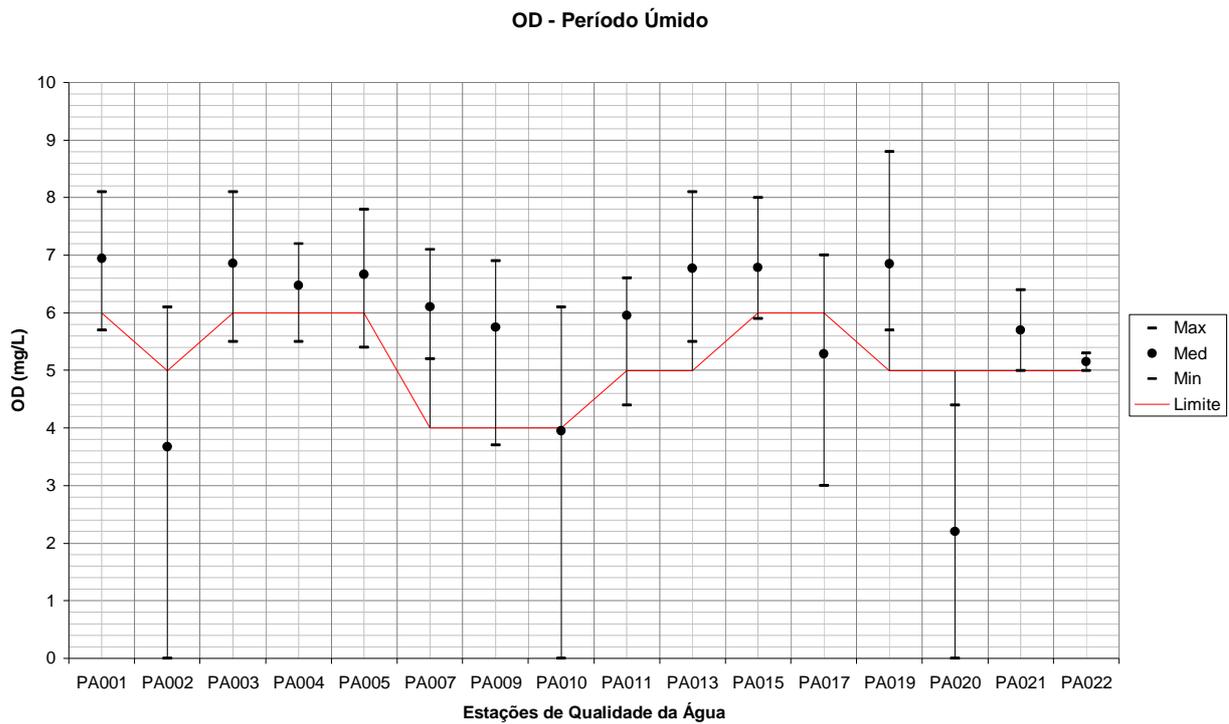


Figura 172 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 173 e 174** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Médio Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

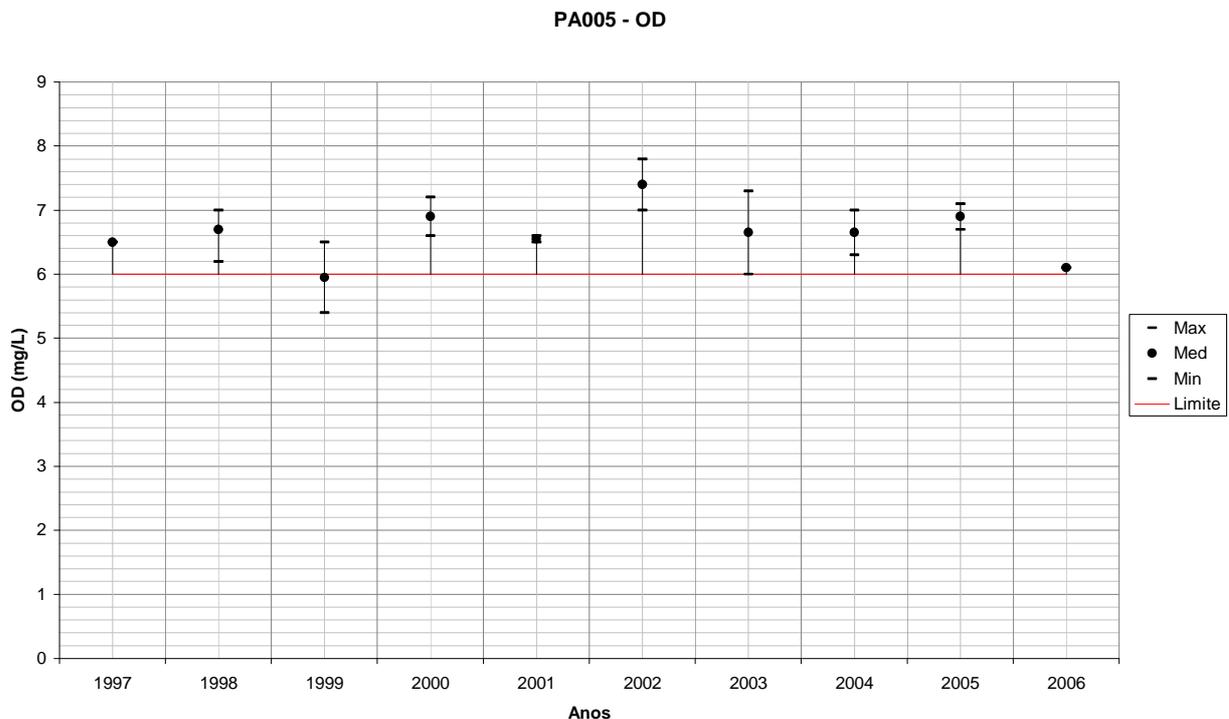


Figura 173 – Variação de OD para PA005 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

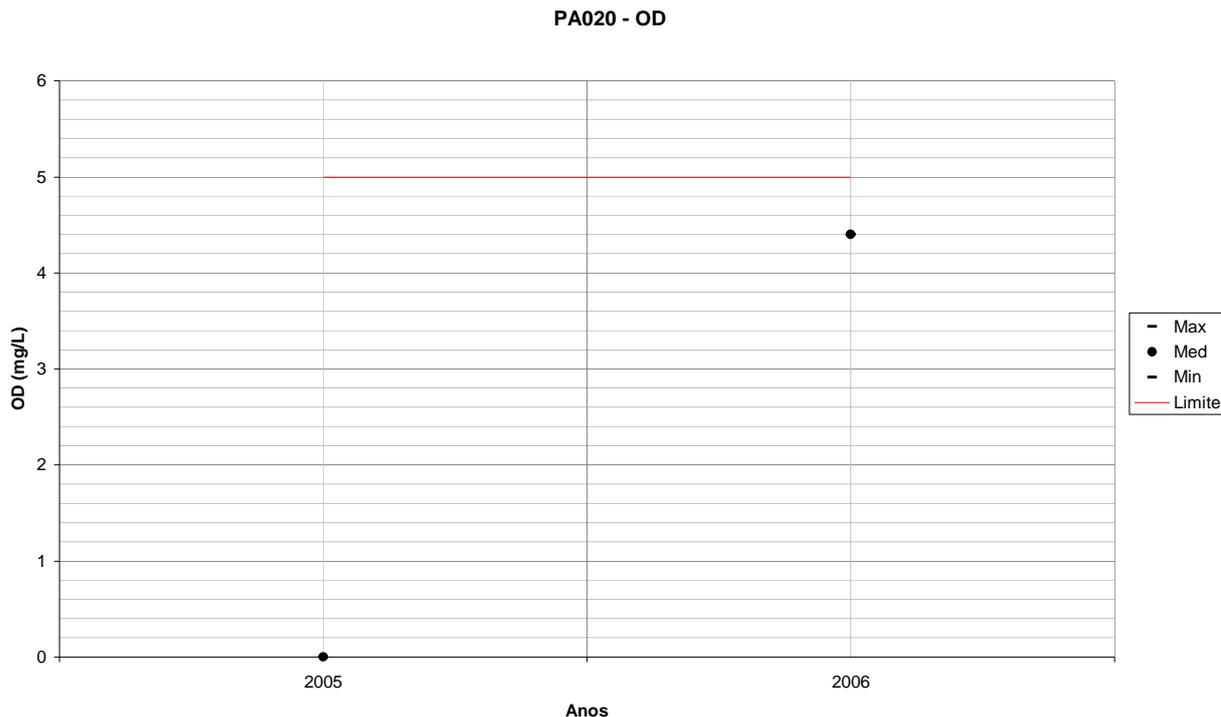


Figura 174 – Variação de OD para PA020 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Turbidez na Sub-bacia Médio Rio Pará

A **Figura 175** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

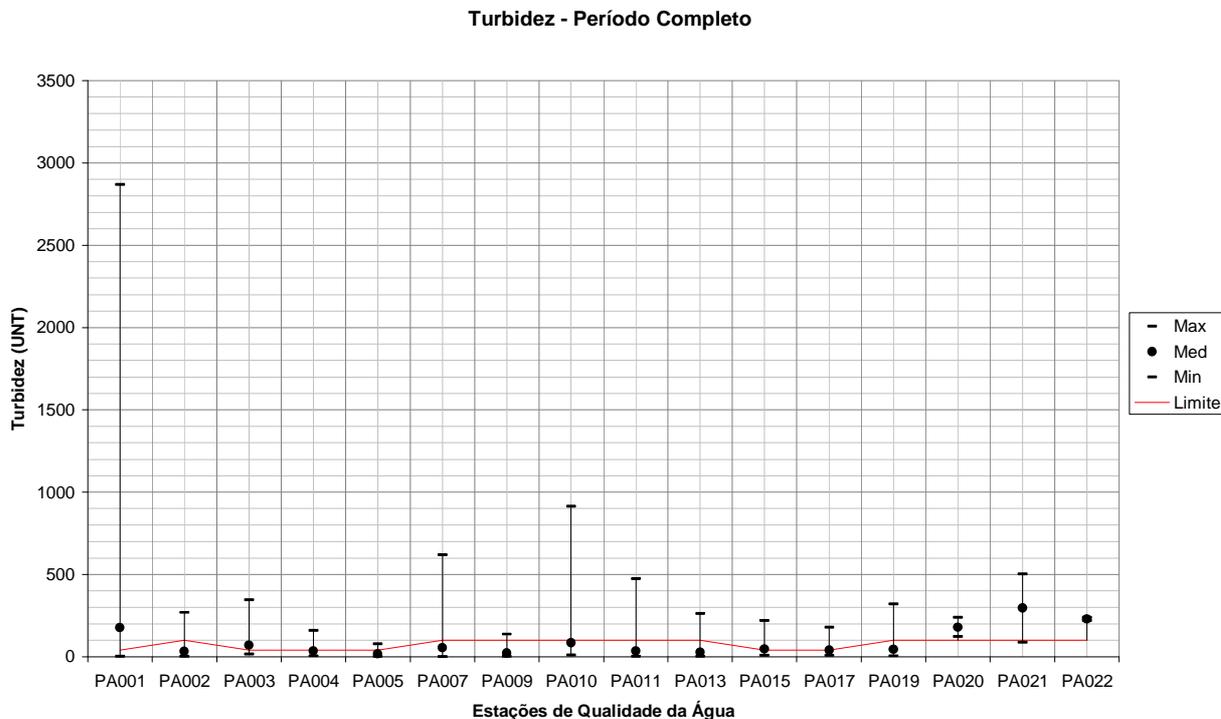


Figura 175 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Com relação aos valores de turbidez, a PA005 possui apenas alguns valores acima do limite, enquanto que a PA020 tem 100% de suas coletas acima do limite.

Para a estação PA005, no período de 1997 a 2006, os anos de 1998, 2000 e de 2002 a 2005 possuem valores que extrapolam o limite da classe. Para a estação PA020, os dois anos com coletas tem valores superiores ao limite. Estes resultados ocorrem apenas no período úmido. As **Figuras 176 e 177** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Médio Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

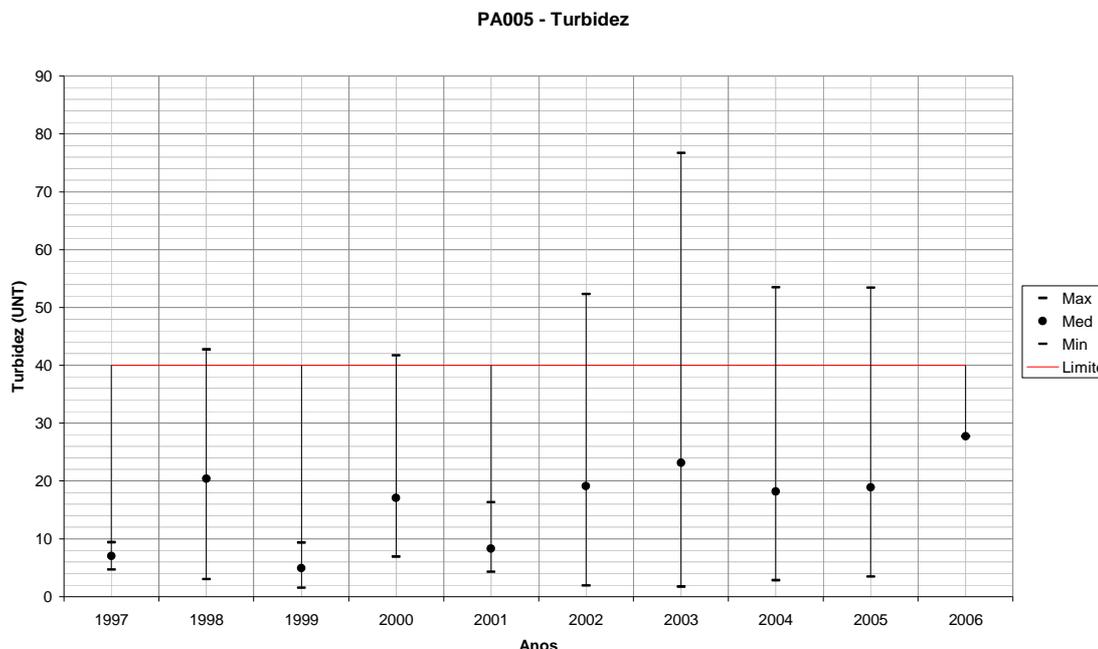


Figura 176 – Variação de Turbidez para PA005 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

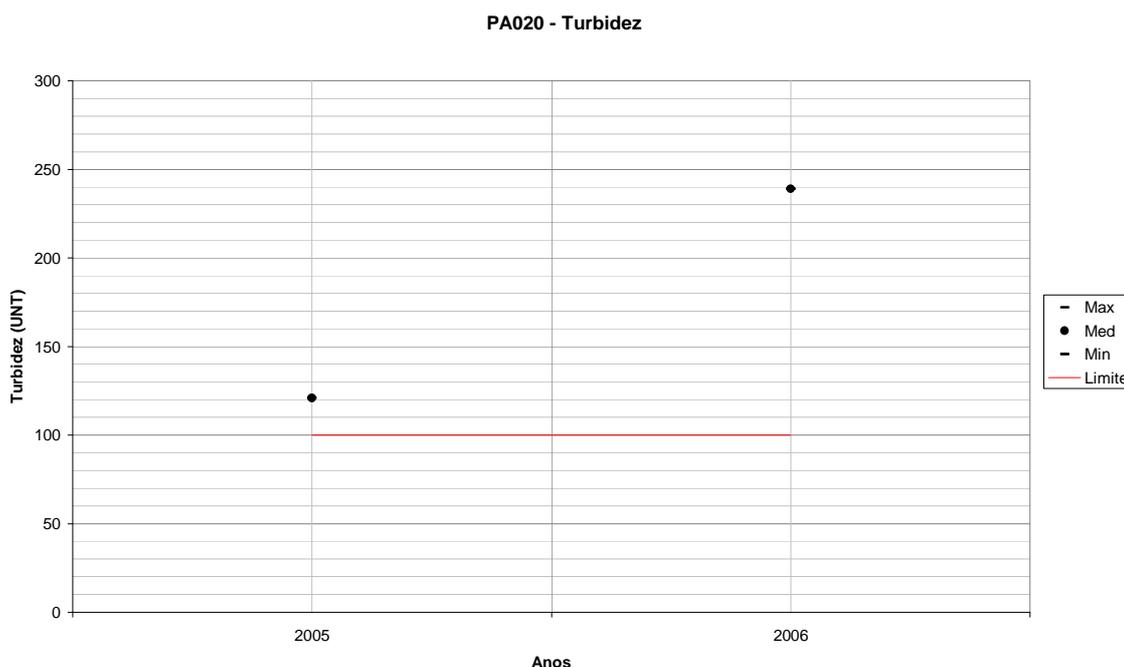


Figura 177 – Variação de Turbidez para PA020 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 178** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

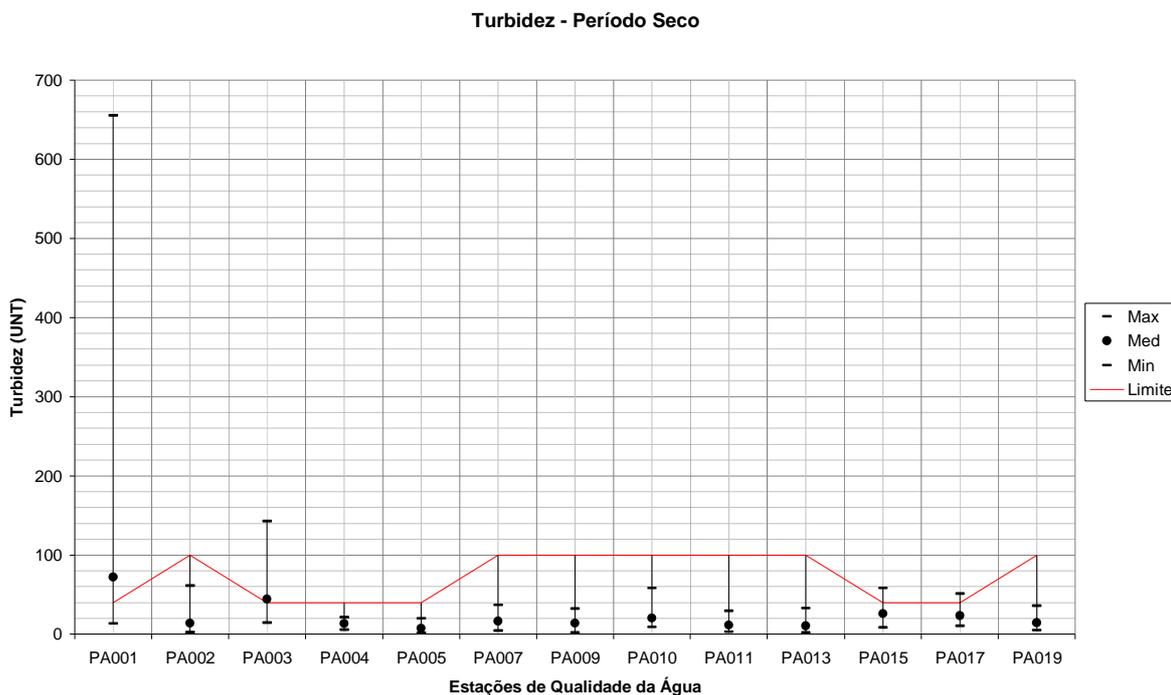


Figura 178 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 179** a seguir mostra o comportamento da Turbidez na estação de monitoramento PA005 da Sub-bacia Médio Rio Pará no período seco dos anos monitorados. A PA020 não teve campanhas.

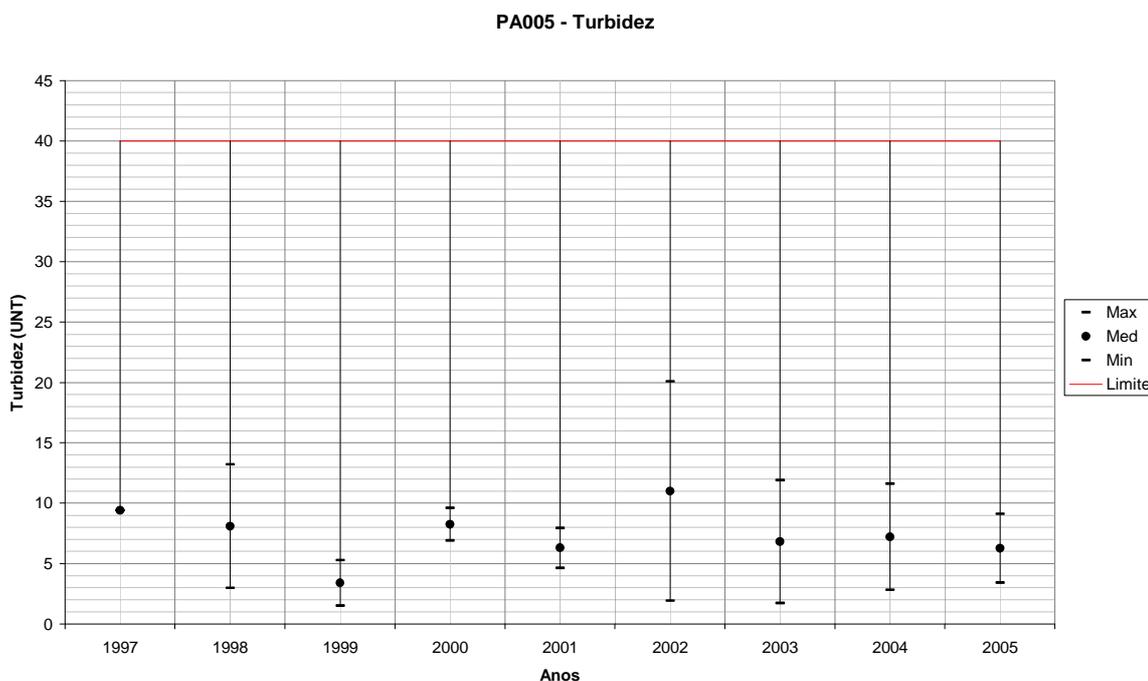


Figura 179 – Variação de Turbidez para PA005 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 180** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

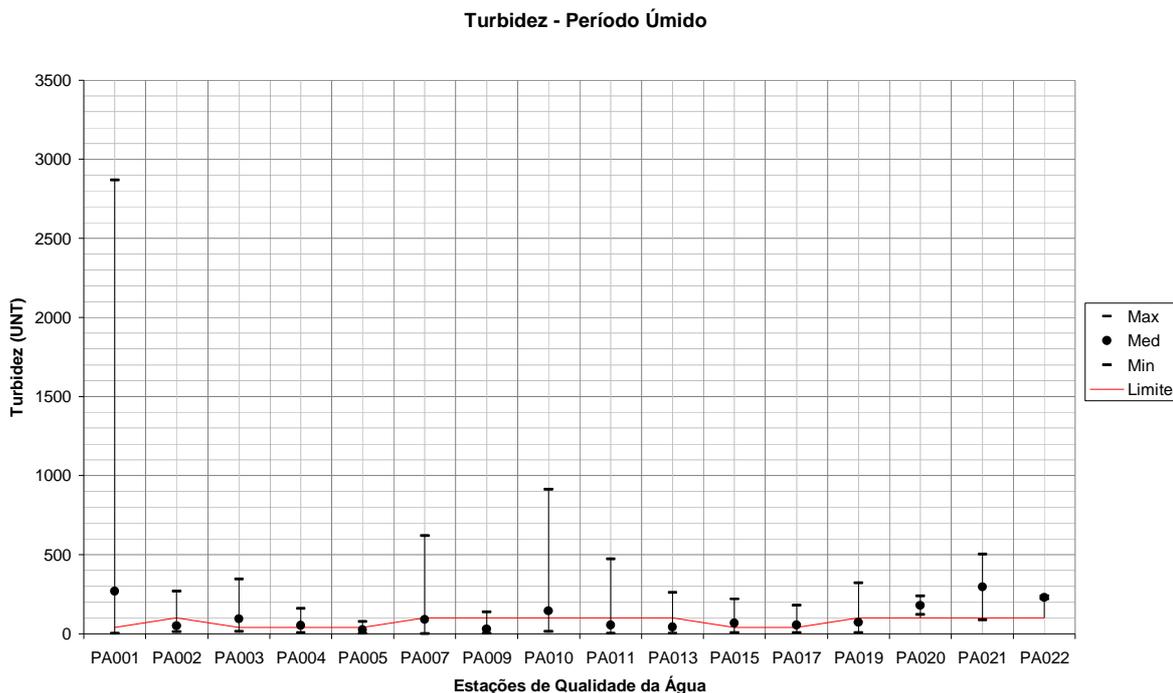


Figura 180 – Variação da Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 181 e 182** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Médio Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

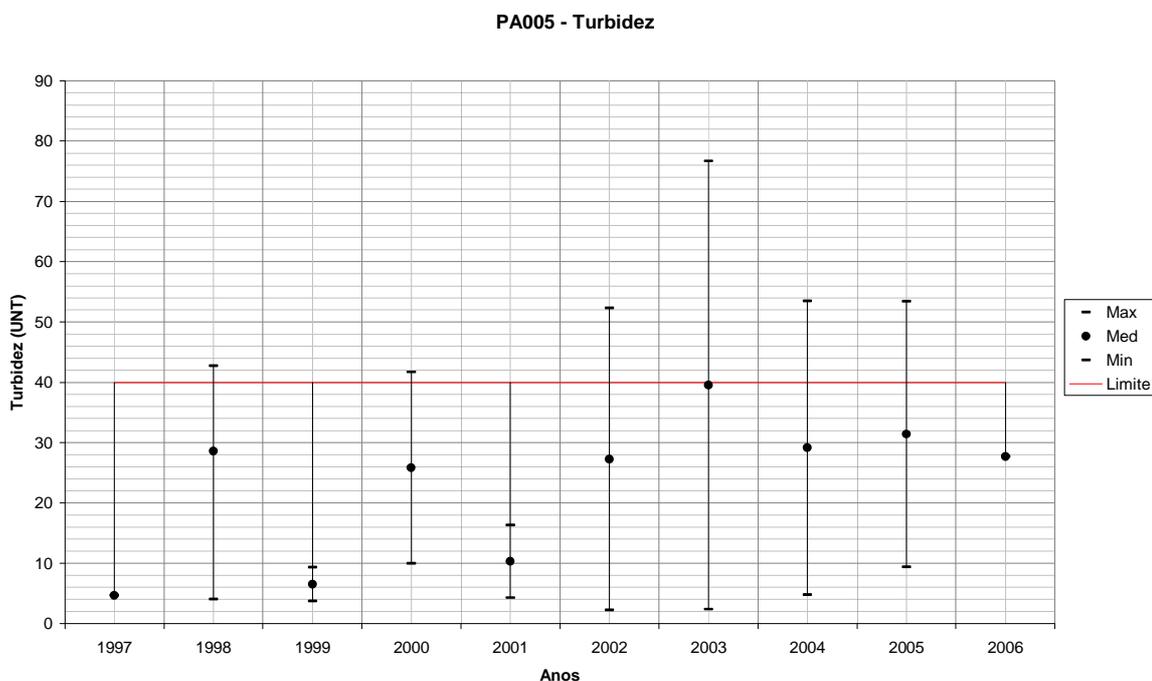


Figura 181 – Variação de Turbidez para PA005 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

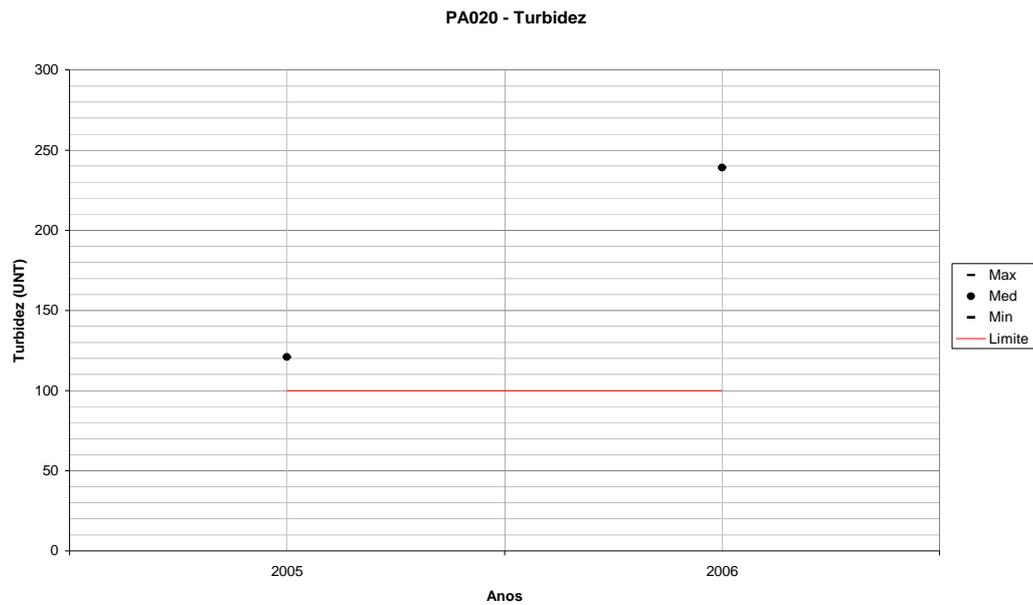


Figura 182 – Variação de Turbidez para PA020 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.5.1.2.5 Sub-bacia Ribeirão da Paciência

A estação correspondente à Sub-bacia Ribeirão da Paciência é a PA010 (Classe 3).

DBO na Sub-bacia Ribeirão da Paciência

A **Figura 183** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

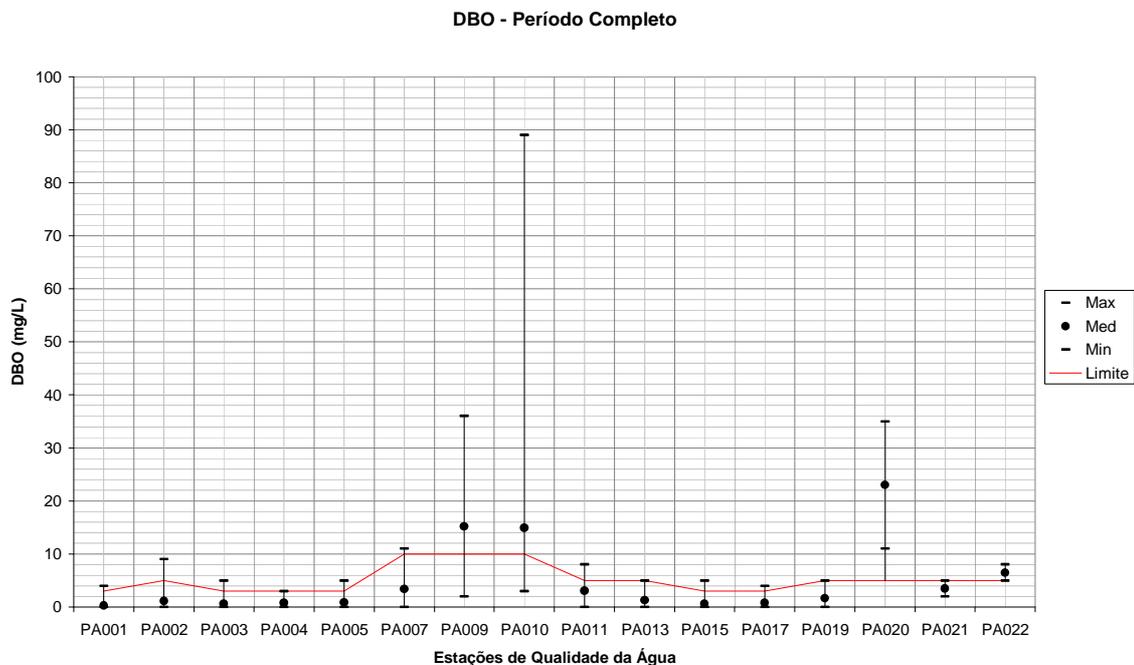


Figura 183 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Entre as estações de qualidade da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, a estação PA010 tem o impacto maior sobre o parâmetro de DBO. O maior registro de DBO nesta estação foi de 89 mg/L, o que ocorreu no ano 2000. Após este ano, os máximos anuais sempre estiveram acima do limite, mas não ultrapassaram 35 mg/L.

Tanto no período seco, quanto no período úmido a DBO violou os limites da classe 3, sendo que o período chuvoso apresentou valores maiores que o período de estiagem. A **Figura 184** a seguir mostra o comportamento do DBO na estação de monitoramento PA010 da Sub-bacia Ribeirão da Paciência ao longo dos anos monitorados.

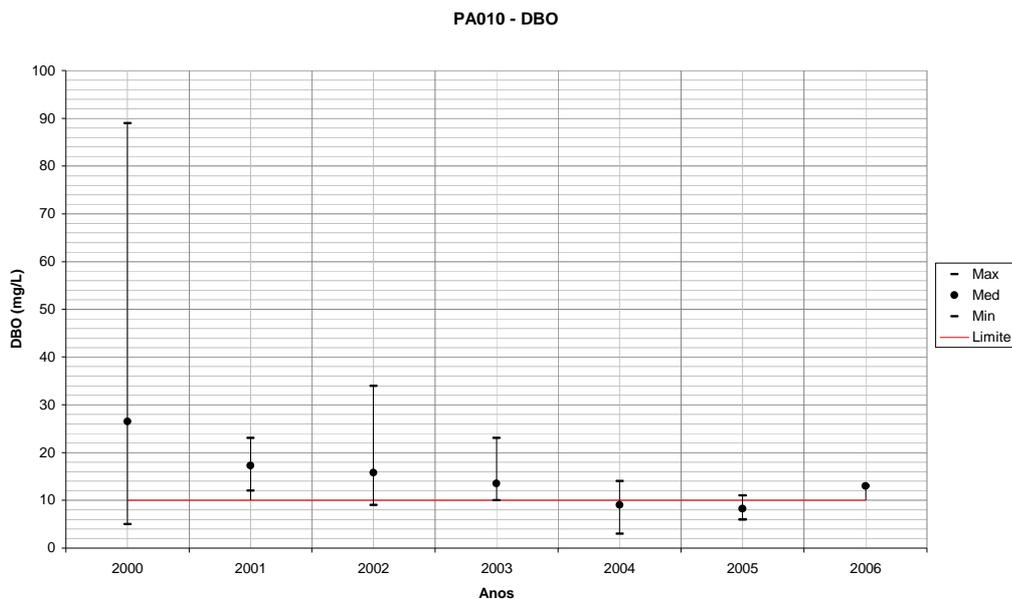


Figura 184 – Variação de DBO para PA010 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 185** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

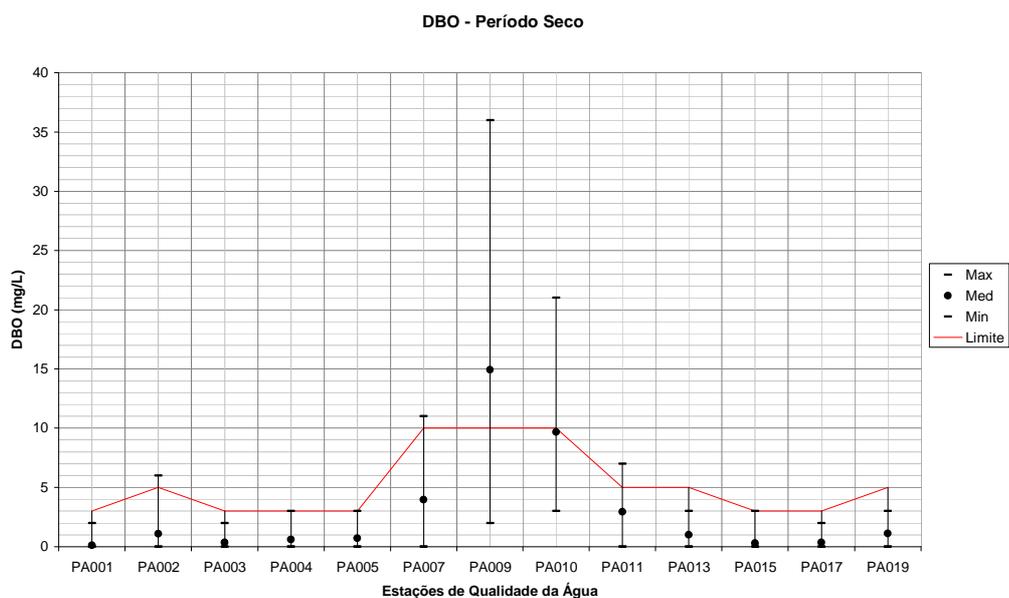


Figura 185 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 186** a seguir mostra o comportamento do DBO na estação de monitoramento PA010 da Sub-bacia Ribeirão da Paciência no período seco dos anos monitorados.

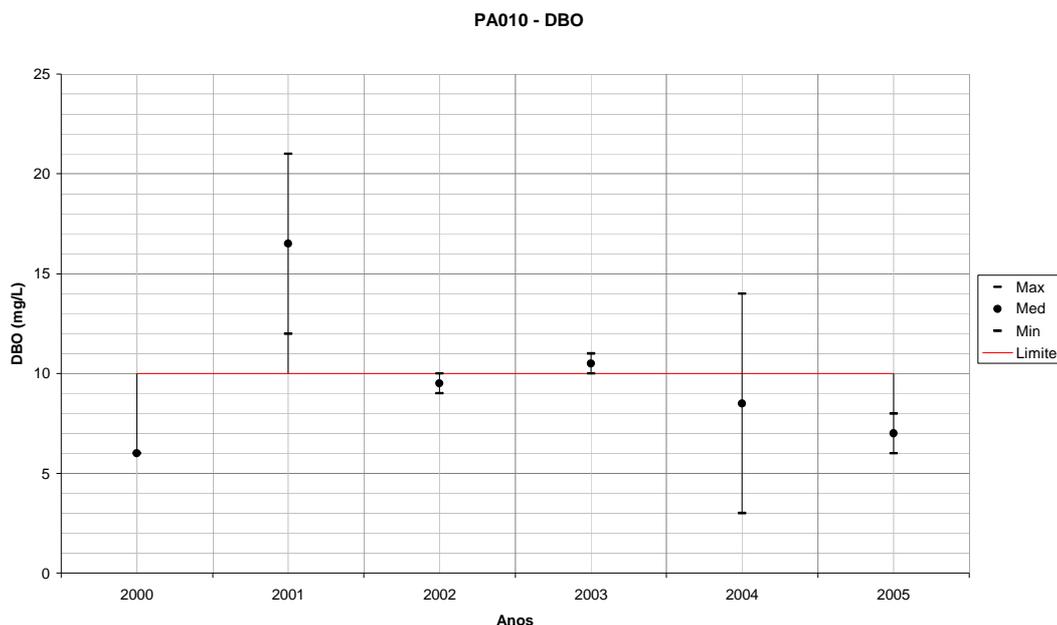


Figura 186 – Variação de DBO para PA005 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 187** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

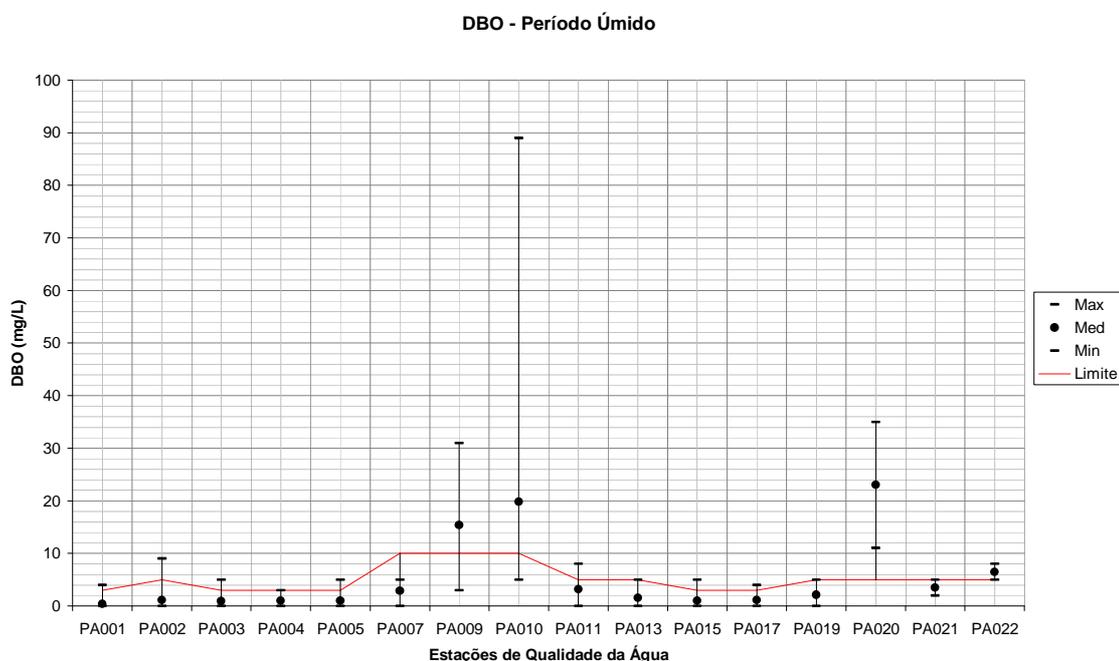


Figura 187 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 188** a seguir mostra o comportamento do DBO na estação de monitoramento PA010 da Sub-bacia Ribeirão da Paciência no período úmido dos anos monitorados.

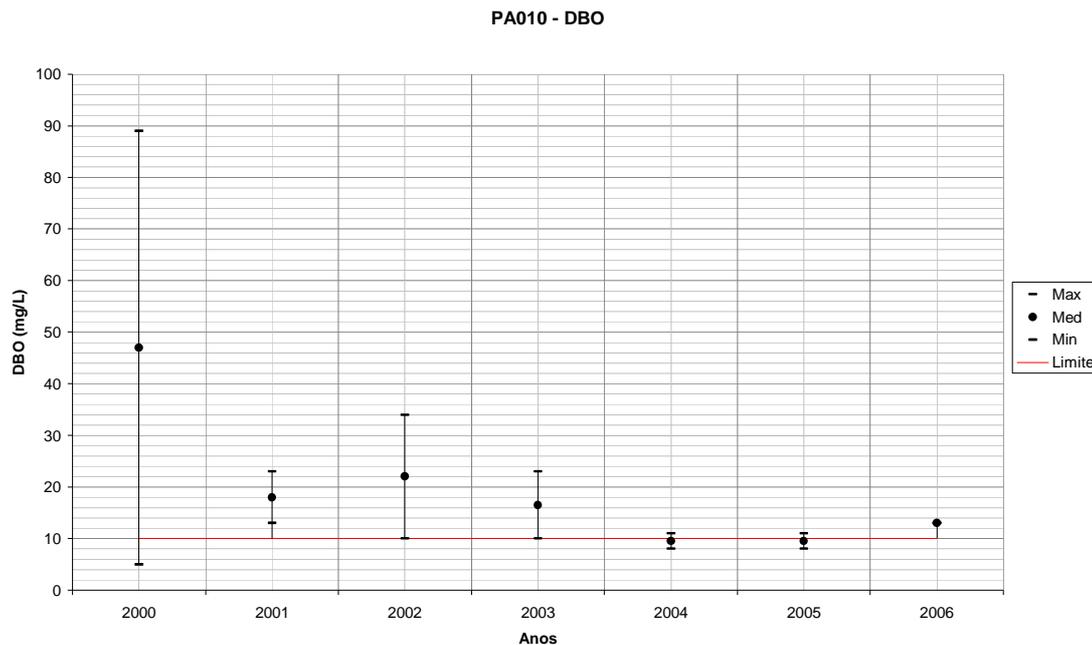


Figura 188 – Variação de DBO para PA010 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

OD na Sub-bacia Ribeirão da Paciência

A **Figura 189** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

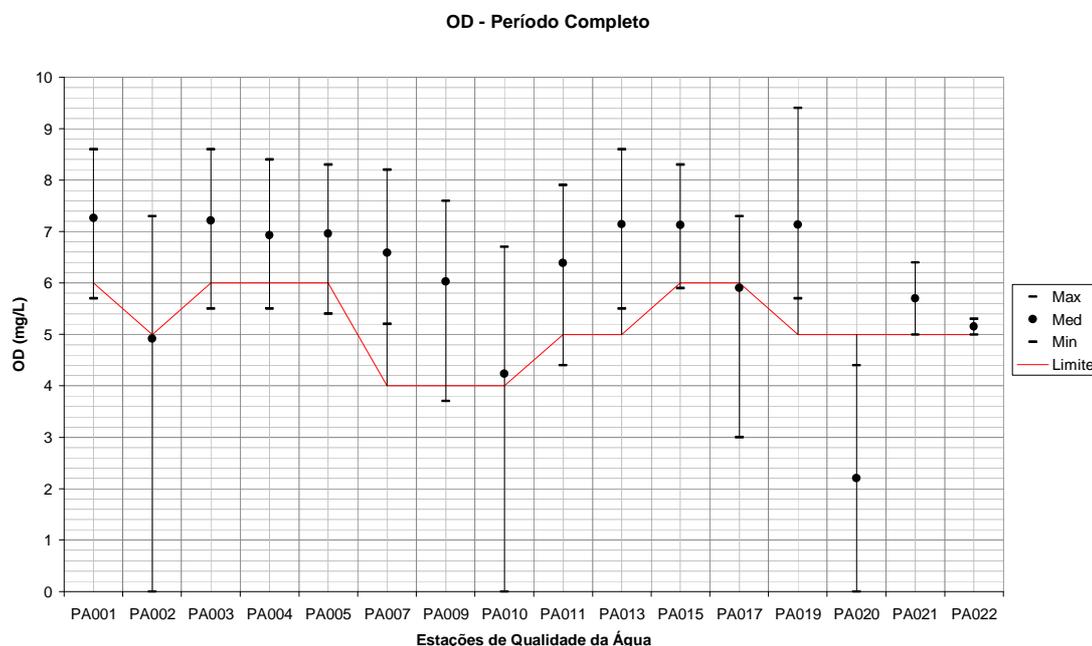


Figura 189 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Em concordância com os valores de DBO, os resultados de OD apresentaram valores que variaram de 0 mg/L a 6,7 mg/L.. No ano 2000, quando a DBO atingiu valores de 90 mg/L, o OD apresentou uma variação de 0 mg/L a 6,4 mg/L.

Os valores anuais médios de OD, no período seco estiveram sempre acima do limite mínimo de 4 mg/L da classe 3. O menor valor aconteceu em 2005 e foi de 2 mg/L. Já para o período úmido os valores foram um pouco inferiores em relação ao período seco.

A **Figura 190** a seguir mostra o comportamento do OD na estação de monitoramento PA010 da Sub-bacia Ribeirão da Paciência ao longo dos anos monitorados.

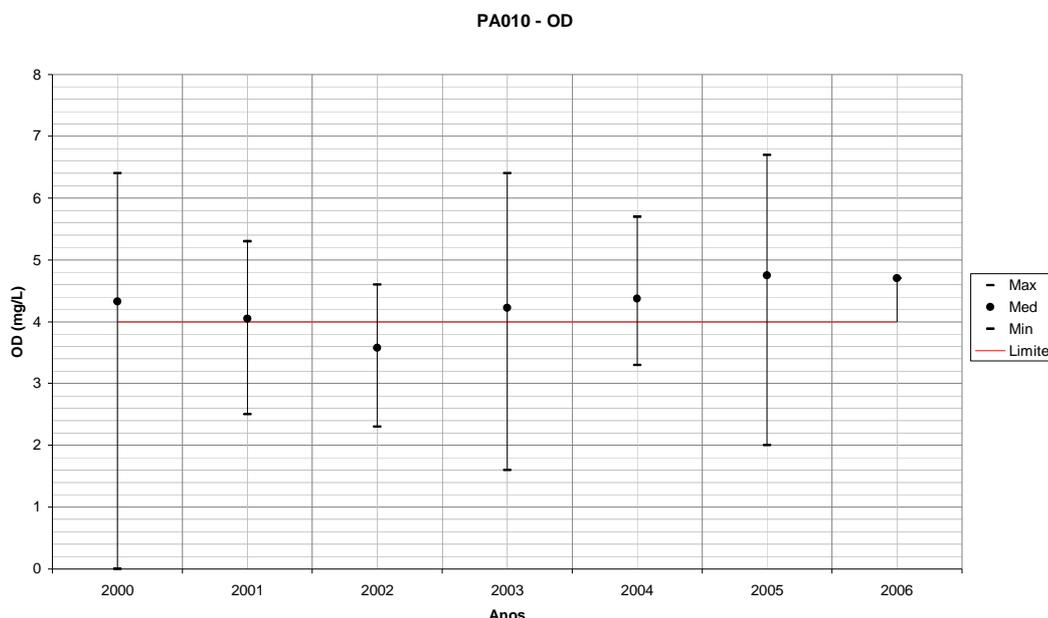


Figura 190 – Variação de OD para PA010 em todos os anos monitorados.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 191** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

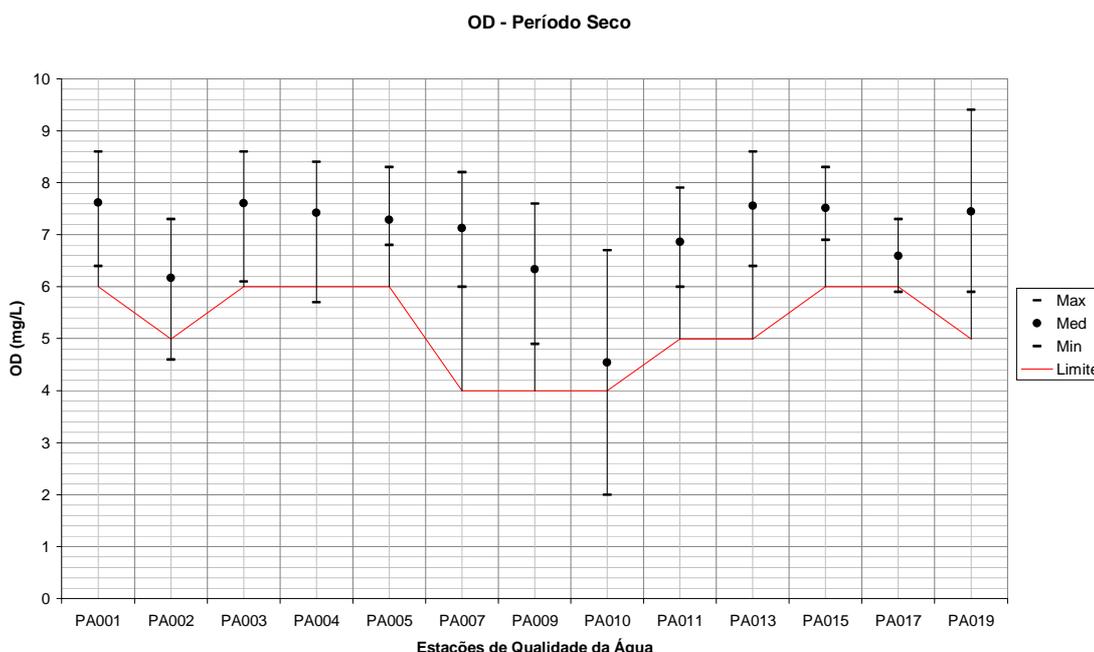


Figura 191 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 192** a seguir mostra o comportamento do OD na estação de monitoramento PA010 da Sub-bacia Ribeirão da Paciência no período seco dos anos monitorados.

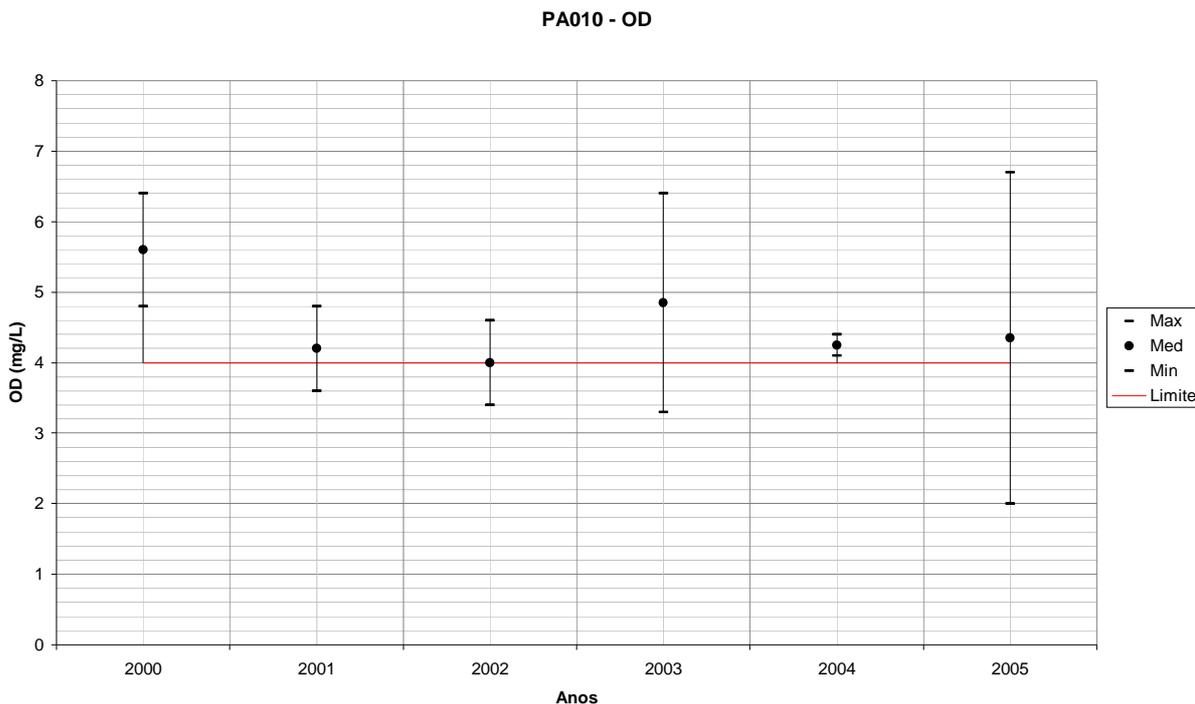


Figura 192 – Variação de OD para PA010 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 193** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

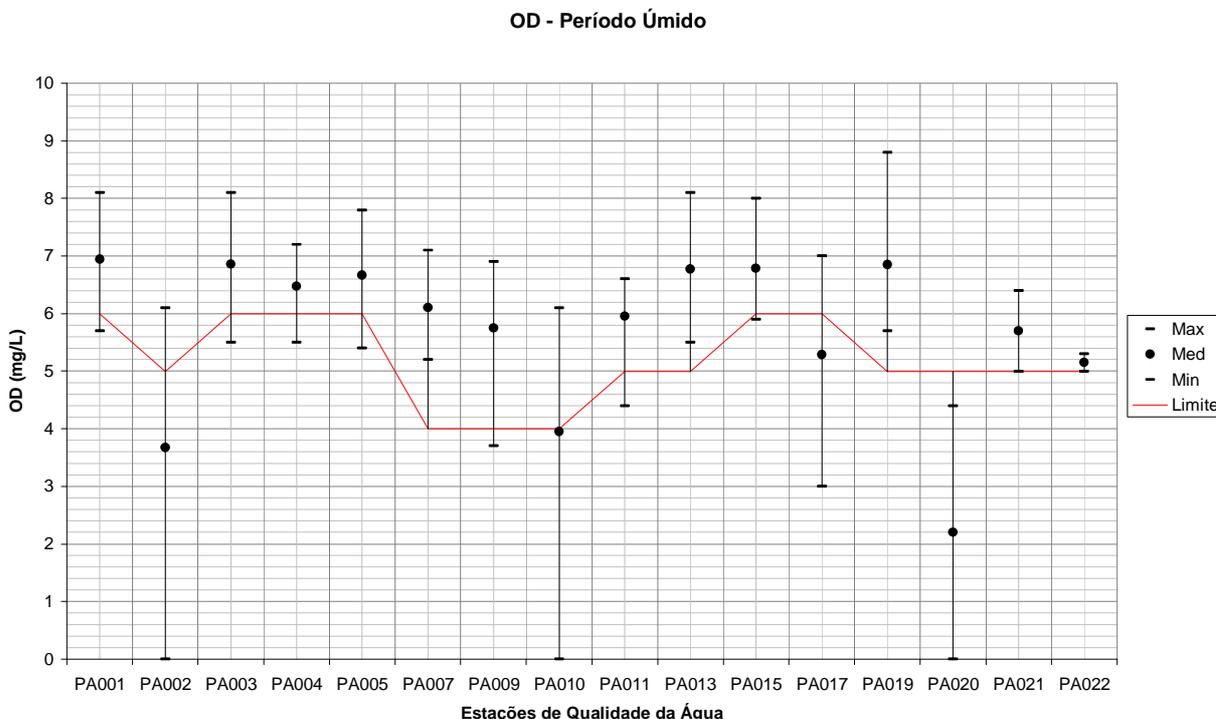


Figura 193 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 194** a seguir mostra o comportamento do OD na estação de monitoramento da Sub-bacia Ribeirão da Paciência no período úmido dos anos monitorados.

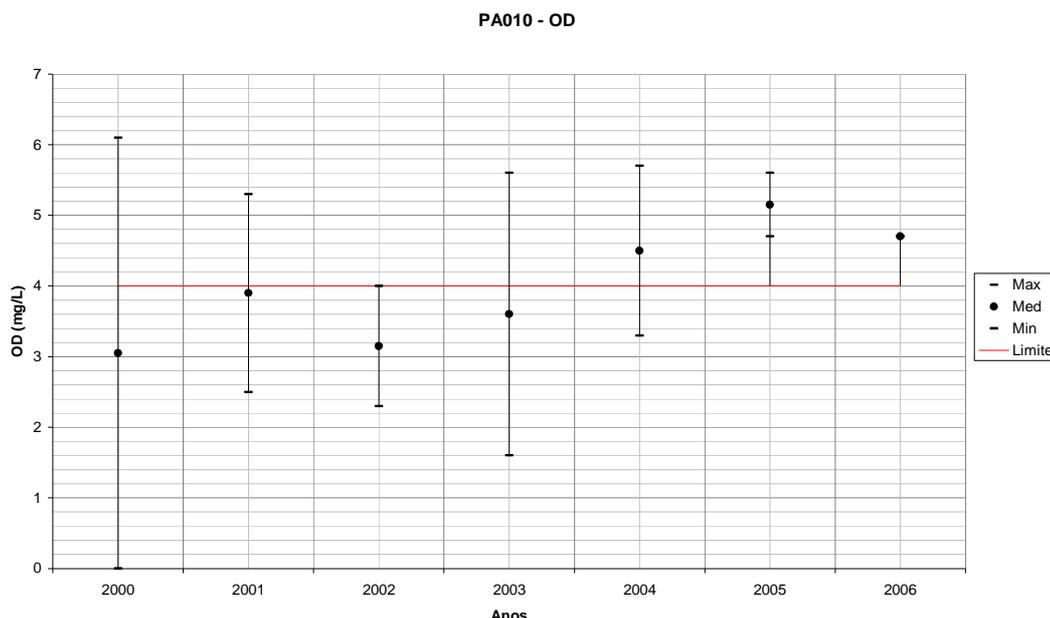


Figura 194 – Variação de OD para PA010 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Turbidez na Sub-bacia Ribeirão da Paciência

A **Figura 195** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

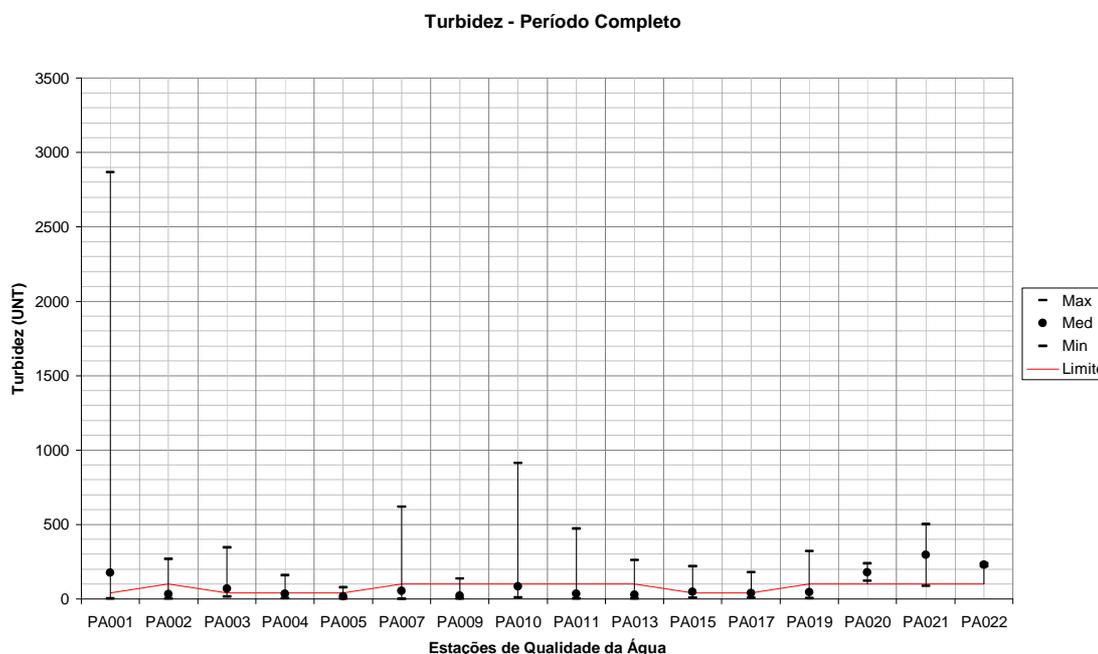


Figura 195 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A estação PA010 possui também valores altos de turbidez em relação à maioria das estações de qualidade de água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Os maiores valores de turbidez ocorreram em 2003 e 2005. Nos demais anos monitorados, o limite de 100 UNT não foi ultrapassado.

No período seco sempre esteve abaixo do limite da classe. No período de monitoramento avaliado, os últimos quatro anos não possuem registros superiores a 20 UNT no período seco. No período úmido, as concentrações sempre estiveram abaixo de 60 UNT, com exceção de 2003 e 2005. A **Figura 196** a seguir mostra o comportamento da Turbidez na estação de monitoramento PA010 da Sub-bacia Ribeirão da Paciência ao longo dos anos monitorados.

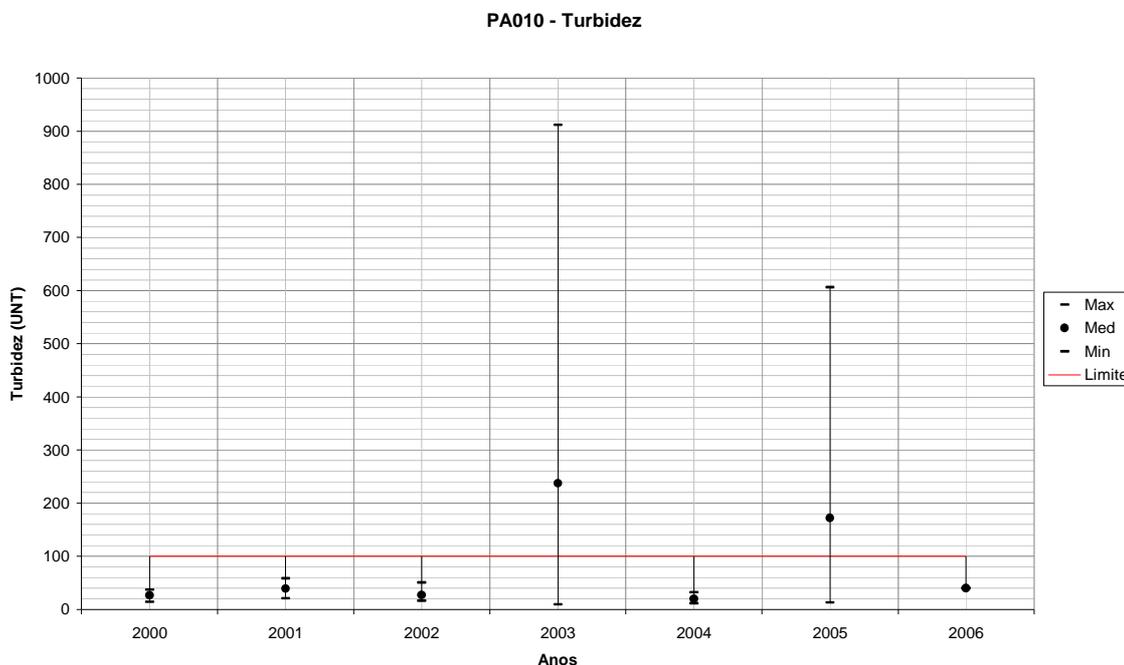


Figura 196 – Variação de Turbidez para PA010 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 197** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

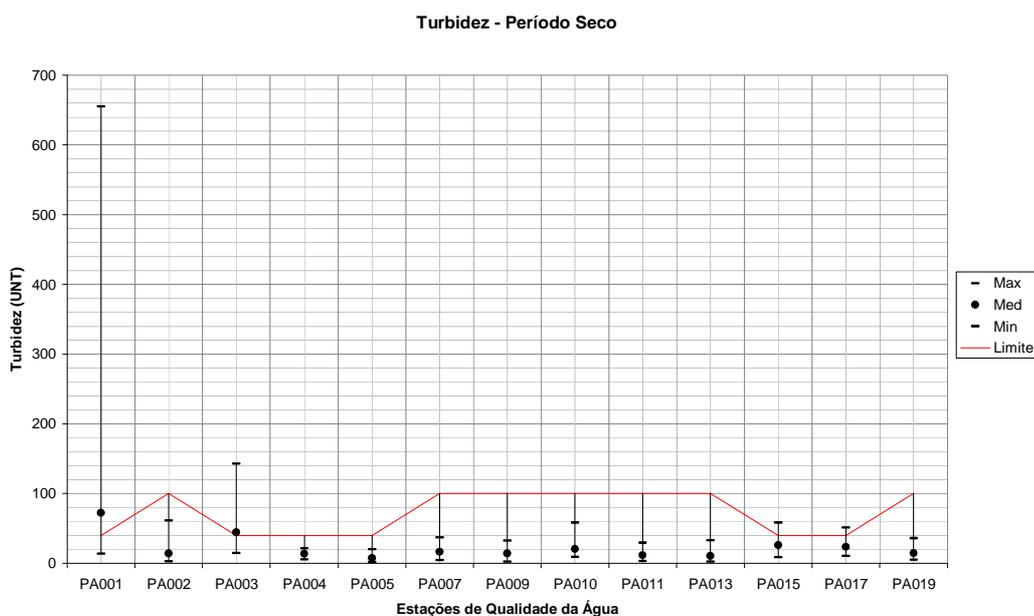


Figura 197 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 198** a seguir mostra o comportamento da Turbidez na estação de monitoramento PA010 da Sub-bacia Ribeirão da Paciência no período seco dos anos monitorados.

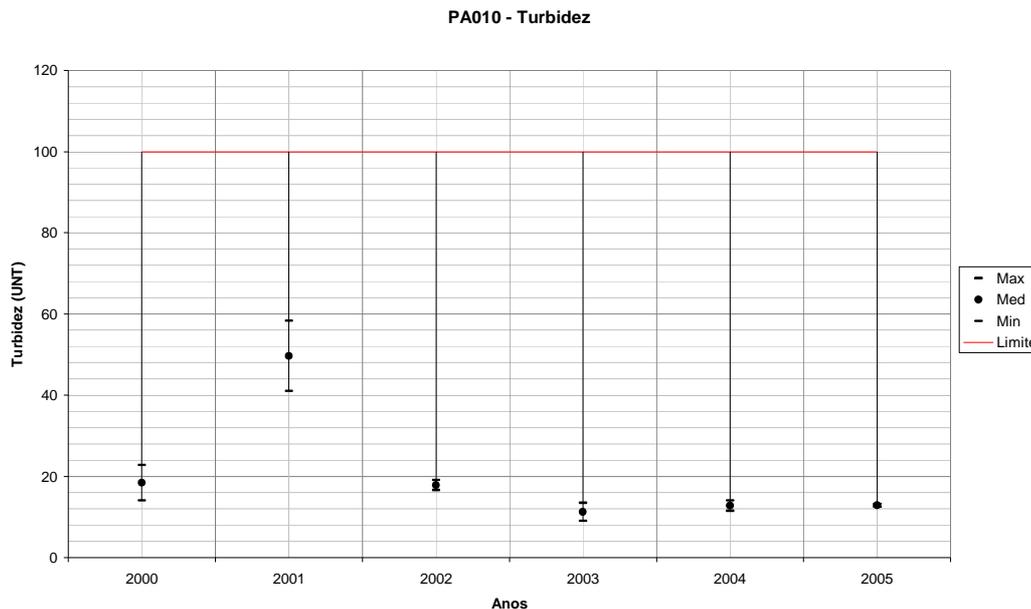


Figura 198 – Variação de Turbidez para PA010 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 199** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

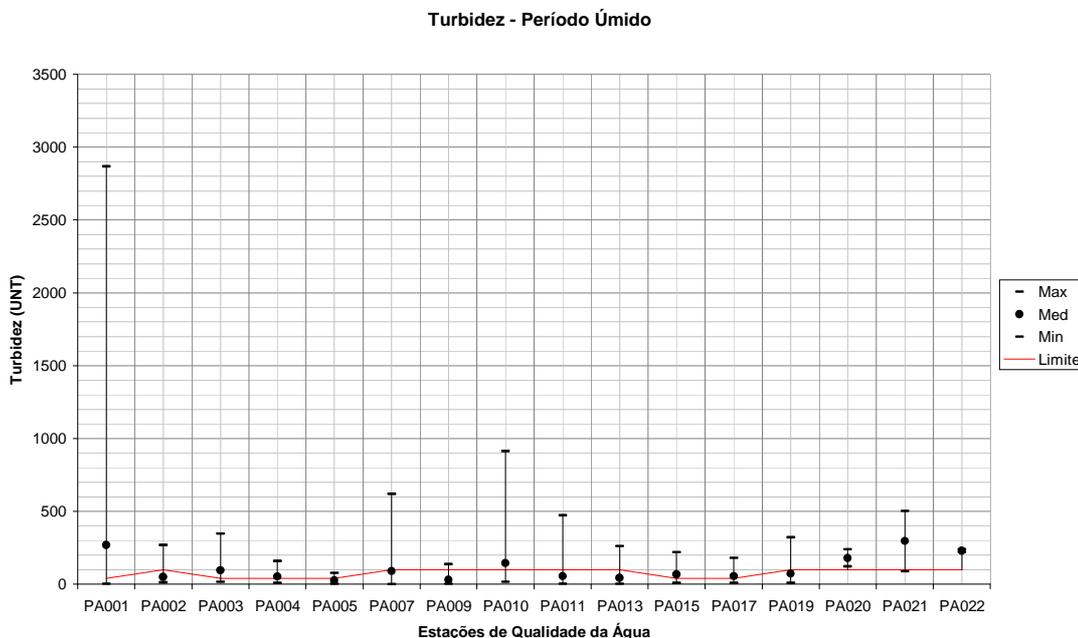


Figura 199 – Variação da Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 200** a seguir mostra o comportamento da Turbidez na estação de monitoramento PA010 da Sub-bacia Ribeirão da Paciência no período úmido dos anos monitorados.

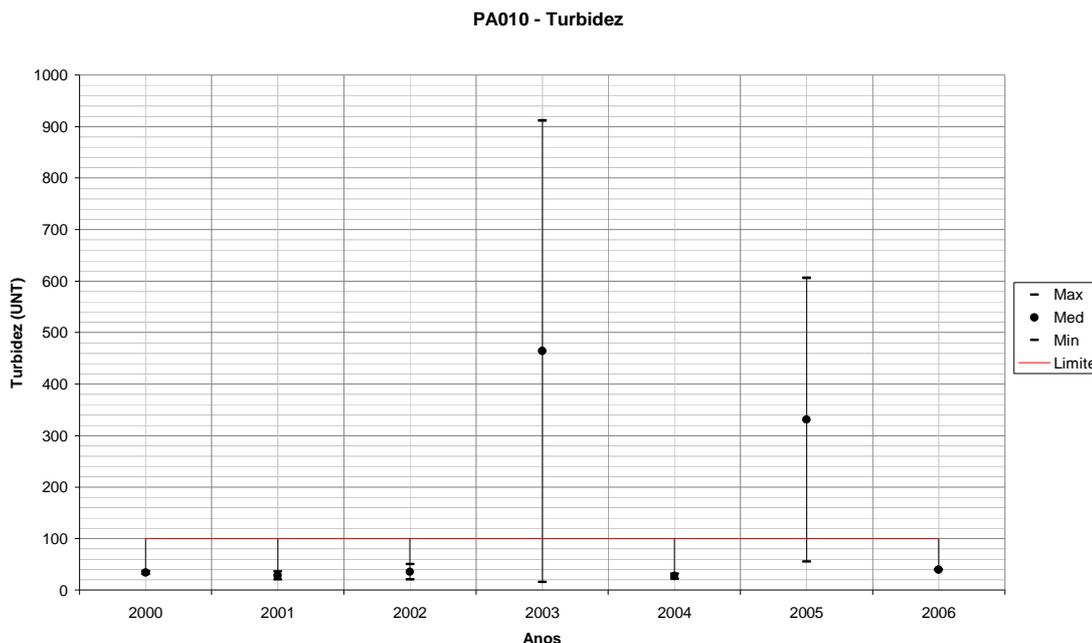


Figura 200 – Variação de Turbidez para PA010 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.5.1.2.6 Sub-bacia Rio São João

As estações correspondentes à Sub-bacia Rio São João são: PA009 (Classe 3) e PA011 (Classe 2).

DBO na Sub-bacia Rio São João

A **Figura 201** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

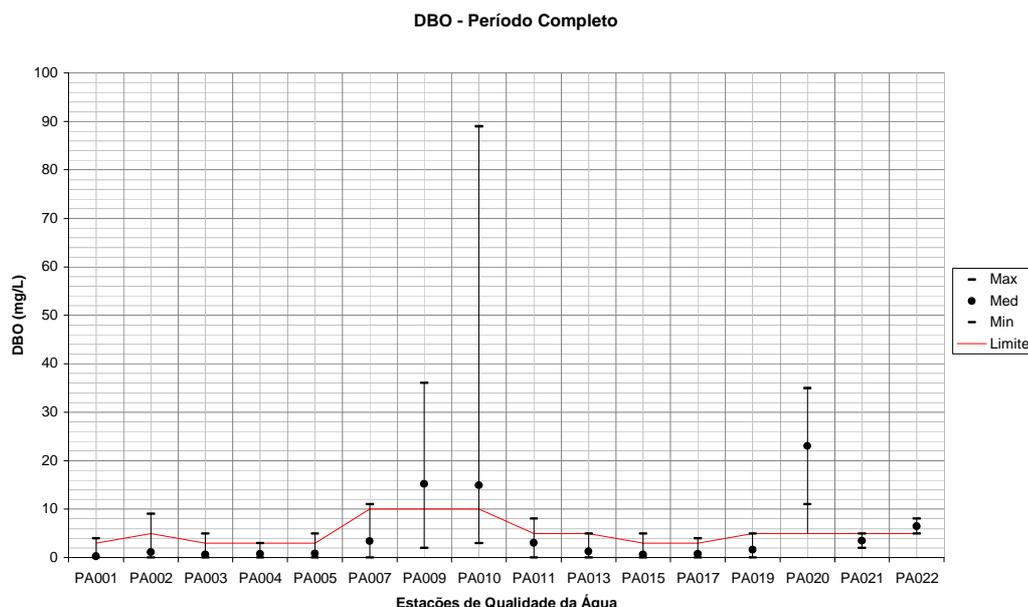


Figura 201 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A estação PA009 está a montante da estação PA011 e apresenta valores de DBO superiores a esta estação, que está próxima da foz do rio São João. Ambas as estações superam o limite de suas classes, classe 3 para a PA009 e classe 2 para a PA011. A partir do ano 2000, tornam-se recorrentes as violações da classe para a estação PA009. Já a estação PA011 não apresenta uma tendência clara.

A estação PA009 apresenta, no período de estiagem, concentrações de DBO acima do limite de 5 mg/L, tanto as médias quanto as máximas. O maior resultado obtido pelo monitoramento é de 36 mg/L. Já a estação PA011 apresenta valores inferiores, mas mesmo assim os valores máximos ultrapassam o limite da Classe 2. De 2001 a 2005 todos os valores de DBO estiveram acima do limite. Na estação PA011 o resultado foi o contrário, pois todos os resultados no mesmo período estiveram dentro dos limites. Para a estação PA011 apenas o ano de 2000 teve concentrações de DBO que ultrapassaram o limite.

O período úmido teve um comportamento semelhante ao do período seco para a estação PA009. Para a estação PA011 apenas o ano de 2003 e 2005 durante o período chuvoso apresentou valores acima de 5 mg/L.

As **Figuras 202 e 203** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João ao longo dos anos monitorados.

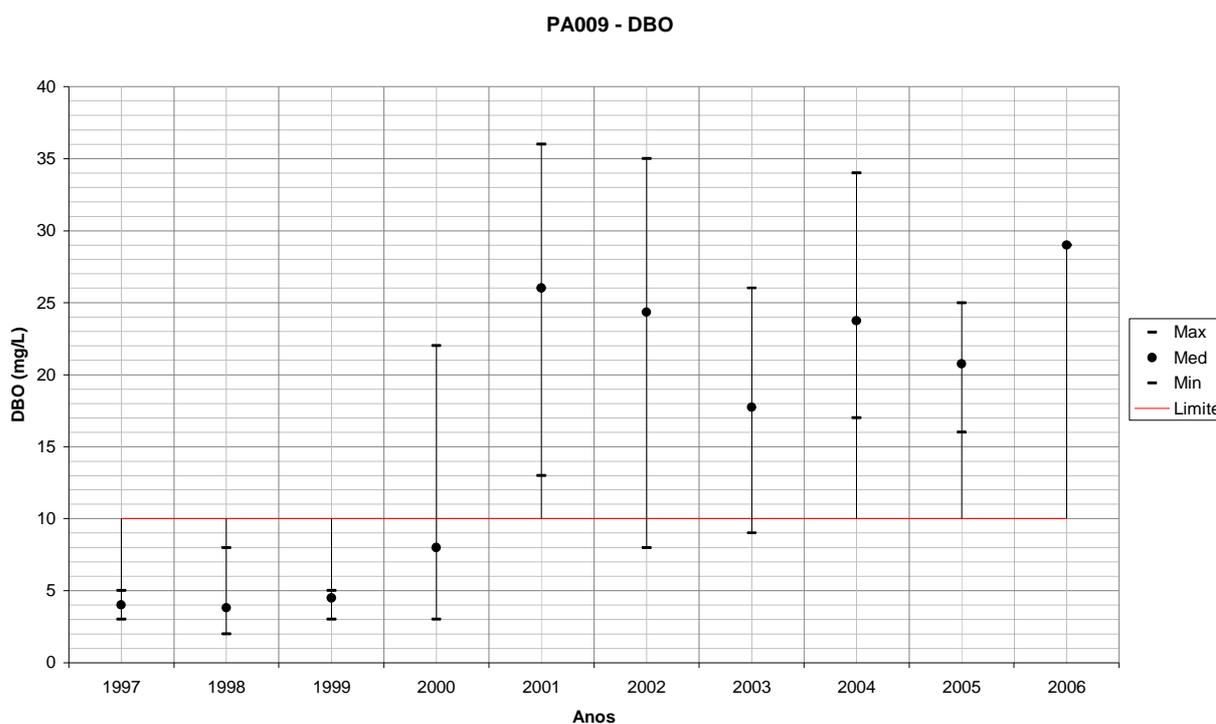


Figura 202 – Variação de DBO para PA009 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

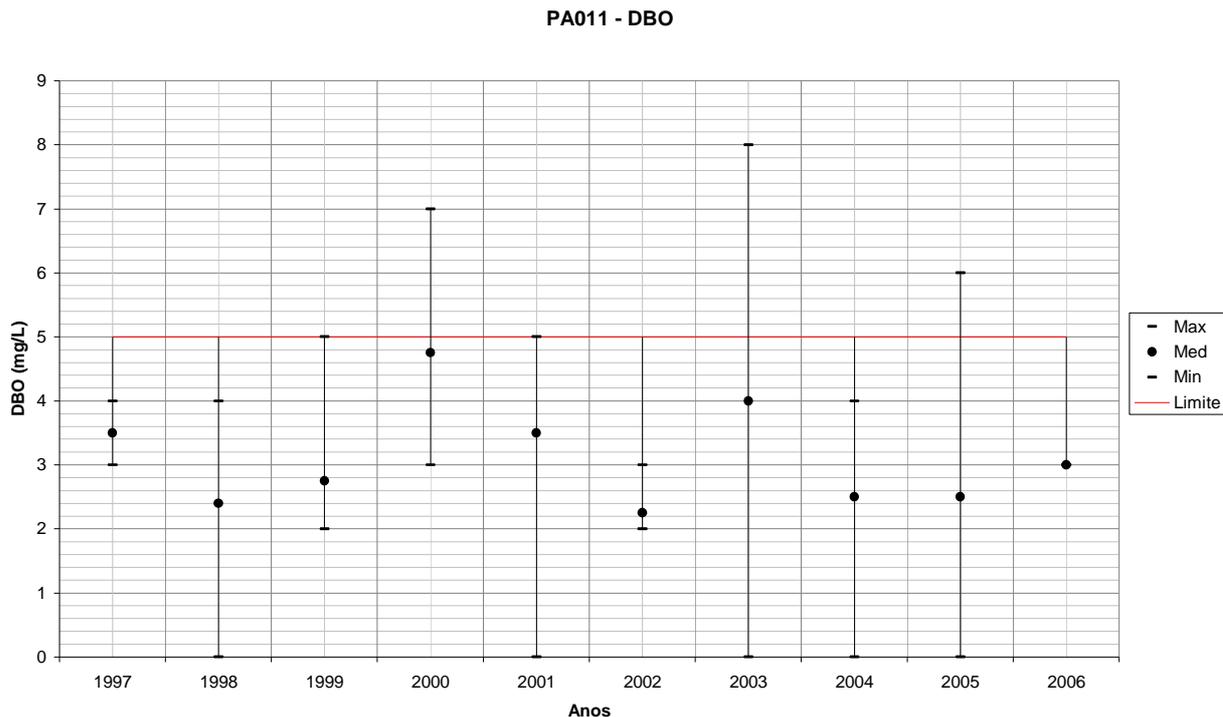


Figura 203 – Variação de DBO para PA011 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 204** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

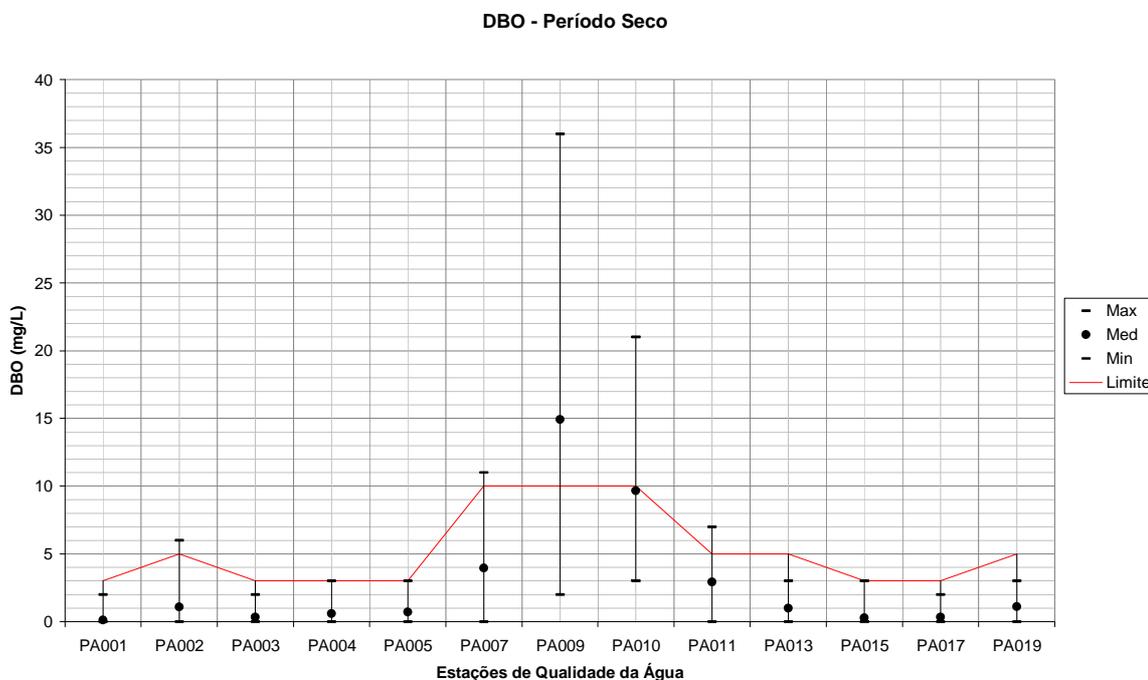


Figura 204 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 205** e **206** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João no período seco dos anos monitorados.

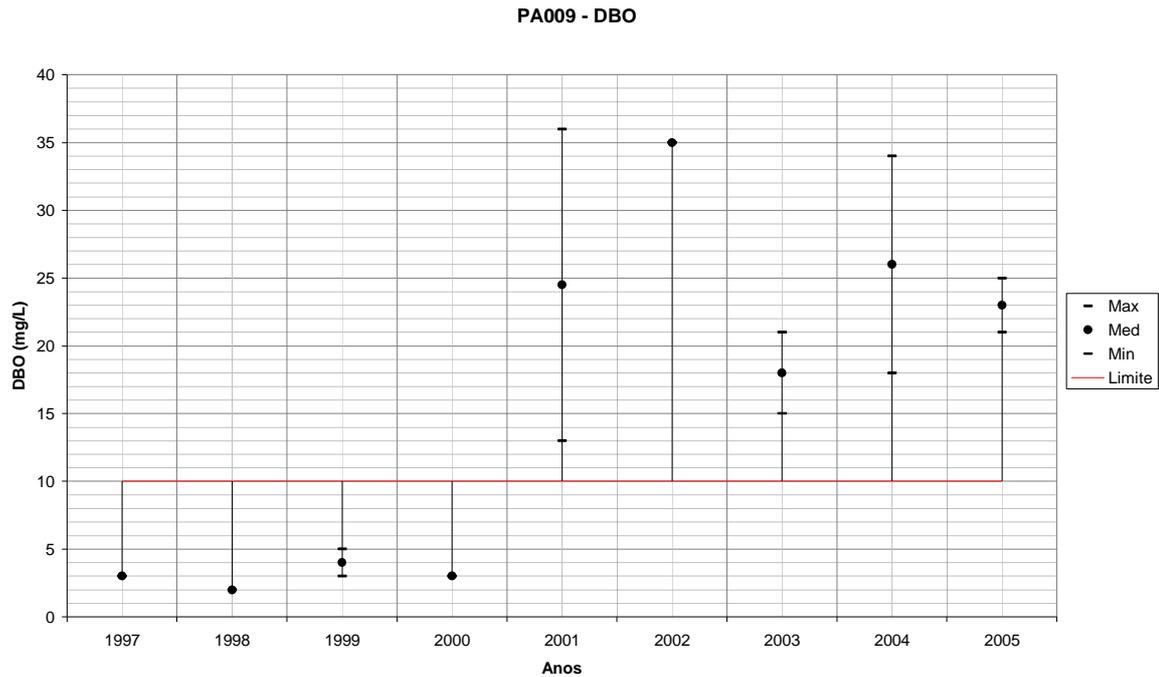


Figura 205 – Variação de DBO para PA009 em relação ao período seco de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

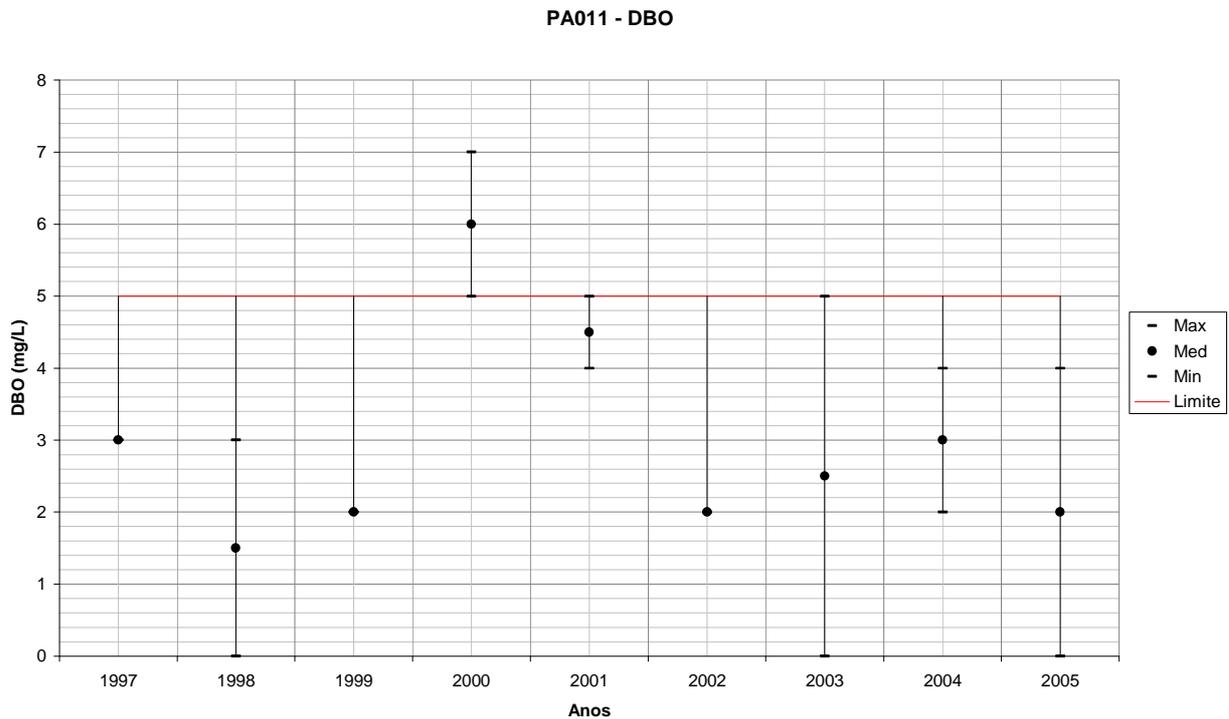


Figura 206 – Variação de DBO para PA011 em relação ao período seco de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 207** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

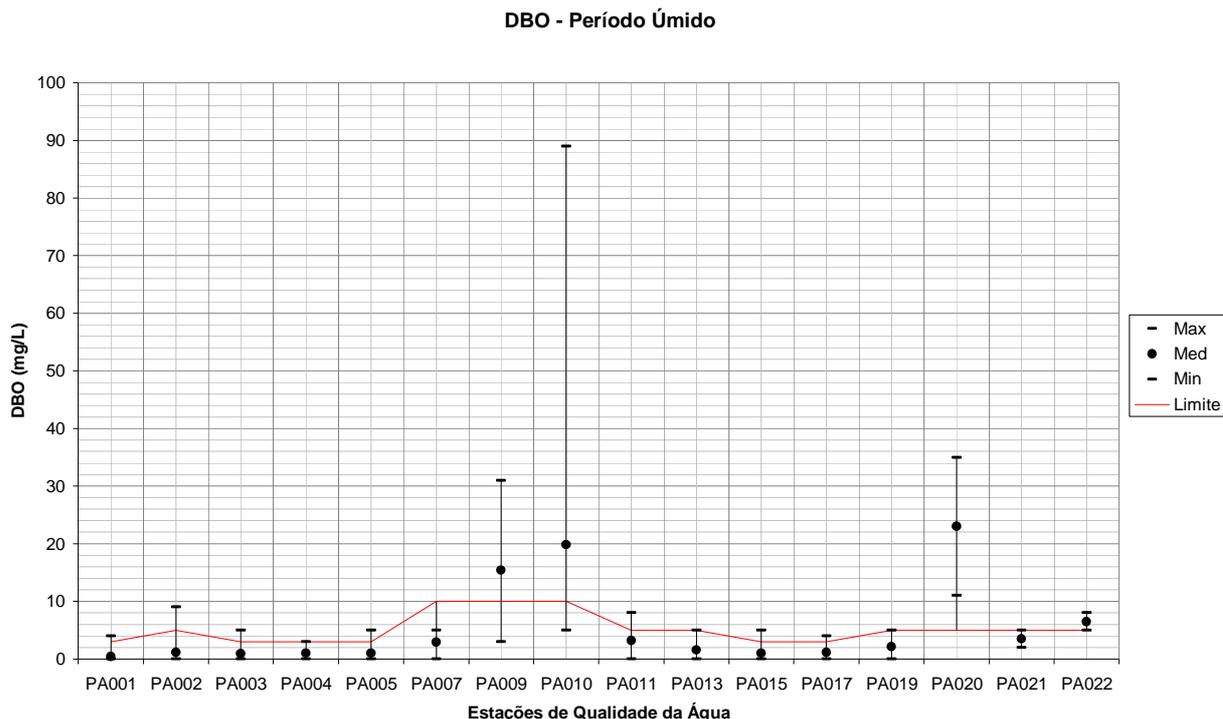


Figura 207 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 208 e 209** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João no período úmido dos anos monitorados.

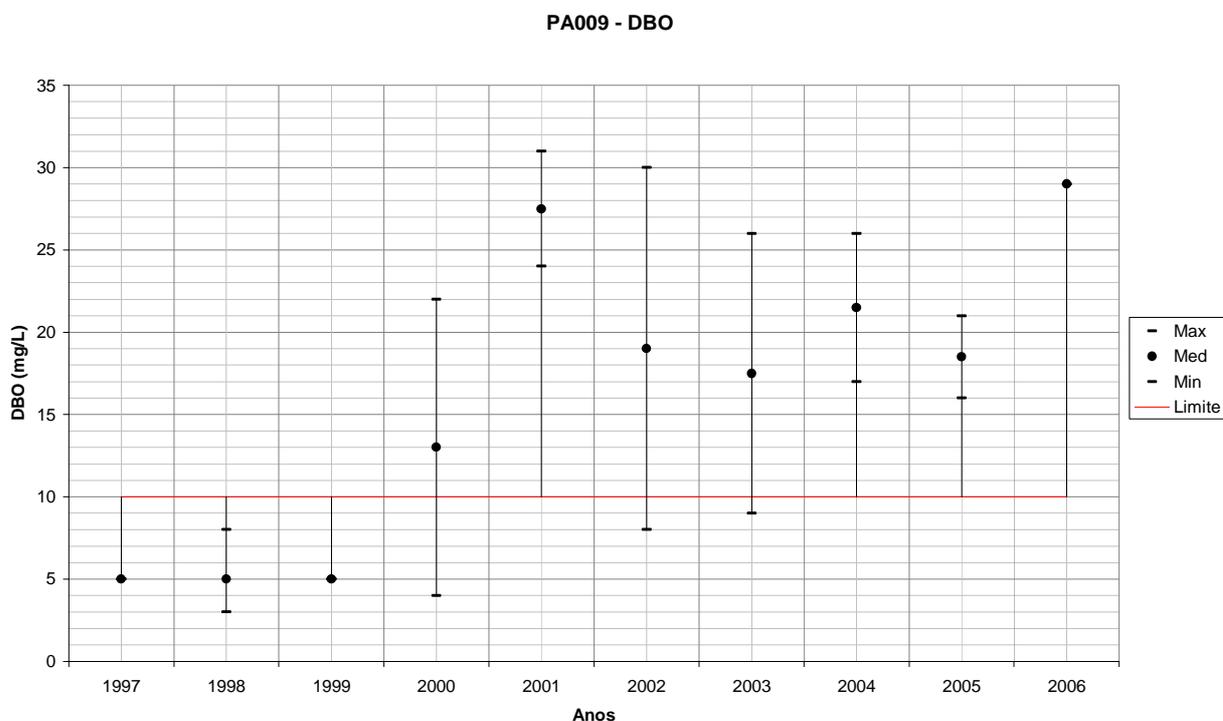


Figura 208 – Variação de DBO para PA009 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

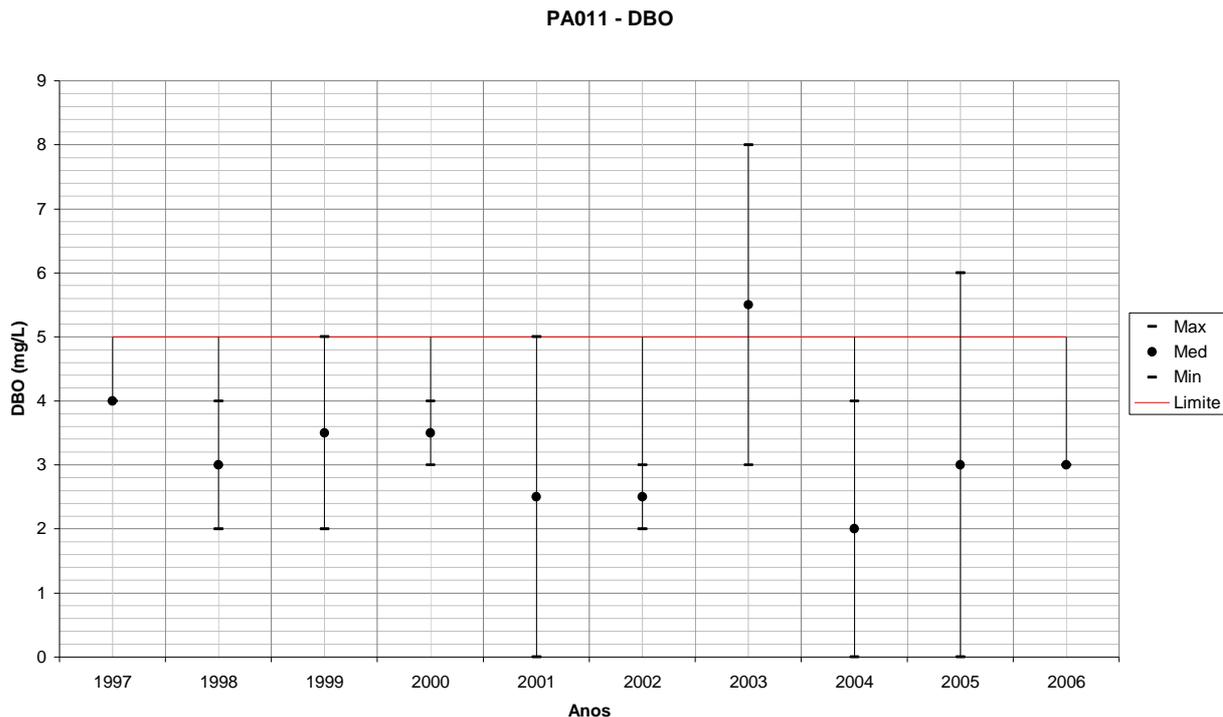


Figura 209 – Variação de DBO para PA011 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

OD na Sub-bacia Rio São João

A **Figura 210** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

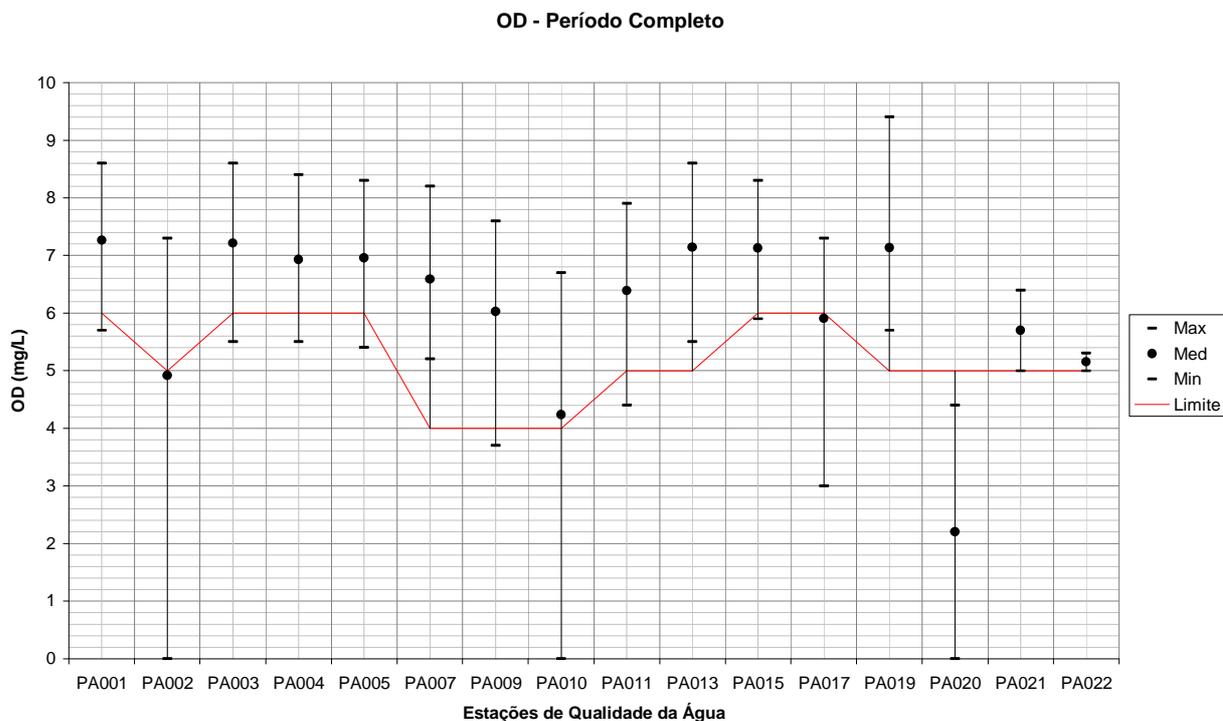


Figura 210 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Ambas as estações, com relação a OD apresentaram características semelhantes. A estação PA009 apresentou valores inferiores ao limite apenas no ano de 2006. A estação PA011 apresentou o mesmo problema apenas em 1999. Nos demais anos as concentrações de OD sempre estiveram acima dos limites de suas classes.

No período seco, ambas não apresentaram problemas com o OD. Portanto, os anos descritos na análise geral (1999 e 2006), representam as coletas que ocorreram durante o período úmido. As **Figuras 211 e 212** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João ao longo dos anos monitorados.

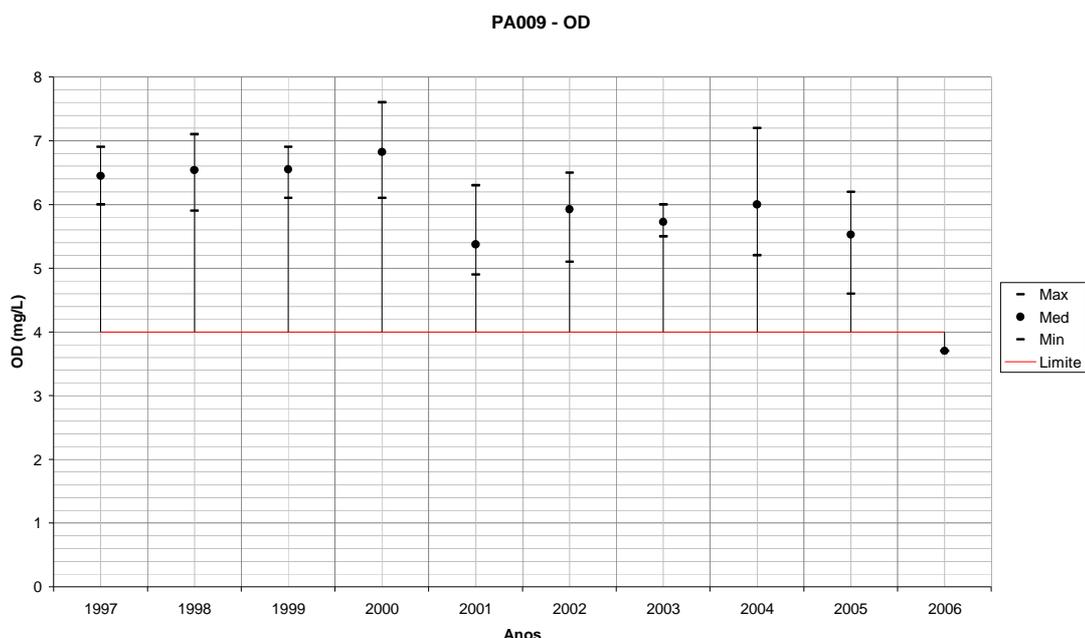


Figura 211 – Variação de OD para PA009 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

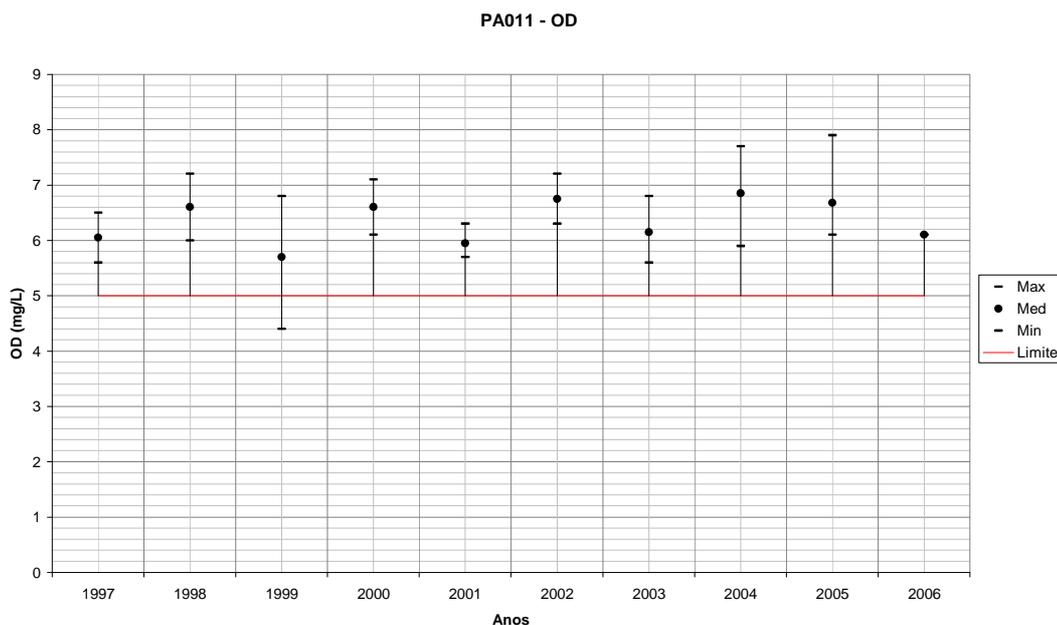


Figura 212 – Variação de OD para PA011 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 213** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

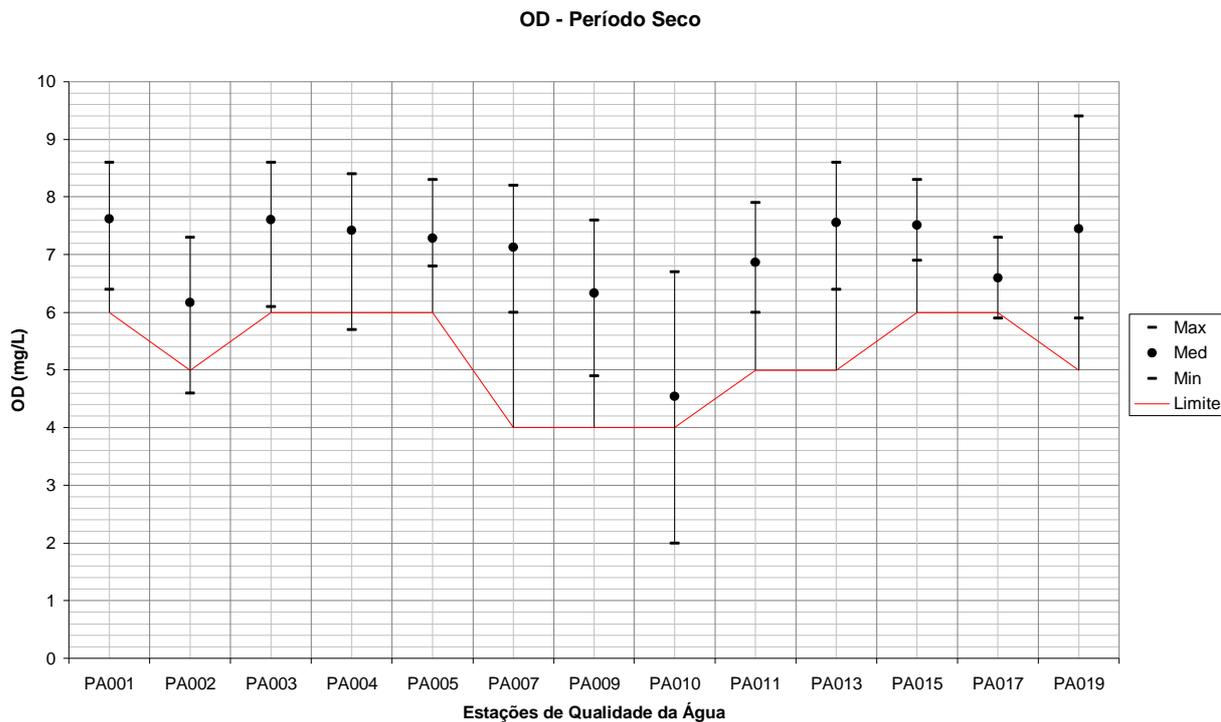


Figura 213 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 214 e 215** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João no período seco dos anos monitorados.

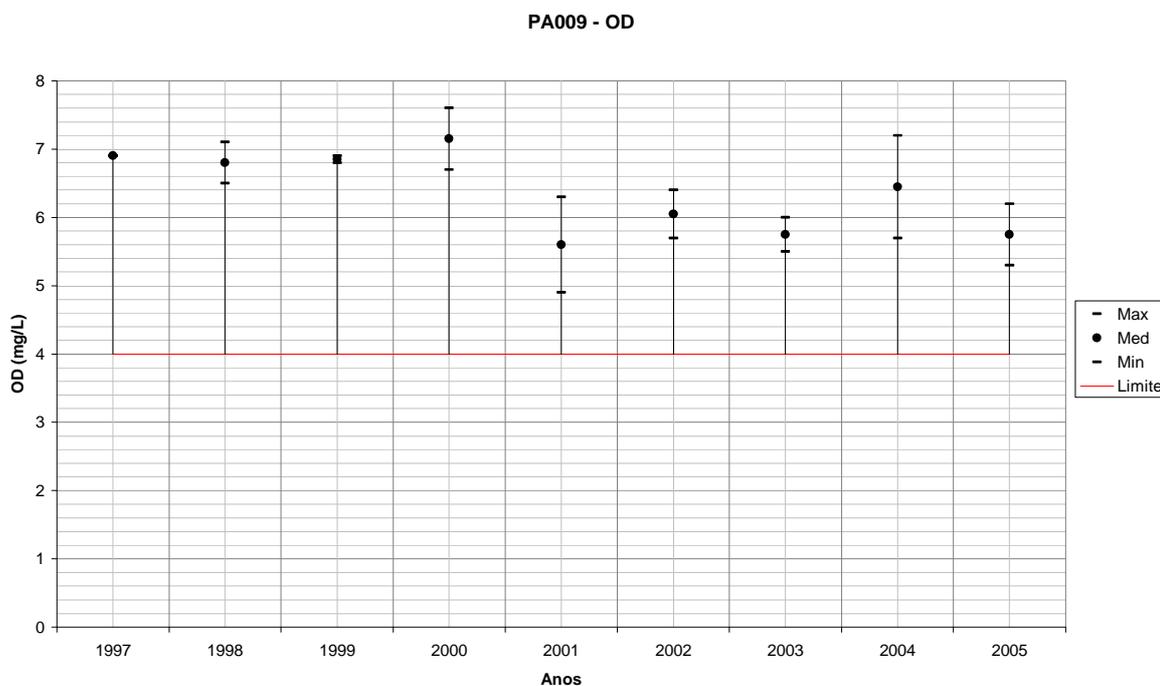


Figura 214 – Variação de OD para PA009 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

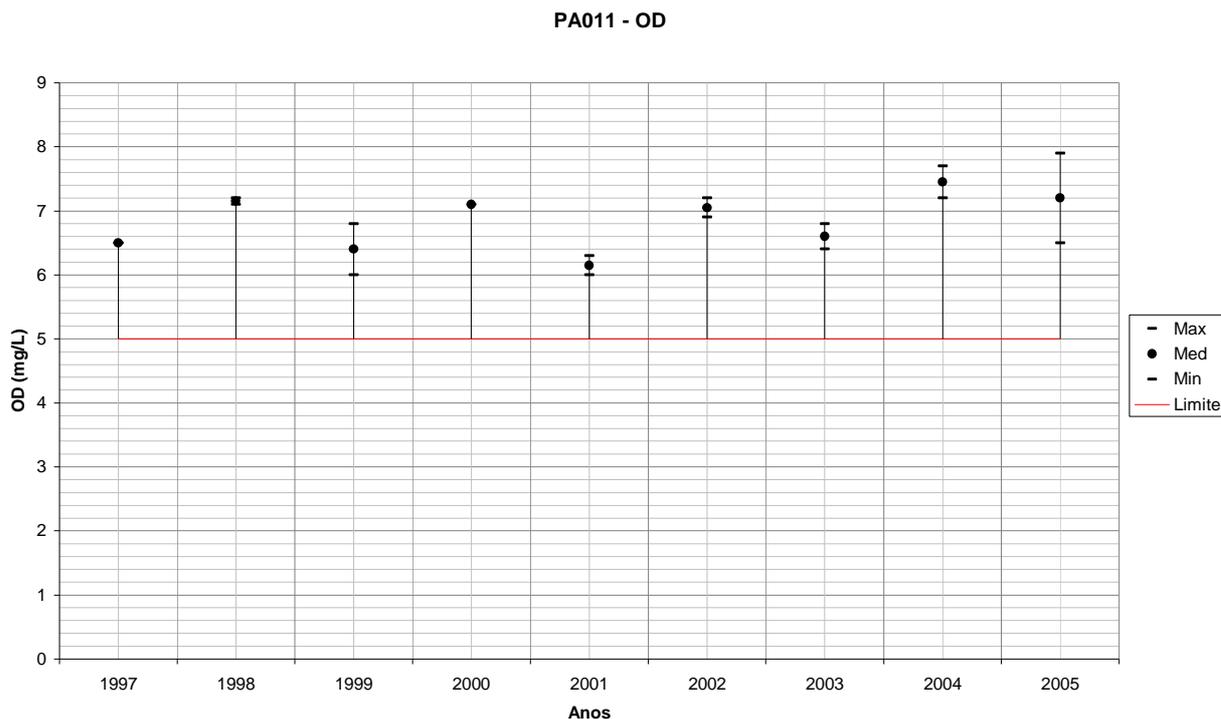


Figura 215 – Variação de OD para PA011 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 216** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

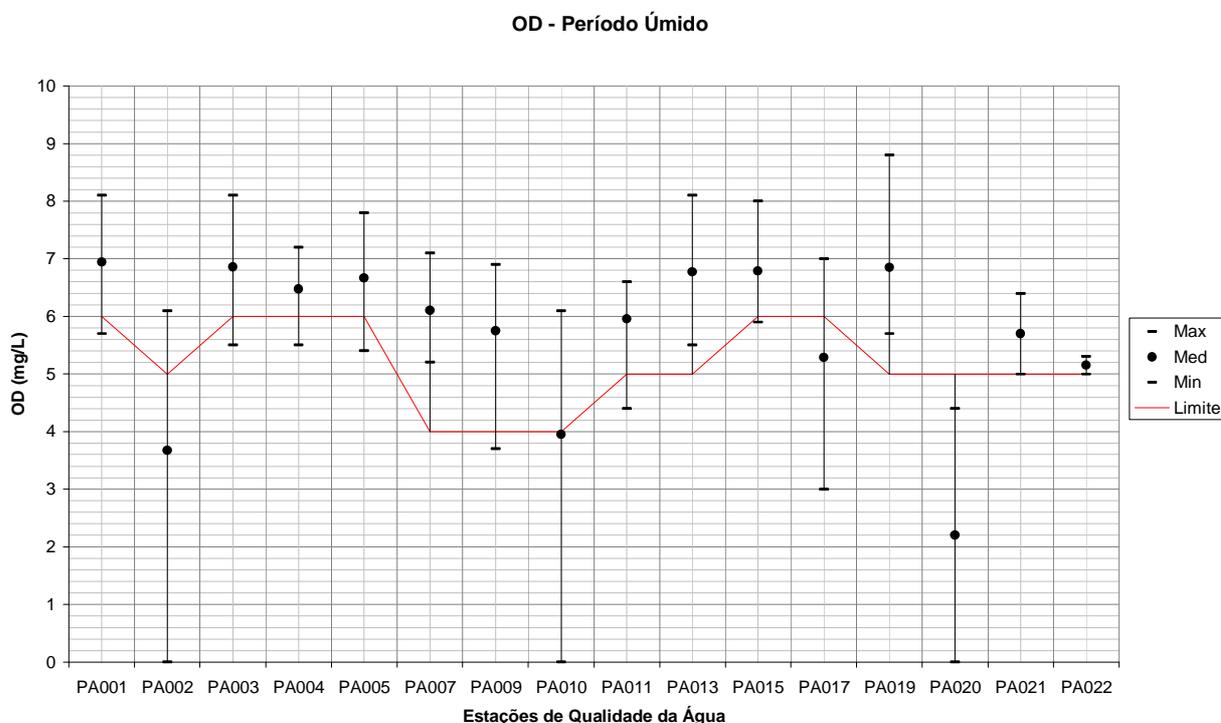


Figura 216 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 217 e 218** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João no período úmido dos anos monitorados.

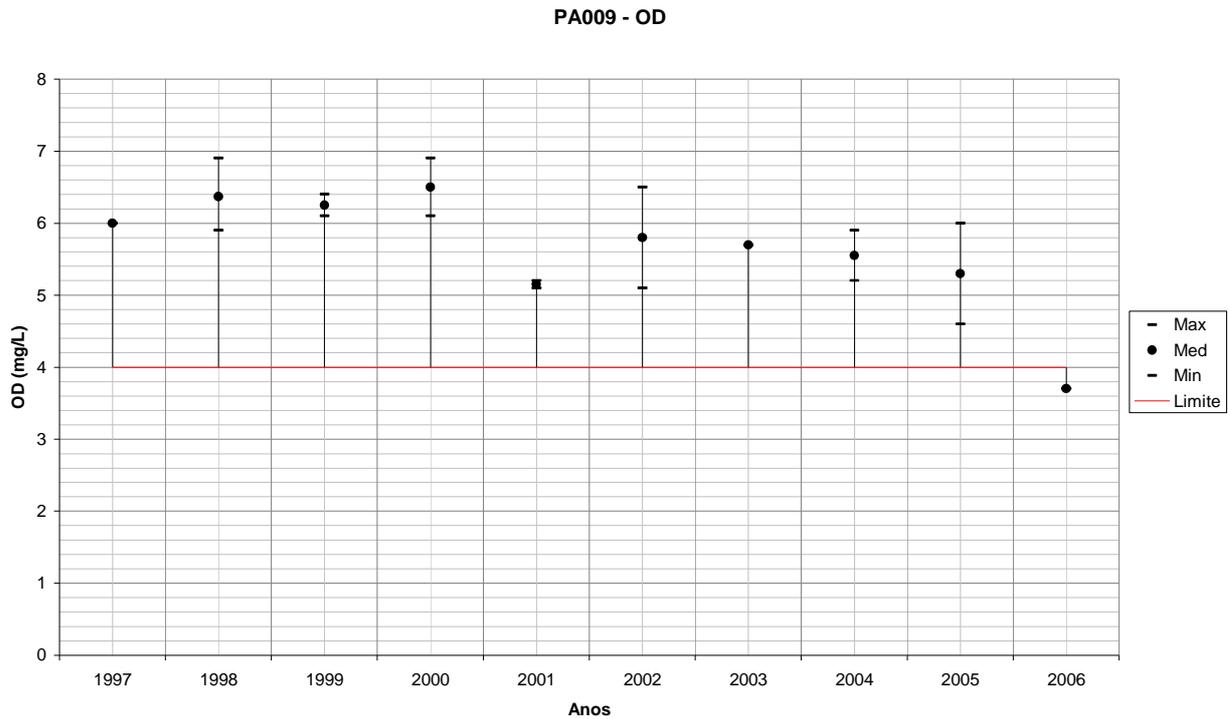


Figura 217 – Variação de OD para PA009 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

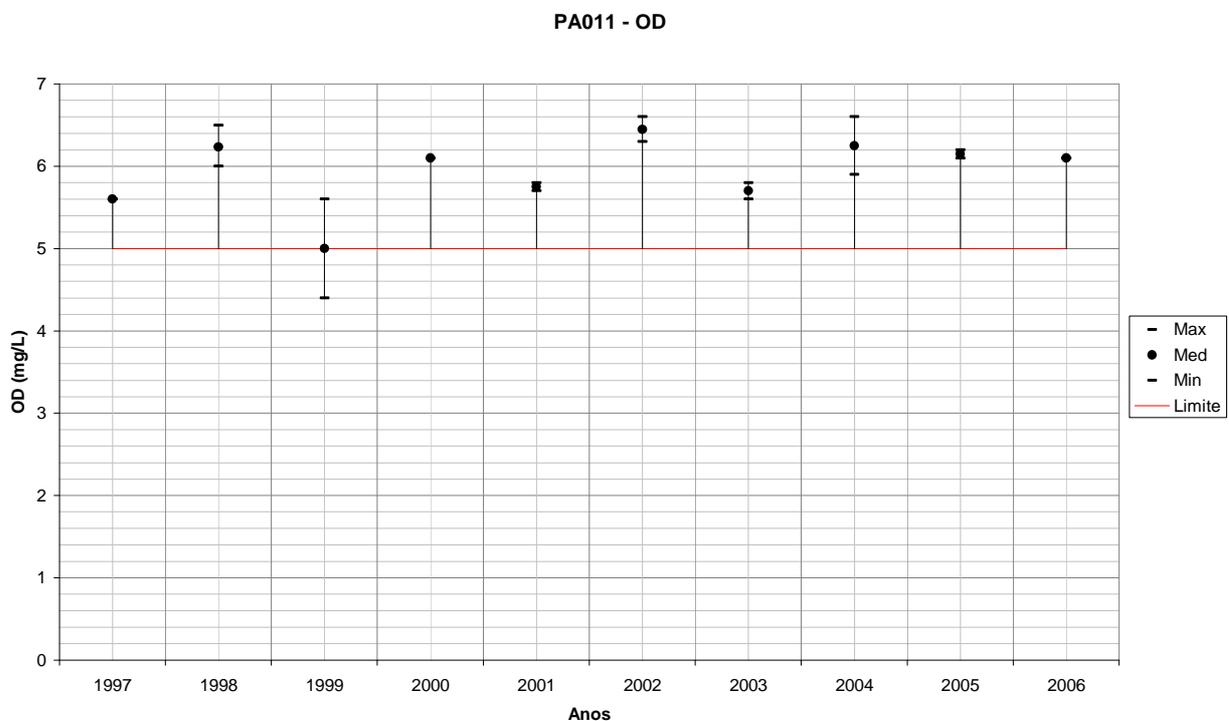


Figura 218 – Variação de OD para PA011 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Turbidez na Sub-bacia Rio São João

A **Figura 219** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

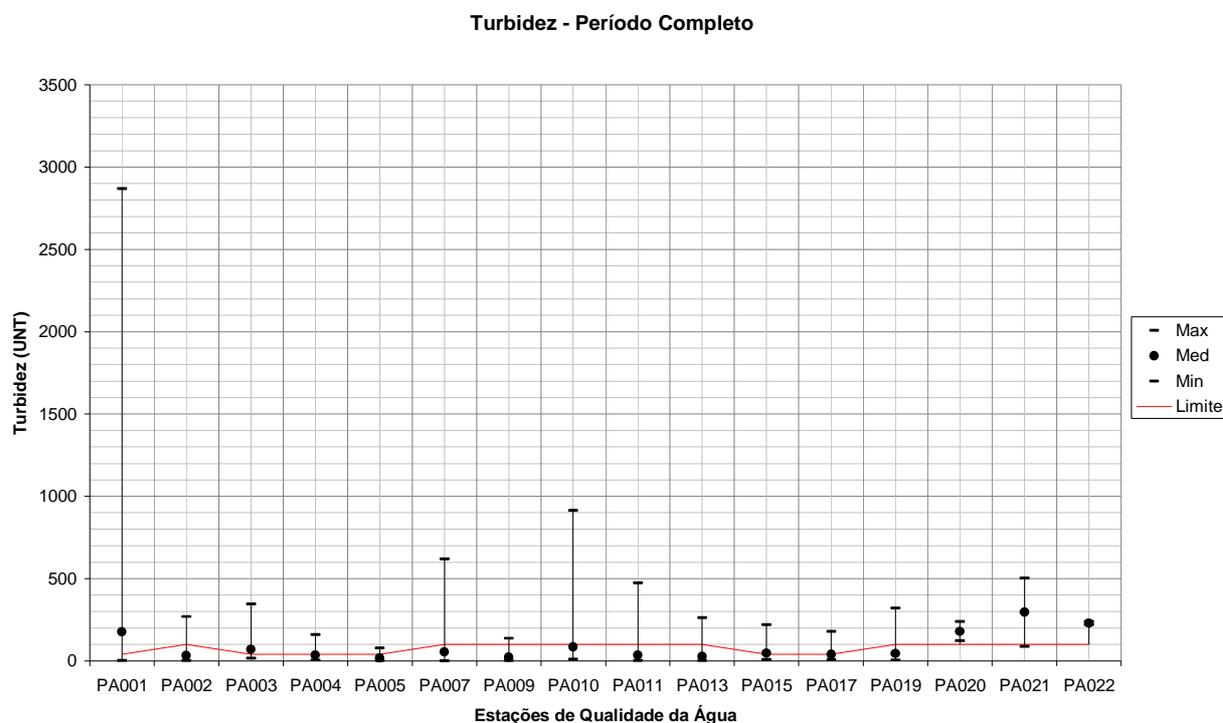


Figura 219 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A estação PA011 apresenta maiores problemas de turbidez em relação à estação PA009. Apenas nos anos de 2000 e 2003, PA009 violou os limites da classe. PA011 violou também em apenas dois anos (2003 e 2005) alcançando, em 2003, uma turbidez de 470 UNT.

No período seco, ambas as estações não apresentaram problemas com turbidez, seus valores não ultrapassaram o limite de classe.

No período chuvoso, apenas algumas coletas tiveram resultados superiores ao limite da classe para a estação PA009. A média anual dos valores sempre esteve dentro do limite. Para a estação PA011, apenas em 2003 a média anual esteve fora do máximo permitido.

As **Figuras 210 e 211** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João ao longo dos anos monitorados.

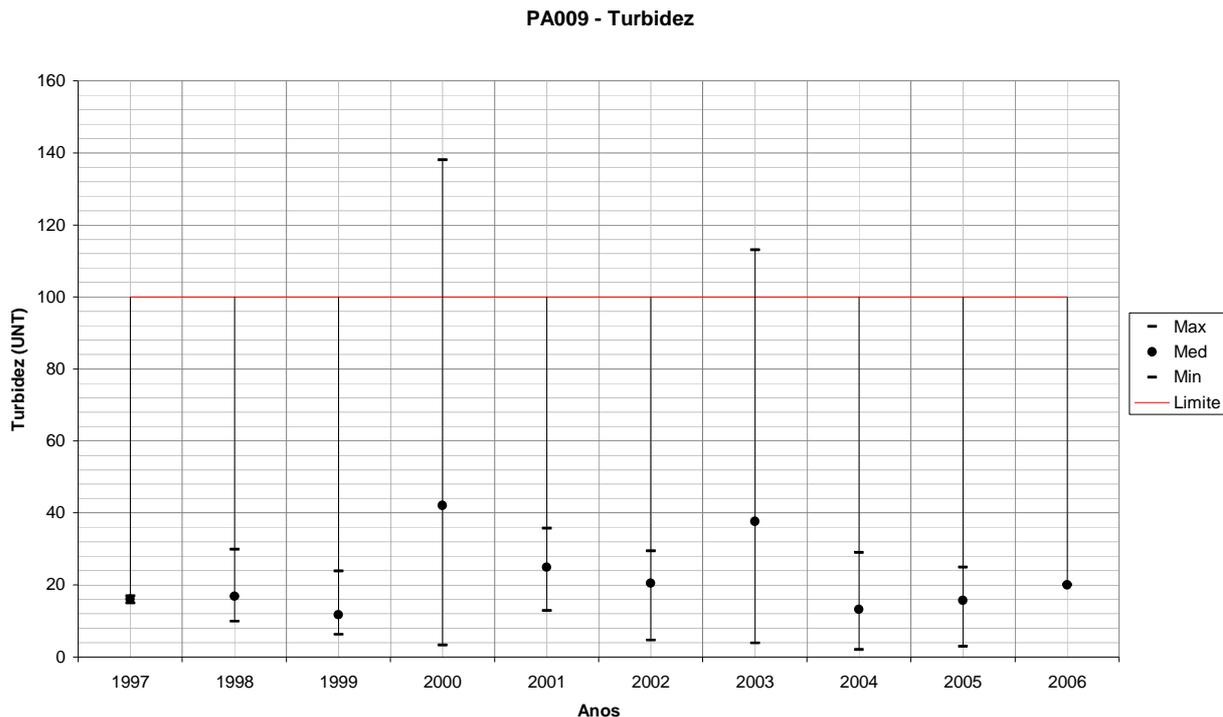


Figura 220 – Variação de Turbidez para PA009 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

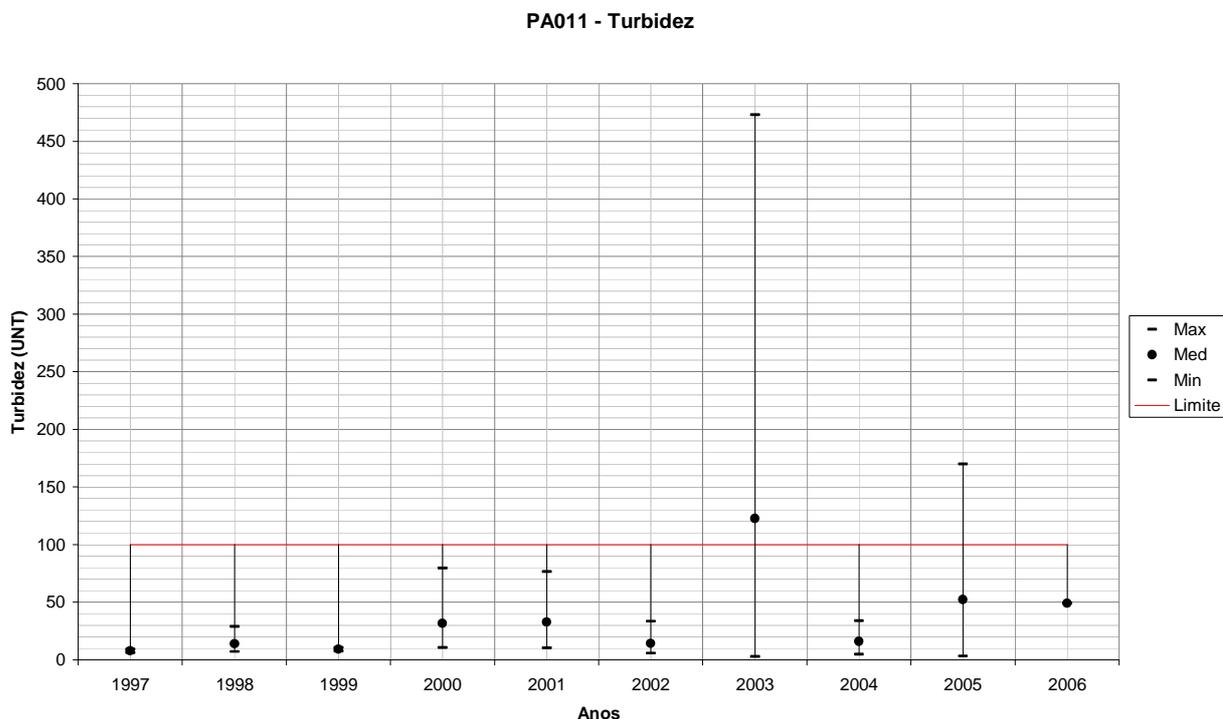


Figura 221 – Variação de Turbidez para PA011 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 222** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

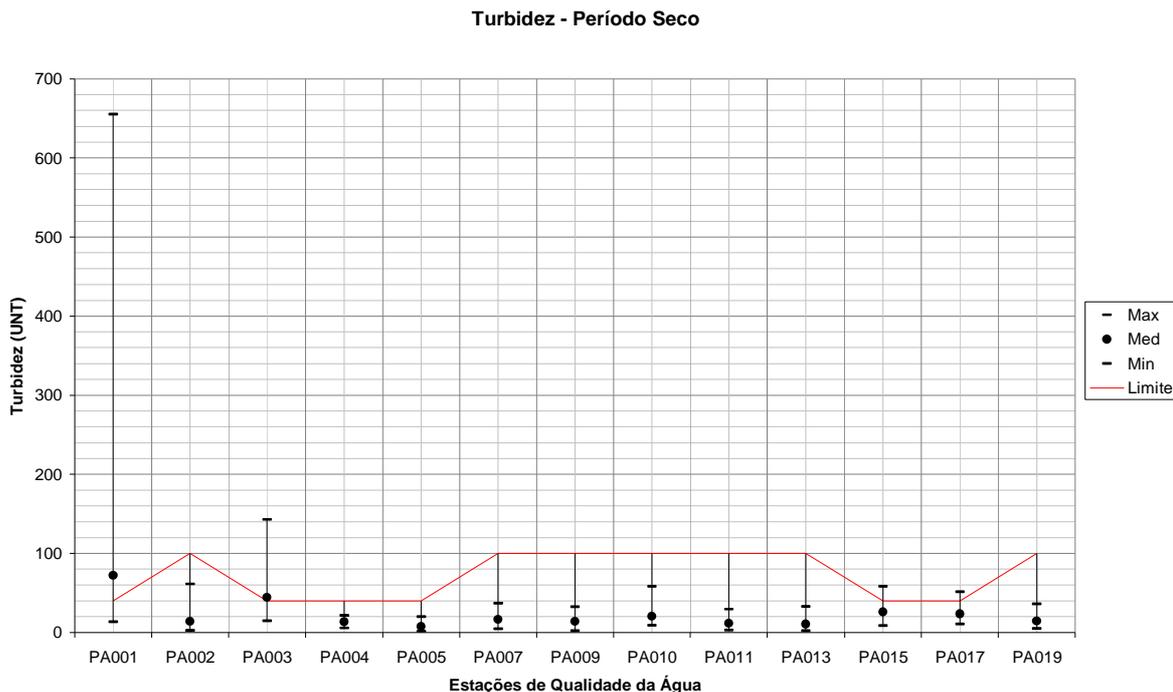


Figura 222 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 223 e 224** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João no período seco dos anos monitorados.

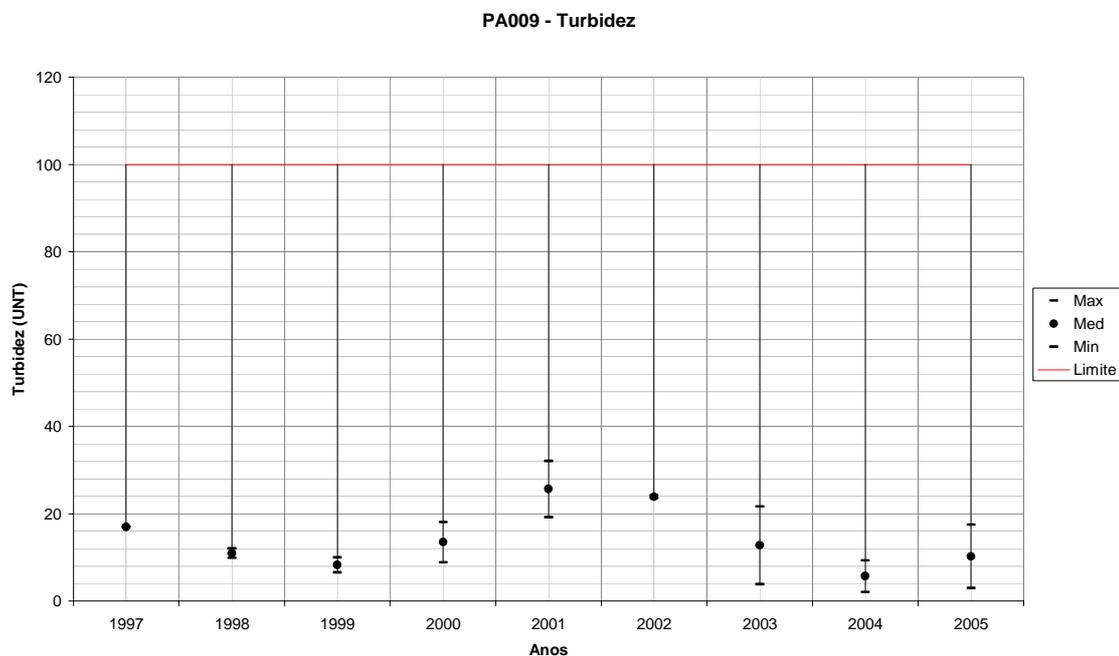


Figura 223 – Variação de Turbidez para PA009 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

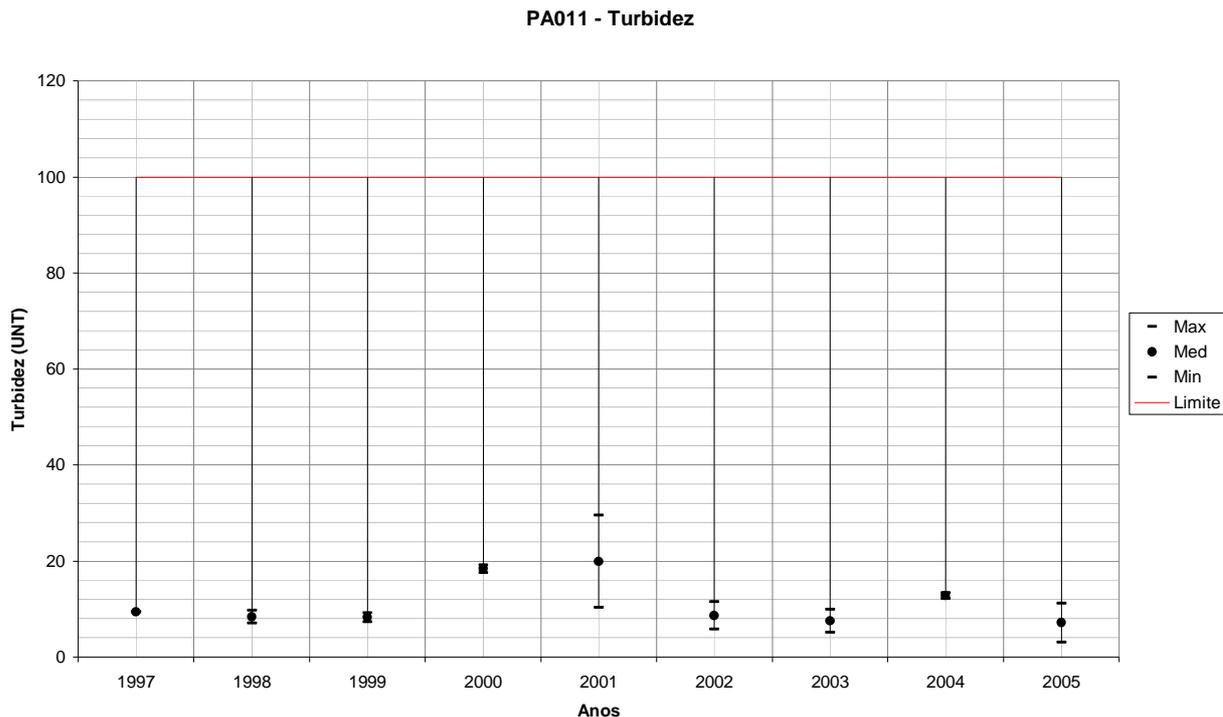


Figura 224 – Variação de Turbidez para PA011 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 225** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

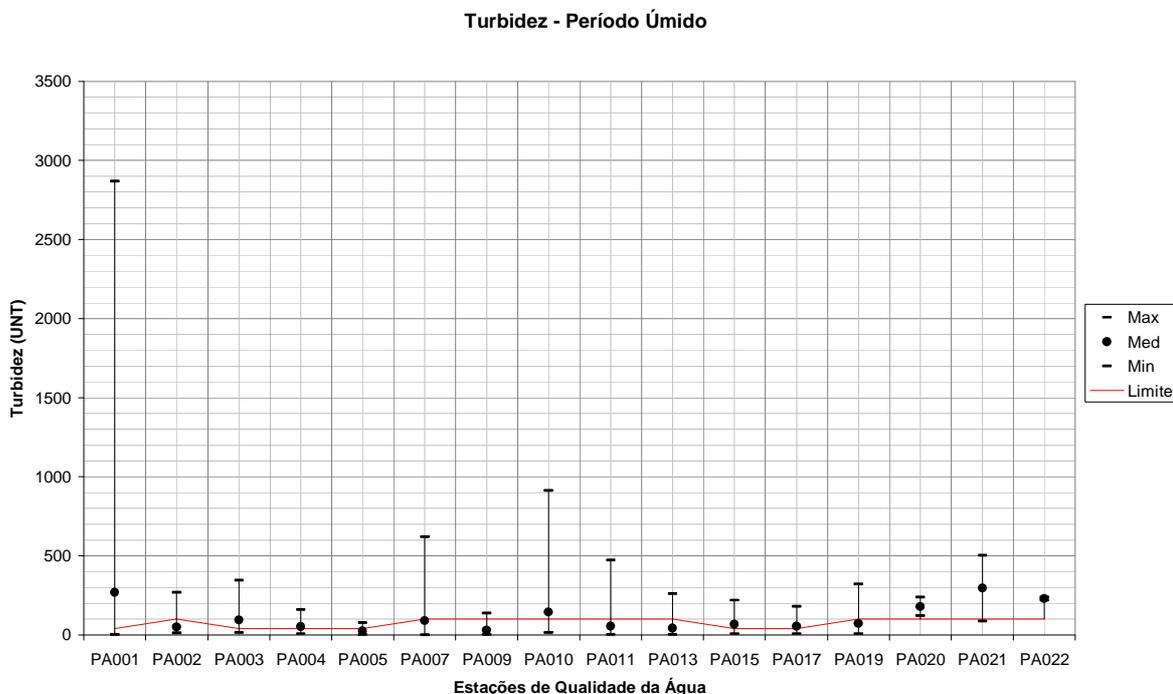


Figura 225 – Variação da Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 226 e 227** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio São João no período úmido dos anos monitorados.

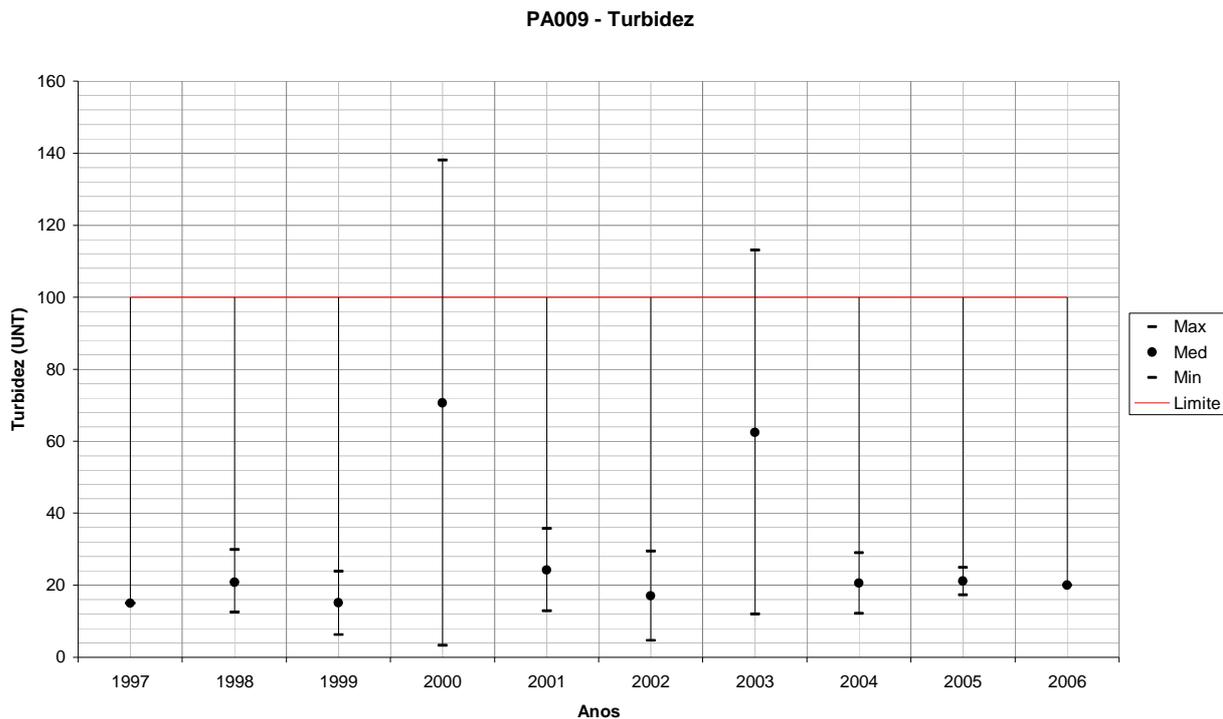


Figura 226 – Variação de Turbidez para PA009 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

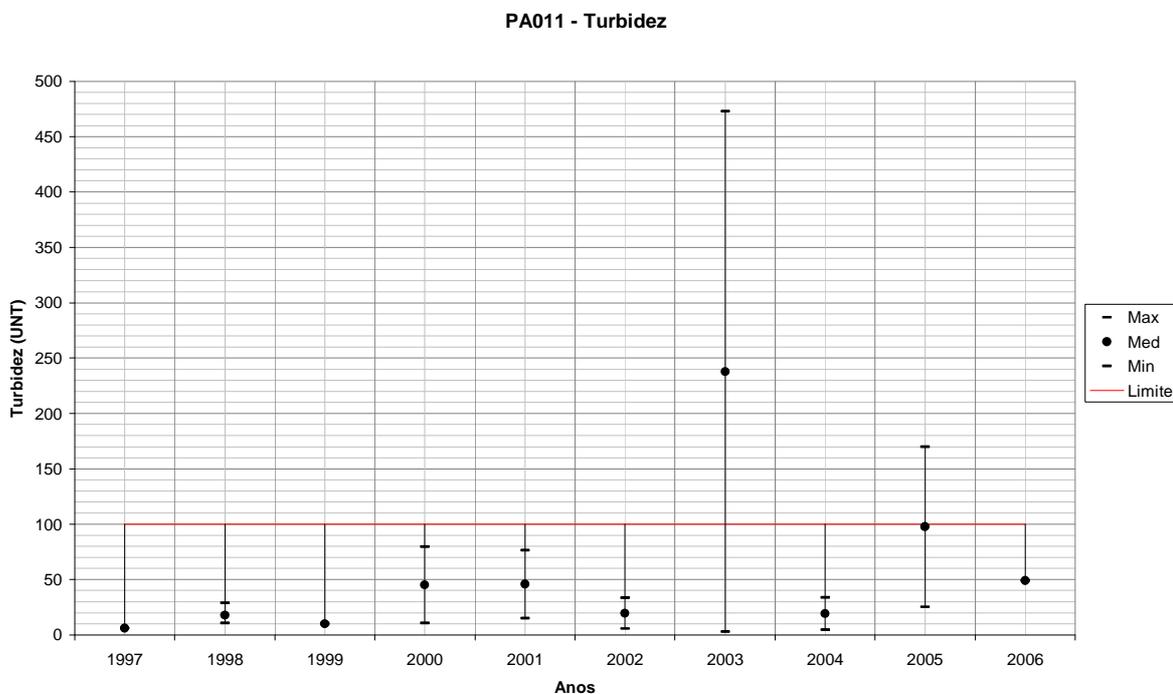


Figura 227 – Variação de Turbidez para PA011 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.5.1.2.7 Sub-bacia Rio Lambari

As estações correspondentes à Sub-bacia Rio Lambari são: PA015 (Classe 1) e PA022 (Classe 2).

DBO na Sub-bacia Rio Lambari

A **Figura 228** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

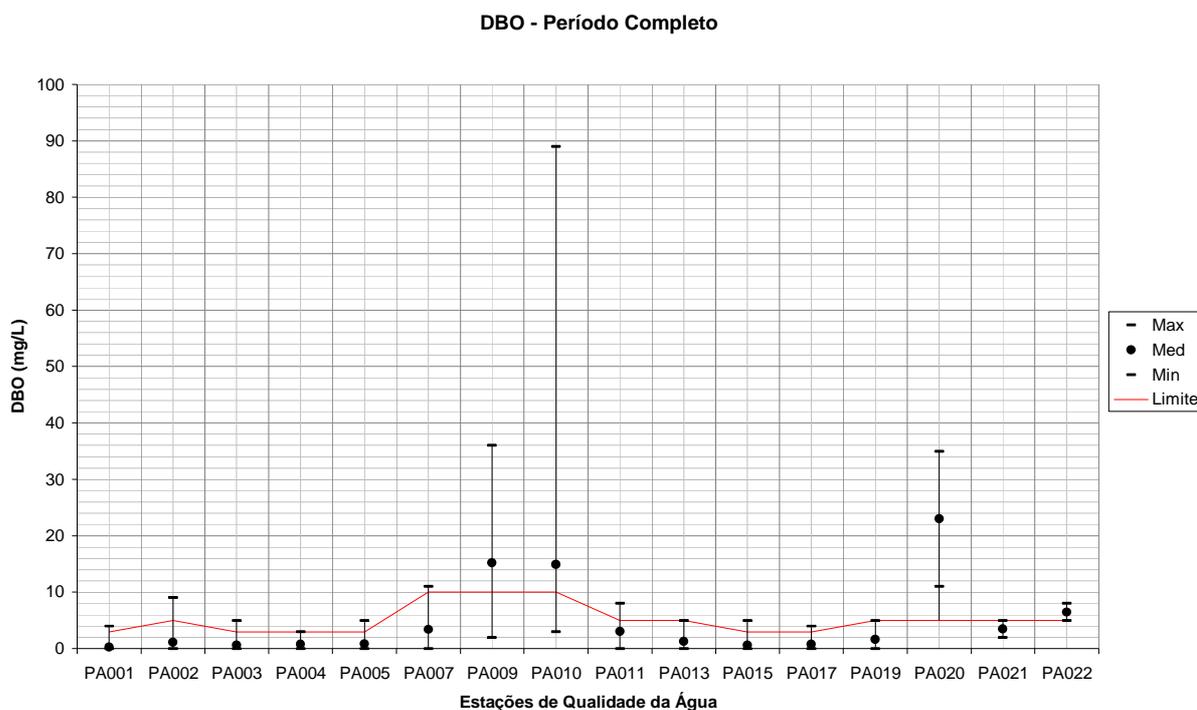


Figura 228 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A estação de qualidade da água PA022 foi criada em 2005 e apresenta para cada ano de coleta apenas duas análises por parâmetro. Nestas duas análises a DBO esteve igual ou maior que o limite. Já a estação PA015 teve o parâmetro de DBO acima do limite, apenas no ano de 1997 e 1998, nos anos 1999, 2000, 2004, 2005 e 2006 a concentração da DBO foi de 0 mg/L.

No período seco, apenas a estação PA015 possui coletas e nenhuma delas apresenta valores superiores ao limite estabelecido, no período de 1997 a 2005, apenas os anos de 2001 e 2003 tiveram resultados diferentes de 0 mg/L.

No período úmido, para a estação PA015 o maior valor de DBO foi de 5 mg/L, para a estação PA022 foi de 8 mg/L.

As **Figuras 229** e **230** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Lambari ao longo dos anos monitorados.

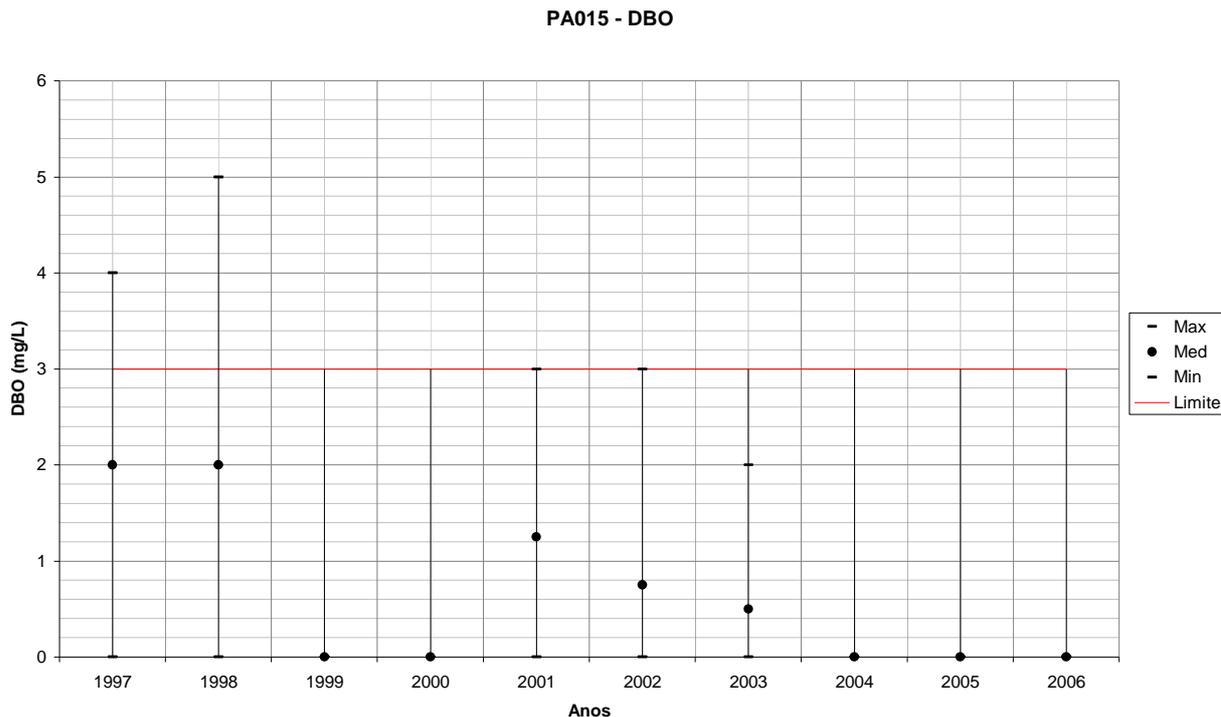


Figura 229 – Variação de DBO para PA015 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

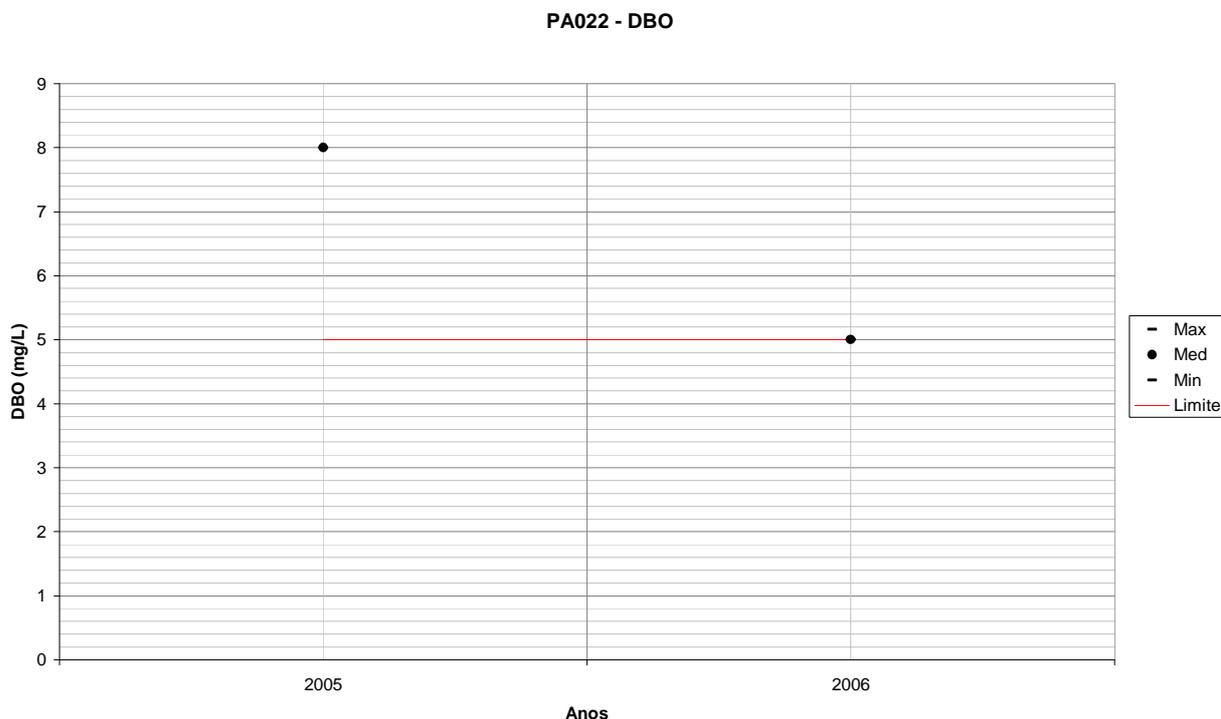


Figura 230 – Variação de DBO para PA022 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 231** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

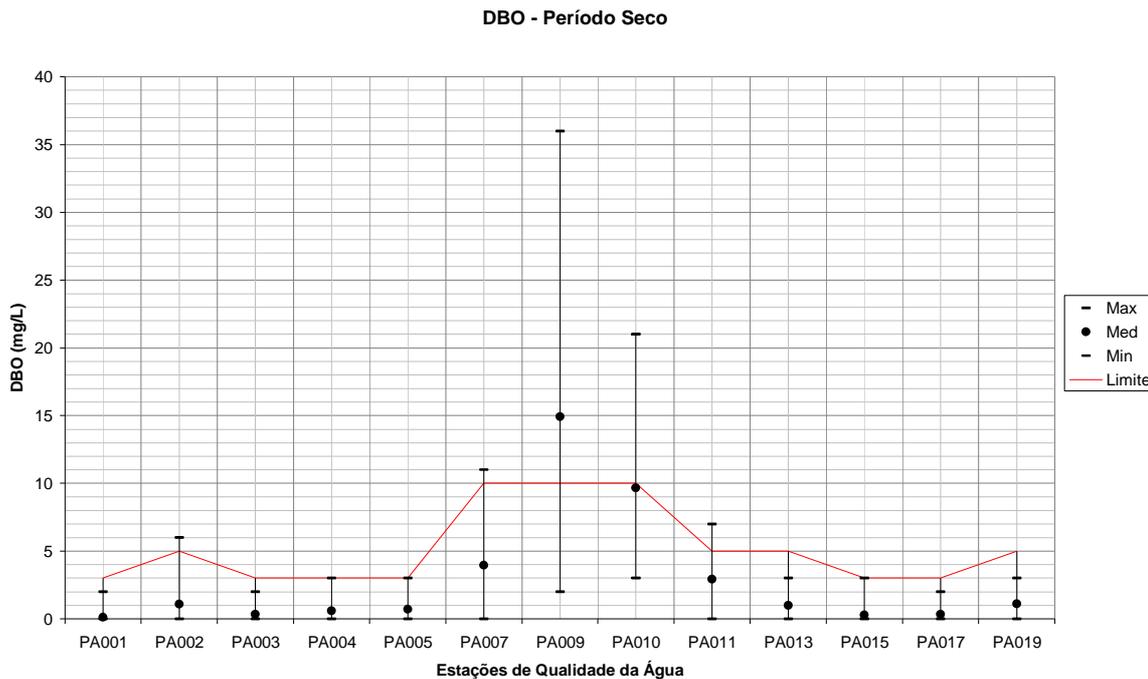


Figura 231 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 232** a seguir mostra o comportamento do DBO na estação de monitoramento PA015 da Sub-bacia Rio Lambari no período seco dos anos monitorados. A PA022 não teve campanhas.

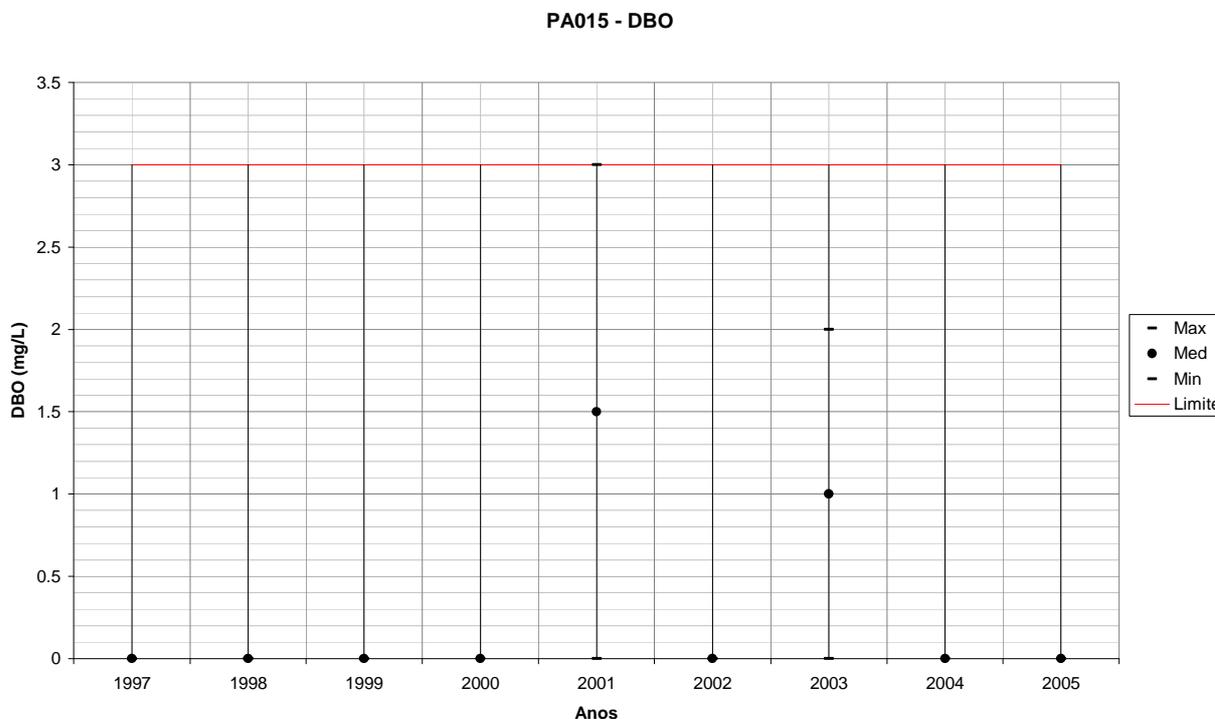


Figura 232 – Variação de DBO para PA015 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 233** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

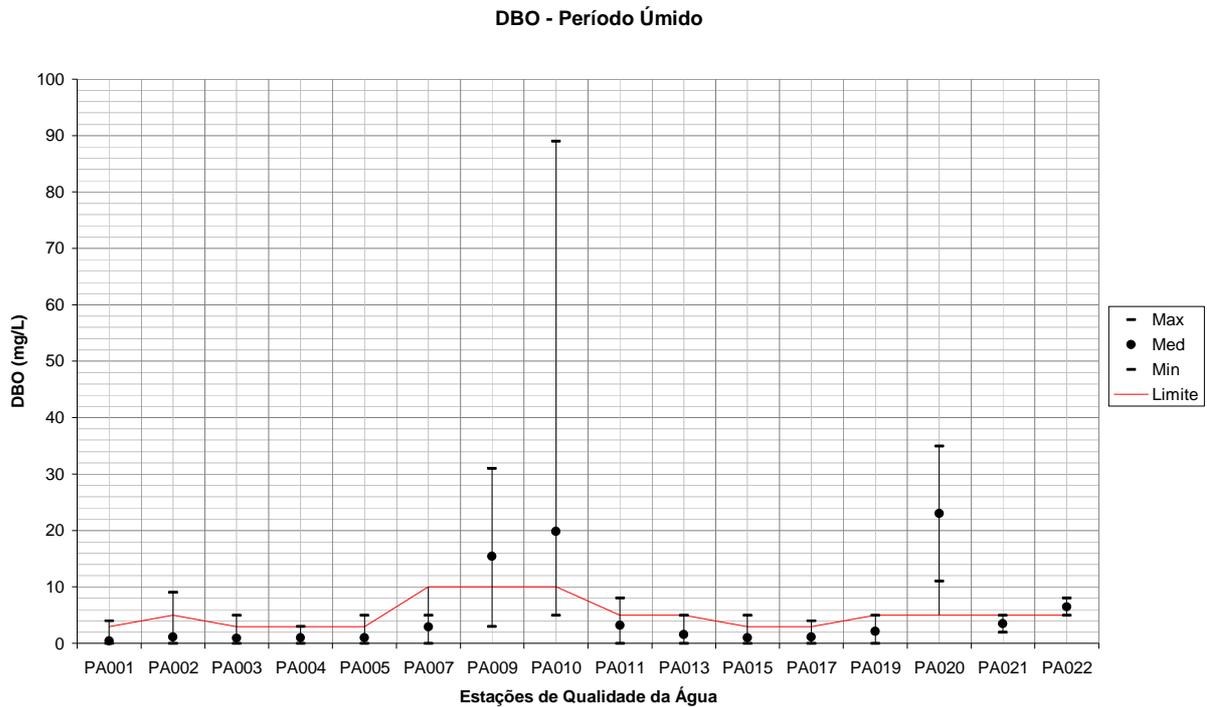


Figura 233 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 234 e 235** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Lambari no período úmido dos anos monitorados.

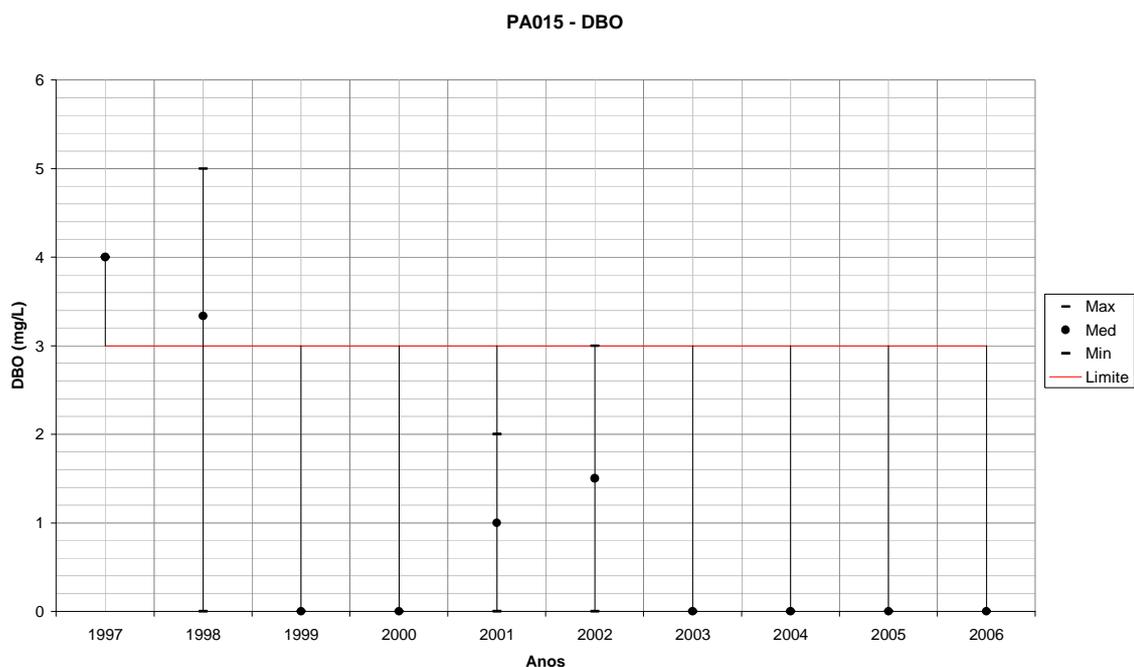


Figura 234 – Variação de DBO para PA015 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

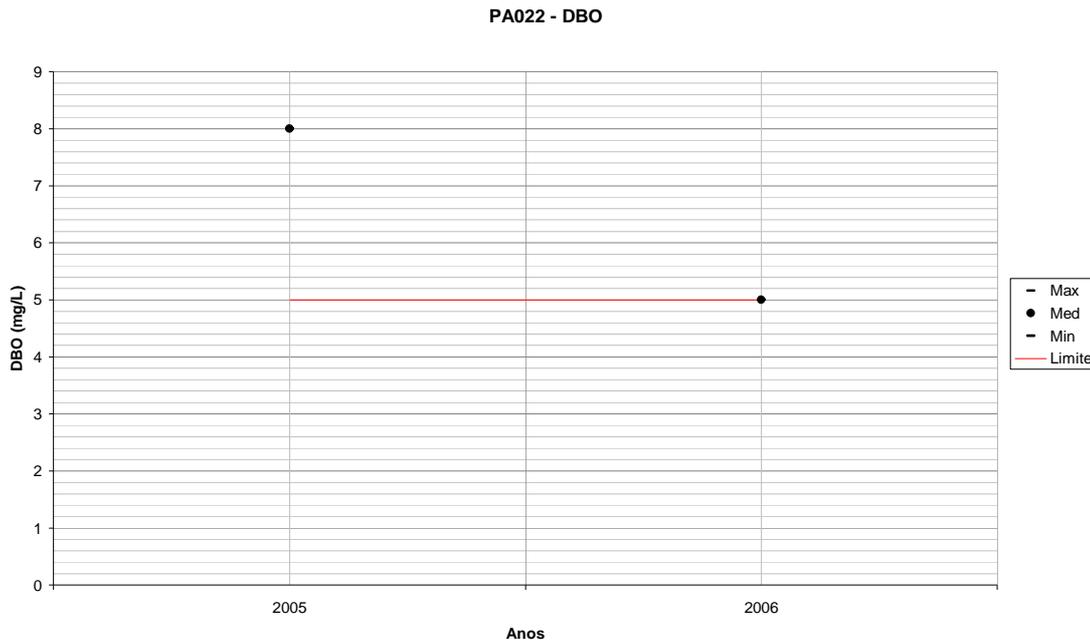


Figura 235 – Variação de DBO para PA022 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

OD na Sub-bacia Rio Lambari

A **Figura 236** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

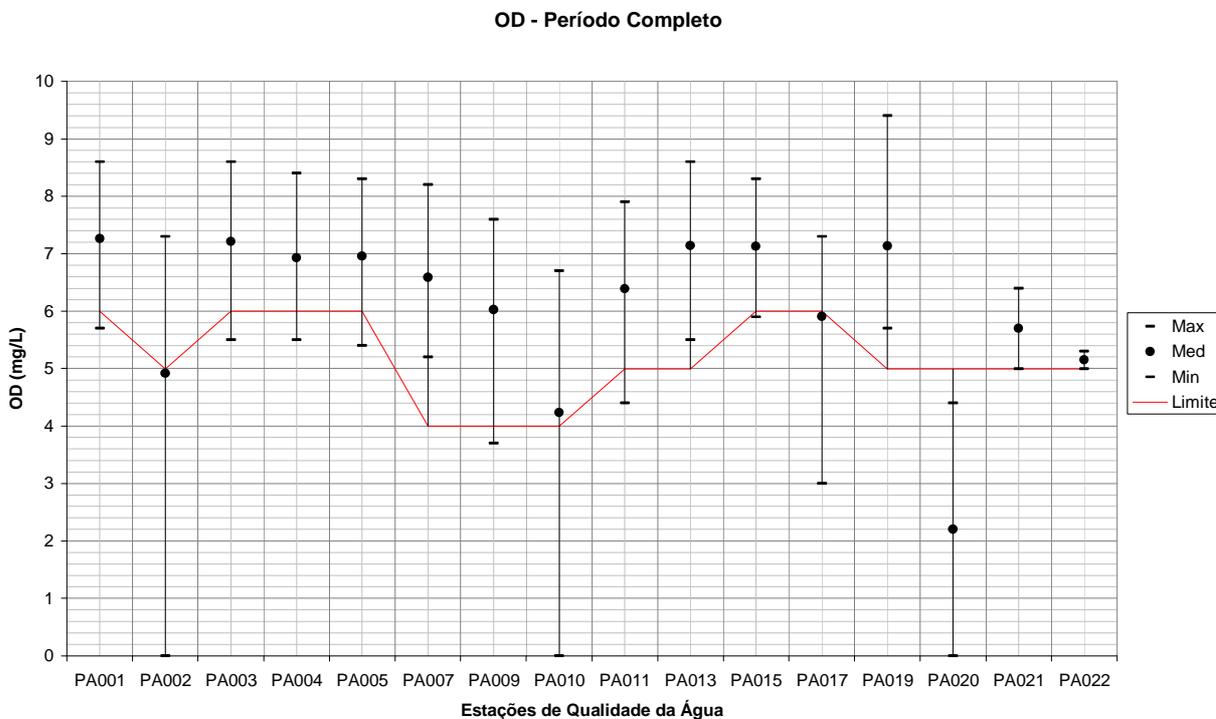


Figura 236 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Pelo gráfico pode-se verificar que PA015 e PA022 possuem valores de OD, na maior parte do tempo, superiores ao limite mínimo. Apenas em 2004, a concentração de OD na estação PA015 ficou um pouco abaixo do limite, o valor foi de 5,9 mg/L. Para a estação PA022, nas duas análises de OD, os valores ficaram entre 5,0 mg/L e 5,3 mg/L, ambas dentro do estabelecido pela classe.

Apenas a estação PA015 possui coletas no período de estiagem, tendo seus valores sempre acima do limite. Mesmo no período úmido os valores de OD estão dentro de uma faixa aceitável, ou seja, maiores ou muito próximas do limite mínimo.

As **Figuras 237 e 238** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Lambari ao longo dos anos monitorados.

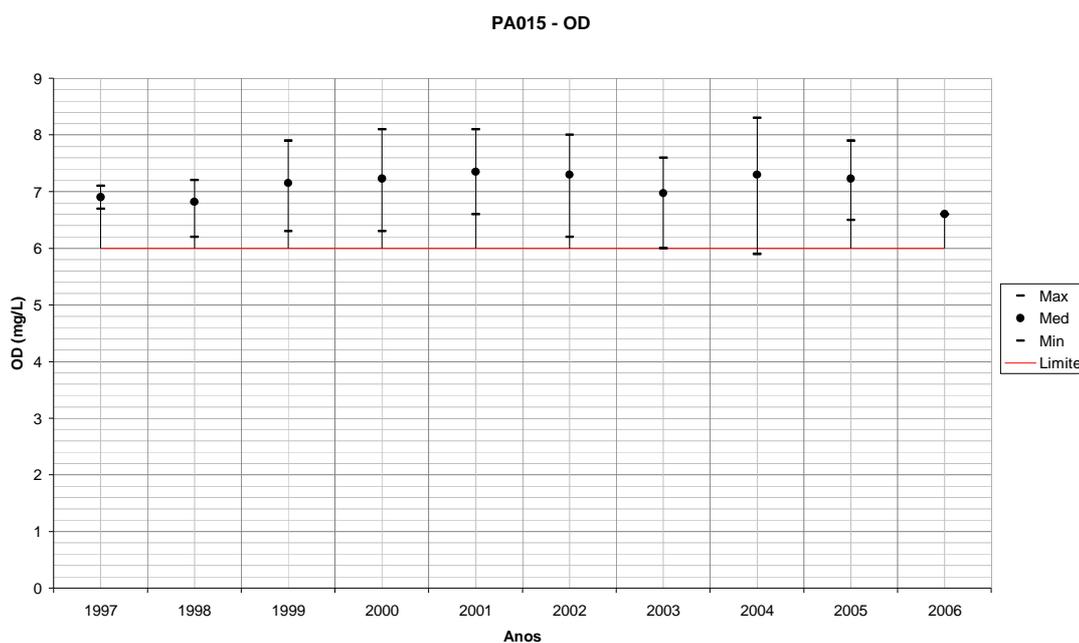


Figura 237 – Variação de OD para PA015 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

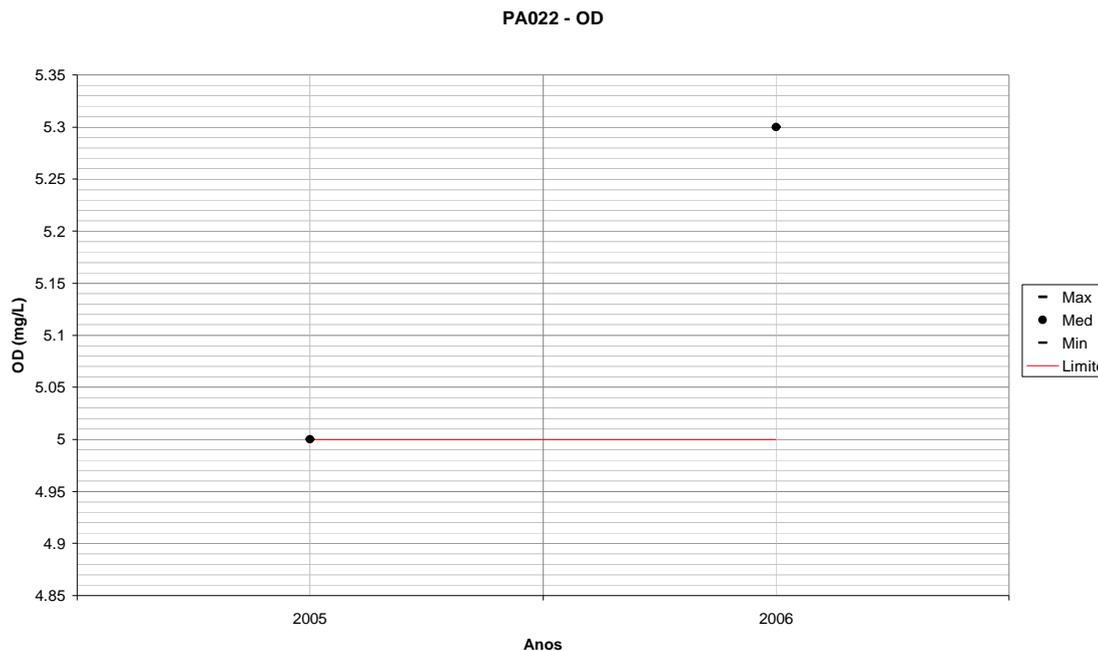


Figura 238 – Variação de OD para PA022 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 239** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

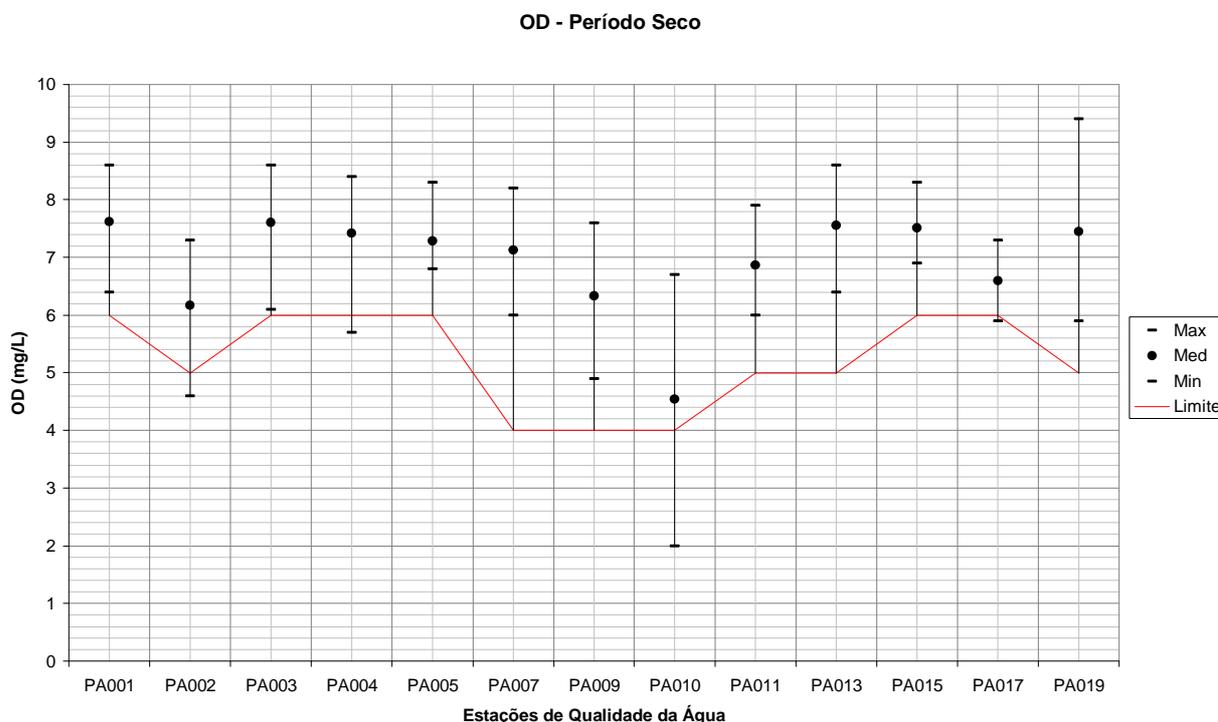


Figura 239 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 240** a seguir mostra o comportamento do OD na estação de monitoramento PA015 da Sub-bacia Rio Lambari no período seco dos anos monitorados. A Estação PA022 não teve campanhas.

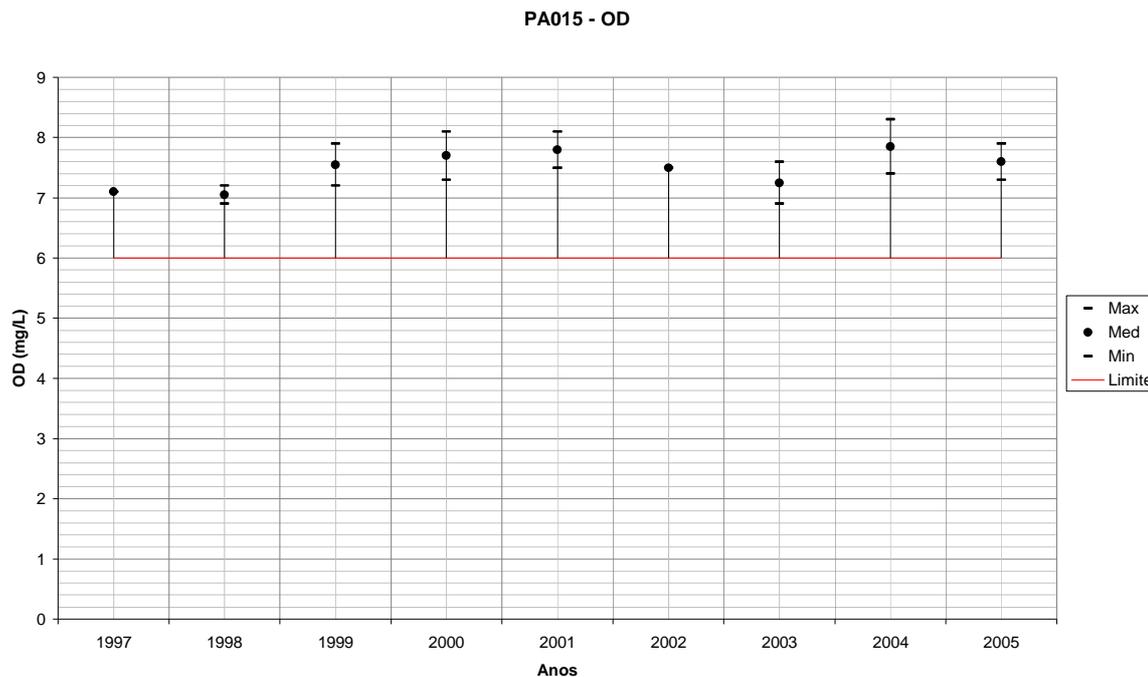


Figura 240 – Variação de OD para PA015 em relação ao período seco de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 241** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

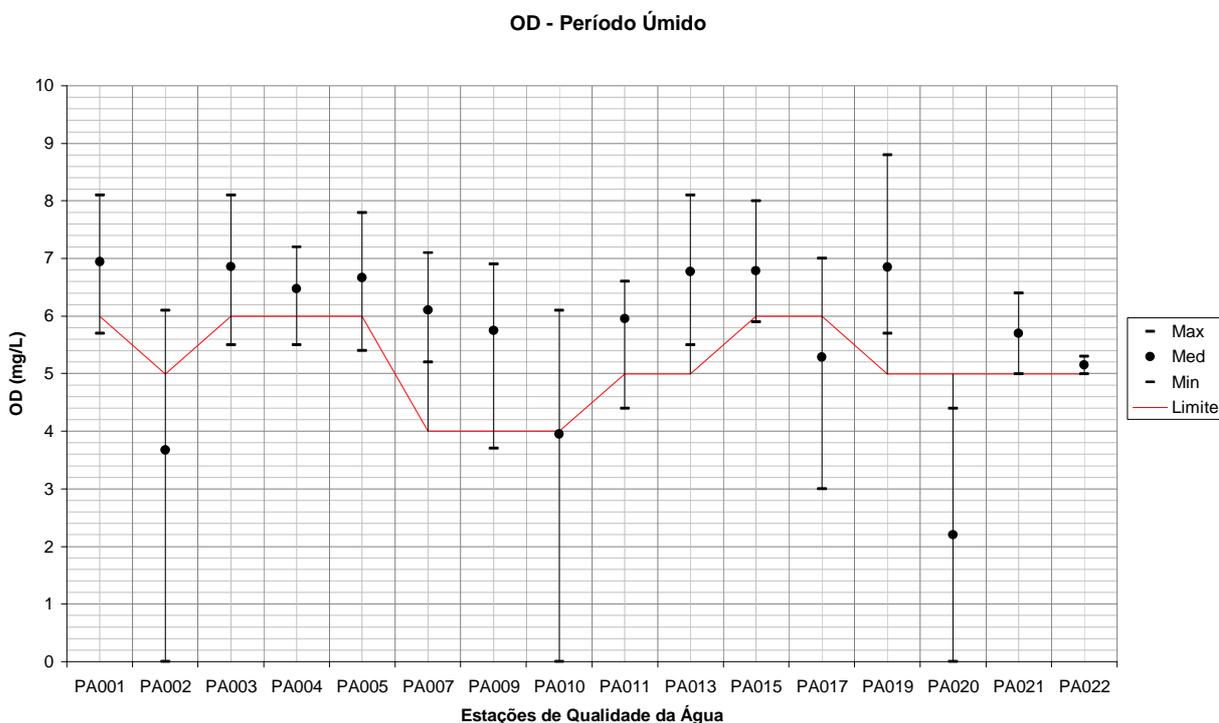


Figura 241 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 242 e 243** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Lambari no período úmido dos anos monitorados.

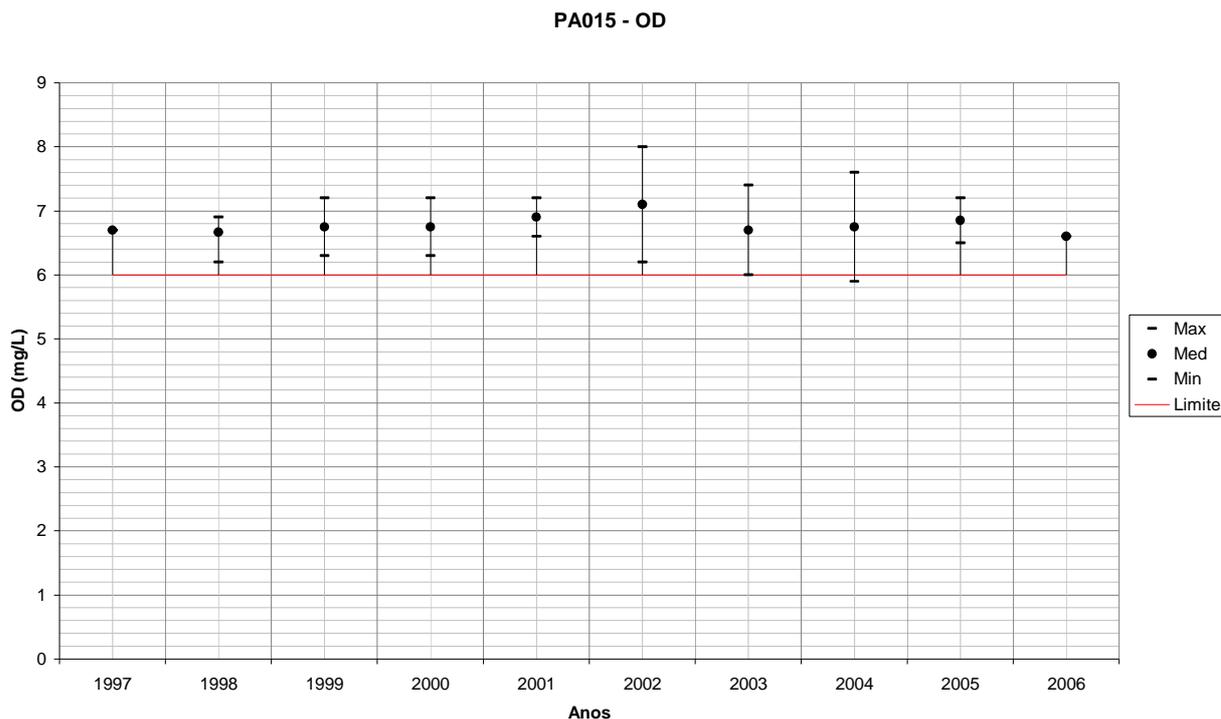


Figura 242 – Variação de OD para PA015 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

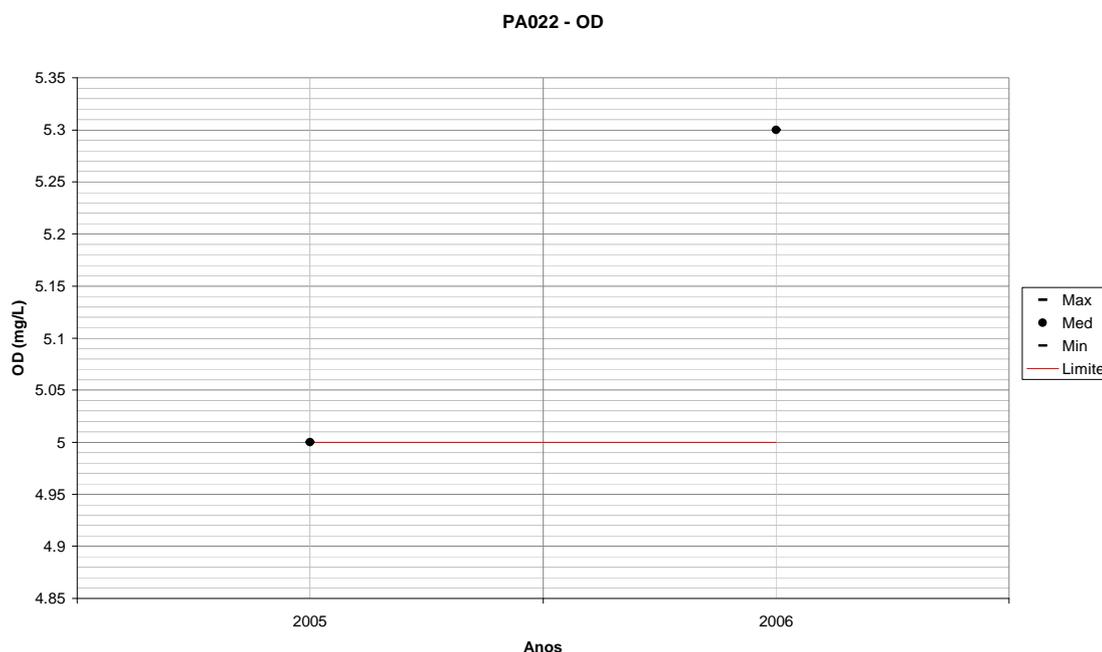


Figura 243 – Variação de OD para PA022 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Turbidez na Sub-bacia Rio Lambari

A **Figura 244** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

Turbidez - Período Completo

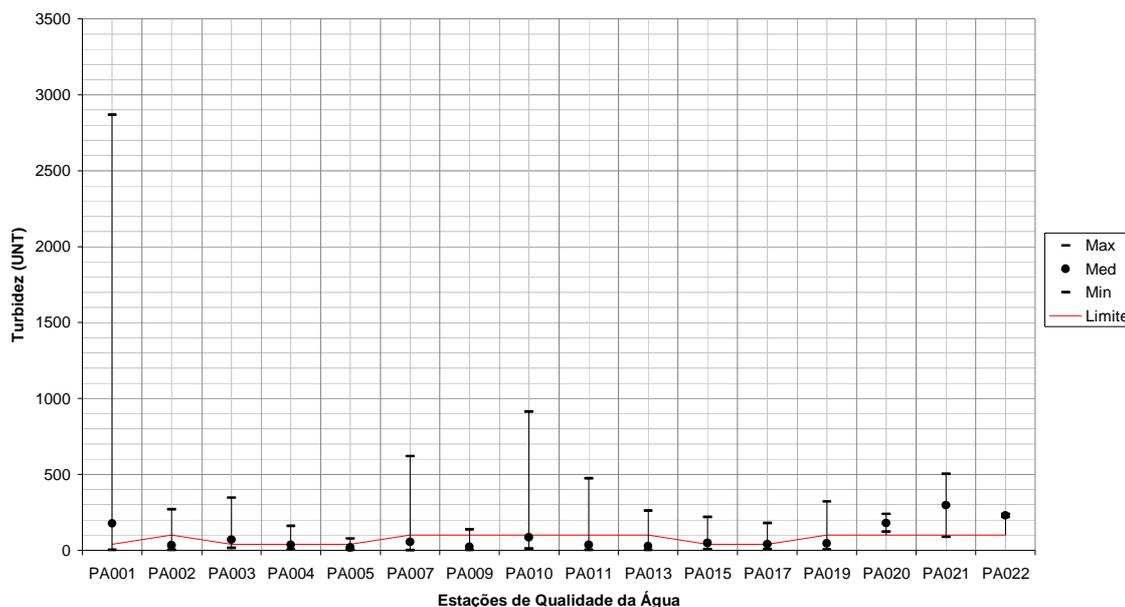


Figura 244 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As duas estações possuem valores fora do limite de turbidez. Através do gráfico com os resultados em relação aos anos, verifica-se que para a estação PA015 todos os anos a turbidez ultrapassa o limite. A estação PA022 possui apenas duas coletas, mas em ambas a concentração ficou na faixa entre 200 UNT e 250 UNT, bem acima do limite de 100 UNT.

No período seco, para a estação PA015, ocorreram alguns anos com turbidez acima do limite de 40 UNT, mas estes valores não ultrapassaram 58 UNT. No período úmido, ambas as estações alcançaram valores em torno de 220 UNT.

As **Figuras 245 e 246** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Lambari ao longo dos anos monitorados.

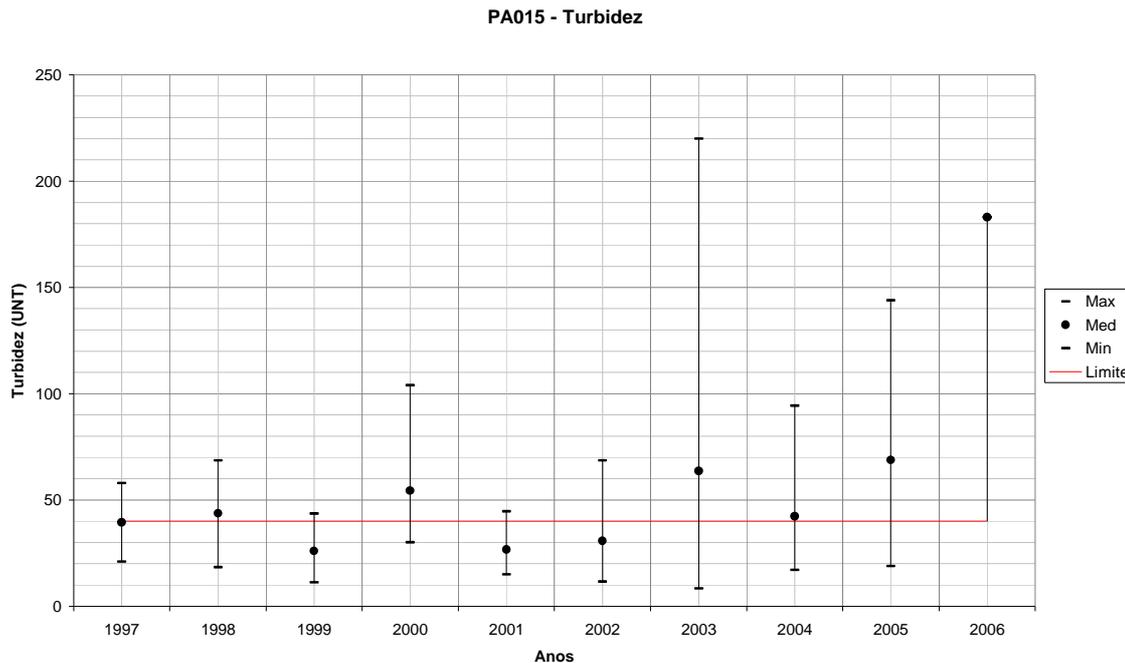


Figura 245 – Variação de Turbidez para PA015 em todos os anos monitorados.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

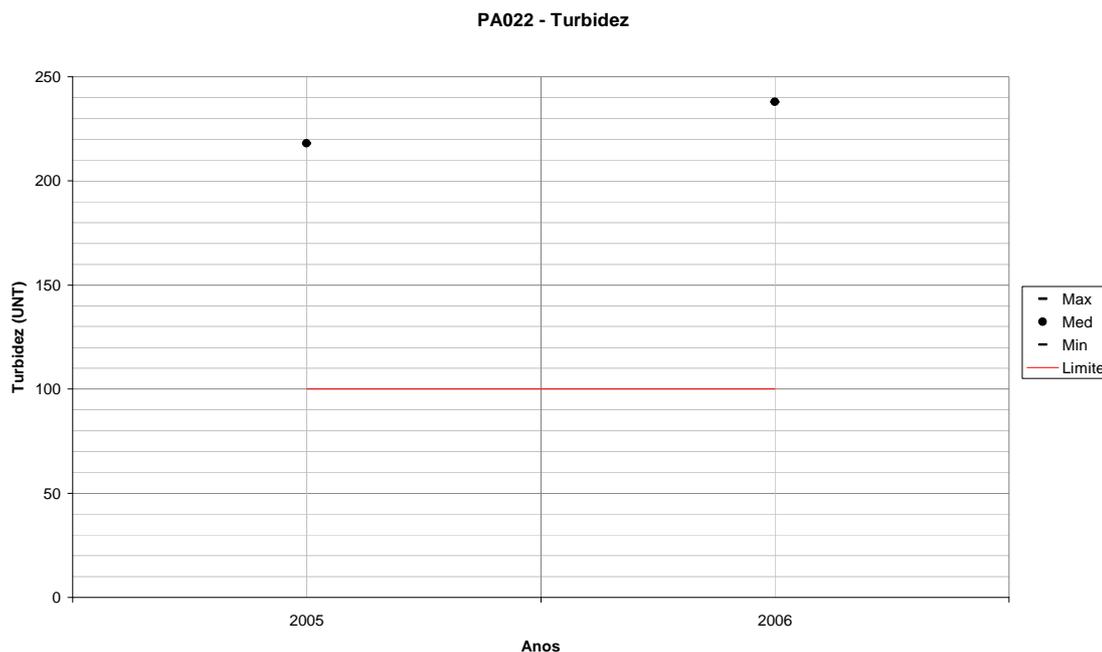


Figura 246 – Variação de Turbidez para PA022 em todos os anos monitorados.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 247** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

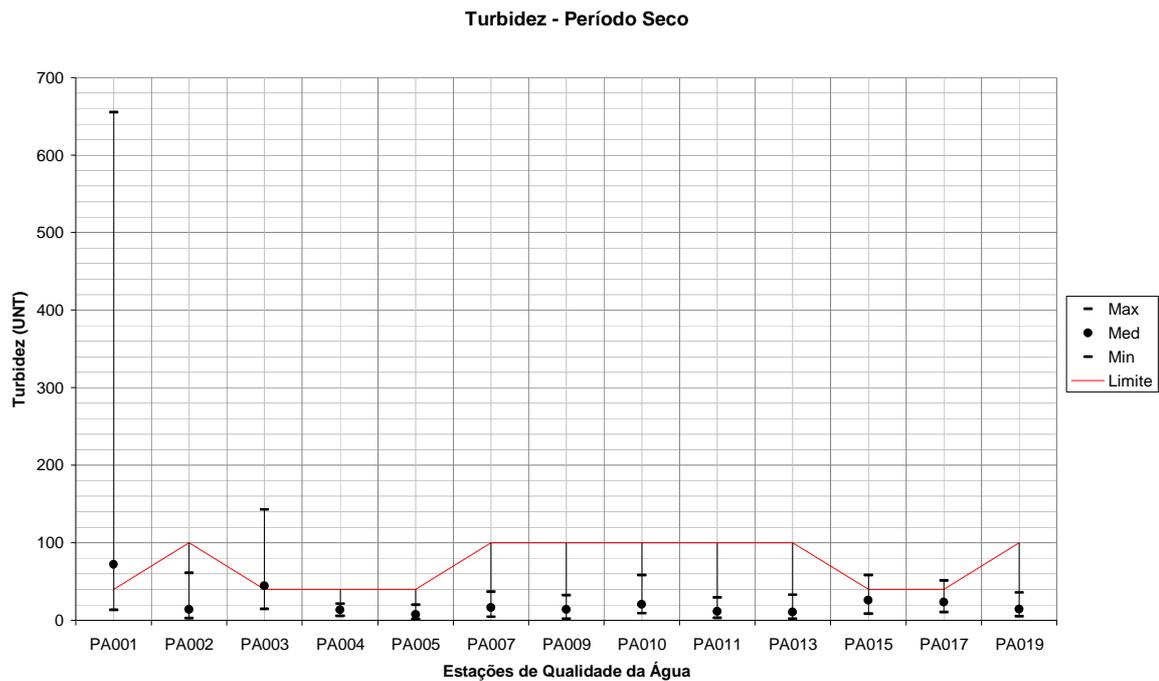


Figura 247 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 248** a seguir mostra o comportamento da Turbidez na estação de monitoramento PA015 da Sub-bacia Rio Lambari no período seco dos anos monitorados. A PA022 não teve campanhas.

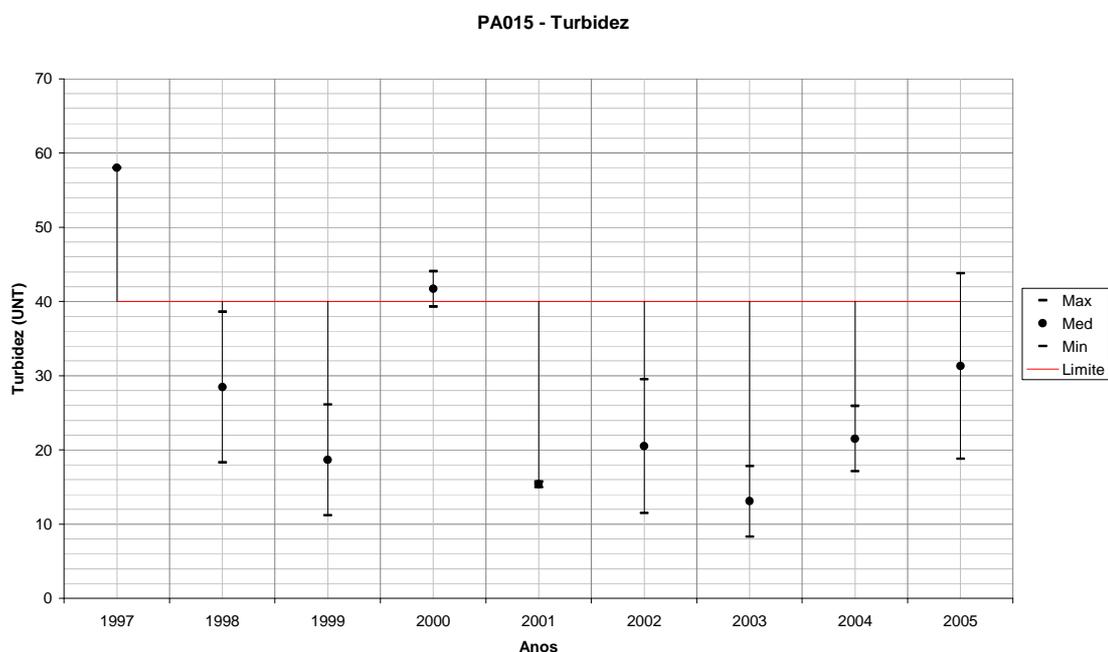


Figura 248 – Variação de Turbidez para PA015 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 249** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

Turbidez - Período Úmido

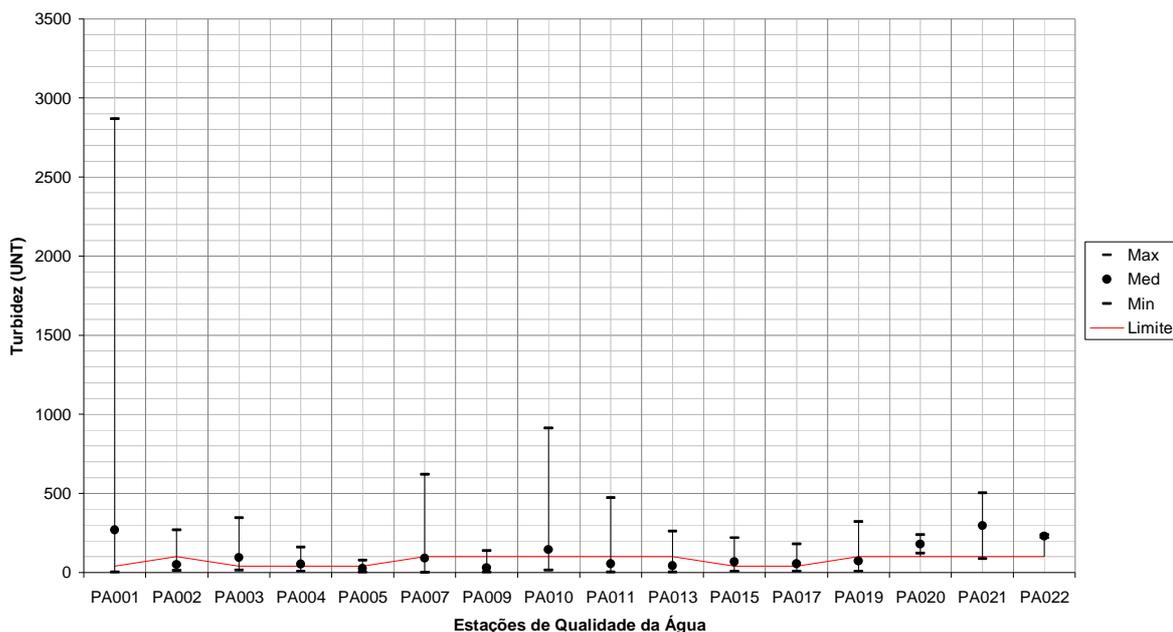


Figura 249 – Variação da Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As Figuras 250 e 251 a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Lambari no período úmido dos anos monitorados.

PA015 - Turbidez

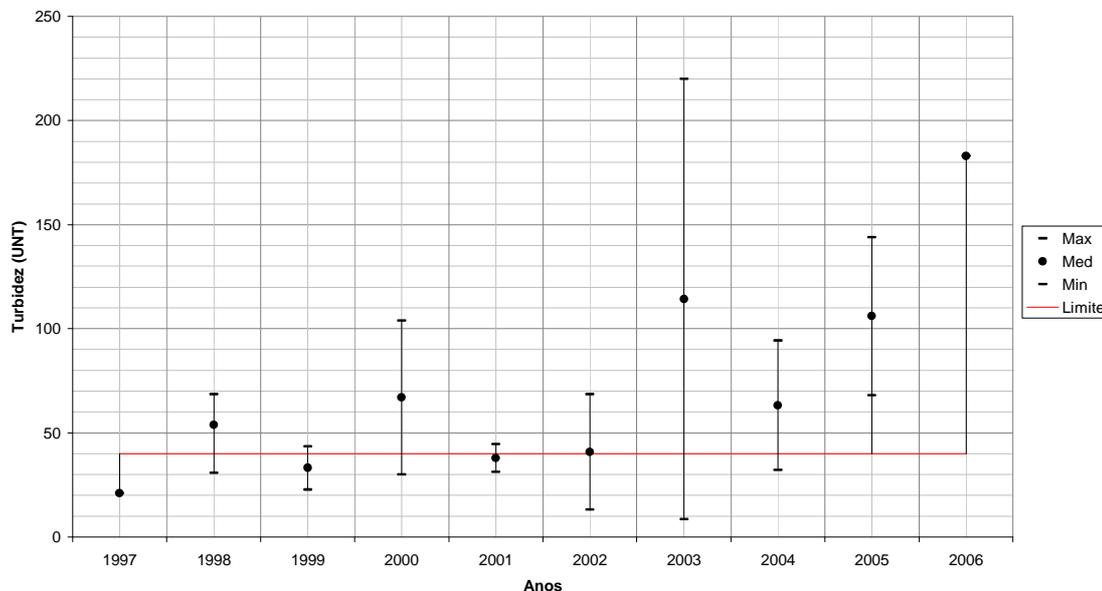


Figura 250 – Variação de Turbidez para PA015 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

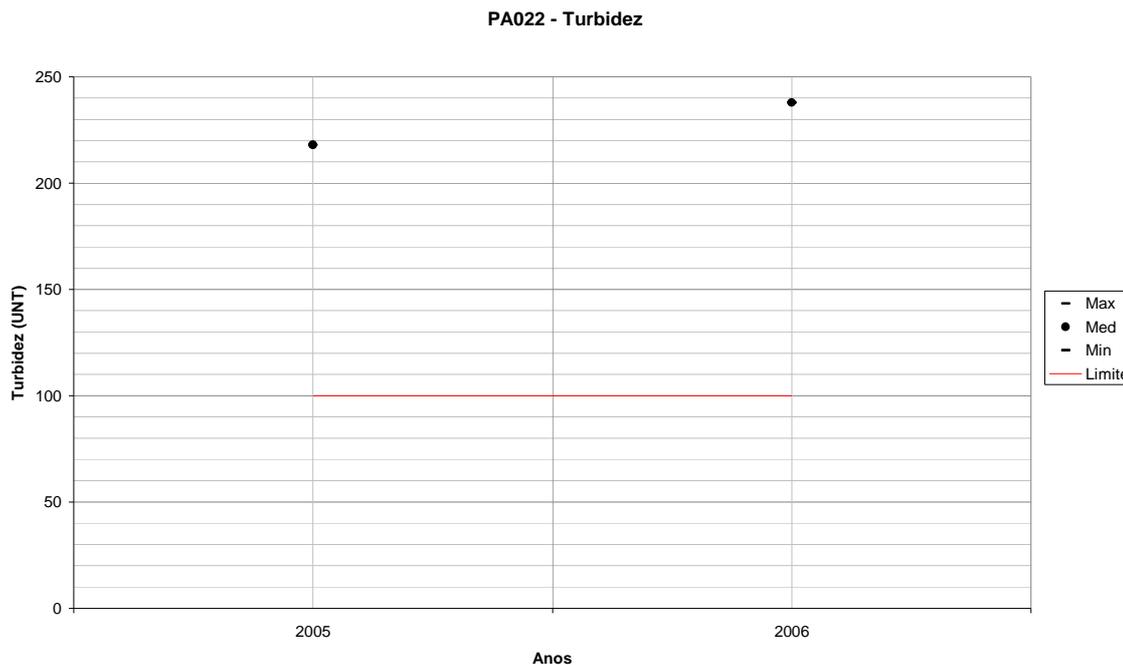


Figura 251 – Variação de Turbidez para PA022 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.5.1.2.8 Sub-bacia Rio do Peixe

Não existem estações de qualidade da água para esta Sub-bacia. A estação que está em posição mais próxima, a jusante desta Sub-bacia é a PA019. Pelo posicionamento em relação a esta estação, conforme mostram a **Tabela 80** e a **Figura 95**, esta Sub-bacia é contribuinte nos resultados medidos na mesma, cujas análises estão detalhadas no **item 5.5.1.2.10**, da Sub-Bacia Baixo Rio Pará.

5.5.1.2.9 Sub-bacia Rio Picão

As estações correspondentes à Sub-bacia Rio Picão são: PA017 (Classe 1) e PA021 (Classe 2).

DBO na Sub-bacia Rio Picão

A **Figura 252** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

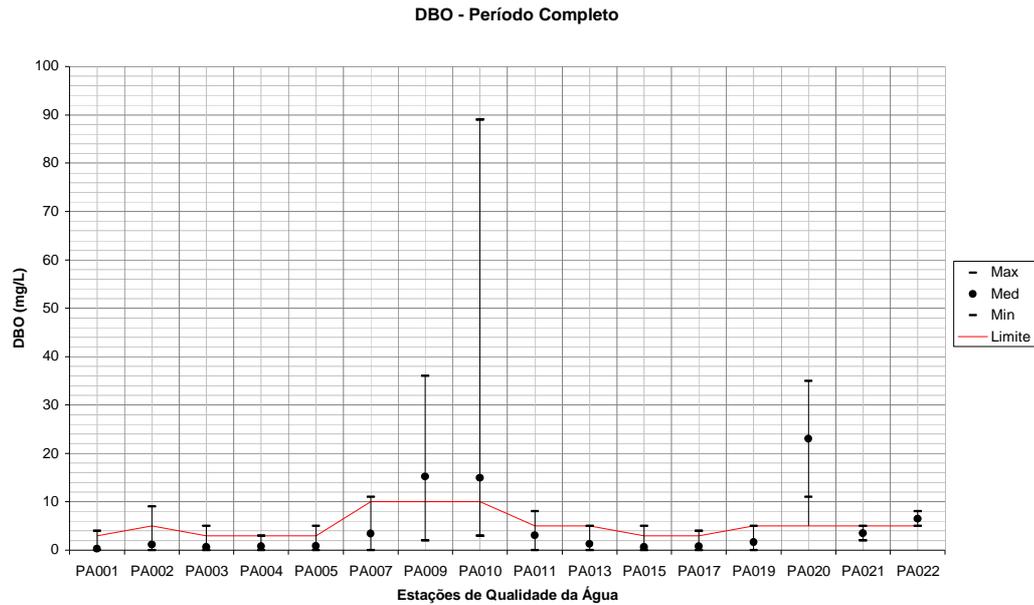


Figura 252 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A estação PA021 é uma estação nova, criada em 2005 e apresenta apenas duas coletas de cada parâmetro. Estas duas coletas foram no período chuvoso e ambas apresentaram valores de DBO abaixo do limite da classe. Na estação PA017 apenas os valores maiores de DBO estão acima do limite, mas a média das concentrações de DBO estão abaixo do limite. Apenas em 1998, estação PA017 violou o limite da classe, a DBO máxima neste ano foi de 4 mg/L.

No período seco a estação PA017 teve todos os seus resultados dentro da classe.

As Figuras 253 e 254 a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Picão ao longo dos anos monitorados.

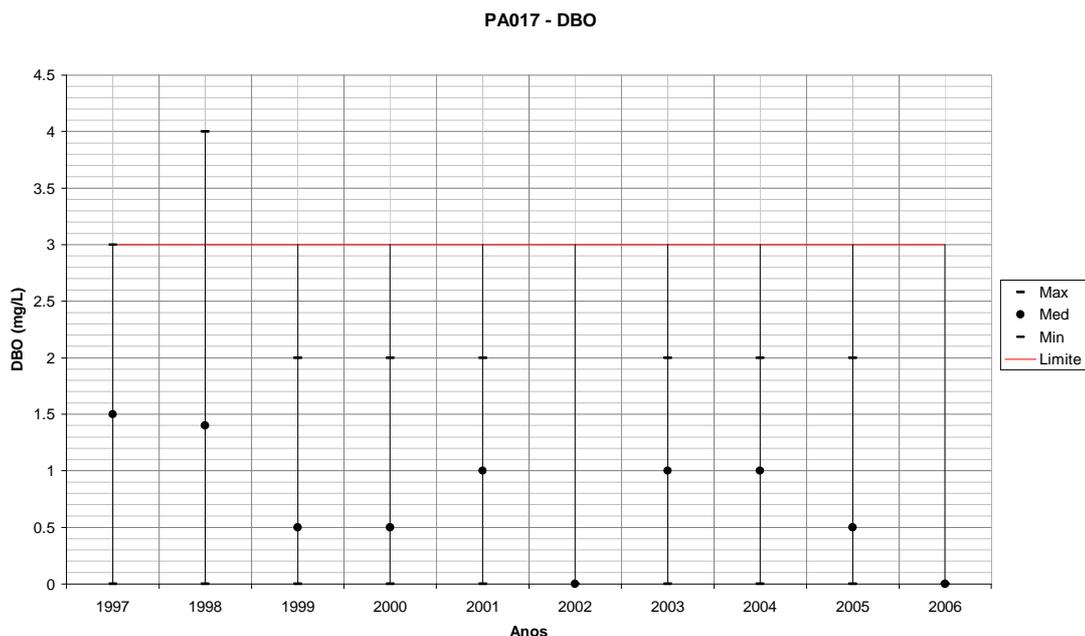


Figura 253 – Variação de DBO para PA017 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

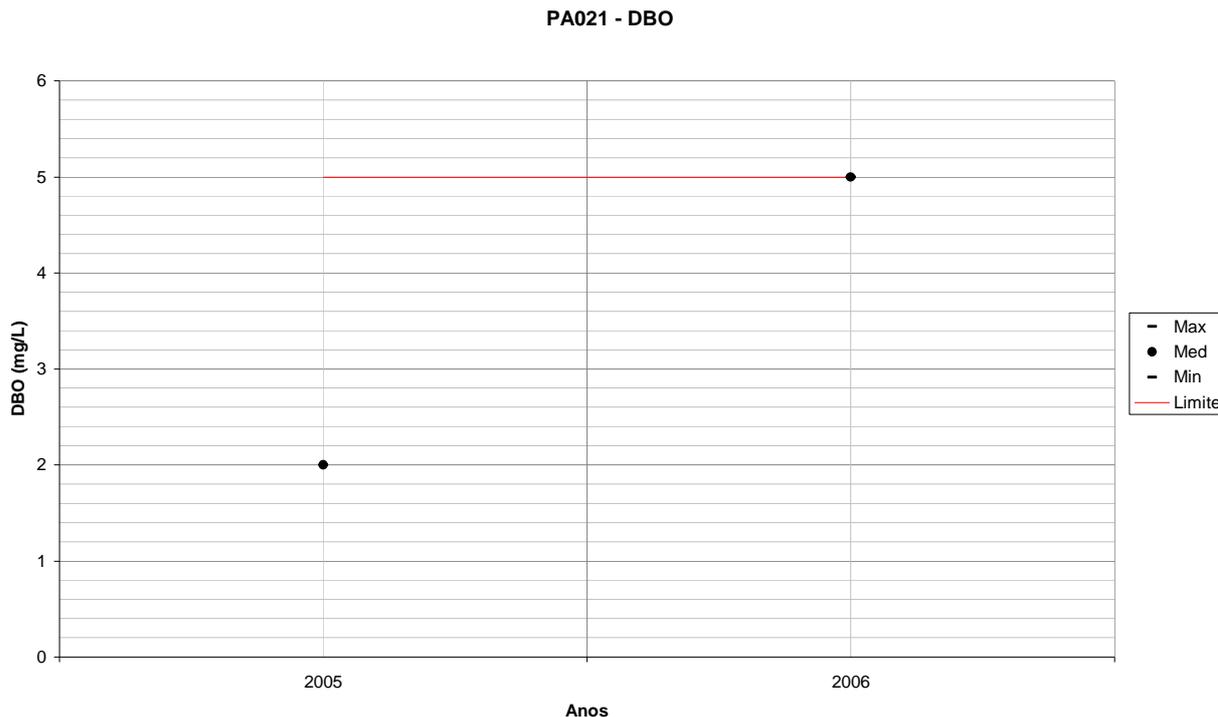


Figura 254 – Variação de DBO para PA021 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 255** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

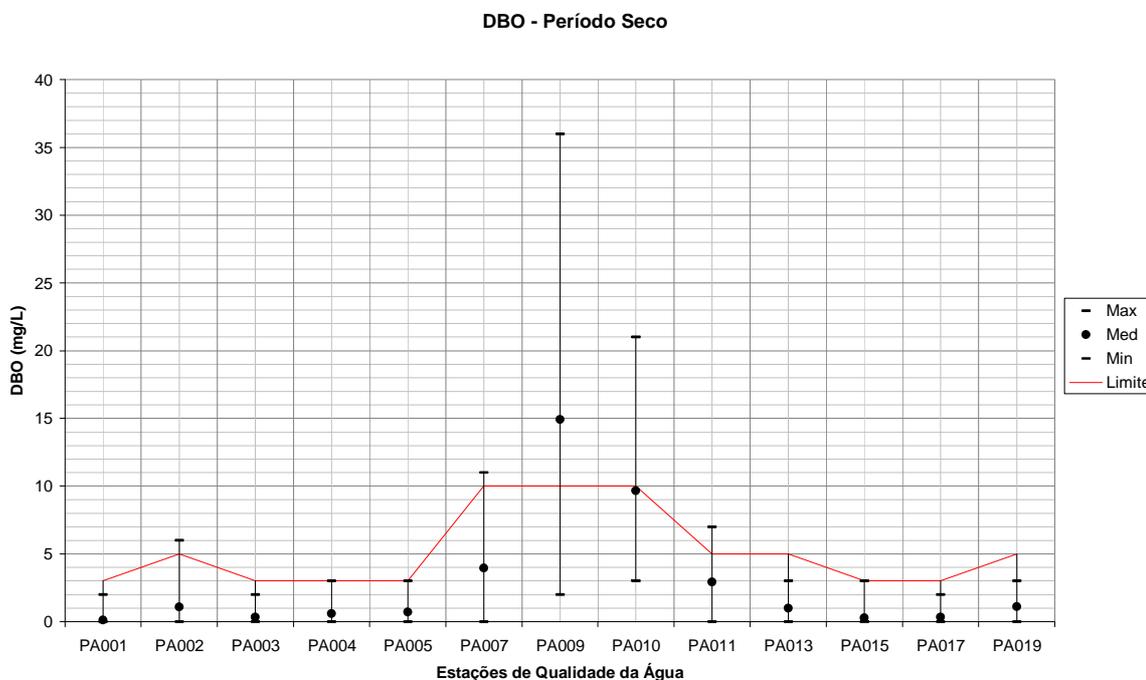


Figura 255 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 256** a seguir mostra o comportamento do DBO na estação de monitoramento PA017 da Sub-bacia Rio Picão no período seco dos anos monitorados. A PA021 não teve campanhas.

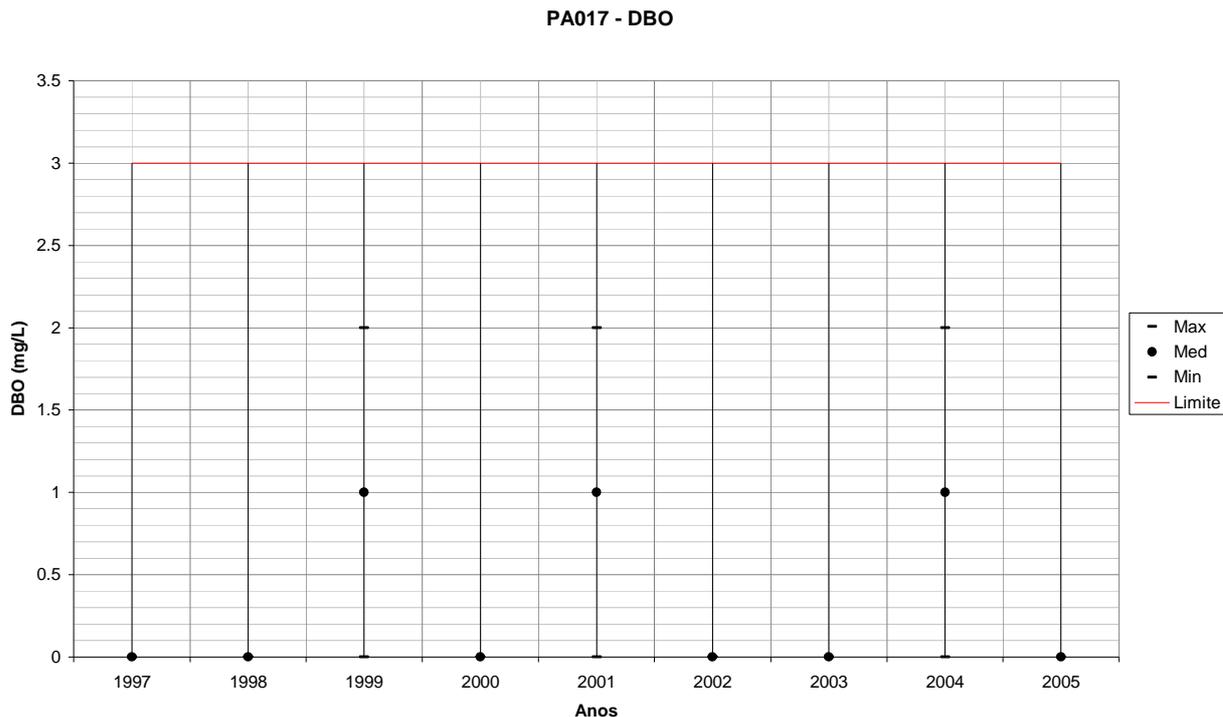


Figura 256 – Variação de DBO para PA017 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 257** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

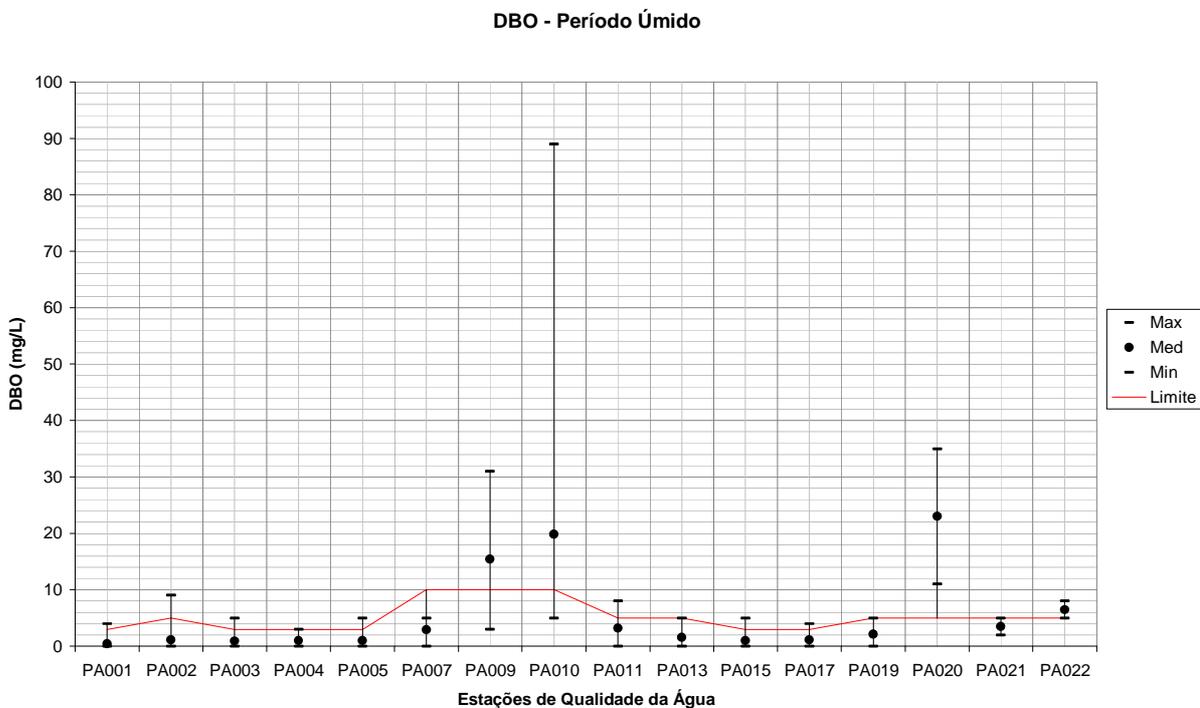


Figura 257 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 258 e 259** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Picão no período úmido dos anos monitorados.

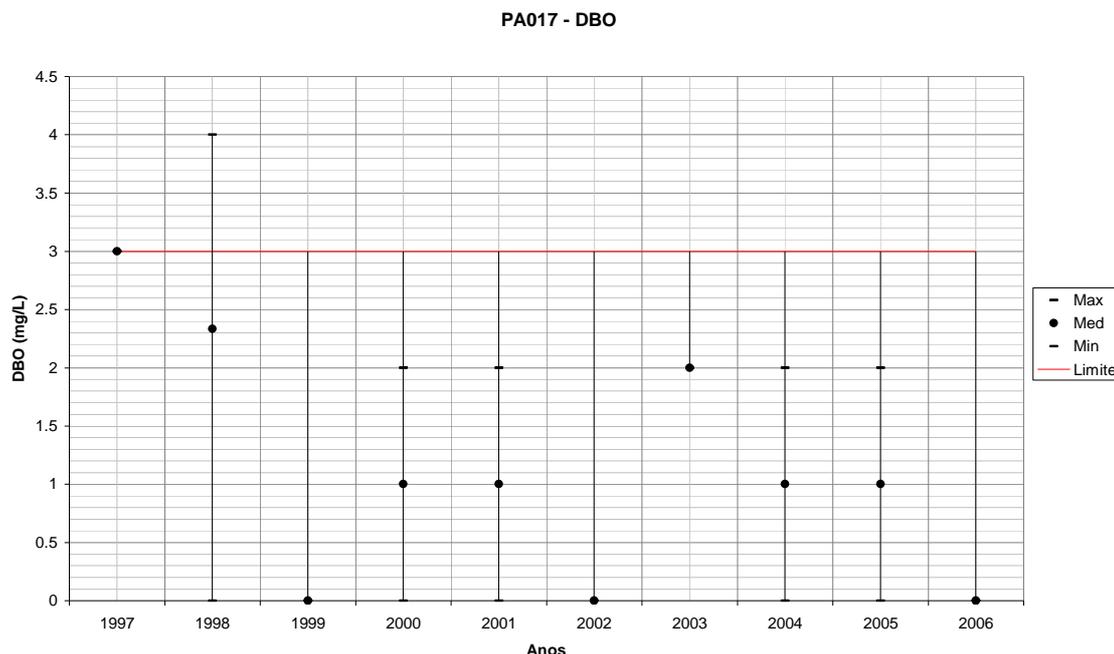


Figura 258 – Variação de DBO para PA017 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

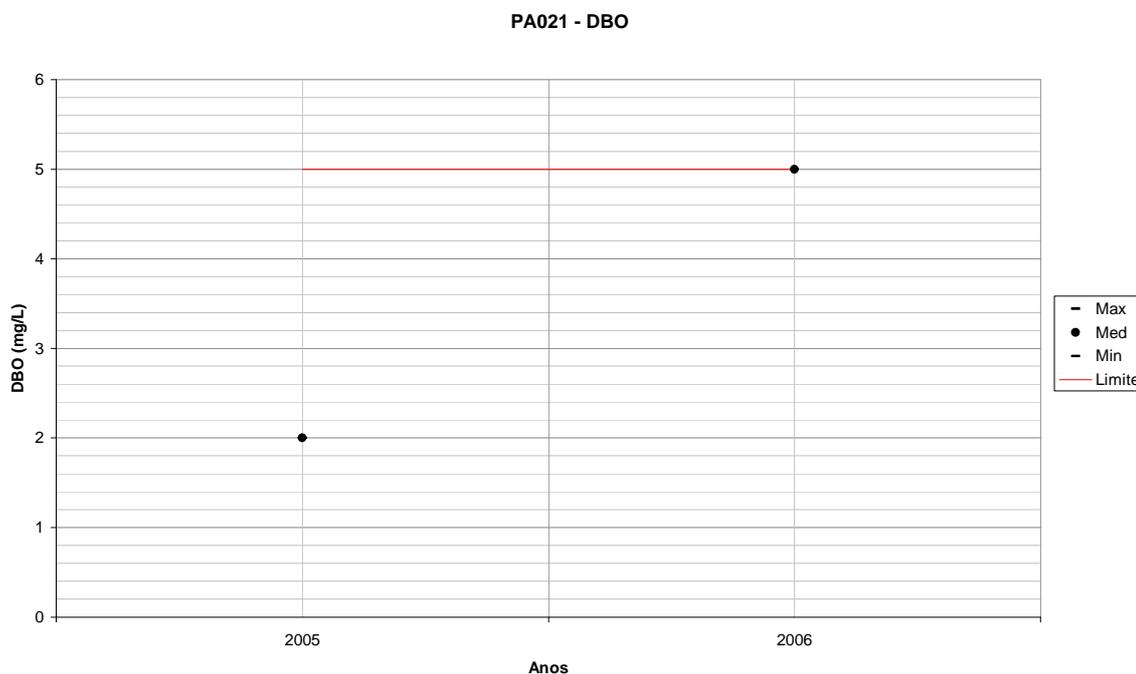


Figura 259 – Variação de DBO para PA021 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

OD na Sub-bacia Rio Picão

A **Figura 260** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

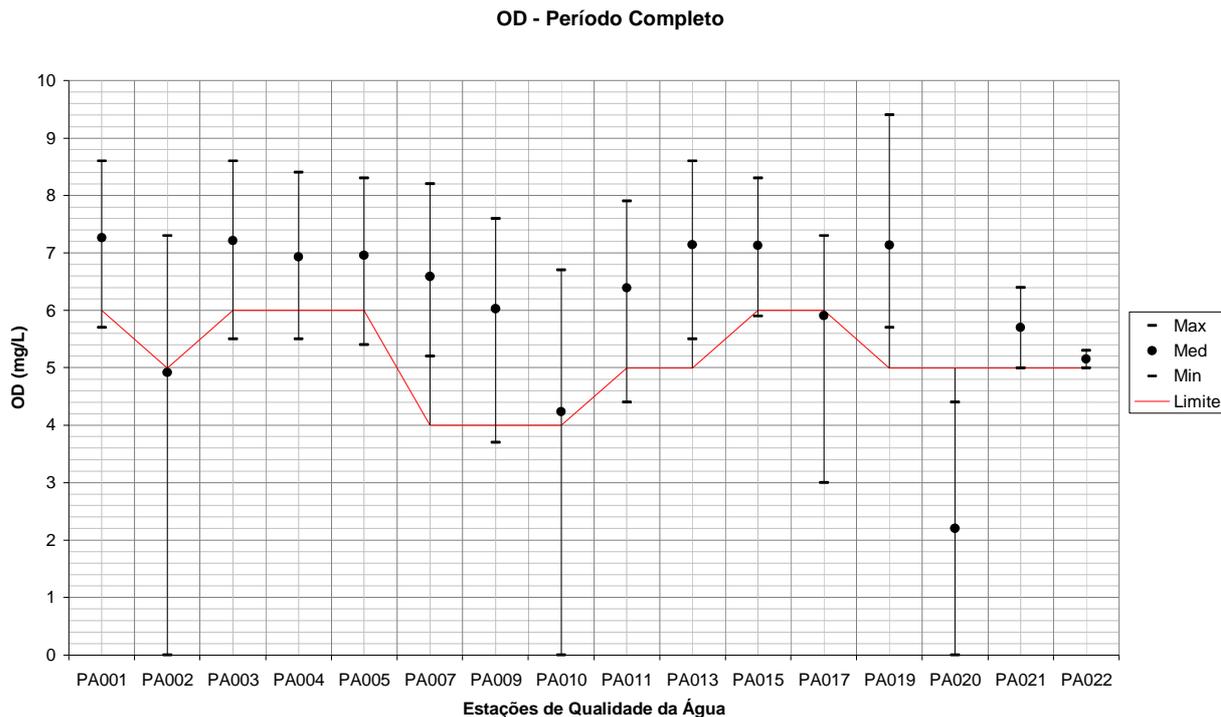


Figura 260 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os valores de OD para a estação PA017 estão em média abaixo do limite da classe, a partir do gráfico anual verifica-se que todos os anos ocorrem valores inferiores a 6 mg/L. Já para a estação PA021 os valores de OD estão sempre acima do limite mínimo da classe.

O período seco para a estação PA017 demonstra que o problema de OD está relacionado com a poluição difusa, pois para este período de estiagem a concentração de OD está acima do limite mínimo, em praticamente, todos os anos.

As **Figuras 261 e 262** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Picão ao longo dos anos monitorados.

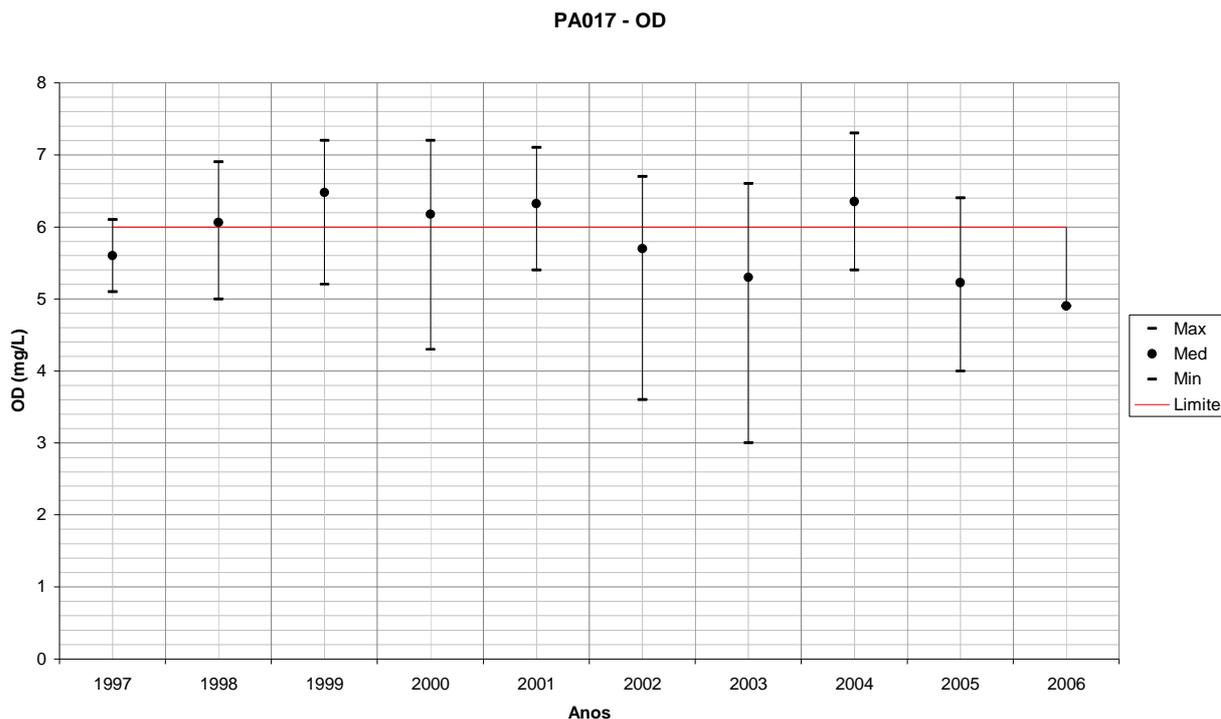


Figura 261 – Variação de OD para PA017 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

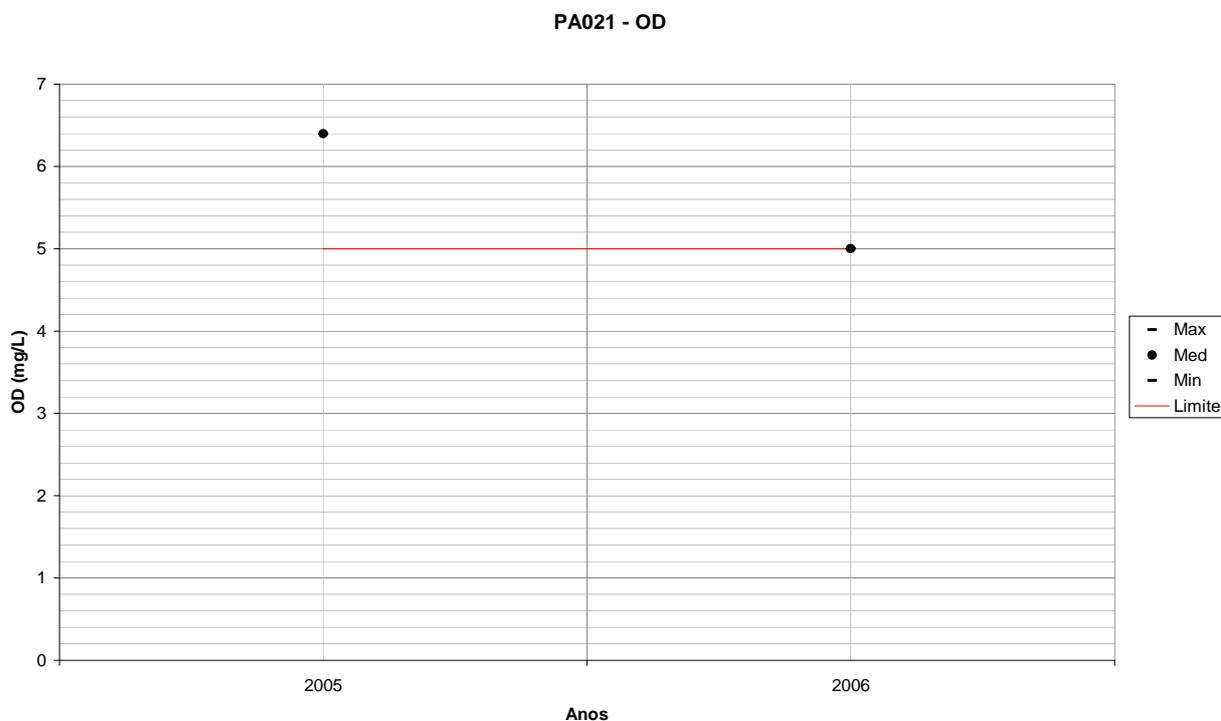


Figura 262 – Variação de OD para PA021 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 263** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

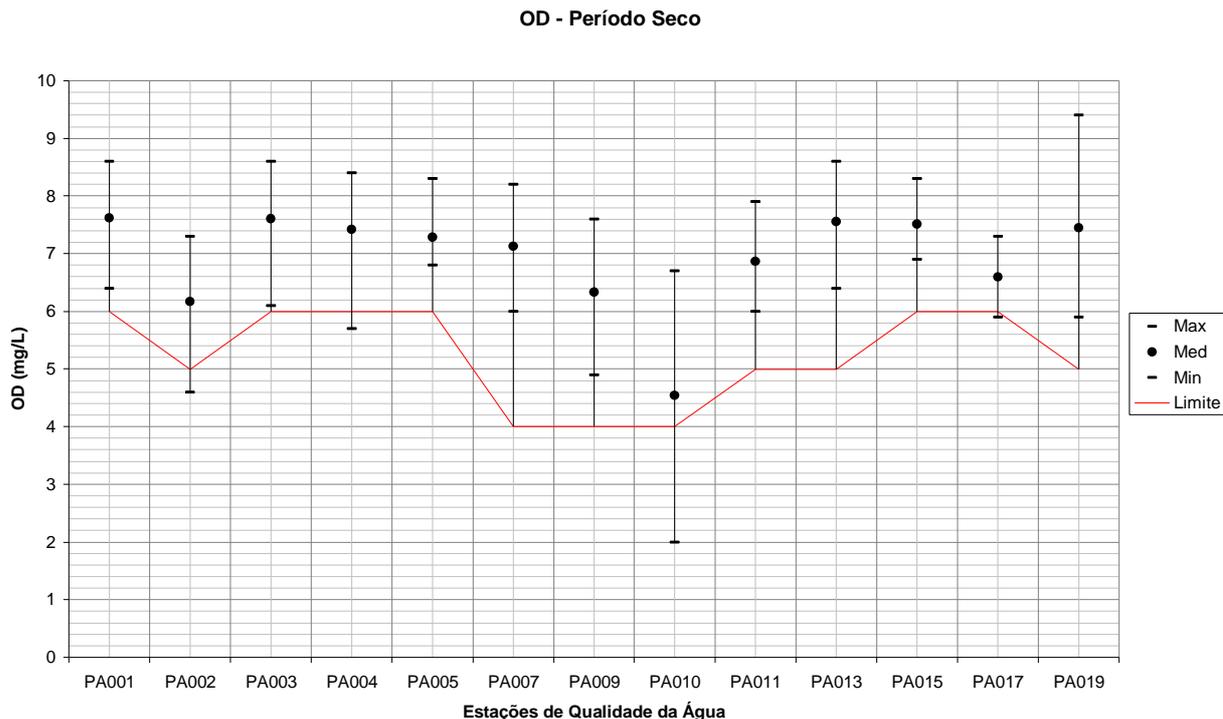


Figura 263 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 264** a seguir mostra o comportamento do OD na estação de monitoramento PA015 da Sub-bacia Rio Picão no período seco dos anos monitorados. A Estação PA022 não teve campanhas.

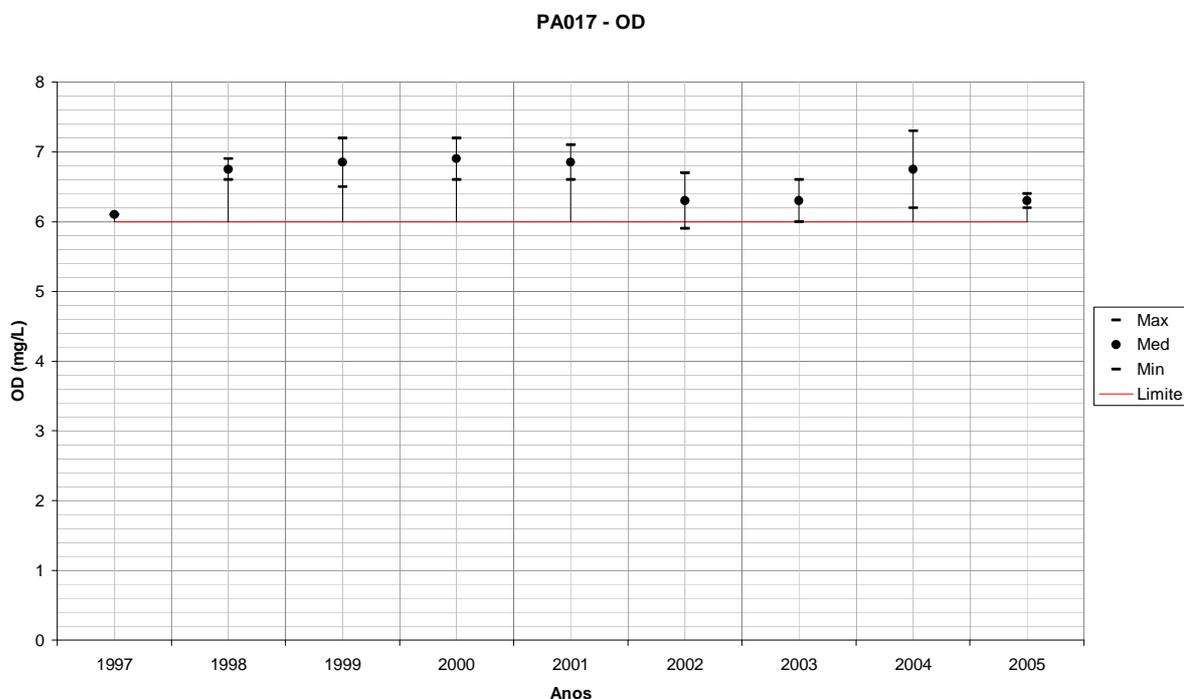


Figura 264 – Variação de OD para PA017 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 265** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

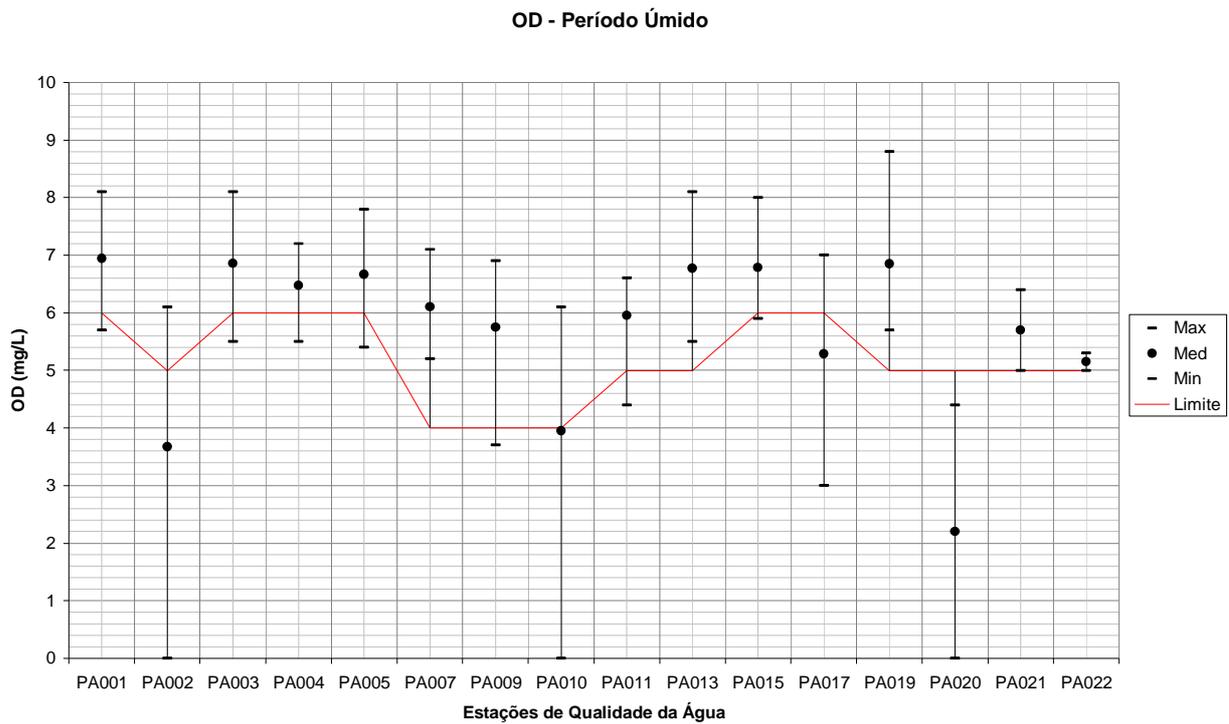


Figura 265 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 266 e 267** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Picão no período úmido dos anos monitorados.

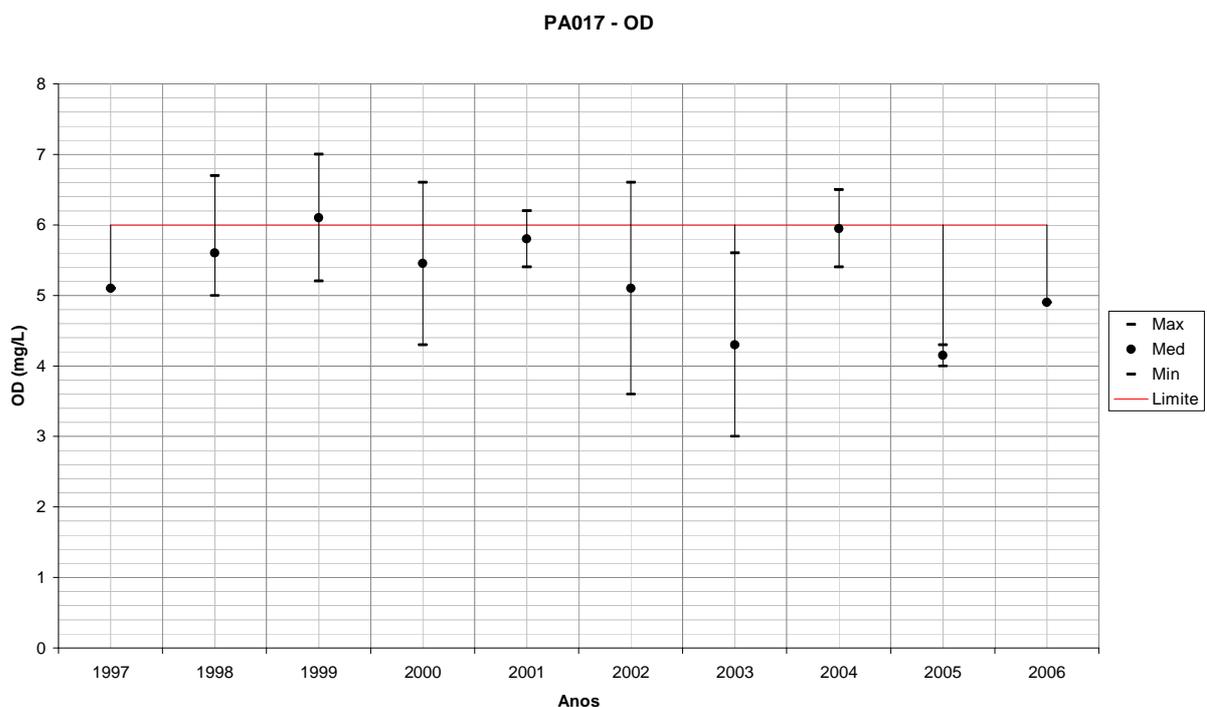


Figura 266 – Variação de OD para PA017 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

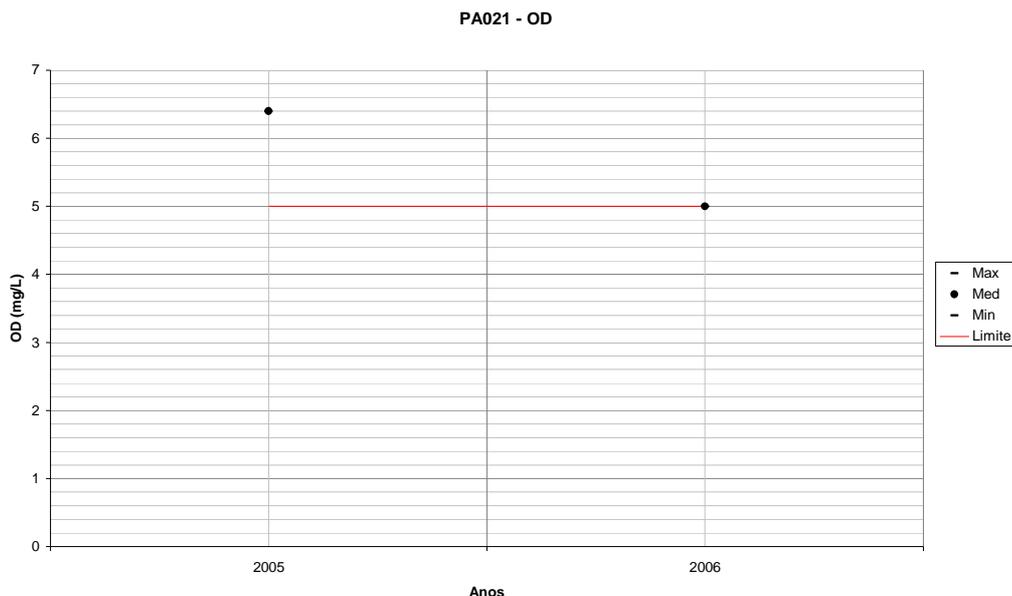


Figura 267 – Variação de OD para PA021 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Turbidez na Sub-bacia Rio Picão

A **Figura 268** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

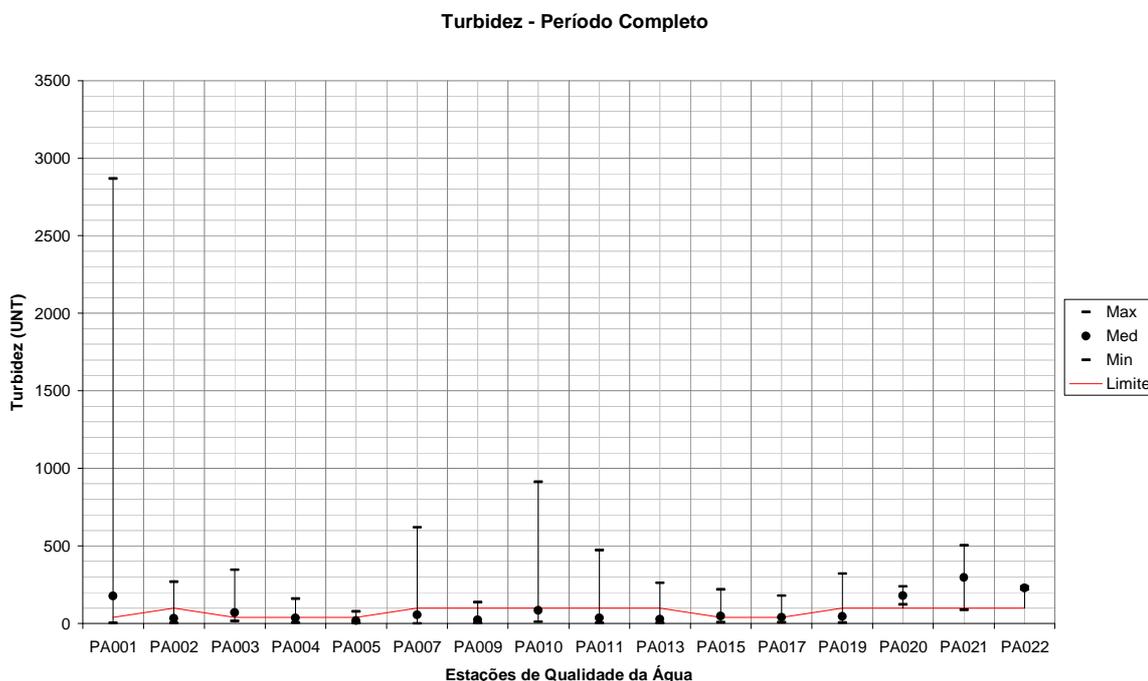


Figura 268 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As estações PA017 e PA021 tem seus valores superiores ao limite de suas classes, PA017 apresenta em todos os anos valores superiores ao limite, a PA021 apresenta valores próximos ou superiores ao limite.

Para o período seco para a estação PA017, apenas em 1998 apresentou concentrações acima de 40 UNT. Para o período úmido, normalmente os valores estão acima do limite, o valor mais alto de Turbidez foi de 180 UNT em 2005.

As **Figuras 269 e 270** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Picão ao longo dos anos monitorados.

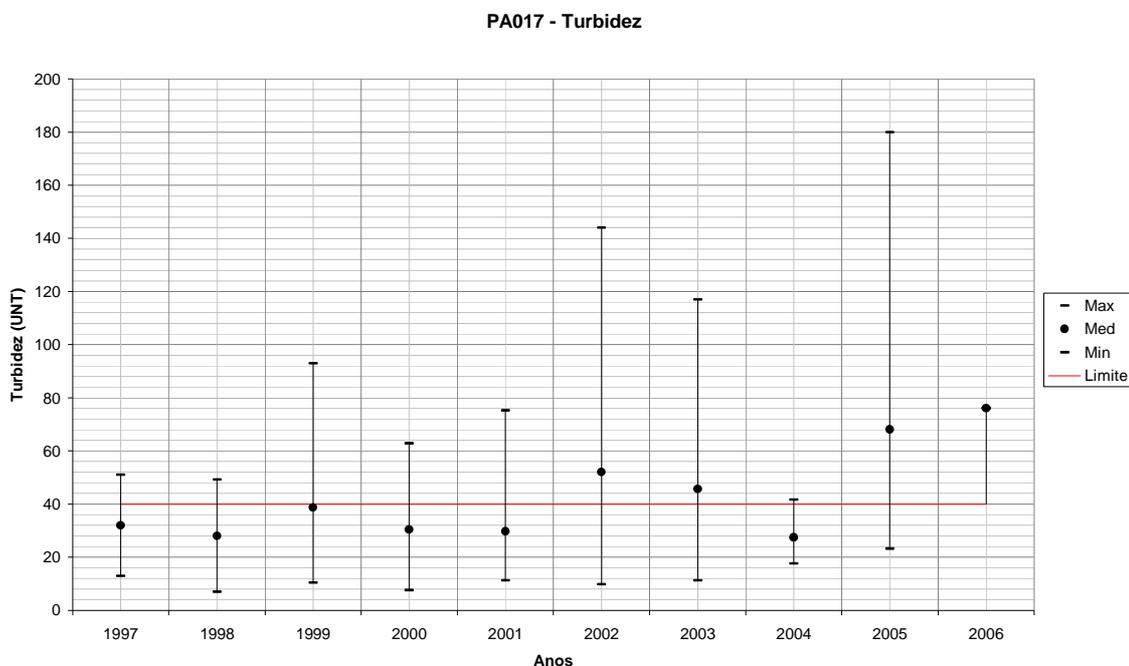


Figura 269 – Variação de Turbidez para PA017 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

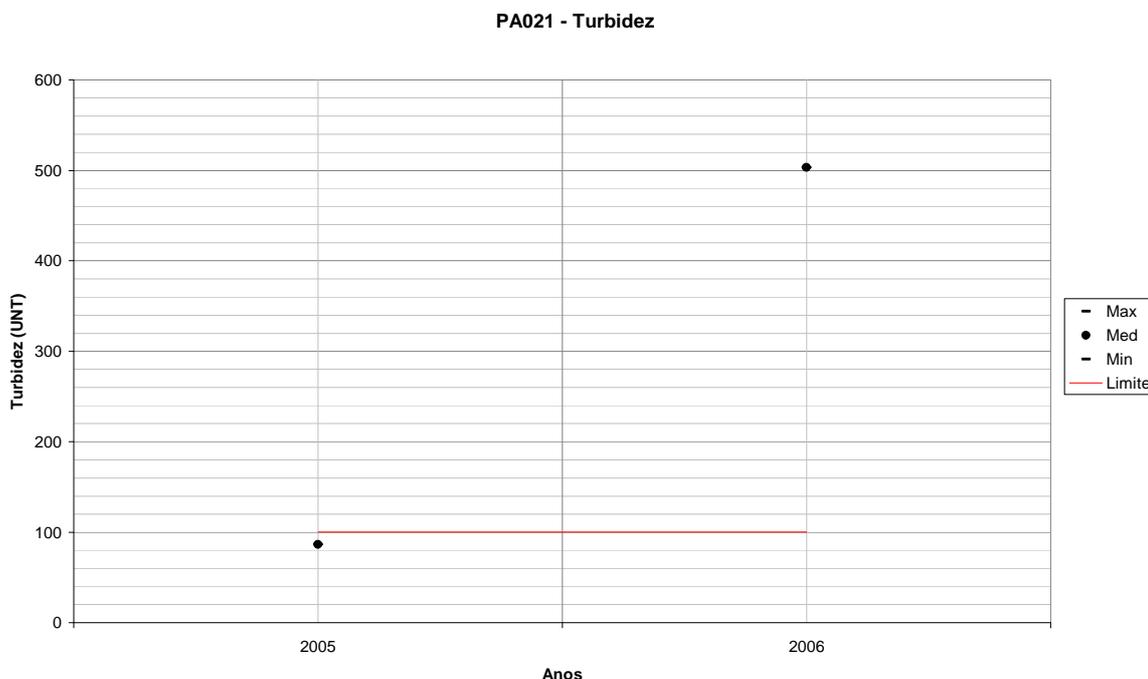


Figura 270 – Variação de Turbidez para PA021 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 271** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

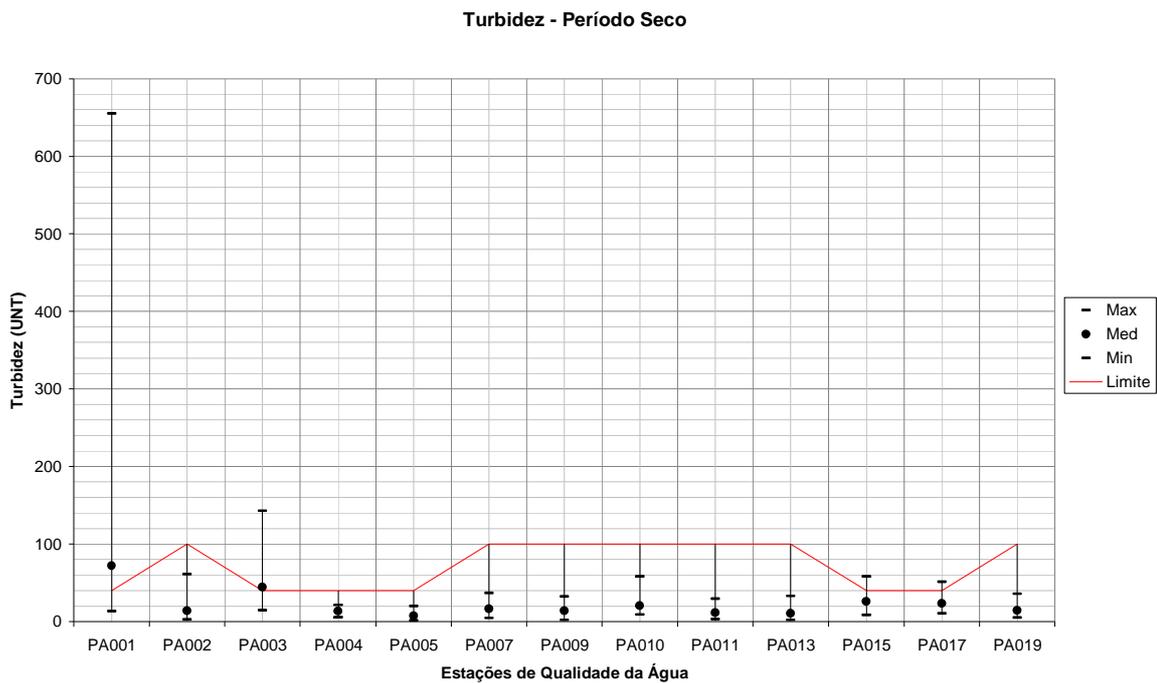


Figura 271 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 272** a seguir mostra o comportamento da Turbidez na estação de monitoramento PA017 da Sub-bacia Rio Picão no período seco dos anos monitorados. A PA021 não teve campanhas.

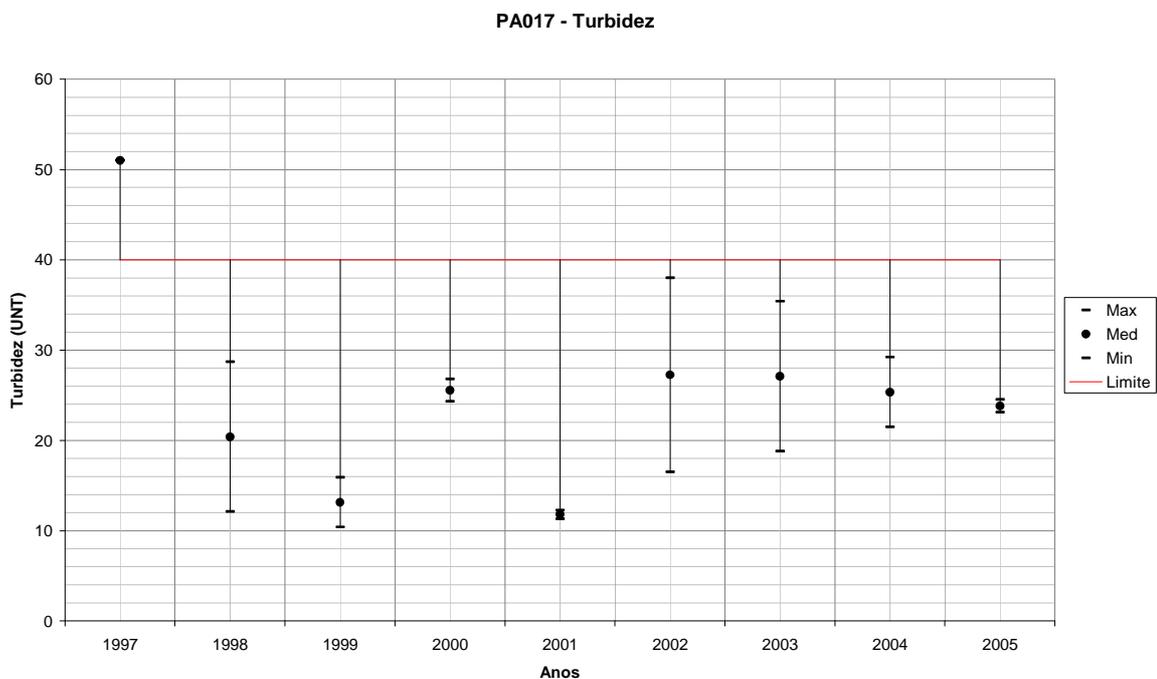


Figura 272 – Variação de Turbidez para PA017 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 273** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

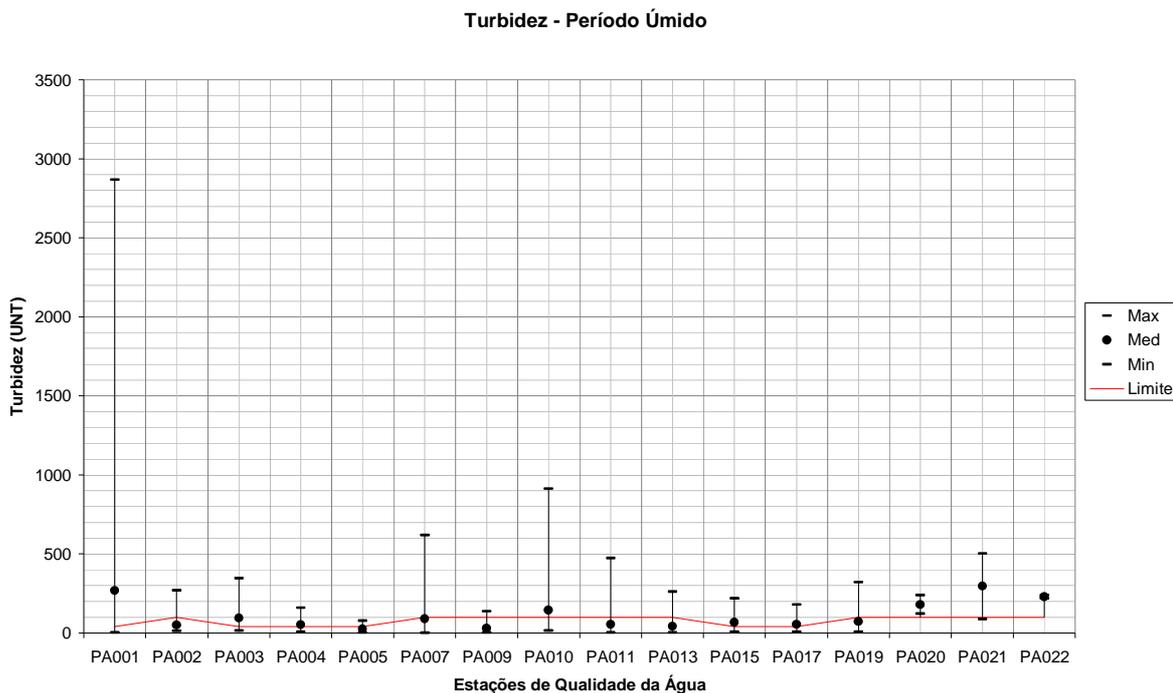


Figura 273 – Variação da Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 274 e 275** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Rio Picão no período úmido dos anos monitorados.

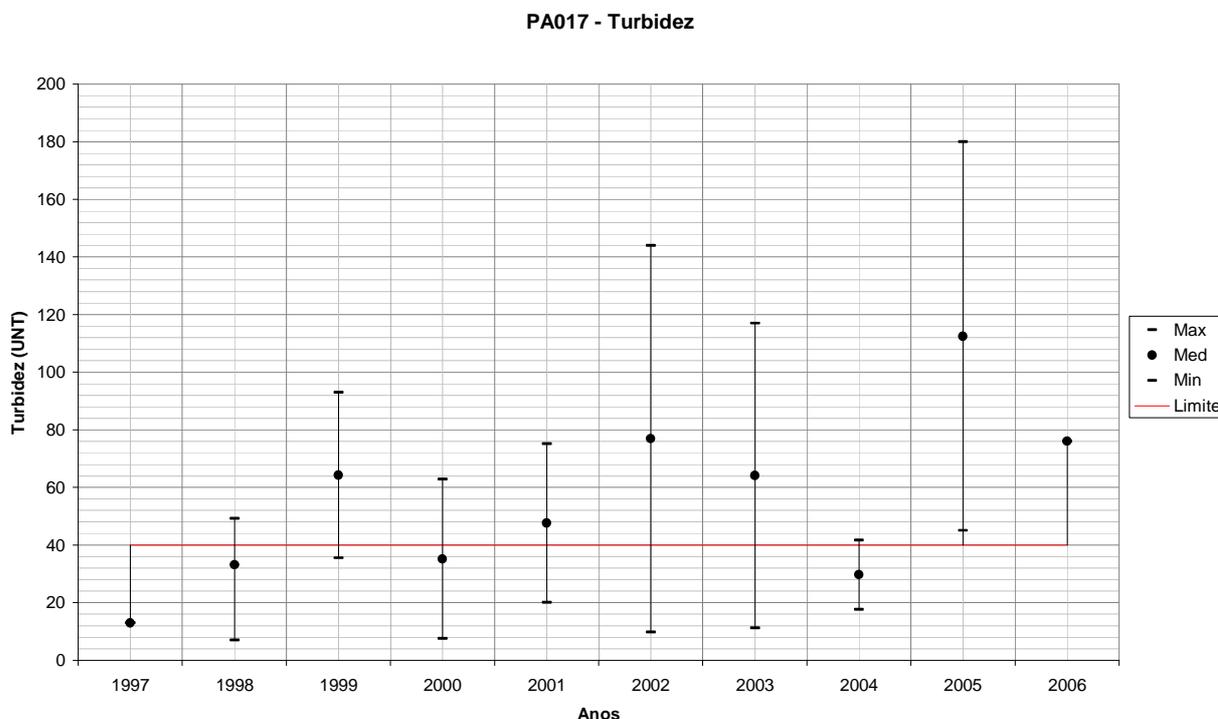


Figura 274 – Variação de Turbidez para PA017 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

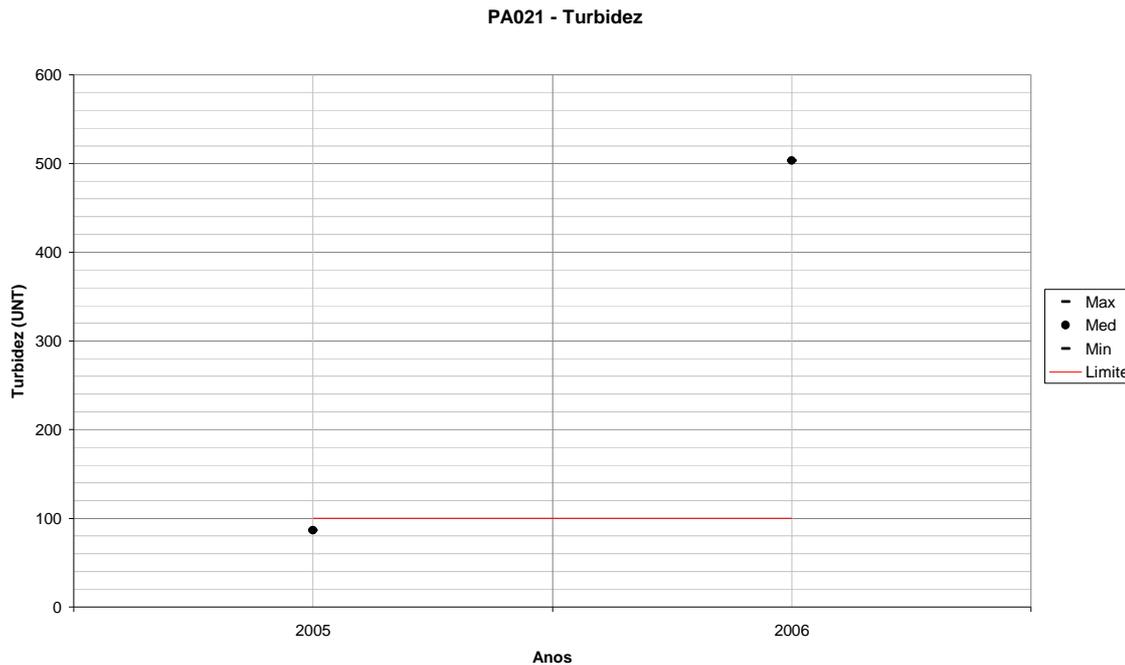


Figura 275 – Variação de Turbidez para PA021 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.5.1.2.10 Sub-bacia Baixo Rio Pará

DBO na Sub-bacia Baixo Rio Pará

As estações correspondentes à Sub-bacia Baixo Rio Pará são: PA013 (Classe 2) e PA019 (Classe 2). A **Figura 276** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

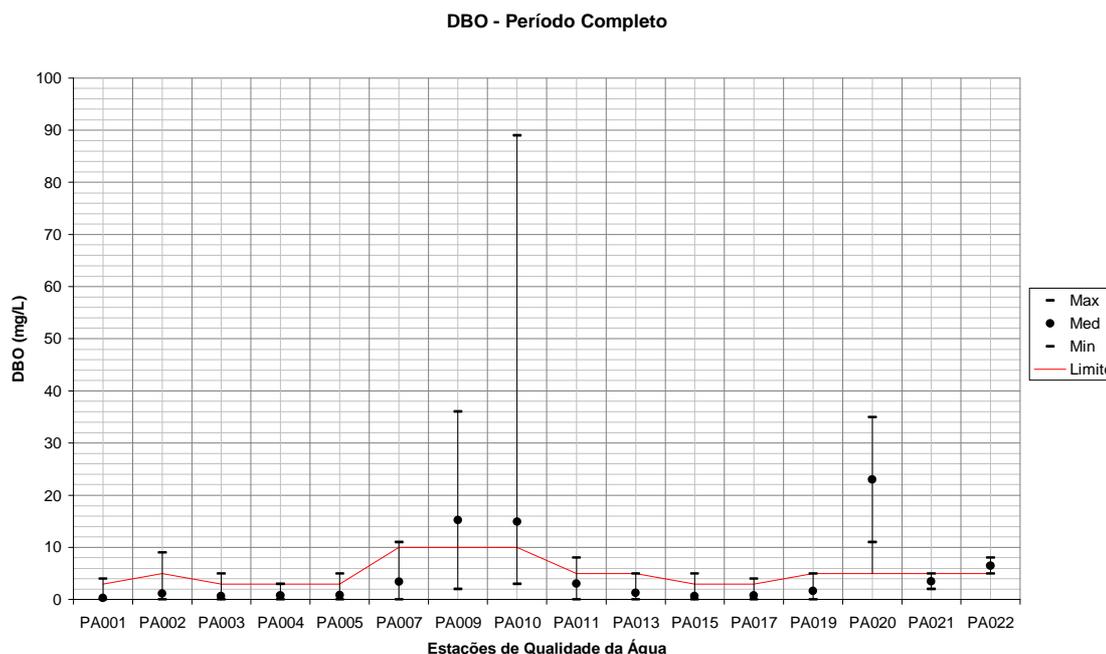


Figura 276 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Ambas as estações possuem valores de DBO abaixo do limite de suas classes, tanto no período seco quanto no período úmido. A estação PA013 possui valores sempre inferiores a 4 mg/L, enquanto que PA019 não passou de 5 mg/L.

No período seco o maior valor para ambas as estações foi de 3 mg/L.

As **Figuras 277 e 278** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

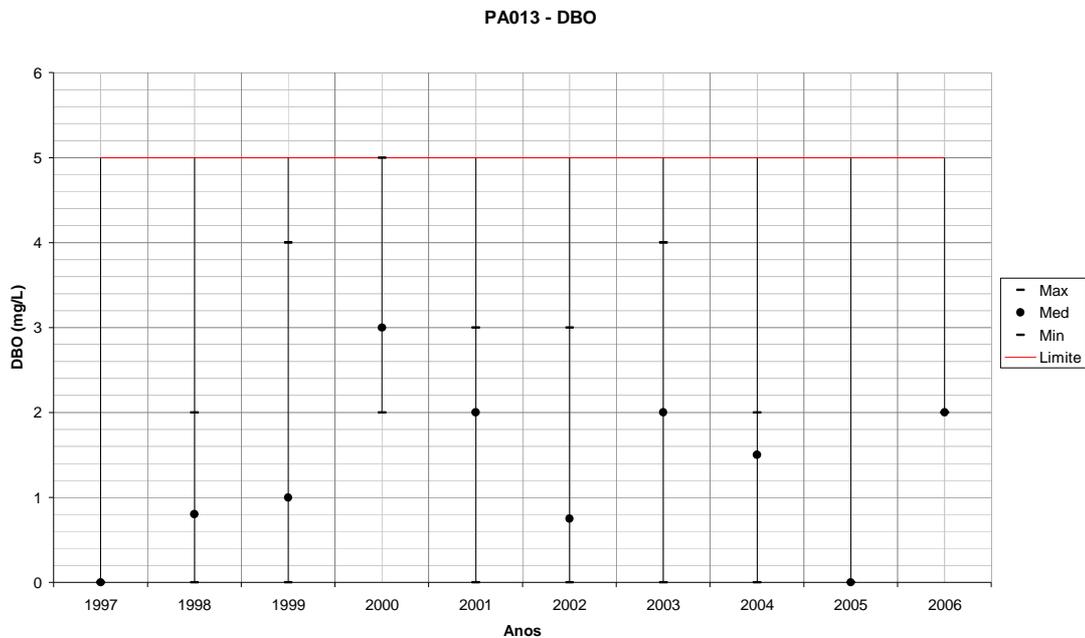


Figura 277 – Variação de DBO para PA013 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

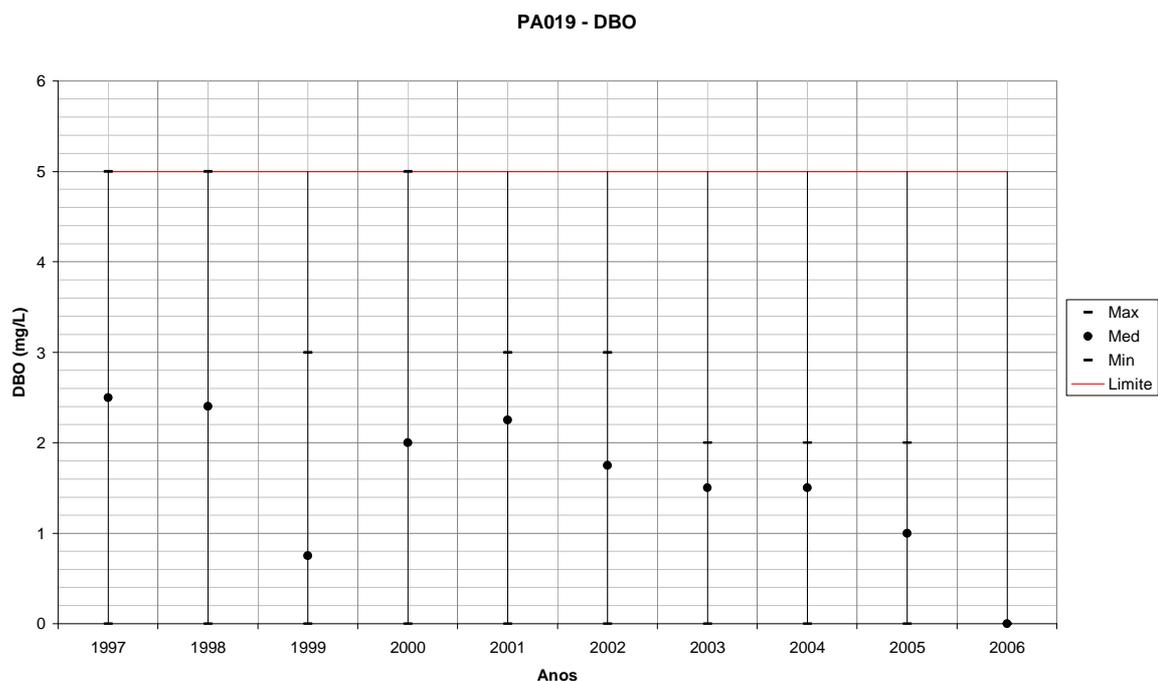


Figura 278 – Variação de DBO para PA019 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 279** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

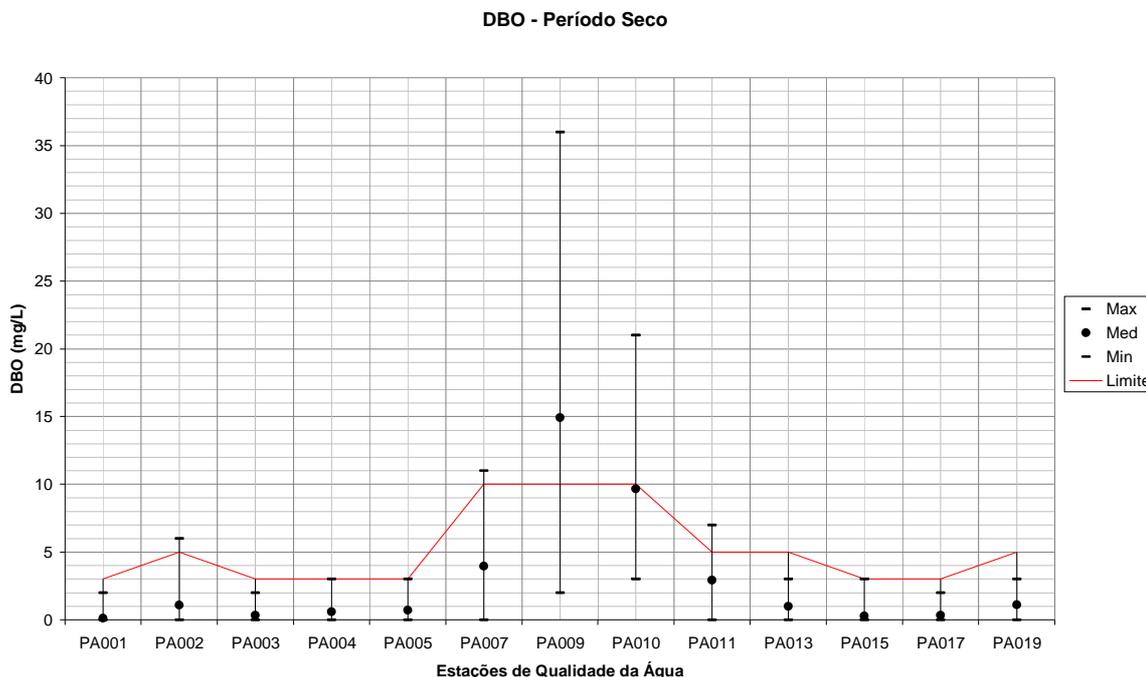


Figura 279 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 280 e 281** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará no período seco dos anos monitorados.

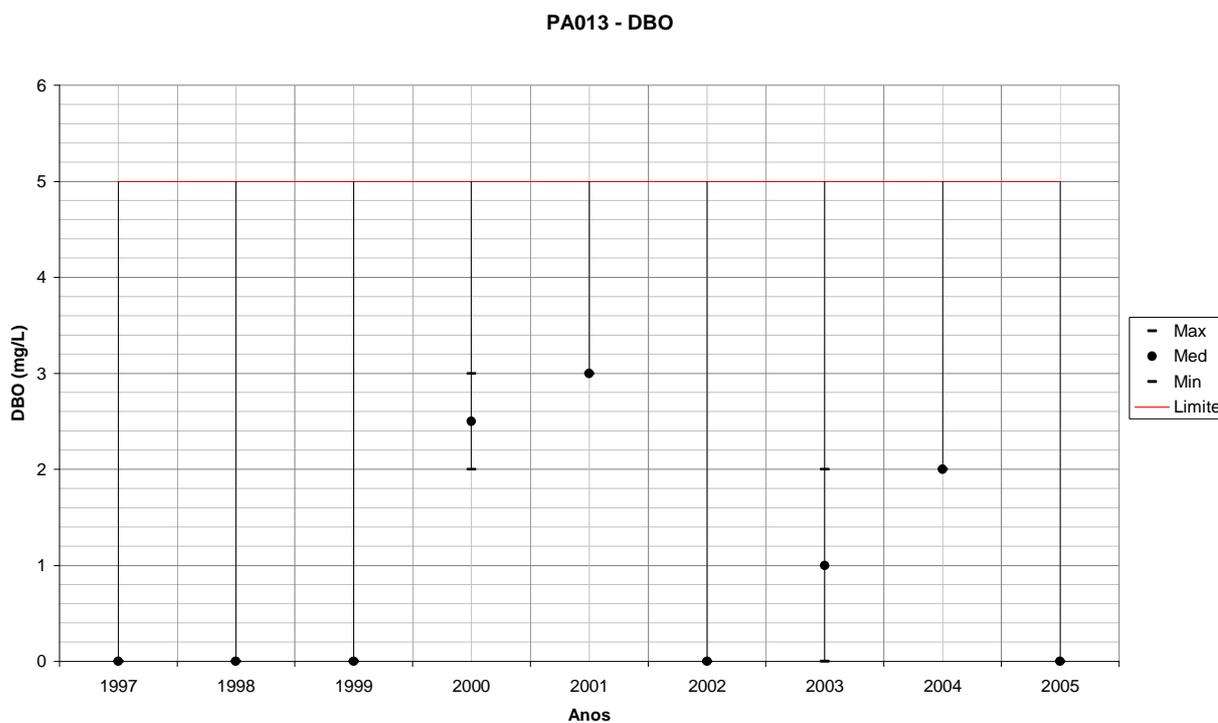


Figura 280 – Variação de DBO para PA013 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

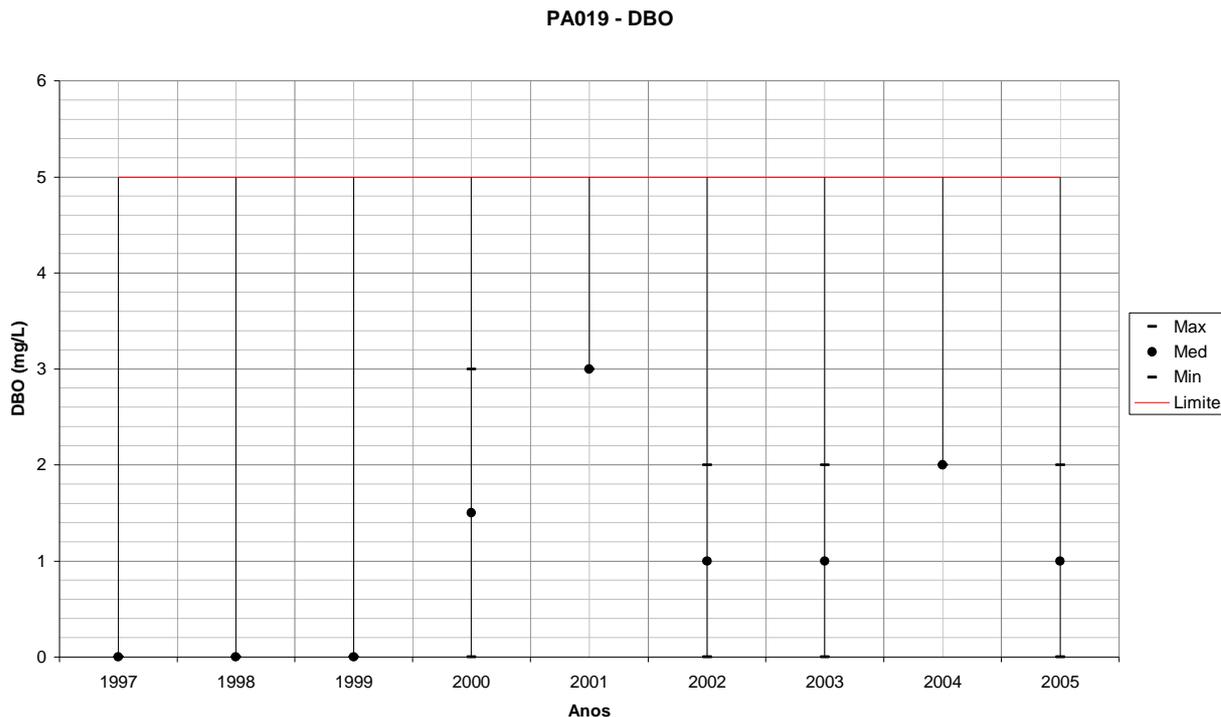


Figura 281 – Variação de DBO para PA019 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 282** mostra a variação de DBO para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

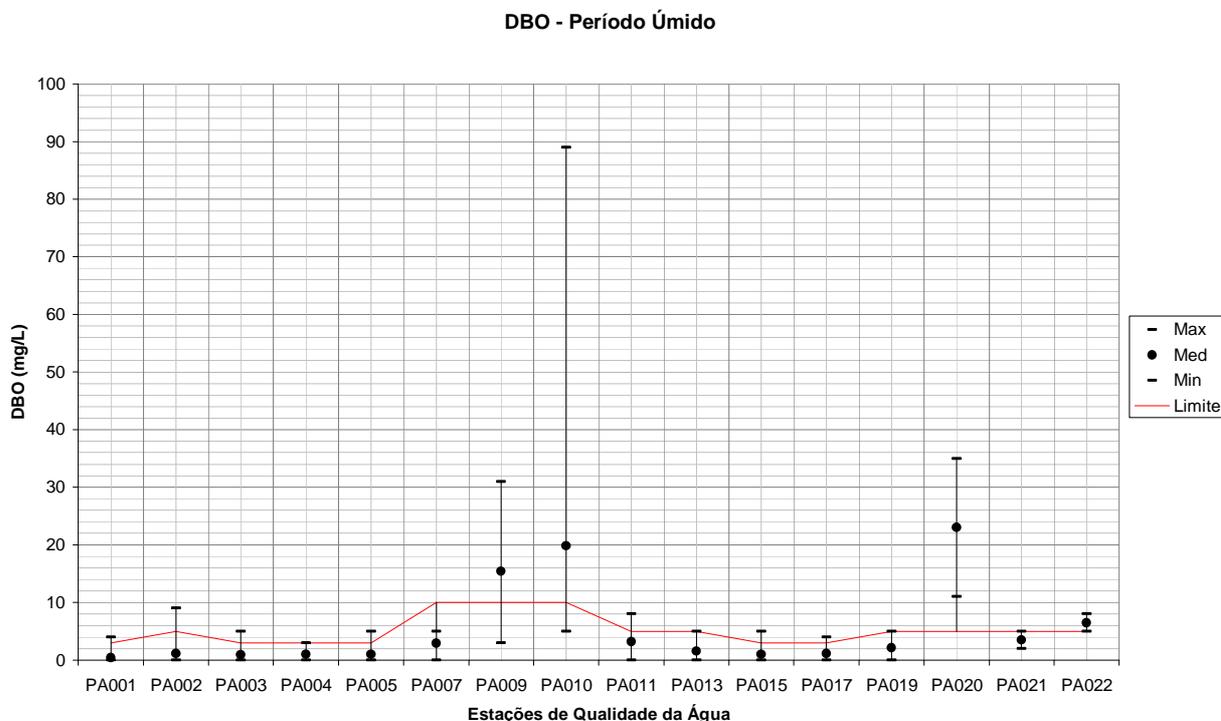


Figura 282 – Variação de DBO para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 283 e 284** a seguir mostram o comportamento do DBO nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

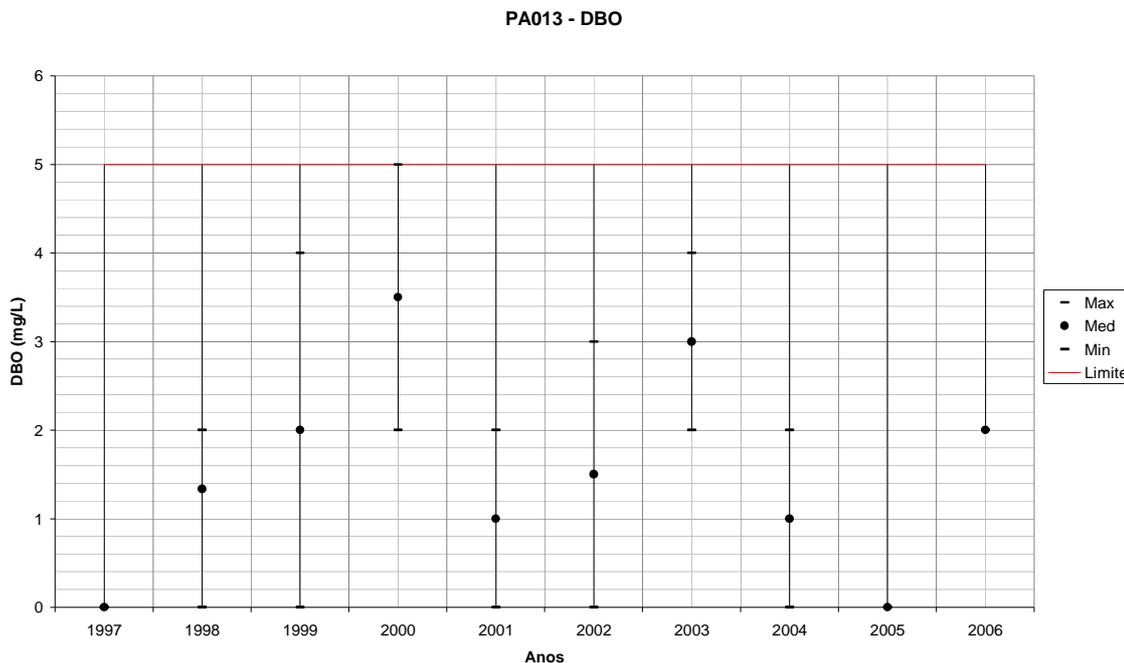


Figura 283 – Variação de DBO para PA013 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

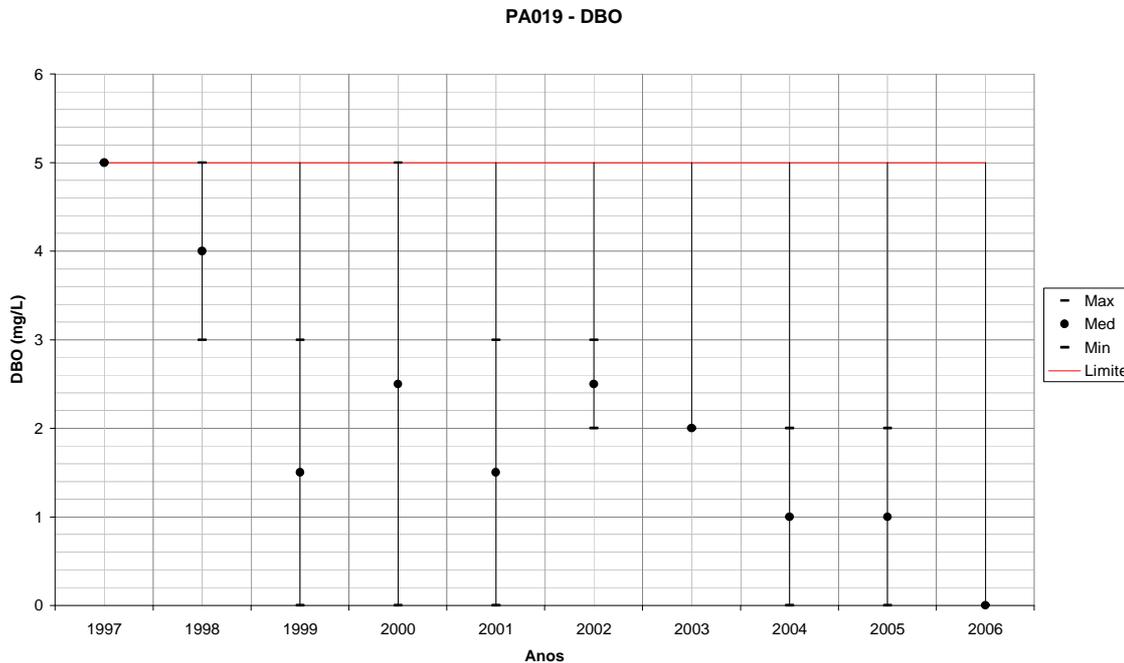


Figura 284 – Variação de DBO para PA019 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

OD na Sub-bacia Baixo Rio Pará

A **Figura 285** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

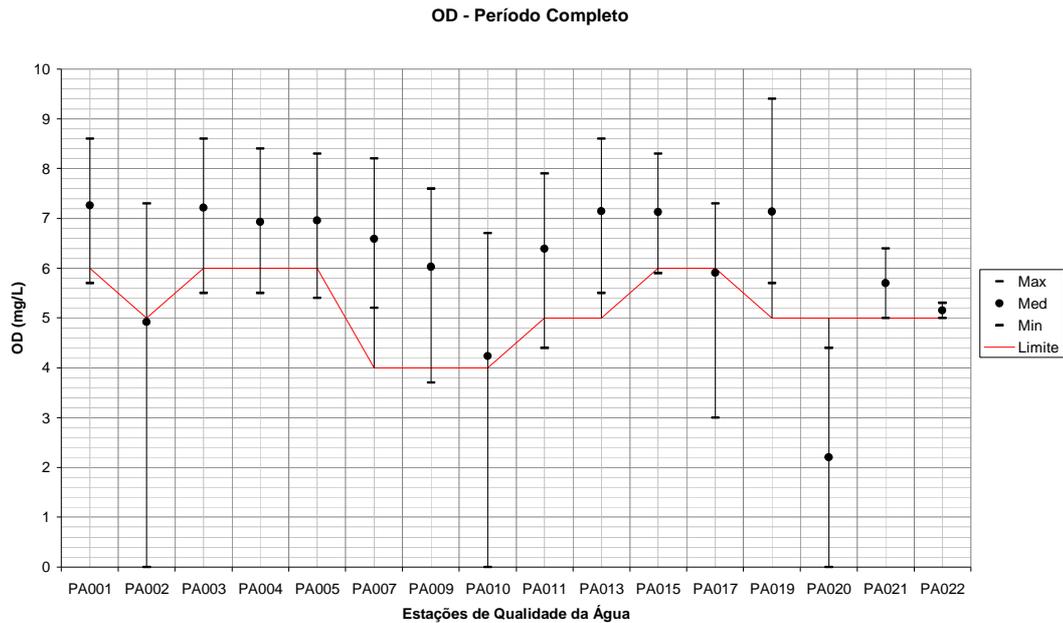


Figura 285 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os resultados de OD estão em concordância com os valores de DBO, pois todas as concentrações de OD estão acima do limite mínimo das respectivas classes.

No período seco para ambas as estações ocorreram valores em torno ou maiores que 6 mg/L. No período úmido as concentrações tiveram valores muito próximos dos ocorridos na época de estiagem.

As **Figuras 286 e 287** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

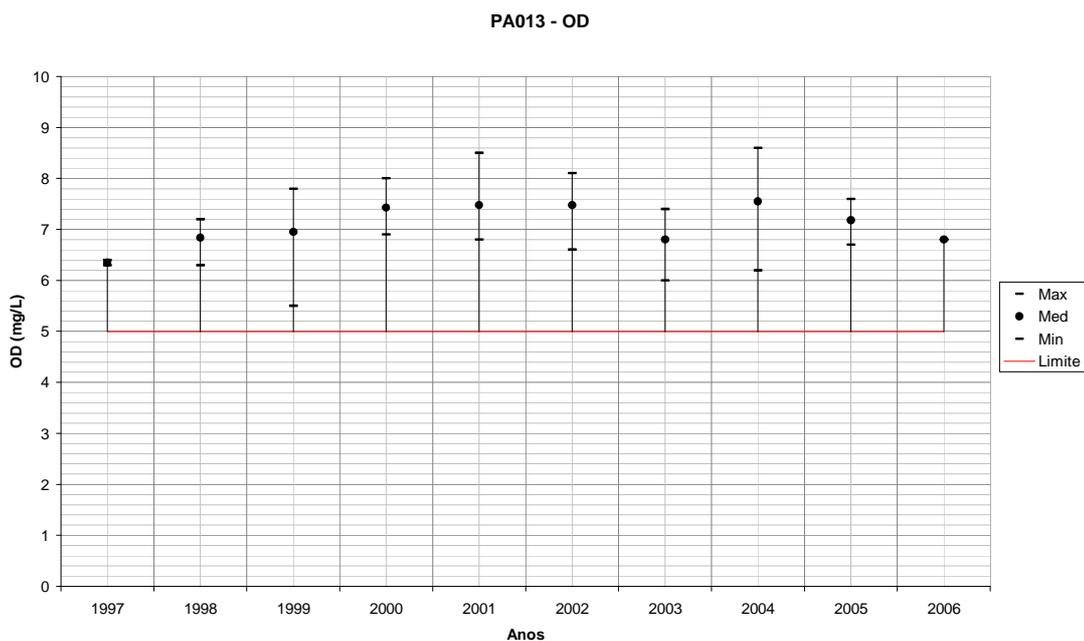


Figura 286 – Variação de OD para PA013 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

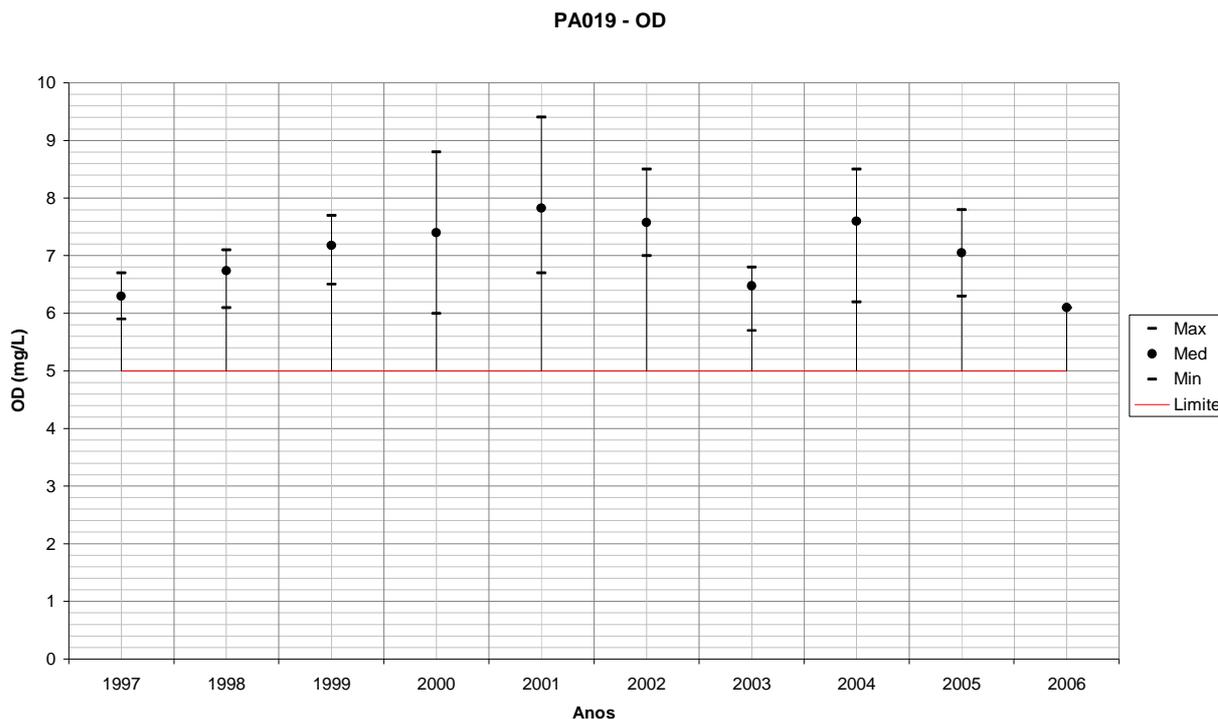


Figura 287 – Variação de OD para PA019 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 288** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

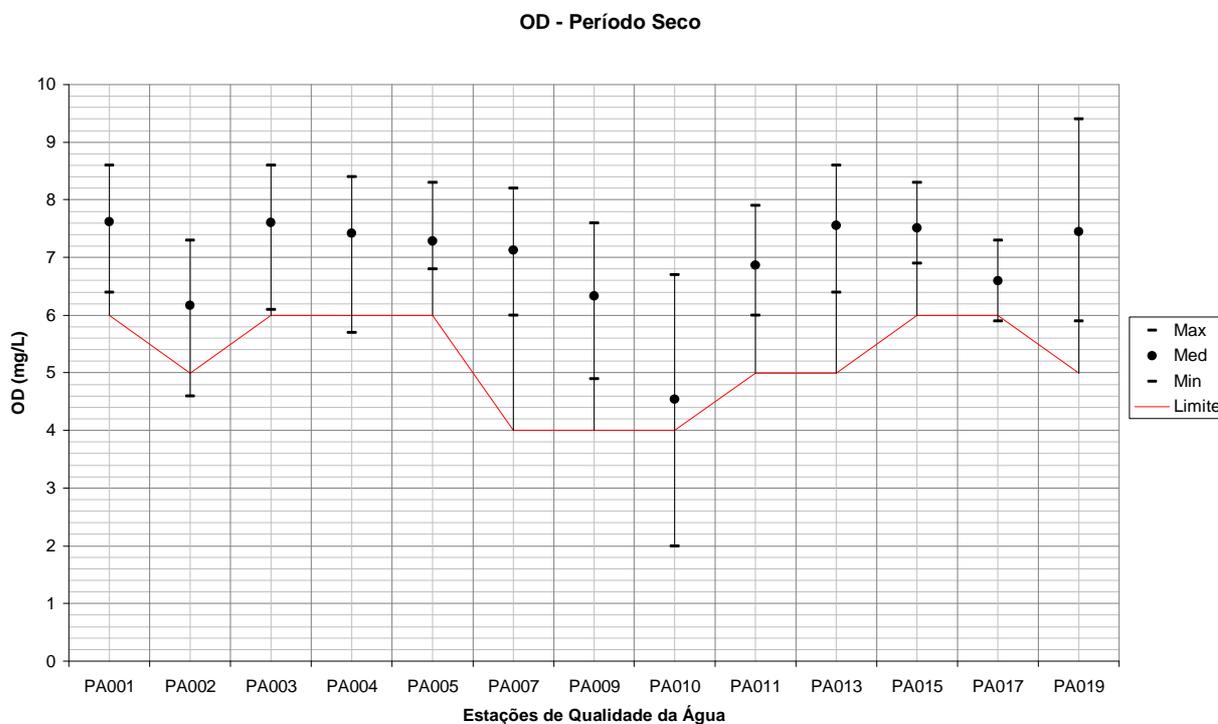


Figura 288 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 289 e 290** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará no período seco dos anos monitorados.

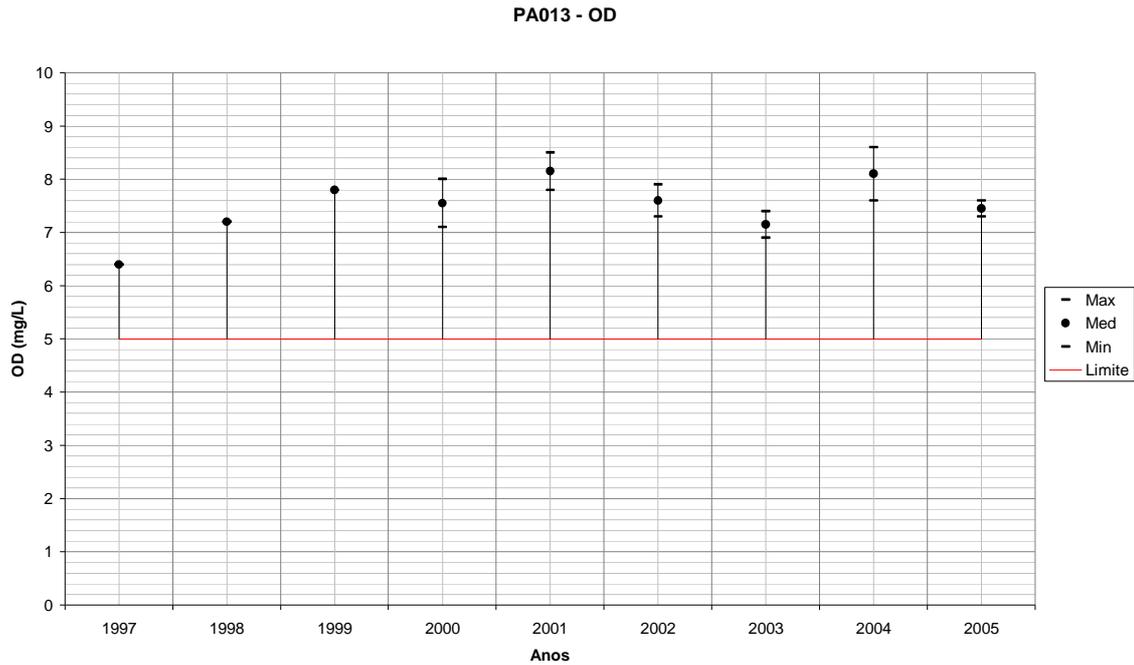


Figura 289 – Variação de OD para PA013 em relação ao período seco de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

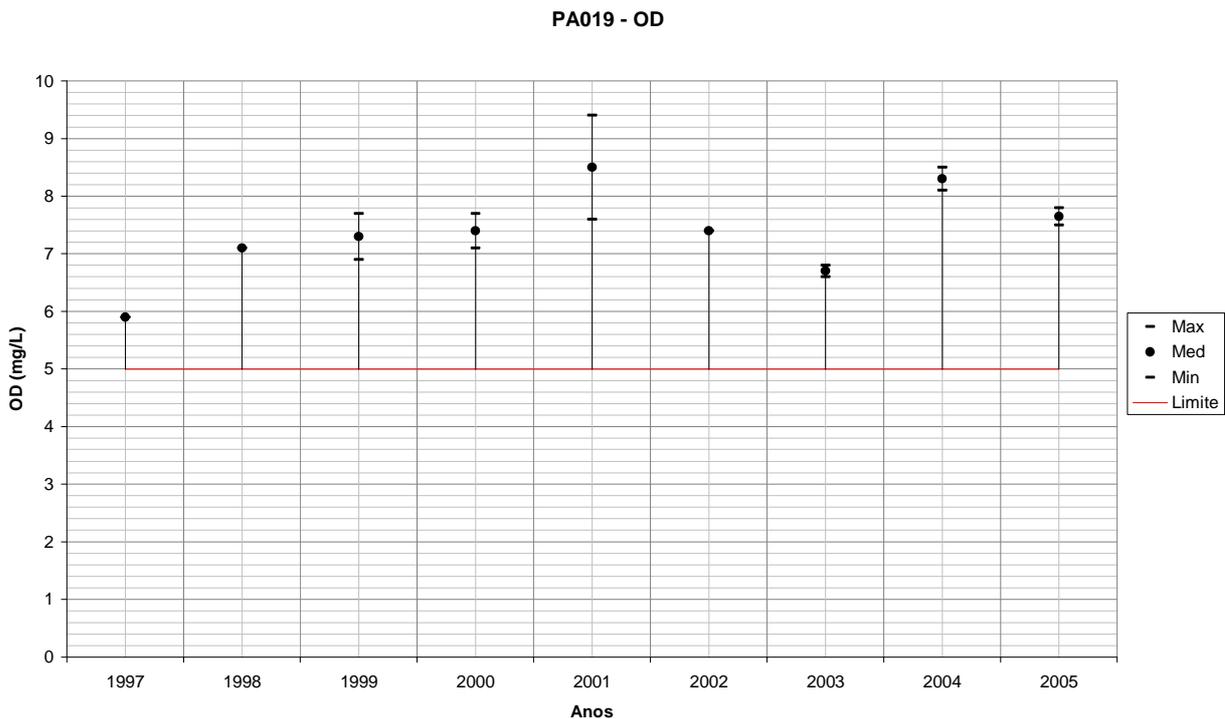


Figura 290 – Variação de OD para PA019 em relação ao período seco de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 291** mostra a variação de OD para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

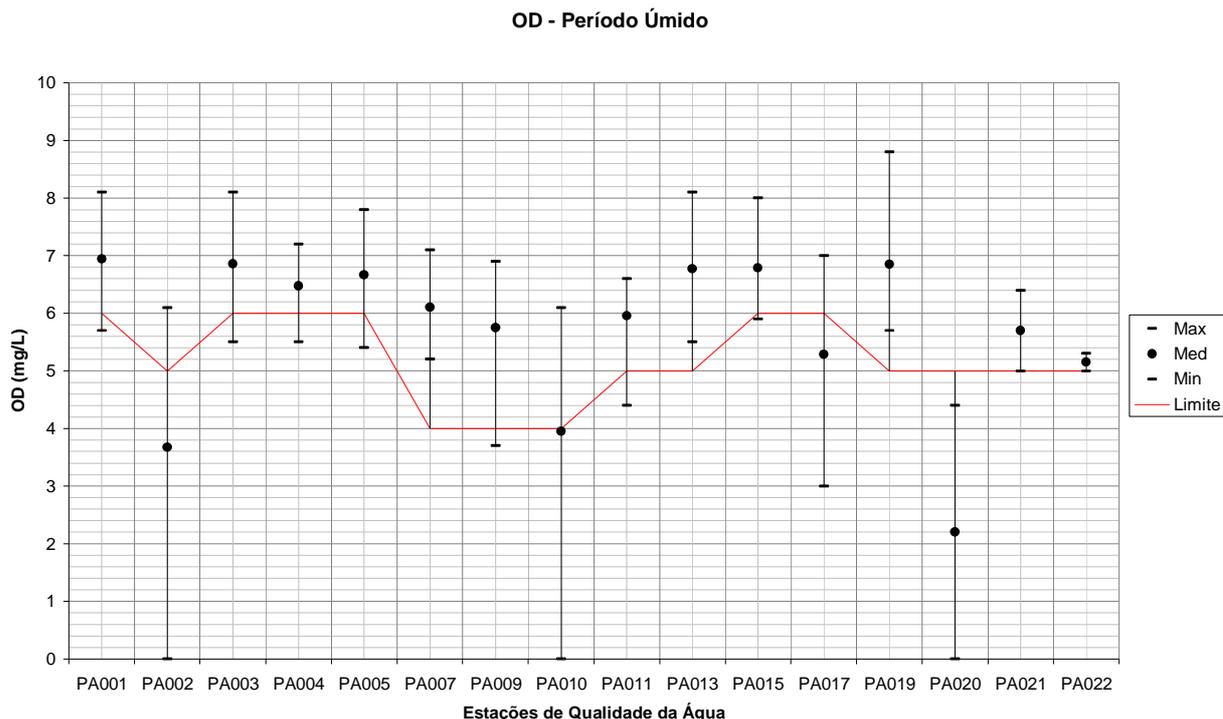


Figura 291 – Variação de OD para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 292 e 293** a seguir mostram o comportamento do OD nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

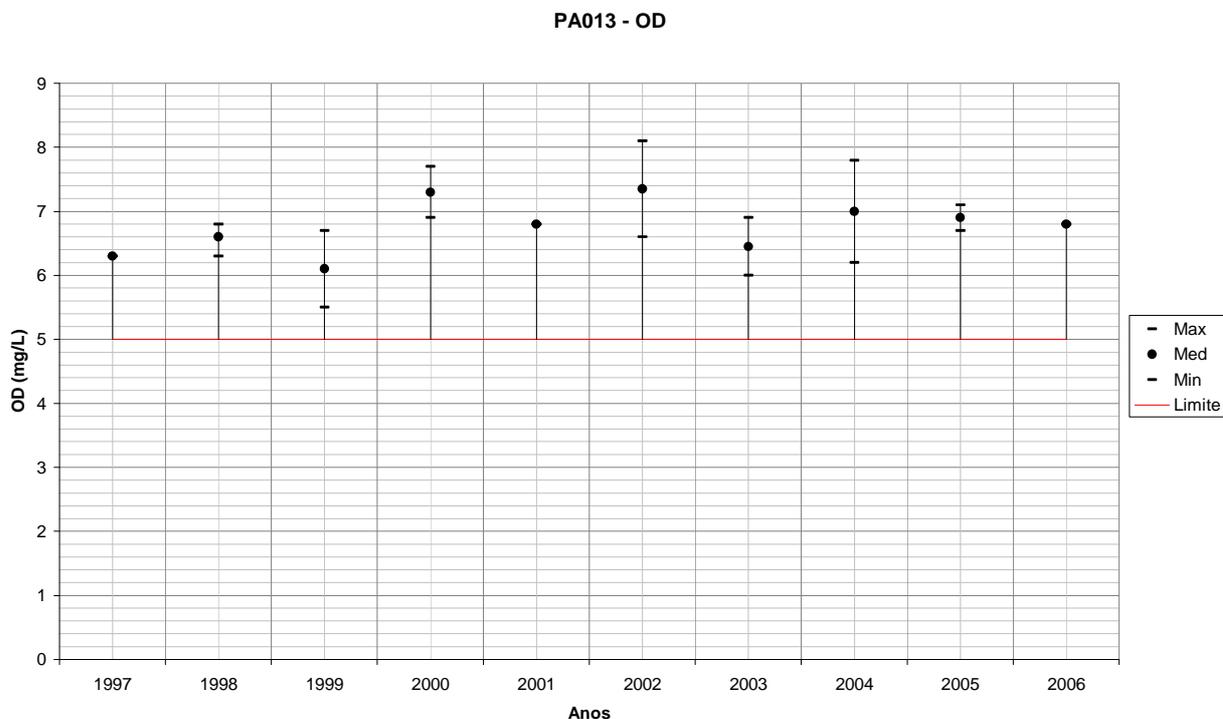


Figura 292 – Variação de OD para PA013 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

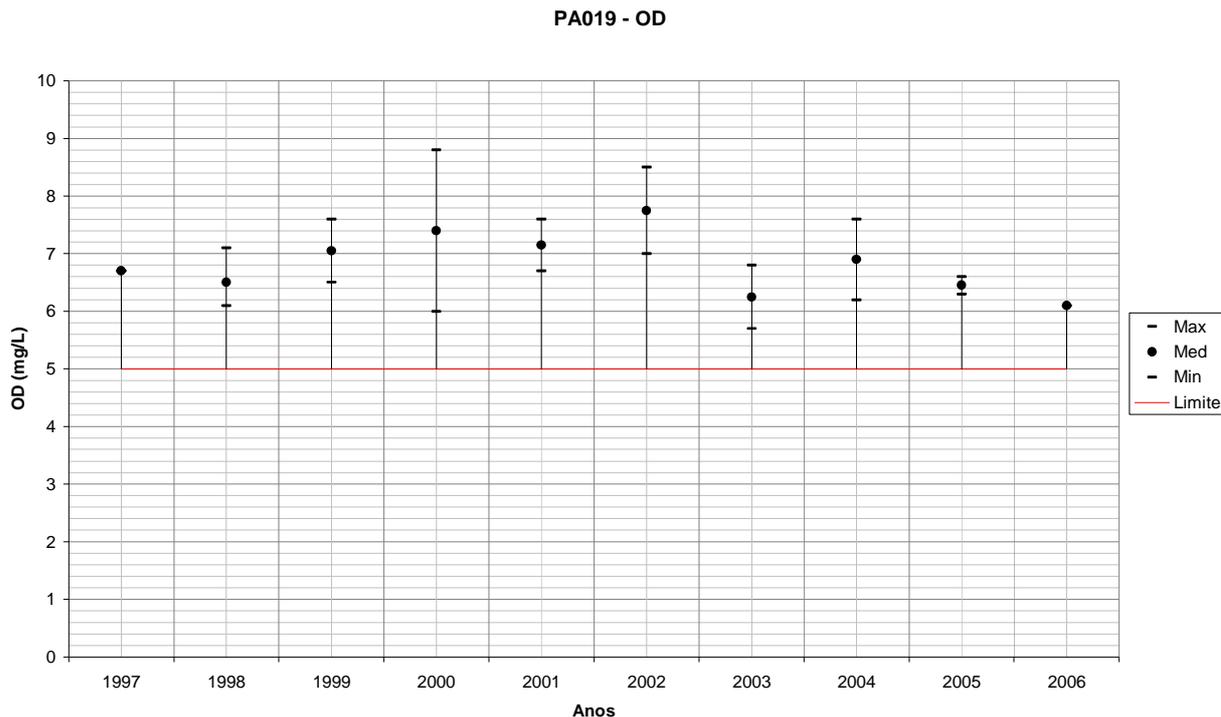


Figura 293 – Variação de OD para PA019 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.
 Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Turbidez na Sub-bacia Baixo Rio Pará

A **Figura 294** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período monitorado disponível.

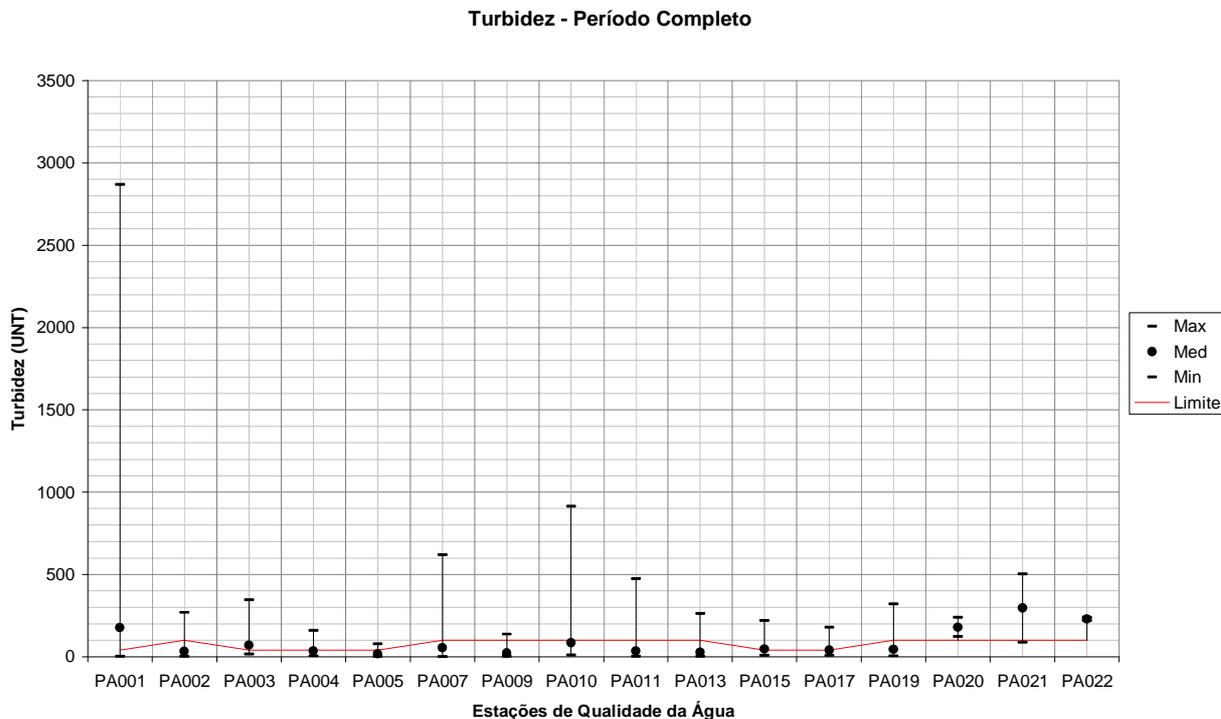


Figura 294 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Em média os valores de turbidez estão dentro da Classe para ambas as estações. Apenas alguns valores extrapolam o limite da classe, para PA013 aconteceu apenas em 2003 e 2005, para a estação PA019 ocorreu em 1999, 2000, 2003 e 2005.

O período seco, para ambas as estações, não ultrapassaram 40 UNT. No período úmido, os maiores valores aconteceram em 2003, 260 UNT e 320 UNT, para as estações PA013 e PA019, respectivamente.

As **Figuras 295 e 296** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará ao longo dos anos monitorados.

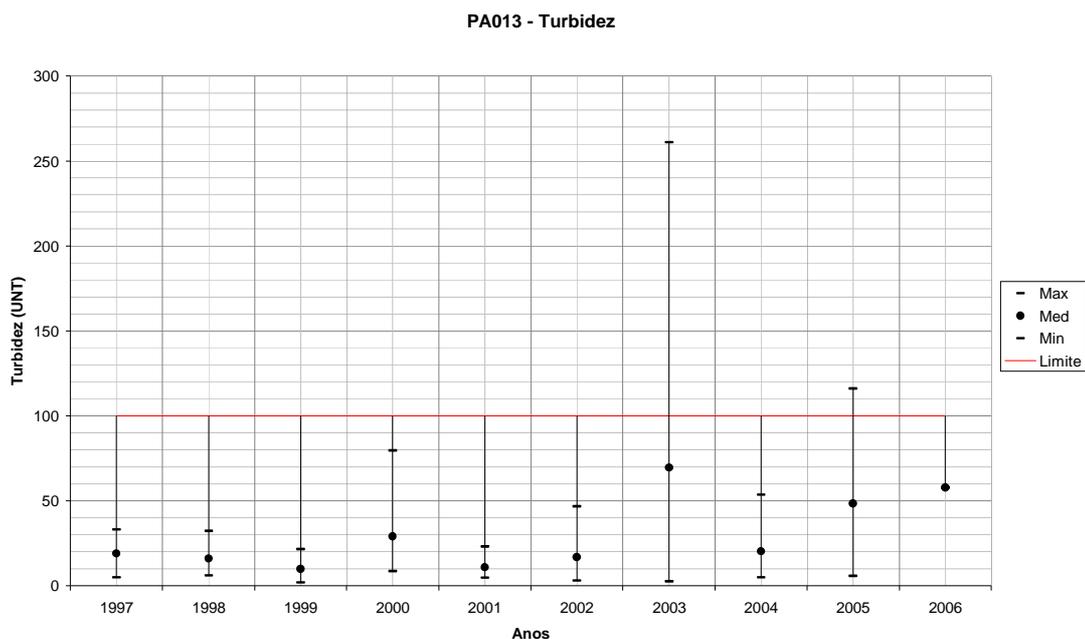


Figura 295 – Variação de Turbidez para PA013 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

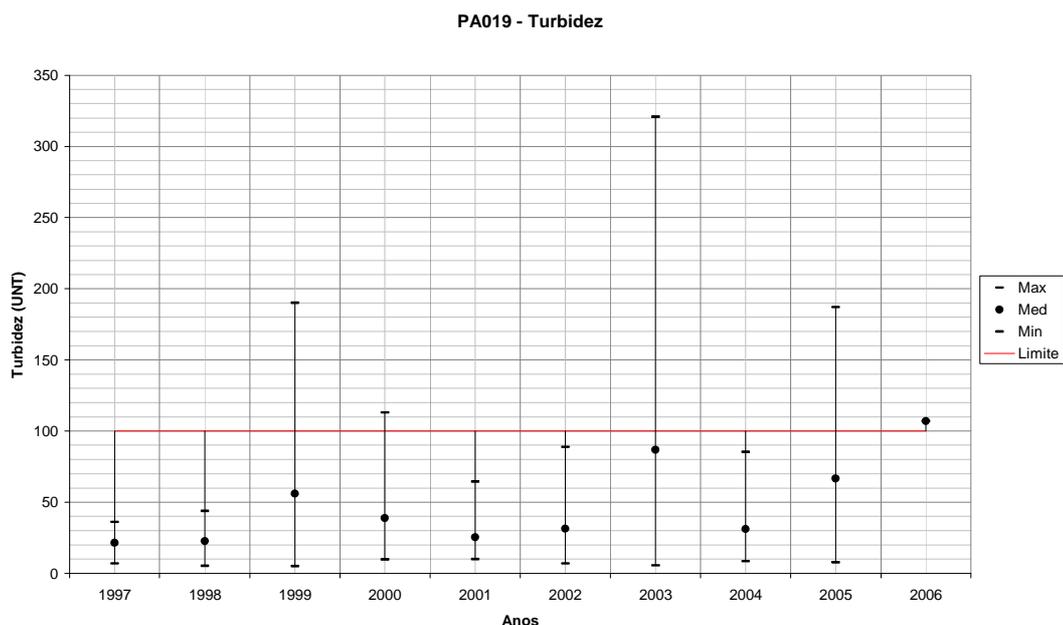


Figura 296 – Variação de Turbidez para PA019 em todos os anos monitorados.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 297** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período seco monitorado disponível.

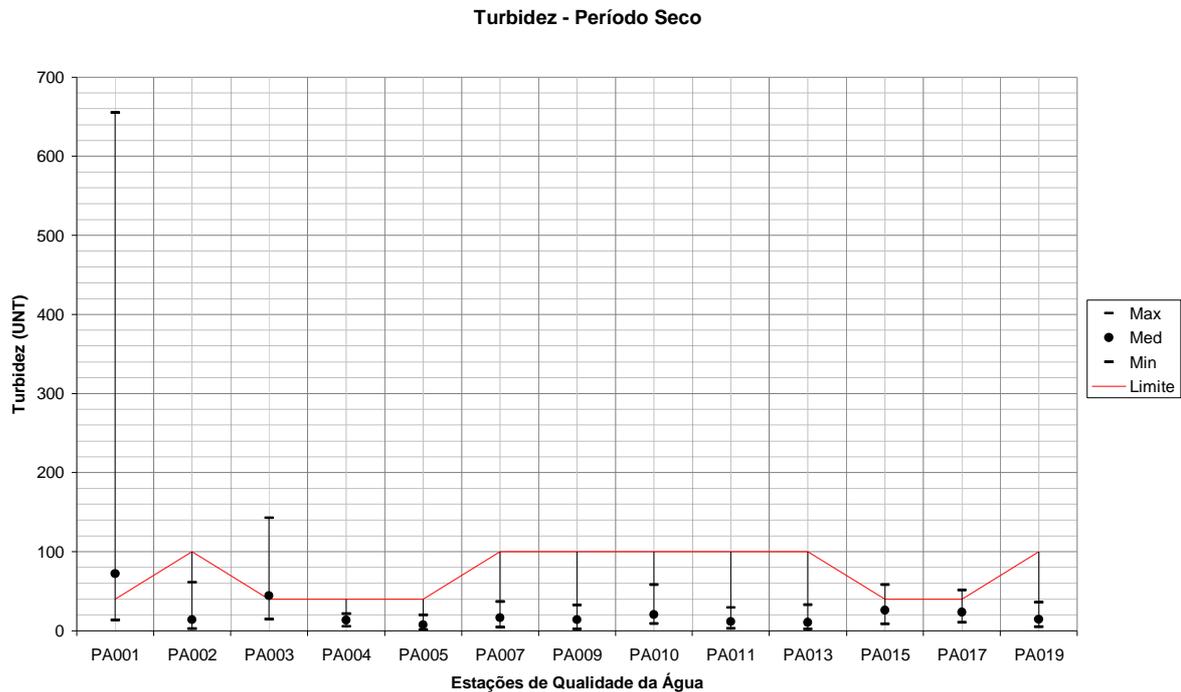


Figura 297 – Variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período seco.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 298 e 299** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará no período seco dos anos monitorados.

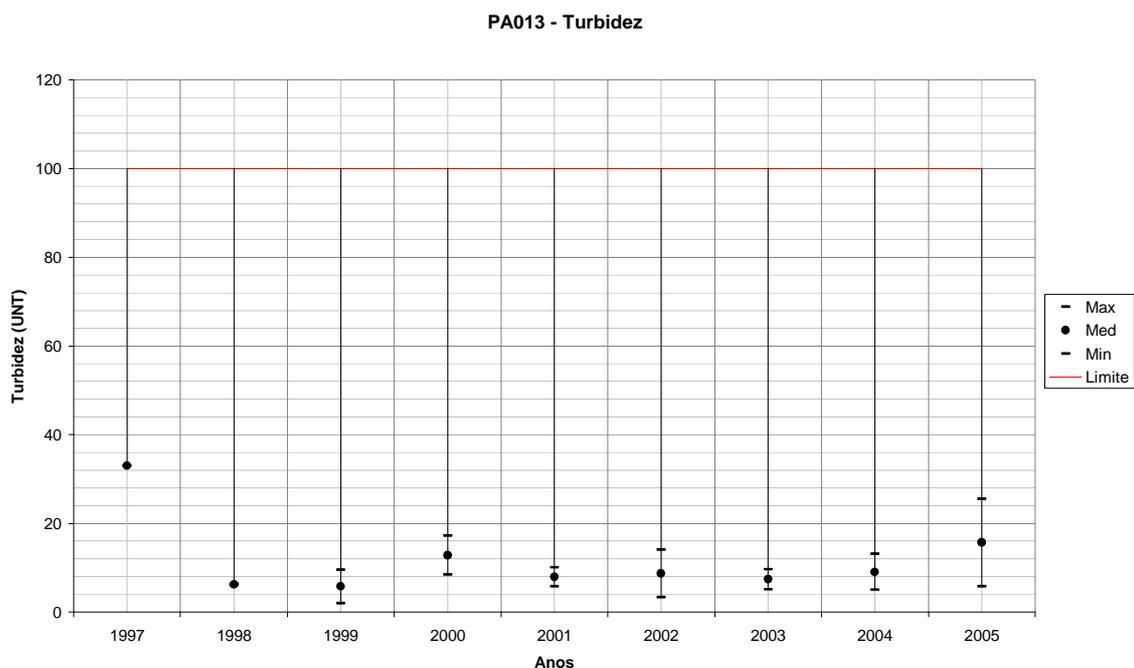


Figura 298 – Variação de Turbidez para PA013 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

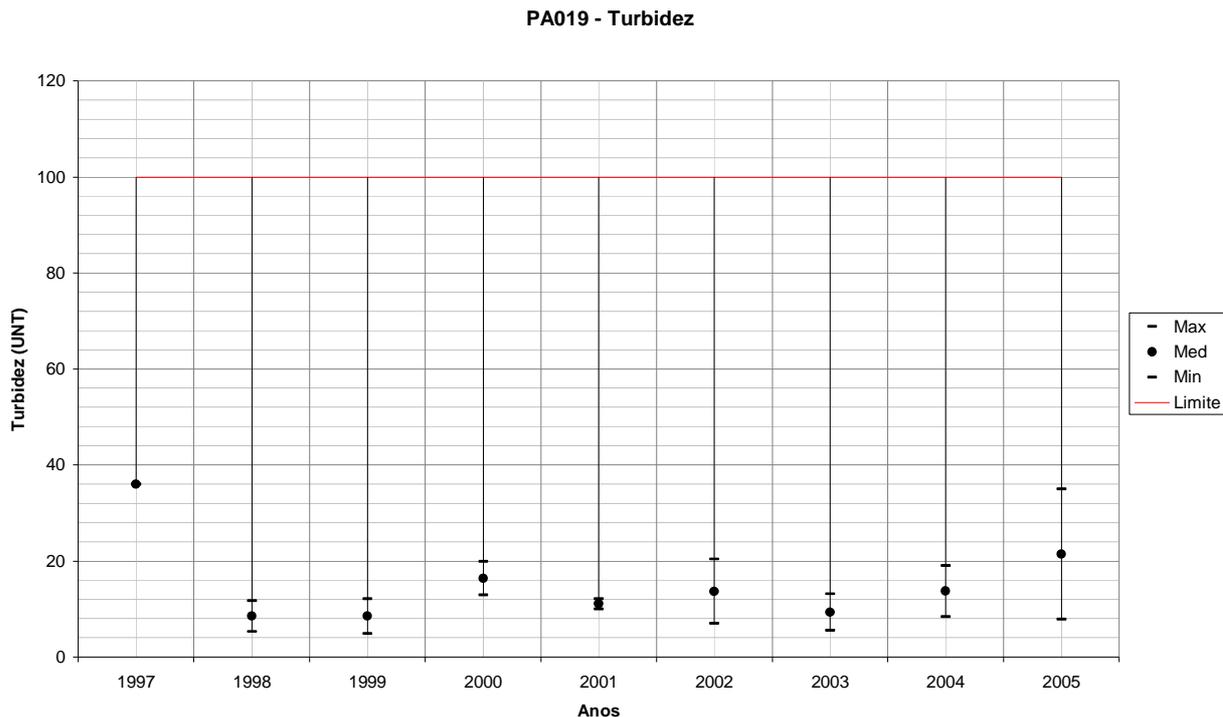


Figura 299 – Variação de Turbidez para PA019 em relação ao período seco de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A **Figura 300** mostra a variação de Turbidez para todas as estações de qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Pará em relação a todo o período úmido monitorado disponível.

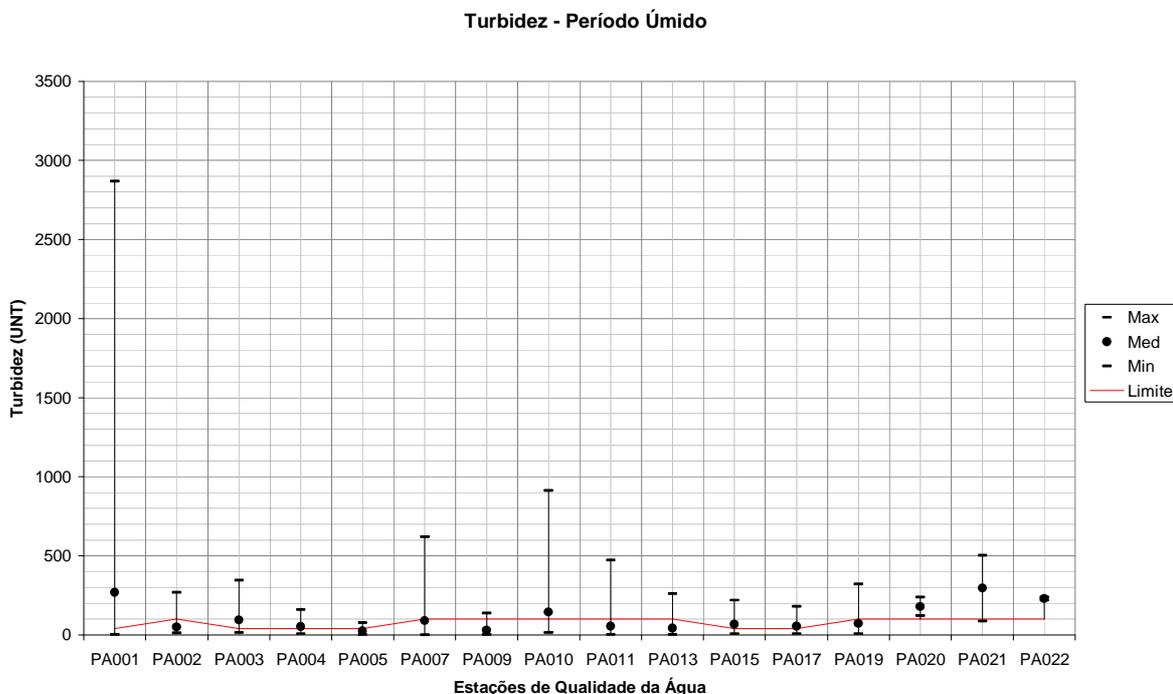


Figura 300 – Variação da Turbidez para todas as estações de qualidade da água em relação a todo o período úmido.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As **Figuras 301 e 302** a seguir mostram o comportamento da Turbidez nas estações de monitoramento da Sub-bacia Baixo Rio Pará no período úmido dos anos monitorados.

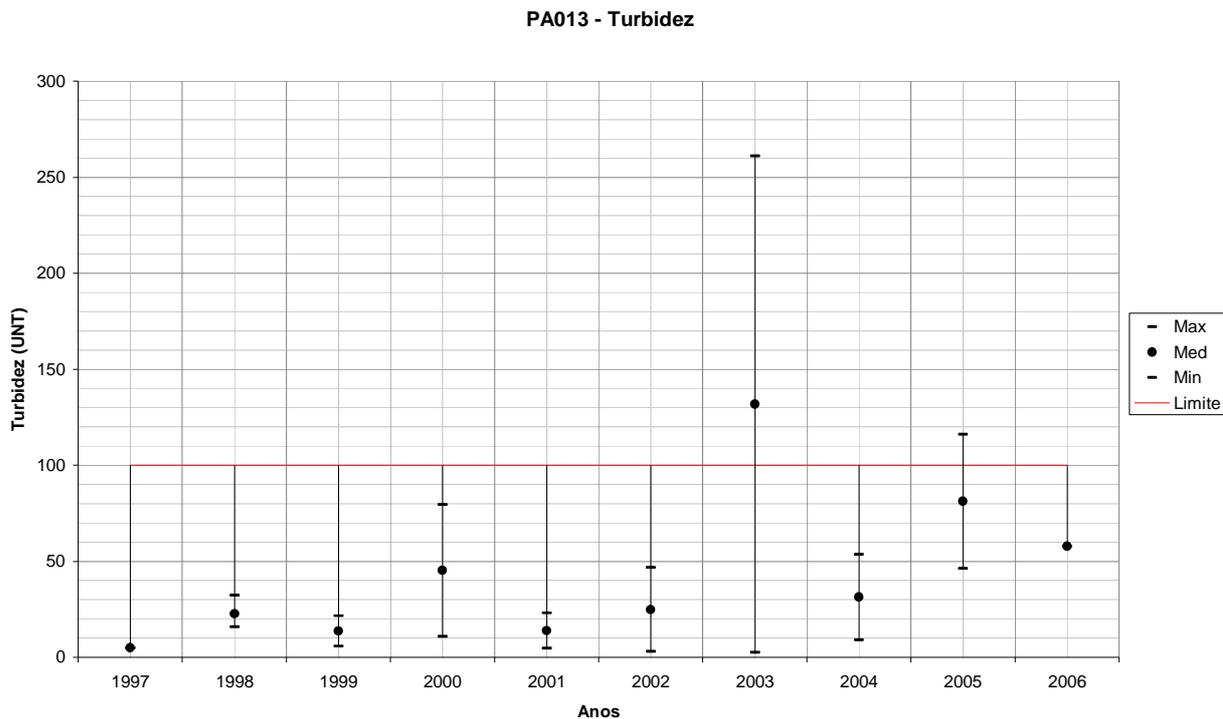


Figura 301 – Variação de Turbidez para PA013 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

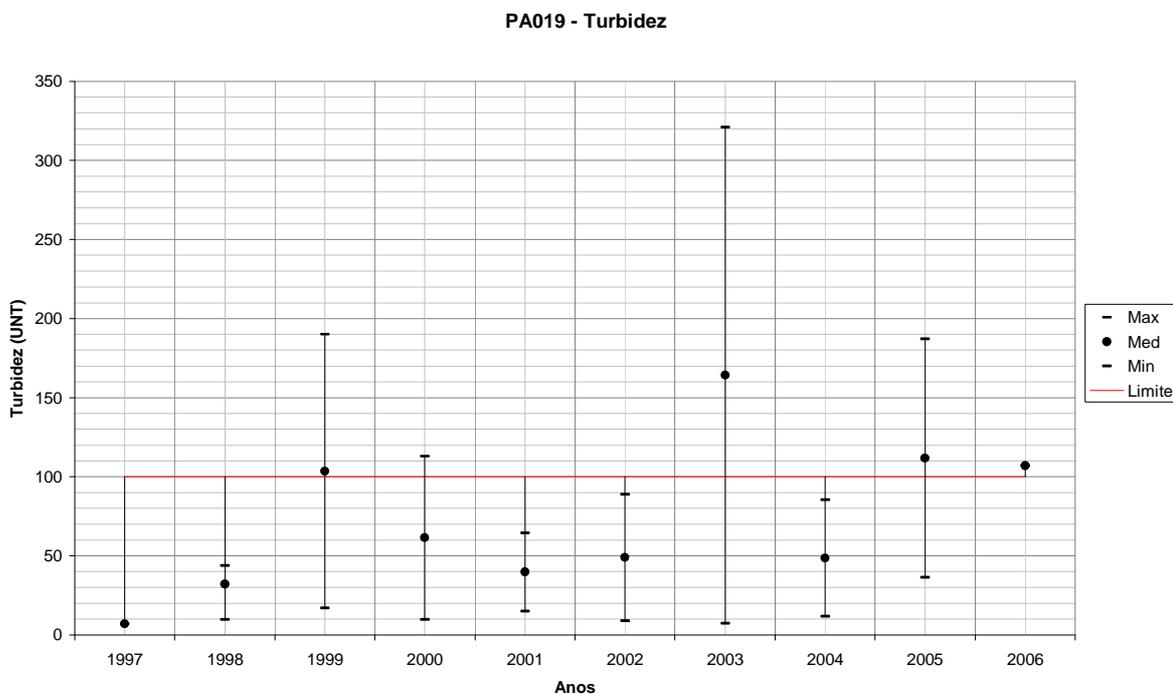


Figura 302 – Variação de Turbidez para PA019 em relação ao período úmido de cada ano monitorado.

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

5.5.2 Simulação Matemática – QUAL2E

A simulação da qualidade da água consiste em representar, de maneira simplificada, os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem num rio, bem como o efeito na qualidade da água provocado por lançamentos de cargas poluentes. Pode assim auxiliar na descrição da situação atual da qualidade dos rios, bem como na previsão da situação futura destes.

Entre as ferramentas de simulação de qualidade da água para os principais rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará optou-se pela utilização do modelo QUAL2E, programa desenvolvido pela USEPA (BROWN & BARNWELL, 1987), e largamente utilizado. Este programa simula, entre outros, os parâmetros de qualidade DBO e OD, suportando descargas de fontes pontuais e difusas.

5.5.2.1 Formatação dos dados para calibração e simulação do modelo de qualidade da água

Para simular a qualidade da água, ou seja, para rodar o modelo QUAL2E, devem-se conhecer os coeficientes deste modelo. O intervalo ou os valores médios dos coeficientes podem ser obtidos na literatura ou, então, através da calibração, que consiste num processo de busca dos coeficientes do modelo que representem as características particulares do rio para o qual a qualidade da água está sendo simulada.

Para que a calibração e a simulação da qualidade da água com o modelo QUAL2E sejam possíveis, é necessário fornecer alguns dados de entrada, como as características hidráulicas dos rios, além das características bioquímicas, representadas pelos coeficientes do modelo de qualidade da água. Por fim, deve-se conhecer tanto a intensidade quanto a posição das cargas pontuais e difusas lançadas nos rios, além das retiradas de água. A seguir, serão apresentados estes dados de entrada, bem como descritos os processos utilizados na formatação dos mesmos.

5.5.2.1.1 Caracterização Topológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Na caracterização topológica da Bacia hidrográfica do Rio Pará para a simulação do Modelo de Qualidade da Água, considerou-se os seguintes corpos hídricos: o Rio Pará em suas três porções na divisão hidromorfológica adotada para o Plano Diretor: Baixo, Médio e Alto Pará; Os 5 afluentes principais: Rio Itapecerica, Rio São João, Rio Lambari, Rio do Peixe e Rio Picão; o Ribeirão da Paciência, afluente do rio São João; e, o Ribeirão Boa Vista, afluente do rio Itapecerica. A **Tabela 89** mostra o comprimento dos rios, bem como a distância, a partir da nascente, até a entrada de um rio afluente.

Tabela 89 – Caracterização Topológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Caracterização Topológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará			
Rio	Comprimento total do Rio	Rio Afluente	Distância da nascente até o ponto de entrada do afluente
Alto Pará	95	-	-
Boa Vista	8	-	-
Itapecerica	92	Boa Vista	67
Médio Pará	110	Itapecerica	154
Ribeirão da Paciência	56	-	-
São João	141	Ribeirão da Paciência	117
Lambari	198	-	-

Caracterização Topológica da Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)			
Rio	Comprimento total do Rio	Rio Afluente	Distância da nascente até o ponto de entrada do afluente
Peixe	80	-	-
Picão	85	-	-
Baixo Pará	126	São João	228
		Lambari	265
		Peixe	276
		Picão	313

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os comprimentos dos rios principais de cada sub-bacia e as distâncias presentes nesta tabela foram obtidas diretamente do *shapefile* da hidrografia (**Anexo 3**) em cruzamento com o *shapefile* dos limites das sub-bacias (**Anexo 3**), em ambiente de Geoprocessamento, com a construção do *geodatabase*, tomando o cuidado de transformar cada trecho em uma única linha, emendando as quebras existentes.

5.5.2.1.2 Características Hidráulicas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Para a simulação da qualidade da água são necessárias algumas informações hidráulicas, como: a declividade longitudinal do canal; as características da seção transversal do canal; as vazões de referência e a profundidade do escoamento correspondente; e, o coeficiente de Manning, apresentados a seguir.

A. Declividade Longitudinal

As declividades longitudinais dos canais foram calculadas a partir dos dados de cotas das estações fluviométricas, das nascentes e da foz dos rios, além das distâncias entre estas estações, nascentes e foz.

Os valores de cotas utilizados foram os disponíveis na Hidroweb, no site da Agência Nacional de Águas (ANA), para os quais se esperavam medidas mais precisas; porém, quando a informação de cota da Hidroweb não estava disponível, foram utilizadas as cotas aproximadas do ponto.

As declividades foram calculadas para os seguintes trechos: entre duas estações fluviométricas; entre a nascente do rio e a estação fluviométrica; entre a estação fluviométrica e a foz do rio. As declividades calculadas estão apresentadas na **Tabela 90**. As diferenças de altimetria entre os pontos foram obtidas, aproximadamente, a partir das cotas das curvas de nível existentes, *shapefile* disponível no **Anexo 3**. O posicionamento destas estações fluviométricas pode ser conferido na **Figura 46** do presente Relatório. Quando houve incoerência das cotas das estações ou da foz como, por exemplo, a cota de um ponto a jusante ser superior a de um ponto a montante, não se calculou a declividade para o trecho correspondente, mas se utilizou a declividade do trecho imediatamente anterior.

Tabela 90 – Declividades Longitudinais dos trechos dos rios considerados para a simulação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Declividades Longitudinais na Bacia Hidrográfica do Rio Pará		
Localização	Trecho entre estações fluviométricas, entre nascente e estação e entre estação e foz	Declividade (m/m)
Ribeirão Boa Vista	Nascente – Foz	0.002202
Rio Itapecerica	Nascente – 40160000	0.01855767

Declividades Longitudinais na Bacia Hidrográfica do Rio Pará (cont.)		
Localização	Trecho entre estações fluviométricas, entre nascente e estação e entre estação e foz	Declividade (m/m)
Rio Itapecerica	40160000 – 40170000	0.000698023
Rio Itapecerica	40170000 – 40185000	0.000698023
Rio Itapecerica	40185000 – 40190002	0.004430769
Rio Itapecerica	40190002 – Foz	0.004430769
Ribeirão da Paciência	Nascente – Foz	0.0075
Rio São João	Nascente – 40269900	0.002374676
Rio São João	40269900 – 40300000	0.002579081
Rio São João	40300000 – 40300001	0.007293946
Rio São João	40300001 – Foz	0.007293946
Rio Lambari	Nascente – 40380000	0.003957015
Rio Lambari	40380000 – 40400000	0.001537297
Rio Lambari	40400000 – Foz	0.000829374
Rio do Peixe	Nascente – Foz	0.00445
Rio Picão	Nascente – 40500000	0.002269159
Rio Picão	40500000 – 40505000	0.00122489
Rio Picão	40505000 – Foz	0.00122489
Rio Pará	Nascente – 40130000	0.005682754
Rio Pará	40130000 – 40150000	0.001011809
Rio Pará	40150000 – 40330000	0.001405838
Rio Pará	40330000 – 40450000	0.000449843
Rio Pará	40450000 – Foz	0.000449843

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Seção Transversal

No site da Agência Nacional de Águas (ANA) estão disponíveis, para algumas das estações fluviométricas localizadas ao longo dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, informações sobre a forma das seções transversais. Para estas seções conhecidas, que normalmente apresentam forma irregular, foram ajustadas seções trapezoidais (**Figura 303**), que apresentam as características descritas na **Tabela 91**.

Tabela 91 – Características das Seções Transversais dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Características das Seções Transversais dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará				
Localização	Estação fluviométrica	B (m)	S _e (m/m)	S _d (m/m)
Médio Rio Pará	40150000	45	1.778	2.545
Baixo Rio Pará	40330000	50	1.429	2.814
Rio Itapecerica	40170000	16	1.471	3.101
Rio Itapecerica	40185000	40	1.237	1.667
Rio São João	40269900	8	1.724	1.908
Rio Lambari	40400000	45	3.953	1.337
Rio Picão	40500000	13	2.98	3.448

Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas

A **Figura 303** contém o formato da seção transversal e indica a localização das medidas constantes da **Tabela 91**, onde:

H – profundidade do escoamento na seção transversal (m);

s_e – comprimento horizontal do talude na margem esquerda para um metro de altura (m);

s_d – comprimento horizontal do talude na margem direita para um metro de altura (m);

B – largura da base da seção transversal (m).

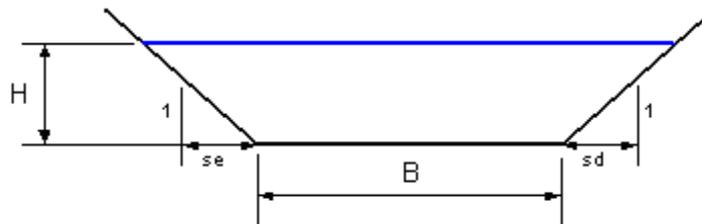


Figura 303 – Seção Transversal

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Como não se conhecia o perfil da seção transversal ao longo de todo o canal considerado, mas apenas em algumas estações fluviométricas (**Tabela 91**), adotaram-se alguns critérios simplificadores em relação a este perfil. Para os rios onde se conhecia a seção transversal em apenas 1 estação fluviométrica (Rio Picão, Rio Lambari e Rio São João), considerou-se que as declividades dos taludes eram constantes ao longo de todo o canal, e iguais às declividades da seção transversal conhecidas nesta estação. Para os rios onde havia 2 estações fluviométricas com seção transversal conhecida (Rio Itapecerica e Rio Pará), foi adotado o seguinte critério: no trecho compreendido entre a nascente do rio e a estação localizada mais à montante, as declividades dos taludes foram mantidas constantes, sendo iguais às declividades da primeira estação; e, nos trechos compreendidos entre as duas estações, e entre a estação mais a jusante e a foz do rio, as declividades dos taludes foram mantidas iguais às da segunda estação fluviométrica.

Para determinar o perfil da largura da base do canal, foi realizada uma interpolação linear entre a largura na nascente do rio e numa estação fluviométrica onde a seção transversal era conhecida; ou entre duas estações, quando havia 2 delas ao longo do rio. Desta forma, foi obtido um aumento gradativo da largura dos canais. O trecho compreendido entre a estação mais a jusante e a foz do rio permaneceram com a largura da base do canal constante, igual à largura conhecida nesta estação. Nas nascentes, como não se conhecia a largura do canal, arbitrou-se um valor de largura igual a 6 m.

Observa-se que, para o Ribeirão Boa Vista, Ribeirão da Paciência e Rio do Peixe, o perfil da seção transversal não é conhecido em nenhum ponto. Apesar disto, a qualidade da água foi simulada nestes rios, pois as seções transversais foram arbitradas da seguinte maneira: no Ribeirão Boa Vista foi igual à seção na estação fluviométrica 40170000, localizada no rio Itapecerica; as seções transversais do Ribeirão da Paciência e do Rio do Peixe foram iguais à seção transversal do rio São João. Este critério foi adotado devido ao fato das vazões destes rios apresentarem a mesma ordem de grandeza.

Vazões de Referência

A simulação da qualidade da água foi realizada, separadamente, para o período seco, com menor vazão, e úmido, com maior vazão. Para o período úmido, utilizou-se como vazão de referência a Q_{35} e Q_{50} , enquanto que para o período seco foram utilizadas as vazões de

referência Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$. Estas vazões foram calculadas, através das equações de regionalização, presentes no **item 5.2.3** do presente relatório, para os exutórios de cada Sub-bacia, e podem ser visualizadas na **Tabela 92** a seguir:

Tabela 92 – Vazões de Referência por Sub-bacia para a Simulação da Qualidade da Água

Vazões de Referência por Sub-bacia para a Simulação da Qualidade da Água					
Sub-bacia	Período Úmido		Período Seco		
	$Q_{35}(m^3/s)$	$Q_{50}(m^3/s)$	$Q_{7,10}(m^3/s)$	$Q_{95}(m^3/s)$	$Q_{90}(m^3/s)$
Alto Rio Pará	26.639	21.075	5.627	10.435	11.282
Ribeirão Boa Vista	10.723	7.911	1.677	3.177	3.516
Rio Itapecerica	16.722	12.357	3.092	4.987	5.516
Médio Rio Para	19.249	15.419	4.653	7.926	8.535
Ribeirão da Paciência	6.631	5.089	1.734	2.299	2.512
Rio São João	13.432	10.266	3.919	4.584	5.014
Rio Lambari	27.402	20.475	4.601	8.542	9.414
Rio do Peixe	8.229	6.307	2.225	2.840	3.103
Rio Picão	10.113	7.568	1.708	3.172	3.493
Baixo Rio Pará	21.285	16.985	5.074	8.630	9.305

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A vazão Q35% constitui o cenário mais favorável de vazão, onde as sub-bacias Rio Lambari e Alto Rio Pará apresentam os maiores volumes. A $Q_{7,10}$ representa a vazão de referência mais restritiva, onde as Sub-bacias Ribeirão Boa Vista, Ribeirão da Paciência e Rio Picão possuem as menores vazões. Atenção deve ser dada à Sub-bacia Ribeirão da Paciência, pois possui os menores volumes em todas as vazões de referência.

Coeficiente de Manning

O coeficiente de Manning (n) representa outra informação hidráulica que deve ser conhecida, para cada rio ou trecho do rio.

Este coeficiente pode ser obtido através da equação de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \frac{A^{5/3}}{p^{2/3}} S_0^{1/2} \quad [37]$$

Onde Q representa a vazão; A é a área da seção transversal do canal; p é o perímetro molhado.

Calcula-se n nos trechos a montante das estações fluviométricas para as quais se conhece a seção transversal. Para efetuar este cálculo são necessárias as declividades longitudinais nestes trechos (**Tabela 90**), as características da seção transversal do canal (**Tabela 91**) e as vazões de referência nas estações fluviométricas (**Tabela 93**), cujos valores foram calculados através das equações de regionalização presentes no **item 5.2.3** do presente relatório.

Tabela 93 – Vazões de Referência nas Estações Fluviométricas

Vazões de Referência nas Estações Fluviométricas para a simulação da Qualidade da Água						
Localização	Estação fluviométrica	Período Úmido		Período Seco		
		Q ₃₅ (m ³ /s)	Q ₅₀ (m ³ /s)	Q _{7,10} (m ³ /s)	Q ₉₅ (m ³ /s)	Q ₉₀ (m ³ /s)
Rio Itapeçerica	40170000	14,0	10,4	2,4	4,2	4,6
Rio Itapeçerica	40185000	24,6	18,2	5,2	7,4	8,1
Médio Rio Pará	40150000	32,3	25,4	6,8	12,3	13,3
Rio São João	40269900	4,5	3,8	1,3	2,3	2,5
Rio Lambari	40400000	23,1	17,2	3,9	7,2	7,9
Rio Picão	40500000	7,7	5,7	1,3	2,4	2,7
Baixo Rio Pará	40330000	98,9	74,4	19,1	31,7	34,8

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Dada a vazão de referência, é necessário conhecer a profundidade correspondente para cada estação fluviométrica, através de séries de medições que relacionam estas duas quantidades. Estas séries, que estão disponíveis no site da ANA, contam com 30 anos ou mais de dados. Porém, foram utilizados apenas os dados mais recentes destas séries, ou seja, aqueles dados não anteriores ao ano 2000. Este critério foi devido à variabilidade temporal observada nas seções transversais, o que modifica, por sua vez, a relação entre vazão e profundidade ao longo do tempo. O objetivo foi obter a profundidade, dado a vazão, através de uma relação mais atualizada entre estas duas variáveis.

De posse de todas as informações descritas acima, calculou-se o coeficiente de Manning para cada vazão de referência. A **Tabela 94** apresenta estes coeficientes para os trechos à montante das estações fluviométricas apresentadas na **Tabela 93**, que possuem a seção transversal conhecida.

Tabela 94 – Coeficientes de Manning para as diferentes Vazões de Referência

Coeficientes de Manning para as diferentes Vazões de Referência						
Localização	Estação fluviométrica	n (Q ₃₅)	n (Q ₅₀)	n (Q _{7,10})	n (Q ₉₅)	n (Q ₉₀)
Rio Itapeçerica	40170000	0.0370	0.0470	0.0884	0.0721	0.0694
Rio Itapeçerica	40185000	0.1369	0.1663	0.2304	0.2091	0.2098
Médio Rio Pará	40150000	0.0551	0.0570	0.0755	0.0722	0.0707
Rio São João	40269900	0.1167	0.0787	0.1294	0.0822	0.0820
Rio Lambari	40400000	0.0962	0.0919	0.0894	0.0777	0.0729
Rio Picão	40500000	0.1109	0.1288	0.1023	0.0994	0.1048
Baixo Rio Pará	40330000	0.1261	0.1384	0.2370	0.1854	0.1804

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para o Ribeirão Boa Vista o coeficiente de Manning foi considerado igual àquele referente à estação fluviométrica 40170000. Para o Ribeirão da Paciência e Rio do Peixe o valor de n foi considerado igual ao do Rio São João.

Discretização Espacial

Nas simulações de qualidade da água com o QUAL2E deve-se dividir o rio em tramos, para os quais as declividades longitudinais, as características da seção transversal, e os coeficientes do modelo permanecem constantes. Além disso, os tramos devem ser divididos em elementos

computacionais (dx) de comprimento constante. Neste trabalho, optou-se por adotar, para todos os rios, um comprimento igual a 1 km para estes elementos. A **Tabela 95** apresenta a discretização espacial utilizada, informando o número de tramos e de elementos computacionais que compõem cada rio.

Tabela 95 – Discretização Espacial dos Rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará

Discretização Espacial dos Rios da Bacia Hidrográfica do Rio Pará		
Rio	Número Tramos	Número de Elementos Computacionais (dx)
Alto Rio Pará	7	95
Ribeirão Boa Vista	3	8
Rio Itapecerica	8	92
Médio Rio Para	7	110
Ribeirão da Paciência	4	80
Rio São João	10	141
Rio Lambari	12	198
Rio do Peixe	5	56
Rio Picão	6	85
Baixo Rio Pará	8	126

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As vazões apresentadas na **Tabela 94** referem-se às vazões dos rios nos exutórios das sub-bacias. Para se obter o perfil de vazão ao longo dos rios, divide-se a vazão do exutório pelo comprimento total destes, de forma a se obter, para cada rio, uma vazão específica linear, a qual se denomina vazão incremental. Esta vazão incremental é adicionada, em cada elemento computacional, à vazão total do rio, fazendo com que ela aumente à medida que se segue para jusante do mesmo.

Concentração de Saturação de OD

A concentração de saturação de OD (ODS) representa um valor máximo para a concentração de oxigênio dissolvido na água do rio. O valor de ODS para um rio específico depende, entre outros fatores, da temperatura da água, de forma que, quanto maior for esta temperatura, menor será a concentração de saturação. Para as simulações de qualidade da água neste Plano Diretor considerou-se a temperatura da água igual a 18°C para o período seco, e 20°C para o período úmido, pois este período coincide com o verão, enquanto aquele coincide com o inverno.

Outra informação necessária para o cálculo da concentração de saturação refere-se à cota média da bacia. Assim, calculou-se a média das cotas das estações fluviométricas, obtendo um valor igual a 780 m, que foi, então, empregado nas simulações.

Captação de Água

A captação de água por sub-bacia é resultado da compilação dos dados do Cadastro de Usuários Significantes e Insignificantes da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, detalhada por micro-bacia na **Etapa 6** deste Plano Diretor. A **Tabela 96** a seguir mostra os valores da captação superficial total cadastrados na sub-bacia de cada um dos rios a serem simulados.

Tabela 96 – Captação superficial total para os rios a serem simulados

Captação superficial total para os rios a serem simulados	
Sub-bacia	Q_{captada} (m³/dia)
Alto Rio Pará	167007.84
Ribeirão Boa Vista	37029.59
Rio Itapecerica	90686.17
Médio Rio Para	73406.42
Ribeirão da Paciência	55233.78
Rio São João	69758.27
Rio Lambari	77752.10
Rio do Peixe	12777.66
Rio Picão	46187.32
Baixo Rio Pará	127198.74

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A captação total foi distribuída uniformemente ao longo dos rios; ou seja, dividiu-se a vazão de captação total pelo número de elementos computacionais (**Tabela 71**), obtendo-se uma vazão de captação particulada – a qual foi subtraída da vazão total do rio – igual em cada um destes elementos.

Cargas Pontuais e Difusas

As cargas lançadas nos rios dividem-se em pontuais e difusas. São estas cargas que provocam o aumento da concentração de DBO ao longo do rio e, conseqüentemente, a diminuição da concentração de OD. Assim, na simulação da qualidade da água, objetiva-se descobrir o impacto destas cargas, dada uma vazão de referência, sobre o perfil de concentração de DBO e OD ao longo do rio.

São conhecidas, através das matrizes de fontes de poluição já detalhadas na **Etapa 3** deste Plano Diretor, as cargas poluidoras totais de DBO para cada rio a ser simulado. No Relatório da **Etapa 9** estão as Matrizes de Fontes de Poluição condensadas de todas as sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará com as cargas totais calculadas para o período úmido e para o período seco, com dados do ano de 2006. Para o período seco, elas são apenas cargas pontuais enquanto que, no período úmido, são pontuais e difusas. Desta forma, a carga total para o período úmido é maior do que no período seco. A **Tabela 97** apresenta a carga total de DBO produzida na sub-bacia de cada rio, tanto para o período seco quanto para o úmido.

Tabela 97 – Cargas Totais de DBO para os períodos Seco e Úmido por Sub-bacia (2006)

Carga total de DBO por Sub-bacia para os períodos Seco e Úmido (2006)		
Sub-bacia	Carga Poluidora total (kg/dia)	
	Período Seco	Período Úmido
Alto Rio Pará	7003,03	23819,81
Ribeirão Boa Vista	16402,75	23415,57
Rio Itapecerica	21257,11	33453,91
Médio Rio Para	14923,70	38920,23
Ribeirão da Paciência	29339,87	80570,92
Rio São João	20051,77	47613,04

Carga total de DBO por Sub-bacia para os períodos Seco e Úmido (2006) (cont.)		
Sub-bacia	Carga Poluidora total (kg/dia)	
	Período Seco	Período Úmido
Rio Lambari	5920,71	32682,34
Rio do Peixe	2560,49	8662,56
Rio Picão	5481,45	17254,18
Baixo Rio Pará	6113,66	28435,63

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Considera-se que as cargas difusas chegam até os rios através da vazão incremental referente a estes rios, ou seja, não há vazão de lançamento de cargas difusas. Porém, para as cargas pontuais, tem-se uma vazão de lançamento, que apresenta o efeito de elevar a vazão total dos rios. A **Tabela 98** apresenta a vazão de lançamento total para cada rio, obtida nas matrizes de fonte de poluição, detalhadas na **Etapa 3** deste Plano Diretor.

Tabela 98 – Vazão de Lançamento das Cargas Pontuais

Vazão de Lançamento de Cargas Pontuais por Sub-bacia (DBO)	
Sub-bacia	$Q_{lançada}$ (m ³ /dia)
Alto Rio Pará	11364,62
Ribeirão Boa Vista	7542,27
Rio Itapecerica	44015,36
Médio Rio Para	20610,19
Ribeirão da Paciência	16906,63
Rio São João	23075,10
Rio Lambari	15005,44
Rio do Peixe	3022,29
Rio Picão	4666,33
Baixo Rio Pará	10486,91

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tanto a vazão de lançamento total, quanto as cargas poluidoras (incluindo as pontuais e difusas) foram distribuídas uniformemente ao longo dos rios. Desta forma, têm-se os valores de carga lançada por km de rio, conforme mostra a **Tabela 99**.

Tabela 99 – Carga Poluidora Uniformemente Distribuída ao longo dos Rios

Carga Poluidora Uniformemente Distribuída ao longo dos Rios		
Rio	Carga uniformemente distribuída (kg/dia/km)	
	Período seco	Período Úmido
Alto Rio Pará	73,72	250,73
Ribeirão Boa Vista	2050,34	2926,95
Rio Itapecerica	231,05	363,63
Médio Rio Para	135,70	353,82
Ribeirão da Paciência	523,93	1438,77

Carga Poluidora Uniformemente Distribuída ao longo dos Rios (cont.)		
Rio	Carga uniformemente distribuída (kg/dia/km)	
	Período seco	Período Úmido
Rio São João	142,21	337,68
Rio Lambari	29,90	165,06
Rio do Peixe	32,00	108,28
Rio Picão	64,49	202,99
Baixo Rio Pará	48,52	225,68

Fonte: Cadastro de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As cargas uniformemente distribuídas, apresentadas na **Tabela 99** foram utilizadas como dados de entrada para a calibração dos coeficientes do modelo QUAL2E. Os valores presentes nesta tabela foram calculados utilizando o número de elementos computacionais (dx) da **Tabela 95** e os valores de cargas de DBO da **Tabela 98**. Porém, para rodar o programa QUAL2E, considera-se que estas mesmas cargas adentram no rio levadas pela vazão incremental, ou seja, considera-se que a vazão incremental apresenta uma concentração de DBO referente a esta carga. Assim, para cada vazão de referência pode-se obter estas concentrações, dividindo a carga pela vazão, como apresentado na **Tabela 100**.

Tabela 100 – Concentração de DBO na Vazão Incremental

Concentração de DBO na Vazão Incremental					
Localização	Período Úmido		Período Seco		
	L _{Q35} (mg/L)	L _{Q50} (mg/L)	L _{Q7,10} (mg/L)	L _{Q95} (mg/L)	L _{Q90} (mg/L)
Alto Rio Pará	11.10	14.30	21.19	9.39	8.55
Ribeirão Boa Vista	26.10	35.80	142.16	66.94	59.80
Rio Itapecerica	23.93	32.77	96.40	55.33	49.45
Médio Rio Para	24.17	30.42	42.73	23.61	21.80
Ribeirão da Paciência	150.72	200.74	263.16	182.93	164.34
Rio São João	42.75	56.66	68.69	57.39	51.88
Rio Lambari	14.18	19.15	17.69	8.77	7.89
Rio do Peixe	12.35	16.19	14.03	10.87	9.91
Rio Picão	20.73	28.18	51.68	23.57	21.06
Baixo Rio Pará	16.51	21.05	19.00	9.72	8.90

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os valores desta tabela foram obtidos utilizando-se as cargas da **Tabela 98** (1), as vazões de referência da **Tabela 93** (2), as captações da **Tabela 96** (3) e as vazões de lançamento pontuais da **Tabela 98**.(4), através da seguinte fórmula: $(1) / [(2) - (3) + (4)]$.

5.5.2.2 Calibração do Modelo de Qualidade da Água

Para que se possa conhecer o impacto das cargas pontuais e difusas sobre a qualidade da água, é necessário conhecer: qual a taxa de degradação da MO pelos microorganismos e, conseqüentemente, a taxa de consumo de OD; qual parcela desta MO é sedimentada para o leito do rio; em que taxa ocorre a reaeração atmosférica da água do rio; e, quanto oxigênio é

demandado para a degradação da MO presente no leito do rio. Estas características são descritas pelos coeficientes do modelo de qualidade da água, listados a seguir:

- Taxa de consumo de oxigênio para a degradação biológica da matéria orgânica (k_d);
- Taxa de sedimentação da matéria orgânica (k_s);
- Taxa de reaeração atmosférica (k_a);
- Demanda bentônica de oxigênio (S_b), ou seja, a demanda de OD no leito do rio.

Entre estes coeficientes, k_d e k_s contribuem para a diminuição da concentração de DBO. Por outro lado, k_d também contribui para a diminuição da concentração de OD, juntamente com S_b ; enquanto k_a contribui, através da reaeração, para o aumento da concentração de OD. O intervalo de valores típicos para estas constantes de qualidade da água são encontrados na literatura (Von SPERLING, 1996; SCHNOOR, 1996), e estão apresentados na **Tabela 101**.

Tabela 101 – Intervalos de Valores Típicos para as Constantes de Qualidade da Água

Intervalos de Valores Típicos para as Constantes de Qualidade da Água	
Constante	Intervalo admitido
k_d (dia ⁻¹)	0.05 – 0.5
K_a (dia ⁻¹)	0.01 – 10.0
k_s (dia ⁻¹)	0.05 – 3.0
S_b (gm ⁻² dia ⁻¹)	0.1 – 5.0

Fonte: Von SPERLING, 1996; SCHNOOR, 1996

O limite superior de k_a não é bem definido, uma vez que este parâmetro pode apresentar valores altos, dependendo das características hidráulicas do canal, como declividade e coeficiente de Manning.

Geralmente, cada rio apresenta um conjunto particular de coeficientes do modelo de qualidade da água, pois eles variam de acordo com o clima local da sub-bacia, características do escoamento, atividade microbiológica, tipos de efluentes lançados, entre outros fatores.

Os conjuntos de coeficientes podem ser calculados, através da calibração, para cada rio. Assim, a calibração representa um processo de procura dos coeficientes que ajustem, num ponto qualquer, as concentrações de DBO e OD medidas nas estações de monitoramento, às concentrações calculadas pelo modelo.

A **Tabela 102** apresenta as estações de qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Pará que estão localizadas nos rios que estão sendo simulados e que possuem um histórico representativo de monitoramento de concentração de DBO e OD, sua localização e posição no rio.

Tabela 102 – Estações de Monitoramento de Qualidade das Águas consideradas na Simulação

Estações de Monitoramento de Qualidade das Águas consideradas na Simulação		
Estação	Nome rio	Distância da nascente (km)
PA001	Alto Rio Pará	26
PA003	Alto Rio Para	80
PA004	Rio Itapeperica	75
PA005	Médio Rio Pará	159

Estações de Monitoramento de Qualidade das Águas consideradas na Simulação (cont.)		
Estação	Nome rio	Distância da nascente (km)
PA007	Rio Itapecerica	87
PA009	Rio São João	47
PA010	Ribeirão da Paciência	12
PA011	Rio São João	133
PA013	Baixo Rio Pará	242
PA015	Rio Lambari	195
PA017	Rio Picão	82
PA019	Baixo Rio Pará	325

Fonte: Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

As distâncias das nascentes dos rios onde se encontram as PAs até a PA foram levantadas em ambiente de Geoprocessamento, diretamente do *shapfile* da hidrografia e o *shapfile* com os limites das áreas de contribuição das PAs (ambos presentes no **Anexo 3**), com a construção do *geodatabase*, tomando o cuidado de transformar cada trecho em uma única linha, emendando as quebras existentes.

A estação de monitoramento de qualidade da água PA021 não foi considerada na calibração, apesar de estar localizada no rio Picão. A razão está no fato de ser uma estação muito nova e de possuir uma série de monitoramento disponível relativamente curta, não considerada representativa da qualidade da água neste rio.

A série de medições de qualidade da água para cada estação de monitoramento, fornecidas nos relatórios anuais do IGAM de 1997 a 2006, foi dividida em duas sub-séries: uma para o período seco e outra para o período úmido. Isto porque a qualidade da água foi simulada separadamente para estes períodos e, desta forma, a calibração também deveria ser realizada separadamente.

O modelo de qualidade da água foi calibrado utilizando o valor médio das séries de medições de concentração de DBO e OD, para os períodos seco e úmido. As **Tabelas 103 e 104** apresentam as médias das séries consideradas, bem como os valores máximos e mínimos.

Tabela 103 – Valores mínimos, máximos e médios das Séries de Monitoramento de DBO e OD para o período seco.

Valores mínimos, máximos e médios das Séries de Monitoramento de DBO e OD para o período seco						
Estação	DBO monitorado (mg/L)			OD monitorado (mg/L)		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média (mg/L)	Máximo
PA001	0	0.12	2	6.4	7.62	8.6
PA003	0	0.35	2	6.1	7.60	8.6
PA004	0	0.58	3	5.7	7.42	8.4
PA005	0	0.71	3	6.8	7.28	8.3
PA007	0	3.94	11	6	7.13	8.2
PA009	2	14.94	36	4.9	6.33	7.6
PA010	3	9.67	21	2	4.54	6.7
PA011	0	2.94	7	6	6.86	7.9
PA013	0	1.00	3	6.4	7.55	8.6

Valores mínimos, máximos e médios das Séries de Monitoramento de DBO e OD para o período seco (cont.)						
Estação	DBO monitorado (mg/L)			OD monitorado (mg/L)		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média (mg/L)	Máximo
PA015	0	0.29	3	6.9	7.51	8.3
PA017	0	0.35	2	5.9	6.59	7.3
PA019	0	1.12	3	5.9	7.45	9.4

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 104 – Valores mínimos, máximos e médios das Séries de Monitoramento de DBO e OD para o período úmido.

Valores mínimos, máximos e médios das Séries de Monitoramento de DBO e OD para o período úmido						
Estação	DBO monitorado (mg/L)			OD monitorado (mg/L)		
	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média (mg/L)	Máximo
PA001	0	0.42	4	5.7	6.95	8.1
PA003	0	0.95	5	5.5	6.86	8.1
PA004	0	1.0	3	5.5	6.48	7.2
PA005	0	1.0	5	5.4	6.67	7.8
PA007	0	2.89	5	5.2	6.11	7.1
PA009	3	15.42	31	3.7	5.75	6.9
PA010	5	19.85	89	0	3.95	6.1
PA011	0	3.21	8	4.4	5.96	6.6
PA013	0	1.58	5	5.5	6.77	8.1
PA015	0	1.0	5	5.9	6.78	8
PA017	0	1.16	4	3	5.29	7
PA019	0	0.42	5	5.7	6.95	8.8

Fonte: IGAM. Processamento TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os valores presentes nas **Tabelas 103 e 104** foram obtidos das séries monitoradas pelo IGAM, presentes no **Anexo 22**.

O modelo de qualidade da água foi calibrado através do método de calibração desenvolvido por KONDAGESKI E FERNANDES (2005), que faz uso da técnica de otimização, denominada algoritmo genético. Esta técnica utiliza uma analogia da teoria da evolução, declarada pelo fisiologista inglês Charles Darwin. As possíveis soluções do problema de calibração são tratadas como indivíduos, que compõe uma população, e que evoluem através de sucessivas gerações. Esta evolução produz indivíduos cada vez mais adaptados ao seu meio, ou seja, produz respostas ótimas para o problema de calibração. Os coeficientes k_d , k_s e S_b foram calibrados através deste método.

A taxa de reaeração atmosférica (k_a) foi calculada através da equação semi-empírica de Thackston e Krenkel (BROWN & BARNWELL, 1987):

$$k_a = 24.9 \frac{\left(1 + \sqrt{HS_0g/\sqrt{gH}}\right) \sqrt{HS_0g}}{H} \quad [38]$$

Onde g representa a aceleração da gravidade. Esta equação é aplicável para algumas faixas de profundidade (H), velocidade média (\bar{u}), e declividade longitudinal (S_0):

$$0,01 \leq H \leq 7,38$$

$$0,06 \leq \bar{u} \leq 1,52$$

$$2,7 \cdot 10^{-5} \leq S_0 \leq 2,04 \cdot 10^{-2}$$

Na simulação de qualidade da água pode-se considerar que os coeficientes do modelo variam entre os tramos do rio, ou se mantêm constantes ao longo destes. No presente trabalho, calculou-se k_a para cada tramo dos rios simulados. Quanto aos outros coeficientes do modelo de qualidade da água (k_d , k_s e S_b), adotou-se o seguinte critério: para os rios com 2 ou mais estações de monitoramento de qualidade da água (Rio Itapeçerica, Rio São João e Rio Pará), os coeficientes foram calculados para cada tramo, enquanto que para os rios com apenas uma estação de monitoramento (Rio Lambari, Rio Picão e Ribeirão da Paciência), os coeficientes foram mantidos constantes ao longo de todo o rio.

Apesar de não existirem dados de monitoramento de qualidade da água para o Ribeirão Boa Vista e Rio do Peixe, impossibilitando a calibração do modelo, a qualidade da água foi simulada para estes rios, com a utilização de coeficientes encontrados na literatura. Assim foi possível calcular um perfil aproximado de DBO e OD para estes rios.

Com os coeficientes do modelo calibrados, os perfis de concentração de DBO e OD ao longo dos rios foram calculados, com a utilização do QUAL2E. Foram utilizados também coeficientes típicos, encontrados na literatura, que ocorrem tipicamente em simulação de qualidade da água em rios, presentes na **Tabela 105**.

Tabela 105 – Coeficientes típicos de qualidade da água

Coeficientes típicos de qualidade da água	
K_d (dia ⁻¹)	0.3
K_s (dia ⁻¹)	0.5
S_b (gm ⁻² dia ⁻¹)	2.0

Fonte: CHAPRA, 1997

Foram, portanto, definidos 2 perfis diferentes de concentração de DBO e OD para cada rio: o perfil de DBO e OD calibrado, que foi obtido através dos coeficientes calibrados; e o perfil de DBO e OD calculado, que foi obtido através dos coeficientes apresentados na **Tabela 80**. Cabe ressaltar que, para a obtenção dos perfis calculados, os coeficientes do modelo de qualidade da água foram mantidos constantes ao longo de todo o rio.

5.5.2.3 Resultados e Discussão

A seguir serão apresentados, por rio simulado, os coeficientes do modelo de qualidade da água obtidos através da calibração. Serão apresentados também os perfis de DBO e OD calibrados e calculados. Juntamente com estes perfis estão representados os boxplots das séries de concentração de DBO e OD, monitorados nas estações de qualidade da água. O Boxplot constitui uma ferramenta gráfica que representa o valor máximo e mínimo das séries, os quartis 25% e 75%, além da mediana.

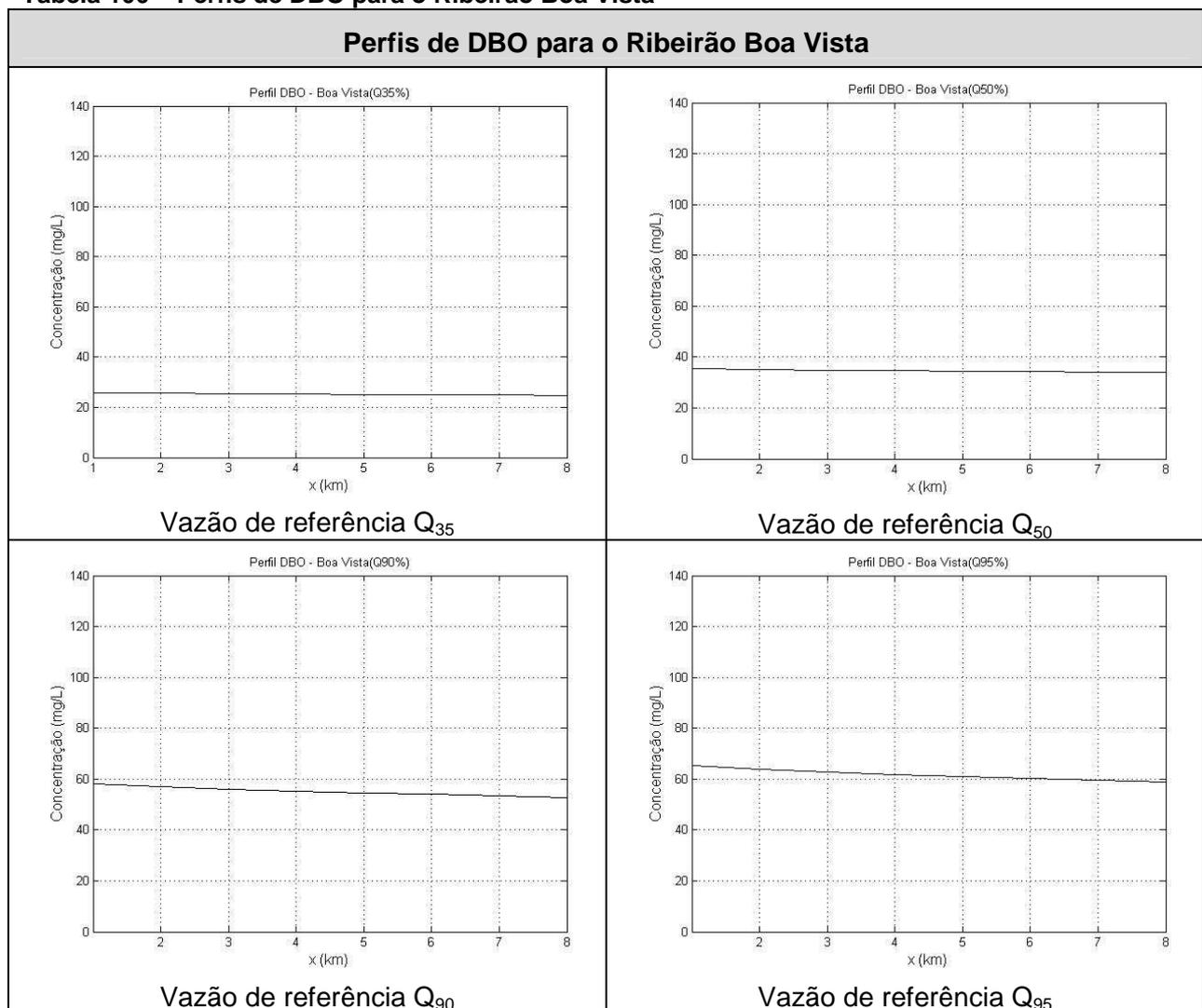
Cabe ressaltar que o modelo QUAL2E apresenta os resultados de simulação da qualidade da água a partir do primeiro elemento computacional – de comprimento igual a 1km, neste trabalho – portanto, nos gráficos a seguir, os perfis de concentração de DBO e OD são apresentados a partir do primeiro quilômetro do rio.

Para alguns gráficos apresentados, principalmente para os cenários de vazão $Q_{7,10}$, a concentração de DBO não pode ser visualizada nos primeiros quilômetros do rio, ou seja, a curva de DBO não está inteiramente contida na figura. Isto ocorreu porque se optou por uma escala, no gráfico, que tivesse como limite máximo de DBO um valor não muito alto, que foi escolhido de forma a não comprometer a visualização dos resultados para os outros cenários de vazão de referência.

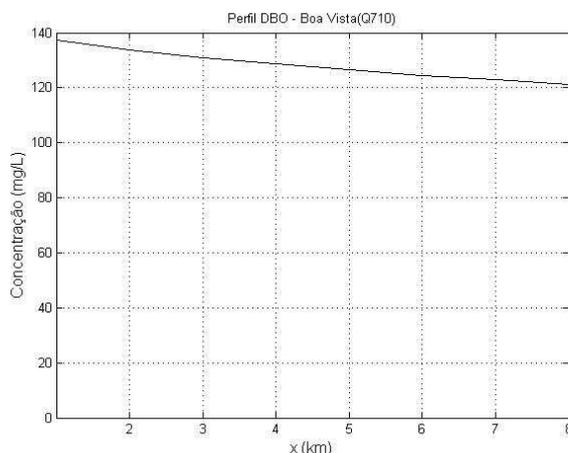
5.5.2.3.1 Ribeirão Boa vista

Como foi apresentado anteriormente, neste rio não existe informação de monitoramento de qualidade da água. Por este motivo, somente foi possível obter os perfis calculados de DBO e OD, ou seja, os perfis obtidos com os coeficientes (k_d , k_s e S_b) encontrados na literatura (**Tabela 105**). Estes perfis de DBO e OD estão apresentados nas **Tabelas 106 e 107**, para cada cenário de vazão de referência.

Tabela 106 – Perfis de DBO para o Ribeirão Boa Vista



Perfis de DBO para o Ribeirão Boa Vista (cont.)



Vazão de referência $Q_{7,10}$

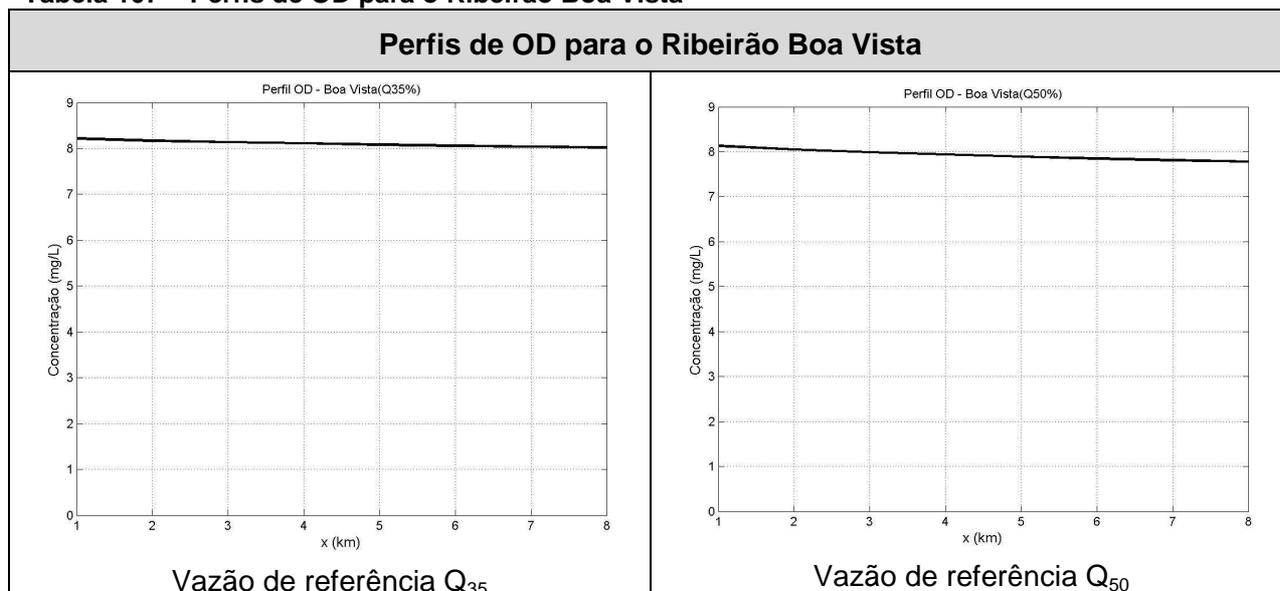
Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

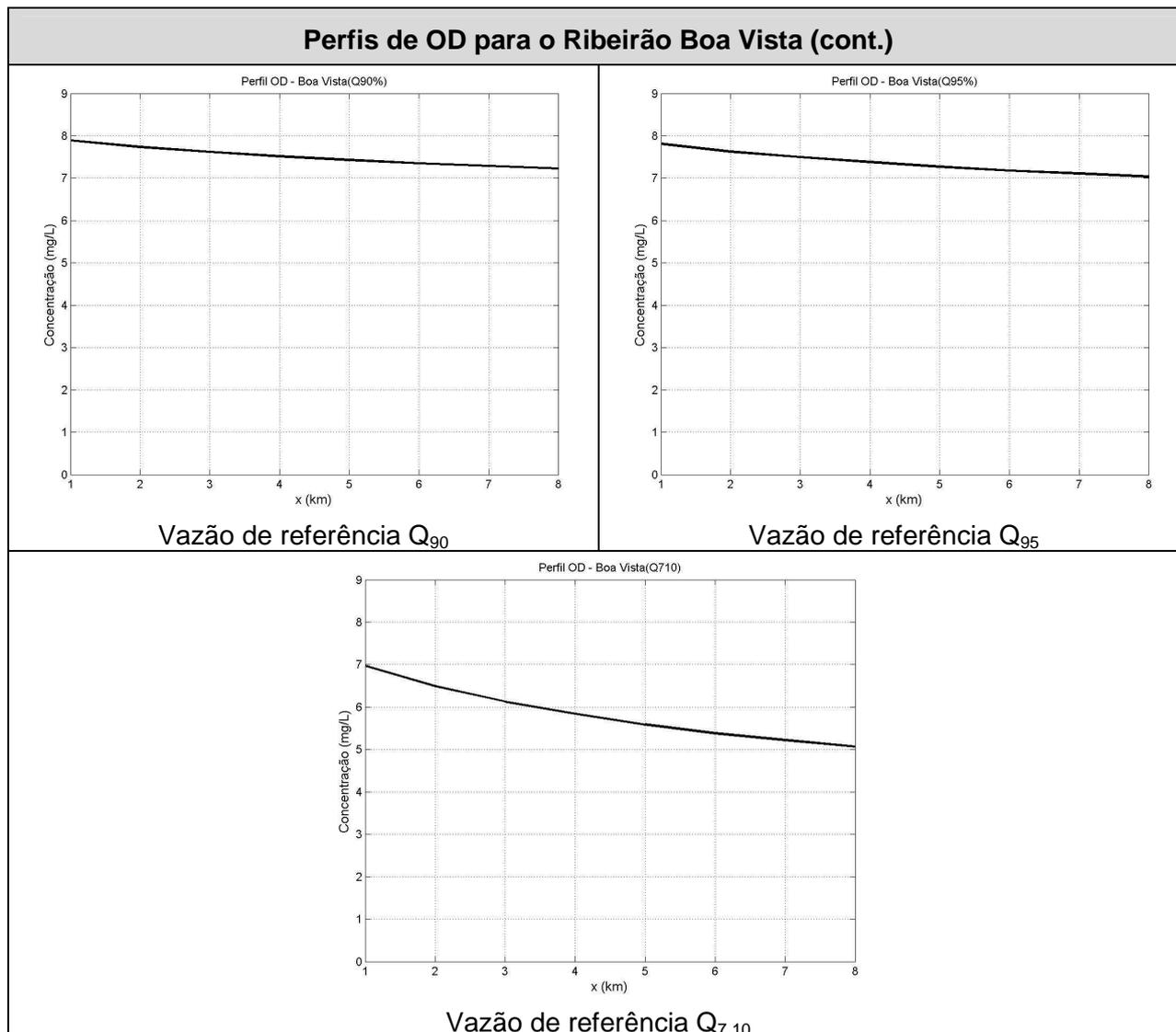
Observa-se que, para aqueles cenários com maior vazão, que a degradação de MO foi menos intensa em relação aos cenários de menor vazão. Apesar disso, as concentrações de DBO foram menores para os cenários com maior vazão, pois para eles havia maior quantidade de água para diluir a carga de DBO lançada ao longo deste rio.

De acordo com a **Tabela 99**, o Ribeirão Boa Vista recebe a maior quantidade de carga poluidora por comprimento de rio. Assim, ao mesmo tempo em que ocorre a diminuição da concentração de DBO devido à degradação e sedimentação da mesma, tem-se uma grande quantidade de DBO sendo aportada para o rio; por este motivo, não há diminuição considerável da concentração de DBO ao longo deste rio.

Os perfis de OD estão apresentados na **Tabela 107**, para os 5 cenários de vazão.

Tabela 107 – Perfis de OD para o Ribeirão Boa Vista





Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Observa-se que a queda na concentração de OD acompanha a queda na concentração de DBO. Este comportamento era esperado, pois os microorganismos utilizam o oxigênio dissolvido na água para a degradação da MO, o que provoca a diminuição da concentração de OD.

5.5.2.3.2 Rio Itapecerica

As Tabelas 108 a 111 a seguir apresentam os coeficientes do modelo de qualidade da água obtidos, através da calibração, para os 5 cenários de vazão. Estes coeficientes são apresentados para os 8 tramos do rio, juntamente com as taxas de reaeração, calculadas através da Equação [38]. Também estão apresentadas as posições no rio referentes aos tramos.

Tabela 108 – k_d 's calibrados para o rio Itapecerica

k_d's calibrados para o rio Itapecerica						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$k_{dQ35\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ50\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ90\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ95\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	2.14	2.09	2.05	1.74	1.52
2	11 – 17	0.70	0.68	1.09	1.63	1.52

k_d's calibrados para o rio Itapecerica (cont.)						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$k_{dQ35\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ50\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ90\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ95\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
3	18 – 32	0.16	0.11	0.17	0.63	1.65
4	33 – 47	0.18	0.13	0.16	0.25	1.46
5	48 – 66	0.19	0.08	0.06	0.08	0.98
6	67 – 73	2.03	1.19	2.11	2.01	2.41
7	74 – 82	2.04	2.88	0.21	0.30	2.69
8	83 – 92	1.06	1.40	0.32	0.17	0.87

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 109 – k_a 's calibrados para o rio Itapecerica

K_a's calibrados para o rio Itapecerica						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{aQ35\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ50\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ90\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ95\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	40.13	41.39	47.69	48.76	54.17
2	11 – 17	32.69	33.72	38.86	39.73	44.14
3	18 – 32	3.02	3.11	3.58	3.66	4.06
4	33 – 47	2.67	2.76	3.17	3.24	3.60
5	48 – 66	2.50	2.58	2.97	3.03	3.36
6	67 – 73	1.79	1.85	2.24	2.32	2.72
7	74 – 82	6.13	6.36	7.68	7.96	9.35
8	83 – 92	6.01	6.23	7.53	7.80	9.15

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 110 – k_s 's calibrados para o rio Itapecerica

K_s's calibrados para o rio Itapecerica						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{sQ35\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ50\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ90\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ95\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	3.95	4.12	4.03	2.99	2.51
2	11 – 17	3.87	3.88	3.86	3.01	2.37
3	18 – 32	4.65	4.56	4.52	3.90	2.08
4	33 – 47	4.68	4.65	4.75	4.39	2.31
5	48 – 66	4.78	4.81	4.91	4.82	3.98
6	67 – 73	4.89	4.96	4.97	4.95	4.84
7	74 – 82	4.23	4.87	2.90	4.06	4.62
8	83 – 92	0.22	0.15	0.04	0.08	0.67

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 111 – S_b 's calibrados para o rio Itapecerica

S_b's calibrados para o rio Itapecerica						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$S_{bQ35\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ50\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ90\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ95\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ7,10\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	3.95	4.12	4.03	2.99	2.51
2	11 – 17	3.87	3.88	3.86	3.01	2.37
3	18 – 32	4.65	4.56	4.52	3.90	2.08

Sb's calibrados para o rio Itapecerica (cont.)						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$S_{bQ35\%}$ ($gm^{-2}dia^{-1}$)	$S_{bQ50\%}$ ($gm^{-2}dia^{-1}$)	$S_{bQ90\%}$ ($gm^{-2}dia^{-1}$)	$S_{bQ95\%}$ ($gm^{-2}dia^{-1}$)	$S_{bQ7,10\%}$ ($gm^{-2}dia^{-1}$)
4	33 – 47	4.68	4.65	4.75	4.39	2.31
5	48 – 66	4.78	4.81	4.91	4.82	3.98
6	67 – 73	4.89	4.96	4.97	4.95	4.84
7	74 – 82	4.23	4.87	2.90	4.06	4.62
8	83 – 92	0.22	0.15	0.04	0.08	0.67

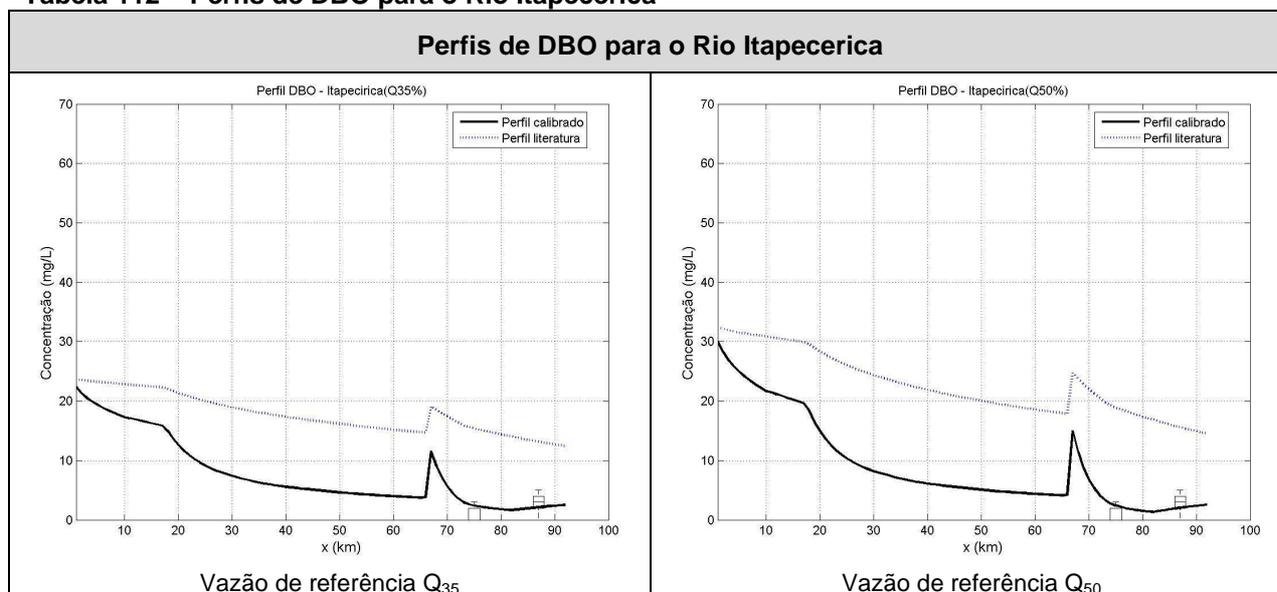
Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

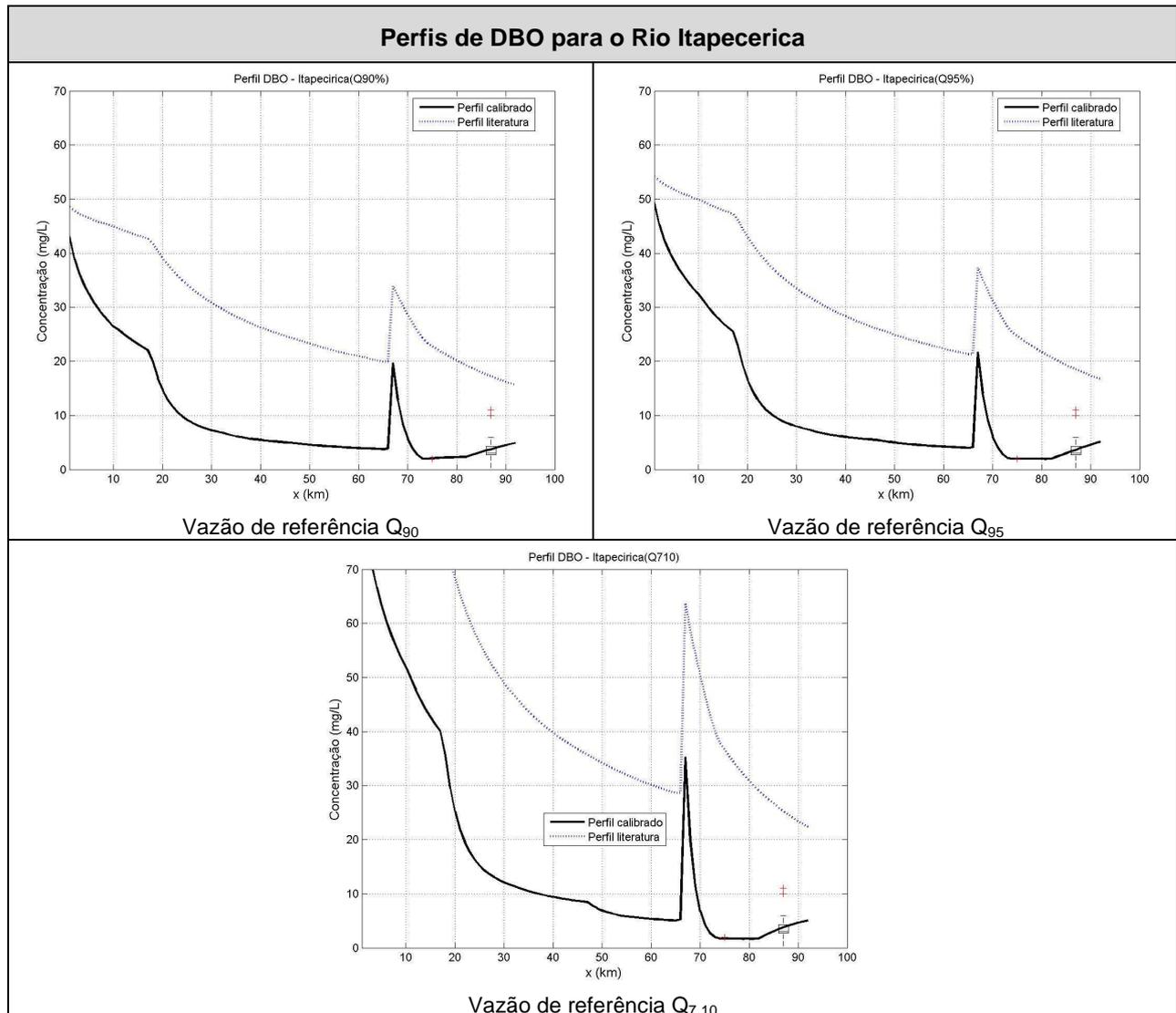
Para a maioria dos tramos, as taxas de degradação e sedimentação de MO (kd e ks) calibradas apresentam valores relativamente altos, apresentando-se muito fora da faixa de valores teóricos indicada pela literatura (**Tabela 105**). Isto é devido, provavelmente, à incompatibilidade entre as cargas poluidoras lançadas no rio – relativamente altas – e as concentrações de DBO monitoradas nas estações – relativamente baixas. Ou seja, teoricamente os valores de concentração de DBO monitorados nas estações deveriam ser maiores, dado a magnitude da carga lançada neste rio; ou as cargas lançadas no rio deveriam ser menores, dado a magnitude dos valores monitorados de concentração de DBO. Assim, como no processo de calibração o objetivo é ajustar a concentração calculada pelo modelo à monitorada, o algoritmo de calibração encontra altos valores para kd e ks, o que implica na remoção de grande quantidade de DBO, fazendo, então, com que a concentração calculada de DBO atinja baixos valores, aproximando-se da monitorada.

É possível observar, entre o 2º e o 3º tramo, uma queda brusca na taxa de reaeração atmosférica, que ocorreu devido a uma queda brusca da declividade do canal entre estes dois tramos.

A **Tabela 112** apresenta os perfis de DBO para os 5 cenários de vazão.

Tabela 112 – Perfis de DBO para o Rio Itapecerica





Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Em relação ao período seco, não há boxplot para a estação de monitoramento localizada mais a montante, uma vez que em toda a série de concentração de DBO monitorada, há apenas um valor diferente de zero, que corresponde ao ponto vermelho observado nos gráficos. Ainda em relação ao período seco, cabe citar que para a estação de monitoramento de jusante, os pontos vermelhos indicam valores monitorados que se afastaram muito do restante da série de monitoramento.

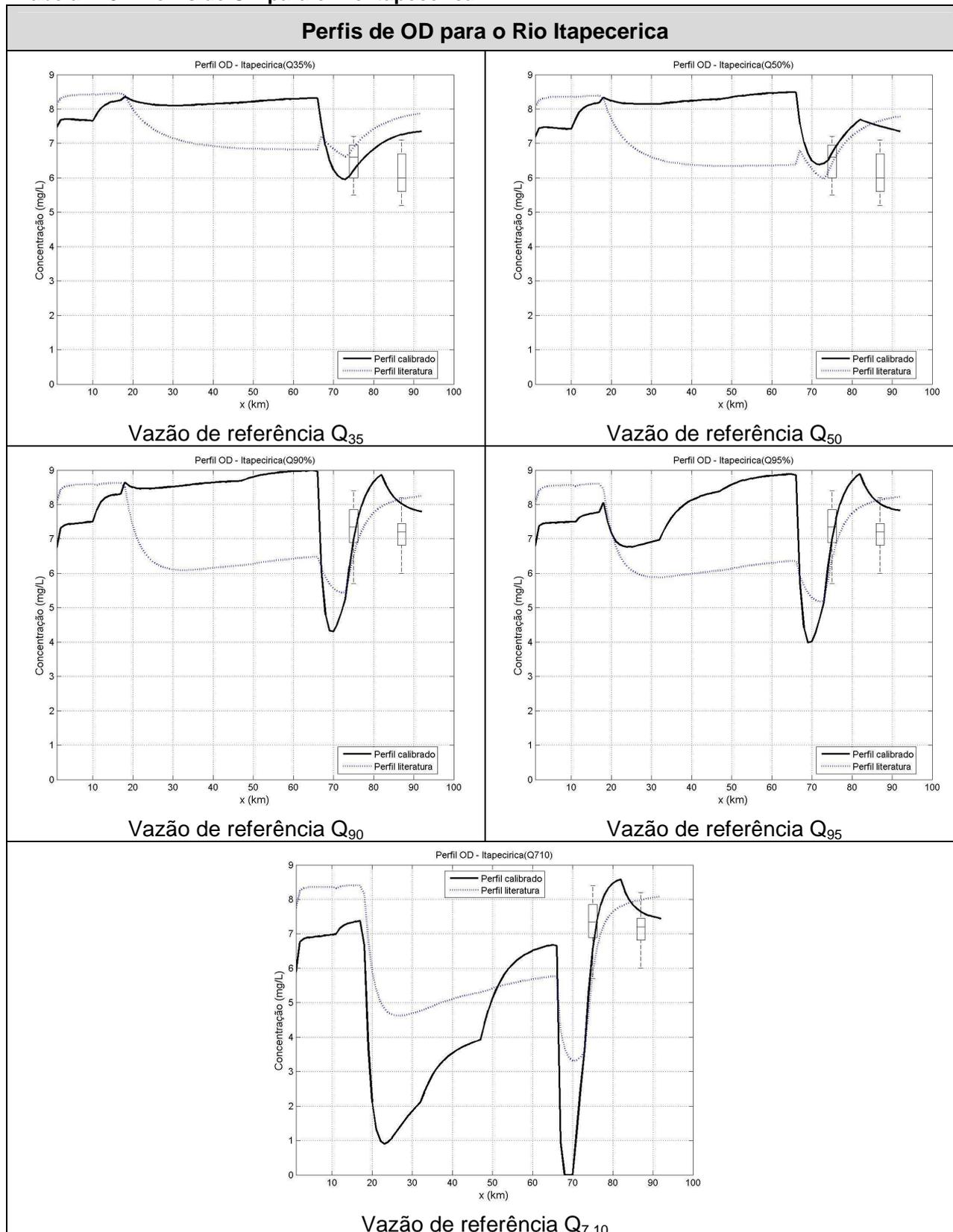
Percebe-se que as curvas de DBO calculadas com os coeficientes da literatura encontram-se muito acima das curvas calibradas. Assim, pode-se afirmar que ao se utilizar valores “aceitáveis” para estes coeficientes, ou seja, valores não muito altos, a concentração de DBO calculada no ponto de monitoramento se apresentou muito acima da concentração monitorada. Por outro lado, com o modelo calibrado, a concentração calculada esteve mais próxima da monitorada. Porém, para se atingir esta maior precisão, foram utilizados valores mais altos para os coeficientes do modelo, bem acima daqueles apresentados na literatura.

Em relação à curva calibrada observa-se que, para o período úmido, o perfil de concentração monitorada de DBO apresentou certa dificuldade em se ajustar aos boxplots. Isto porque há um aumento significativo na concentração monitorada de DBO entre a primeira e a segunda estação de monitoramento, e que não está, todavia, acompanhado por um aumento na carga de DBO lançada entre estas duas estações.

Para os 5 cenários de vazão ocorre, no km 67, um aumento significativo na concentração de DBO, pois neste ponto o Ribeirão Boa Vista descarrega uma carga de DBO no Rio Itapecerica.

Os perfis de OD estão apresentados na **Tabela 113**, para os 5 cenários de vazão.

Tabela 113 – Perfis de OD para o Rio Itapecerica



Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Em relação ao perfil calibrado, e para todos os cenários de vazão, o aumento da concentração de OD, observado nos primeiros 15 quilômetros do rio, foi devido a alta taxa de reaeração atmosférica calculada neste trecho. Para os cenários de vazão Q35%, Q50% e Q90%, o perfil de OD permaneceu num alto patamar até o quilômetro 67, onde ocorreu uma queda brusca na concentração devido à descarga do Ribeirão Boa Vista.

Ainda em relação ao perfil calibrado, e para o cenário de vazão Q7,10, a queda brusca na concentração de OD à jusante do quilômetro 17 ocorreu devido à forte queda da taxa de reaeração (k_a), observada na **Tabela 109**. Apesar desta forte queda no valor de k_a também ser constatada para os outros cenários de vazão, ela não foi acompanhada por uma diminuição brusca na concentração de OD, uma vez que ocorreu, paralelamente, uma diminuição na taxa de consumo de oxigênio (diminuição de k_d e S_b), para estes cenários de vazão (**Tabela 108** e **Tabela 111**), o que compensou a quantidade de OD que deixou de ser adicionado à água através da reaeração atmosférica.

Observa-se que o perfil calculado seguiu a mesma tendência do calibrado, porém de uma forma mais suave. Em relação ao perfil calibrado, observa-se que houve dificuldade deste se ajustar aos boxplots. Isto porque ocorreu uma diminuição na concentração monitorada de OD entre a primeira e a segunda estação, e que não foi acompanhada de um aumento da carga lançada entre as duas estações. Porém, os perfis calibrados estão mais próximos dos boxplots, ou seja, a concentração obtida com o modelo calibrado se aproxima mais da concentração monitorada.

5.5.2.3 Ribeirão da Paciência

Como havia apenas uma estação de qualidade da água no Ribeirão da Paciência, considerou-se, na calibração, que os coeficientes k_d , k_s e S_b não variavam entre diferentes tramos do rio. A taxa de reaeração (k_a), porém, foi calculada, através da Equação semi empírica de Thackston, para cada tramo do rio. Estes coeficientes podem ser visualizados nas **Tabelas 114** e **115**.

Tabela 114 – Coeficientes Calibrados para o Ribeirão da Paciência

Coeficientes calibrados para o Ribeirão da Paciência					
Coeficientes	Q _{35%}	Q _{50%}	Q _{90%}	Q _{95%}	Q _{7,10}
k_d (dia ⁻¹)	2.18	2.35	4.25	4.67	4.49
k_s (dia ⁻¹)	8.72	10.40	10.29	10.85	10.01
S_b (gm ⁻² dia ⁻¹)	5.58	5.53	7.98	7.13	7.54

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 115 – k_a 's calculados para o Ribeirão da Paciência

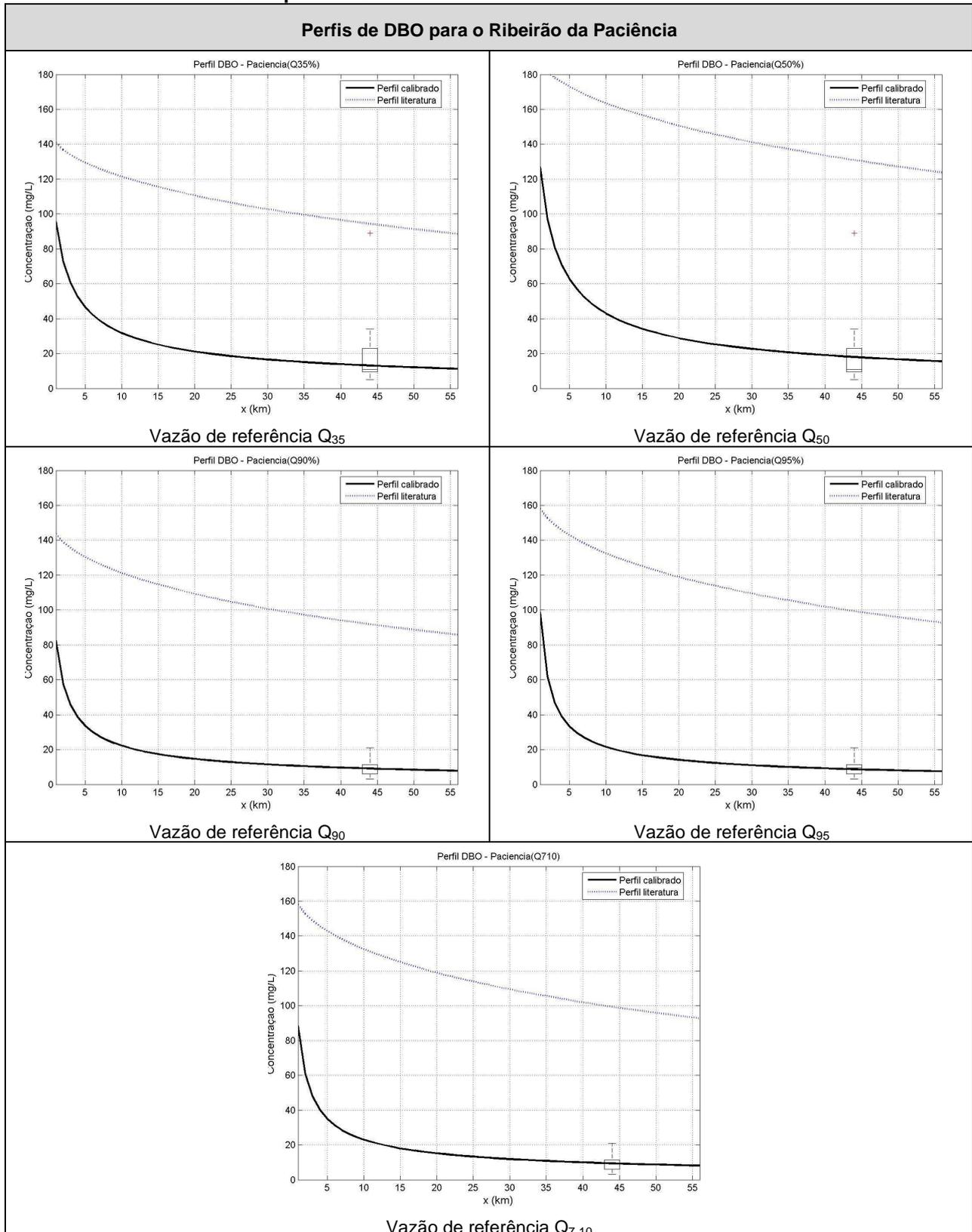
Ka's calculados para o Ribeirão da Paciência						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{aQ35%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ50%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ90%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ95%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ7,10}$ (dia ⁻¹)
1	0 – 10	25.35	27.62	34.35	34.50	35.44
2	11 – 20	17.26	18.80	23.37	23.48	24.12
3	21 – 30	14.81	16.13	20.05	20.14	20.69
4	31 – 40	13.41	14.60	18.14	18.22	18.71
5	41 – 56	12.22	13.31	16.53	16.61	17.06

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Novamente os coeficientes calibrados apresentaram valores bem acima dos descritos na literatura, principalmente a taxa de sedimentação, com valores maiores do que 10 dia⁻¹.

Os gráficos da **Tabela 116** apresentam os perfis calculados e calibrados de DBO.

Tabela 116 – Perfis de DBO para o Ribeirão da Paciência

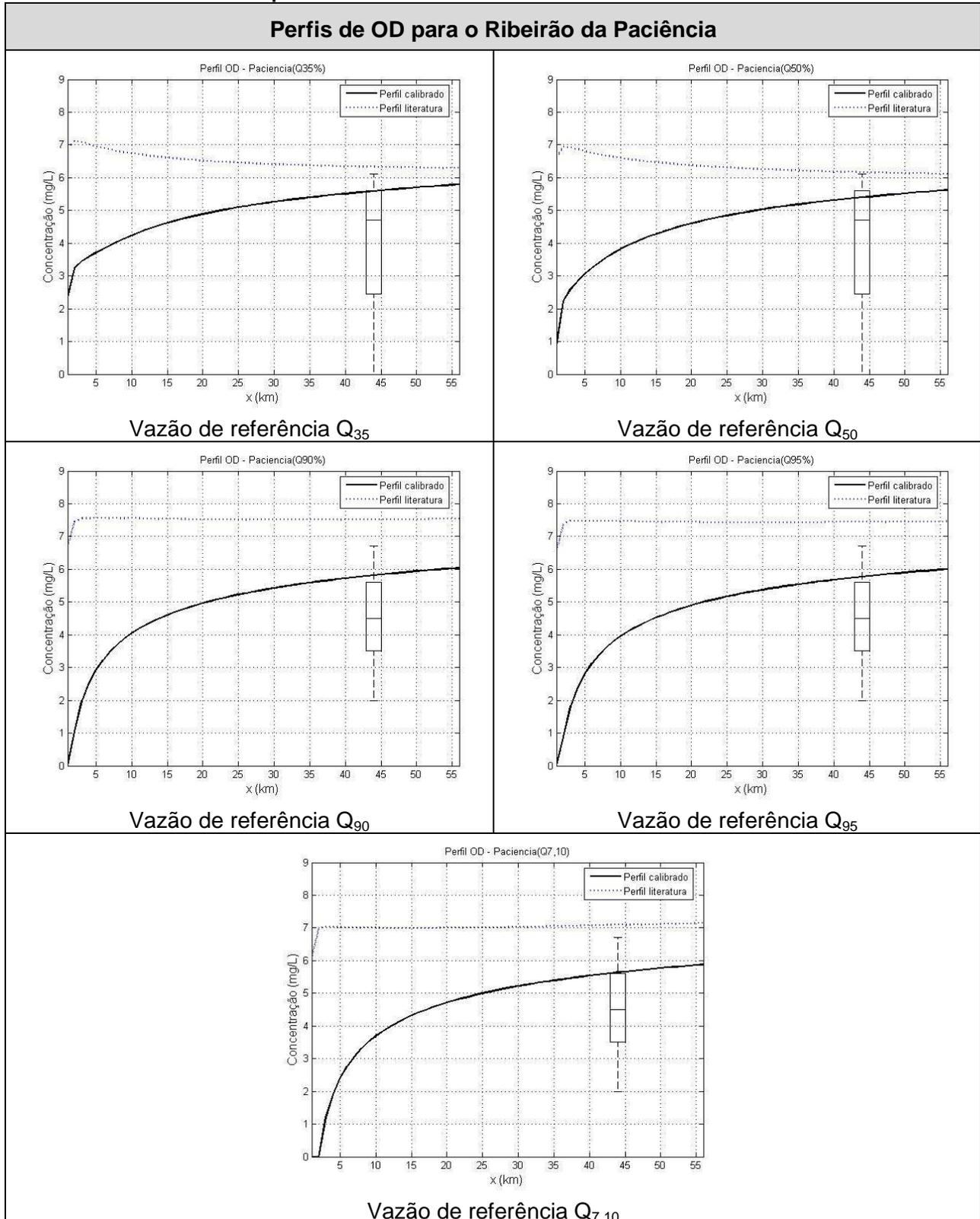


Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os pontos vermelhos, apresentados nos gráficos referentes ao período úmido, representam pontos que se afastaram muito da série de medições.

Observa-se que os perfis de DBO se ajustaram aos boxplots de monitoramento; porém, para atingir tal ajuste, a calibração encontrou valores altos para os coeficientes de remoção de MO, uma vez que uma alta carga de DBO é lançada neste rio. Também é possível observar que os perfis calculados com coeficientes de literatura ficaram muito acima dos calibrados. Os perfis de OD estão apresentados na **Tabela 117**, para os 5 cenários de vazão.

Tabela 117 – Perfis de OD para o Ribeirão da Paciência



Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A diferença observada entre os perfis de concentração de OD calculados e calibrados pode ser explicada pela diferença entre os coeficientes utilizados no cálculo destes perfis, pois pode ser observado que os coeficientes calibrados são consideravelmente maiores do que os de literatura, o que implica num maior consumo de OD, e sua conseqüente diminuição.

5.5.2.3.4 Rio São João

As **Tabelas 118 a 121** a seguir apresentam os coeficientes do modelo de qualidade da água obtidos, através da calibração, para os 5 cenários de vazão. Estes coeficientes são apresentados para os 10 tramos do rio, juntamente com as taxas de reaeração, calculadas através da Equação [38]. Também estão apresentadas as posições no rio referentes aos tramos.

Tabela 118 – k_d 's calibrados para o Rio São João

k_d's calibrados para o Rio São João						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$k_{dQ35%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ50%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ90%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ95%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	1.83	1.88	1.69	1.44	1.34
2	11 – 25	1.6	1.65	1.50	1.47	1.59
3	26 – 35	1.16	1.53	1.34	1.36	1.7
4	36 – 42	0.85	0.91	1.02	1.00	1.13
5	43 – 62	0.58	0.63	0.73	0.77	0.74
6	63 – 82	2.04	1.59	1.51	1.50	1.44
7	83 – 102	2.5	1.83	1.43	1.60	1.45
8	103 – 120	2.86	2.63	1.89	2.19	1.98
9	121 – 127	2.88	2.68	2.12	2.10	2.37
10	128 – 141	2.85	2.67	2.36	2.27	2.49

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 119 – k_a 's calibrados para o Rio São João

k_a's calibrados para o Rio São João						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{aQ35%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ50%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ90%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ95%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	8,32	8,92	11,08	11,40	11,96
2	11 – 25	6,15	6,59	8,19	8,43	8,84
3	26 – 35	5,45	5,84	7,25	7,46	7,83
4	36 – 42	5,26	5,64	7,00	7,20	7,55
5	43 – 62	5,29	5,67	7,03	7,24	7,59
6	63 – 82	4,95	5,30	6,58	6,78	7,11
7	83 – 102	4,73	5,07	6,29	6,48	6,80
8	103 – 120	4,49	4,82	5,98	6,16	6,45
9	121 – 127	6,52	7,08	8,82	9,08	9,42
10	128 – 141	6,59	7,11	8,87	9,13	9,48

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 120 – ks's calibrados para o Rio São João

Ks's calibrados para o Rio São João						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{sQ35\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ50\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ90\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ95\%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	3,45	3,08	2,45	2,65	2,4
2	11 – 25	3,25	3,47	2,28	2,51	2,22
3	26 – 35	2,89	3,06	2,10	2,10	2,21
4	36 – 42	2,43	2,83	1,80	2,02	2,15
5	43 – 62	1,88	2,44	1,18	1,27	1,6
6	63 – 82	4,05	3,17	2,34	2,30	2,41
7	83 – 102	4,41	3,84	2,54	2,50	2,34
8	103 – 120	4,82	4,54	3,32	3,16	3,42
9	121 – 127	4,83	4,65	3,59	3,57	3,68
10	128 – 141	4,88	4,68	3,58	3,88	3,93

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 121 – Sb's calibrados para o Rio São João

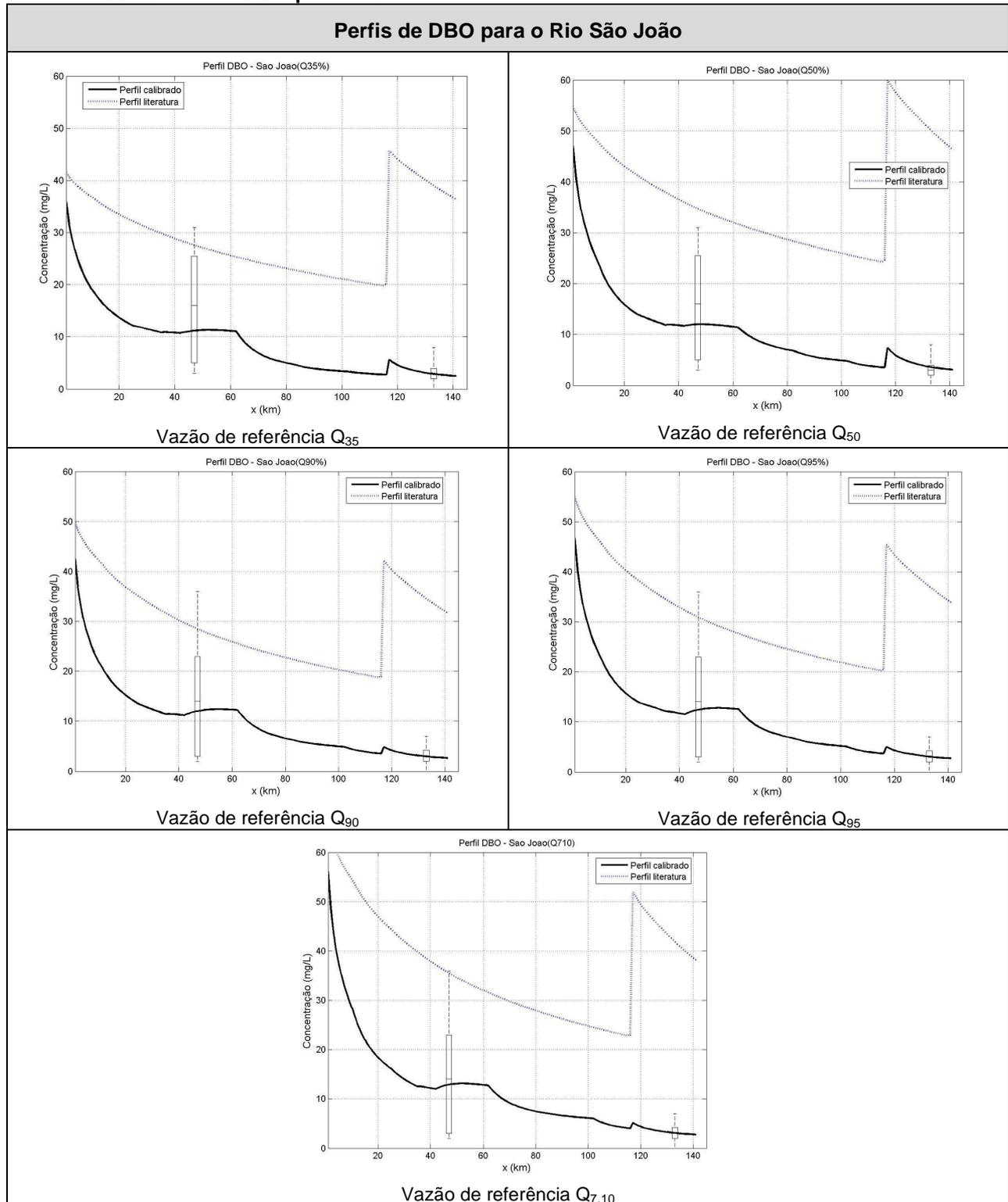
Sb's calibrados para o Rio São João						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$S_{bQ35\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ50\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ90\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ95\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ7,10\%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	3,54	4,53	3,93	4,37	4,28
2	11 – 25	2,69	3,66	4,28	3,72	4,26
3	26 – 35	1,89	2,80	3,44	3,69	3,92
4	36 – 42	1,36	1,97	3,38	3,83	2,70
5	43 – 62	1,38	1,72	2,85	2,62	3,07
6	63 – 82	3,73	4,06	4,45	4,02	4
7	83 – 102	2,05	3,63	4,12	4,24	4,24
8	103 – 120	1,14	2,54	4,50	4,59	4,47
9	121 – 127	1,06	2,97	4,37	4,50	4,15
10	128 – 141	0,83	2,62	5,45	5,80	5,69

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Semelhantemente ao que ocorreu nos rios apresentados anteriormente, a maioria dos coeficientes calibrados do modelo de qualidade da água, principalmente os kd's, apresentaram valores muito acima daqueles encontrados na literatura.

A **Tabela 122** apresenta os perfis de DBO para os 5 cenários de vazão.

Tabela 122 – Perfis de DBO para o Rio São João



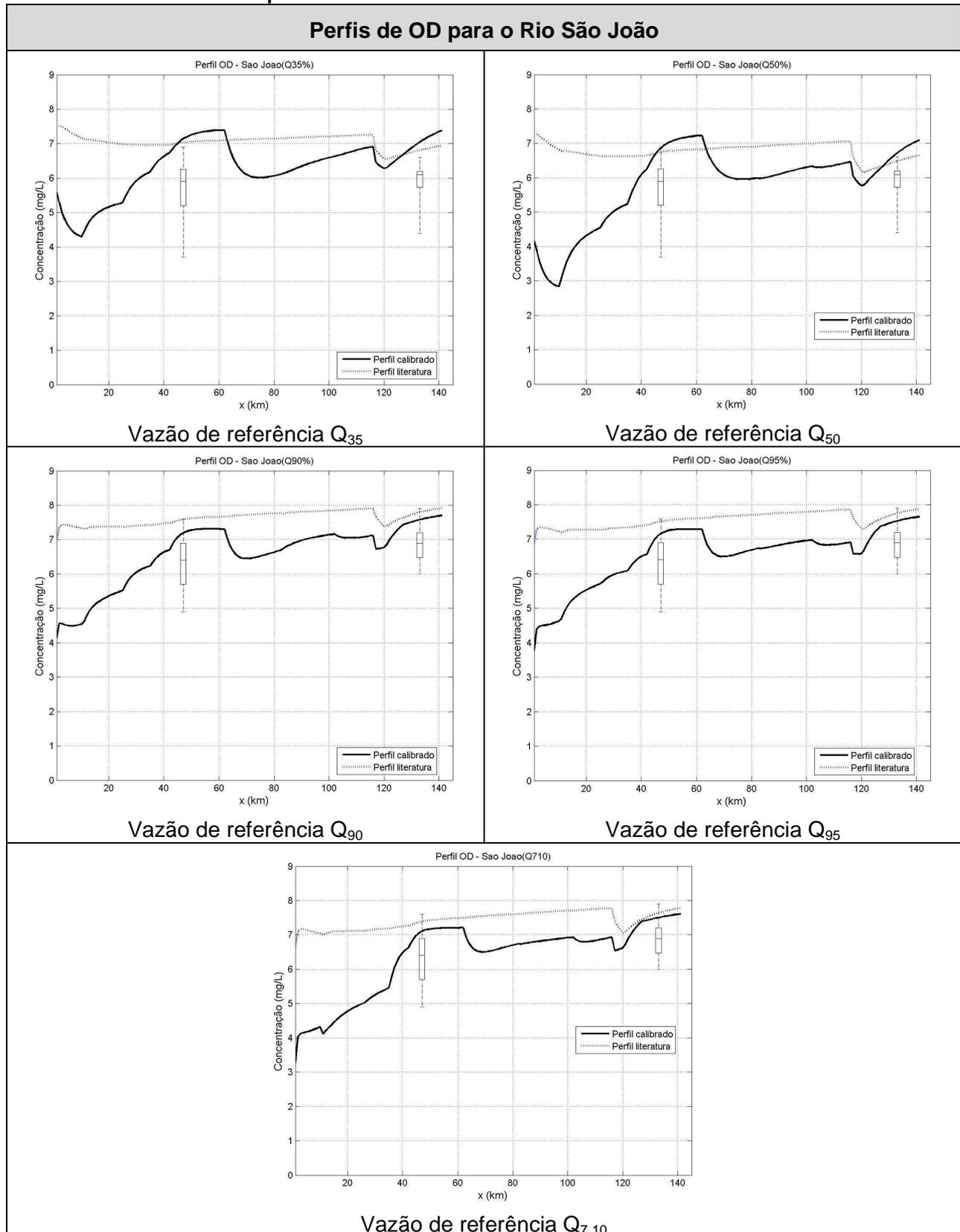
Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Novamente, houve grande diferença entre os perfis de DBO calculados com os coeficientes de literatura e os perfis calibrados, sendo que estes perfis estavam mais próximos das concentrações monitoradas do que aqueles.

Tanto para o perfil calculado, quanto para o perfil calibrado, observa-se que no km 120 ocorreu um aumento na concentração de DBO, ocasionada pela descarga, neste ponto, do Ribeirão da Paciência. Em relação ao perfil calibrado, é possível constatar que, a partir do quilômetro 40 do

rio, há uma interrupção na queda da concentração de DBO, que chega a sofrer um leve aumento. Este comportamento que pode ser explicado pela queda abrupta das taxas de remoção de MO (kd e ks) no quinto tramo do rio, conforme apresentado nas **Tabelas 93 e 95**. Os perfis de OD estão apresentados na **Tabela 123**, para os 5 cenários de vazão.

Tabela 123 – Perfis de OD para o Rio São João



Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Em relação ao perfil calibrado, o baixo nível da concentração de oxigênio dissolvido, observado no início do rio, deve-se às altas taxas de consumo de OD (S_b e k_d) no trecho inicial. Porém, a partir do segundo tramo há um aumento gradual na concentração de OD, devido à reaeração atmosférica, e à diminuição dos valores de S_b e k_d . Esta elevação prossegue até o quilômetro 62, onde se tem, um aumento significativo de S_b e K_d , o que provoca nova queda da concentração de OD.

Para o perfil calculado, não se observam grandes variações da concentração de OD, uma vez que, neste caso, os coeficientes de qualidade da água se mantiveram inalterados ao longo de todo o rio. Porém, novamente o perfil calibrado encontra-se mais próximo dos valores monitorados de OD do que o perfil calculado.

Também se deve destacar a queda na concentração de OD ocorrida a partir do quilômetro 117 do rio; neste caso, porém, ela foi provocada pelo impacto do Ribeirão da Paciência, que descarrega uma grande quantidade de poluente orgânico neste ponto.

5.5.2.3.5 Rio Lambari

Como havia apenas uma estação de qualidade da água no Rio Lambari, considerou-se, na calibração, que os coeficientes k_d , k_s S_b não variavam entre diferentes tramos do rio. A taxa de reaeração (k_a), porém, foi calculada, através da Equação semi empírica de Thackston, para cada tramo do rio. Estes coeficientes podem ser visualizados nas **Tabelas 124 e 125**.

Tabela 124 – Coeficientes Calibrados para o Rio Lambari

Coeficientes calibrados para o Rio Lambari					
Coeficientes	Q _{35%}	Q _{50%}	Q _{90%}	Q _{95%}	Q _{7,10}
k_d (dia ⁻¹)	1,53	1,03	1,05	1,03	1,86
k_s (dia ⁻¹)	0,88	1,84	2,02	2,47	5,29
S_b (gm ⁻² dia ⁻¹)	3,33	3,88	2,98	2,88	2,38

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 125 – k_a 's calculados para o Rio Lambari

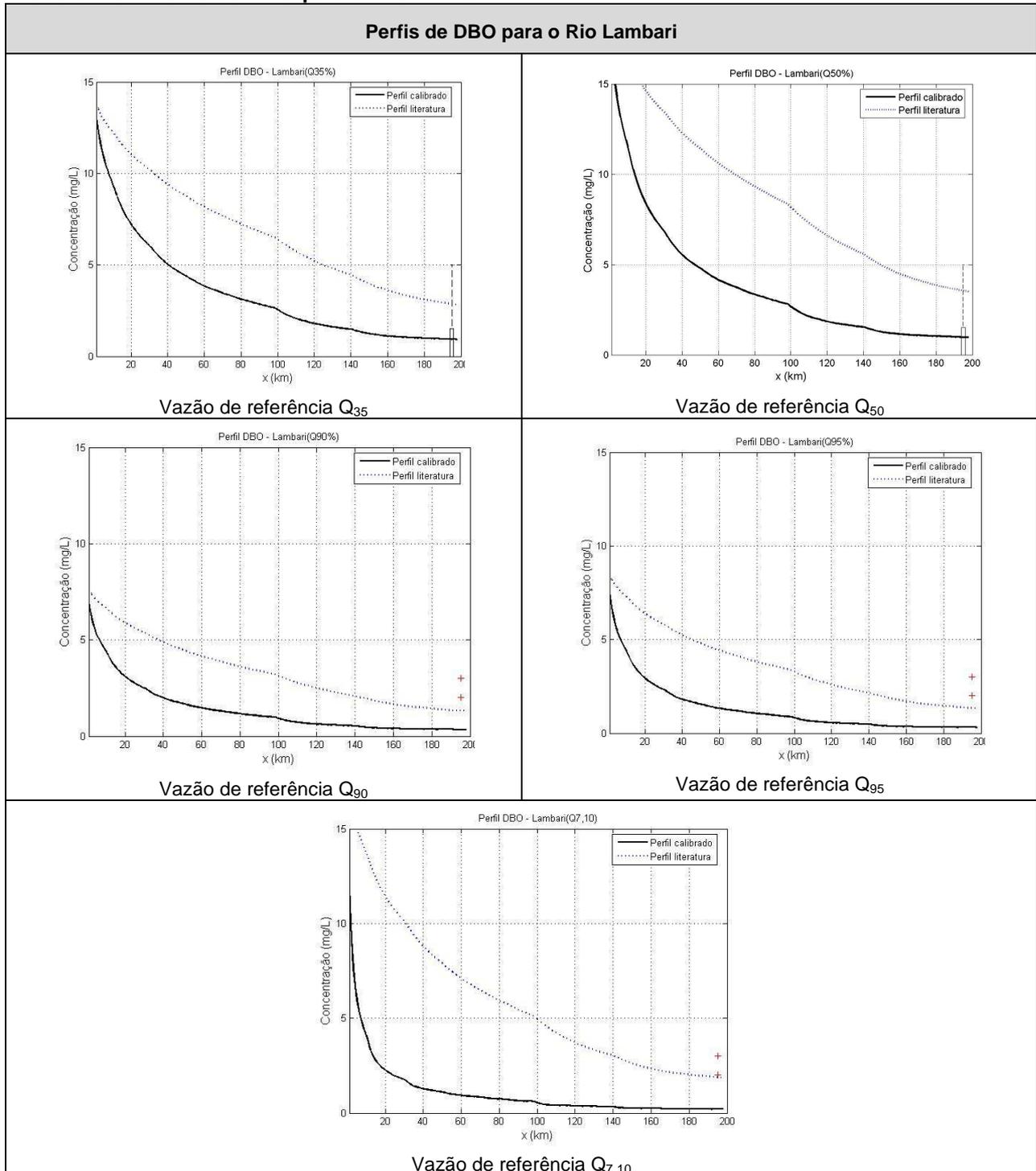
Ka's calculados para o Rio Lambari						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{aQ35\%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ50\%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ90\%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ95\%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ7,10}$ (dia ⁻¹)
1	0 – 10	11,11	12,13	15,79	16,30	20,09
2	11 – 30	8,41	9,19	11,96	12,34	15,21
3	31 – 50	7,69	8,40	10,96	11,31	13,94
4	51 – 70	7,24	7,91	10,32	10,65	13,14
5	71 – 85	7,05	7,71	10,06	10,38	12,81
6	86 – 98	7,01	7,67	10,01	10,33	12,74
7	99 – 115	3,61	3,95	5,15	5,32	6,56
8	116 – 130	3,58	3,92	5,11	5,27	6,51
9	131 – 140	3,59	3,92	5,12	5,28	6,52
10	141 – 160	2,34	2,56	3,33	3,44	4,25
11	161 – 180	2,25	2,46	3,21	3,32	4,09
12	181 – 198	2,18	2,39	3,11	3,21	3,96

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os coeficientes de qualidade da água calibrados apresentaram valores altos, principalmente a taxa de degradação de MO. Quanto a taxa de reaeração, observa-se uma queda significativa em seu valor entre o 6º e 7º tramos, além de outra queda, não tão significativa, entre o 9º e 10º tramos. Este comportamento é explicado pela diminuição da declividade do canal entre os tramos citados.

Os gráficos da **Tabela 126** apresentam os perfis calculados e calibrados de DBO.

Tabela 126 – Perfis de DBO para o Rio Lambari



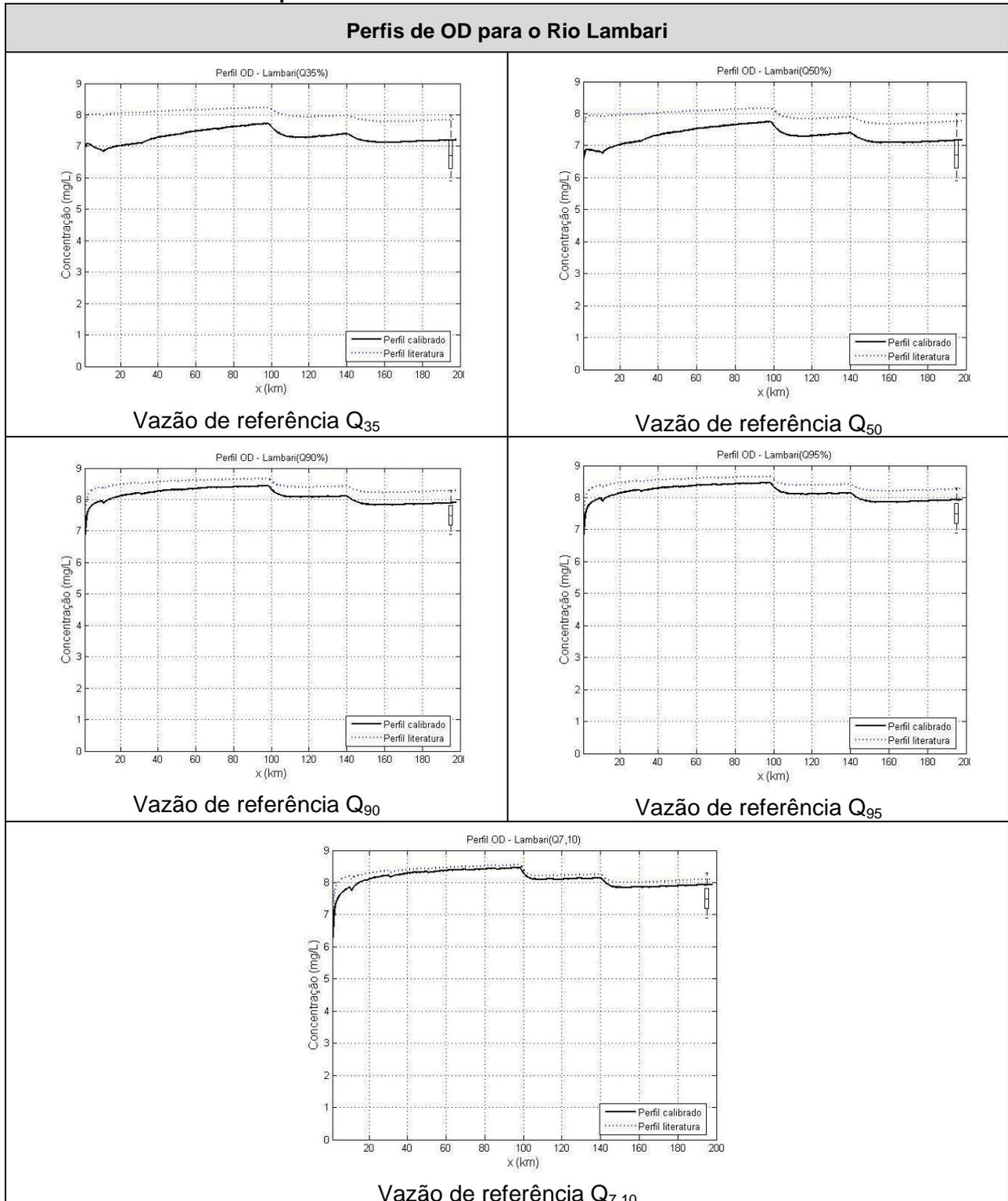
Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para os cenários de vazão referentes ao período seco, o boxplot é substituído por dois pontos, uma vez que existem apenas 2 valores monitorados de concentração diferentes de 0.

A diferença existente entre os perfis calculados e calibrados pode ser atribuída à discrepância que ocorre entre os coeficientes calibrados e de literatura, uma vez que aqueles apresentaram valores de 2 a 3 vezes maior em relação a estes. Porém, são os coeficientes calibrados, que apresentam altos valores, que fazem com que a concentração calculada se aproxime mais da monitorada.

Os perfis de OD estão apresentados na **Tabela 127**, para os 5 cenários de vazão.

Tabela 127 – Perfis de OD para o Rio Lambari



Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Os perfis de OD calibrados a calculados apresentaram-se relativamente próximos, principalmente para o período seco. Além disso, estes perfis não apresentaram variação significativa ao longo do rio Lambari, uma vez que não existe descarga de afluentes neste rio.

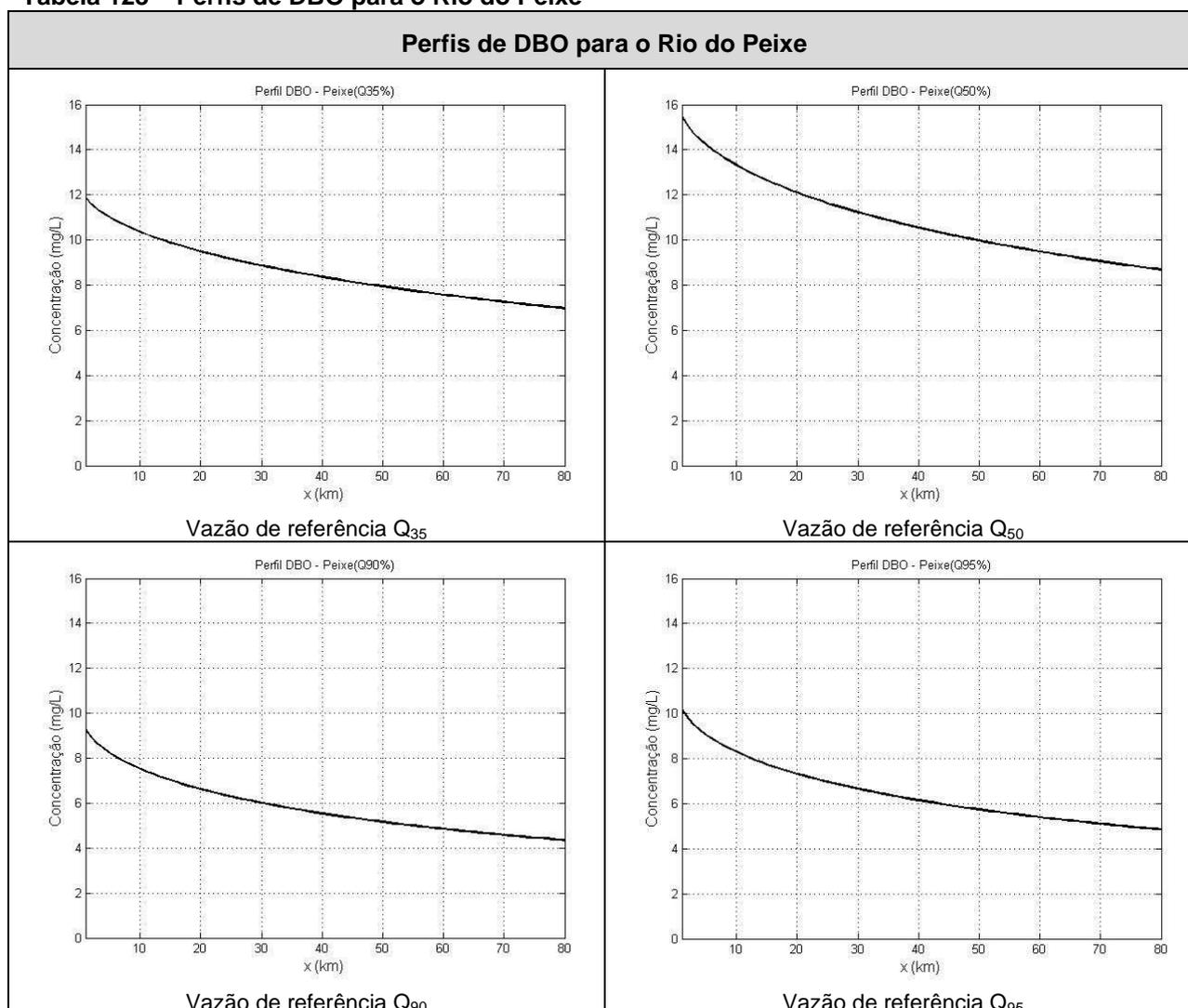
A queda na concentração de OD, observada, para todos os cenários de vazão, nos quilômetros 98 e 140, é explicada pela queda nas taxas de reaeração, ocorrida no 7º e 10º tramos, conforme mostra a **Tabela 127**.

5.5.2.3.6 Rio do Peixe

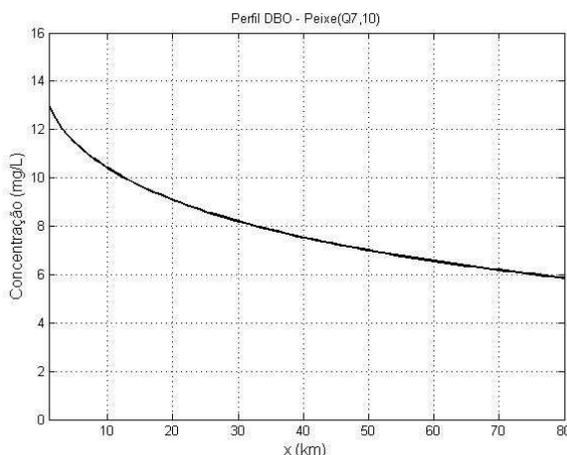
A simulação da qualidade da água para este rio foi realizada, unicamente, através dos coeficientes de literatura, uma vez que não havia informação de monitoramento de qualidade da água, ou seja, não foi possível calibrar o modelo.

Os gráficos da **Tabela 128** apresentam os perfis de DBO para o Rio do Peixe.

Tabela 128 – Perfis de DBO para o Rio do Peixe



Perfis de DBO para o Rio do Peixe (cont.)



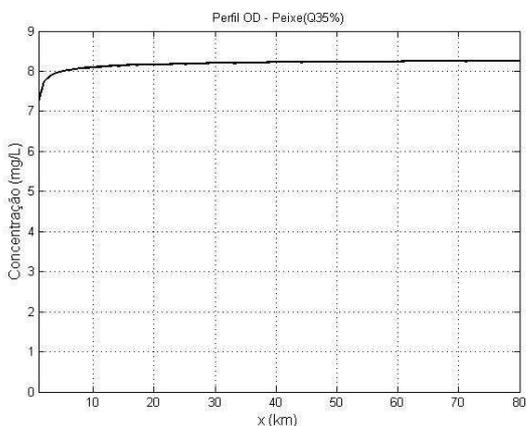
Vazão de referência $Q_{7,10}$

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

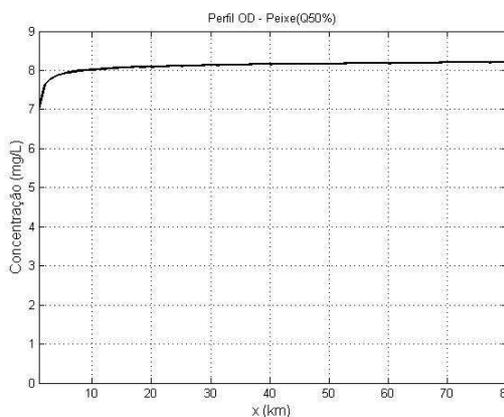
Neste rio não existe descarga de rio afluente significativo, o que possibilita que a concentração de DBO caia de forma suave ao longo do rio, sem a elevação súbita da mesma. Além de não haver variação dos coeficientes de degradação de MO, que também poderiam provocar variação brusca na concentração de DBO. A **Tabela 129** apresenta os perfis de OD obtidos com os coeficientes de literatura.

Tabela 129 – Perfis de OD para o Rio do Peixe

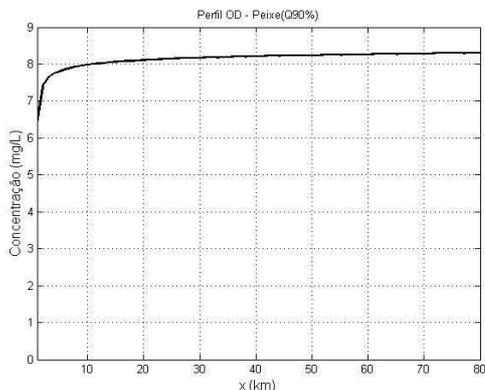
Perfis de OD para o Rio do Peixe



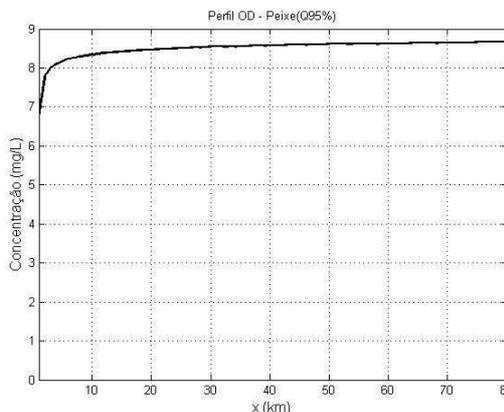
Vazão de referência Q_{35}



Vazão de referência Q_{50}

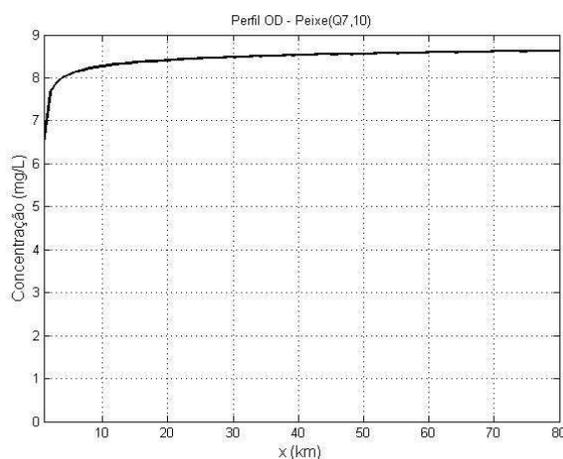


Vazão de referência Q_{90}



Vazão de referência Q_{95}

Perfis de OD para o Rio do Peixe (cont.)



Vazão de referência $Q_{7,10}$

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A concentração de OD se eleva gradativamente ao longo do rio, acompanhando a diminuição da concentração de DBO.

5.5.2.3.7 Rio Picão

Os coeficientes do modelo de qualidade da água calibrados estão apresentados na **Tabela 130**. Os k_a 's calculados estão apresentados na **Tabela 131**.

Tabela 130 – Coeficientes Calibrados para o Rio Picão

Coeficientes calibrados para o Rio Picão					
Coeficientes	$Q_{35\%}$	$Q_{50\%}$	$Q_{90\%}$	$Q_{95\%}$	$Q_{7,10}$
k_d (dia ⁻¹)	2,99	2,99	2,98	2,95	2,97
k_s (dia ⁻¹)	2,39	3,48	8,01	8,99	11,77
S_b (gm ⁻² dia ⁻¹)	4,99	4,99	4,95	4,93	4,18

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 131 – k_a 's Calculados para o Rio Picão

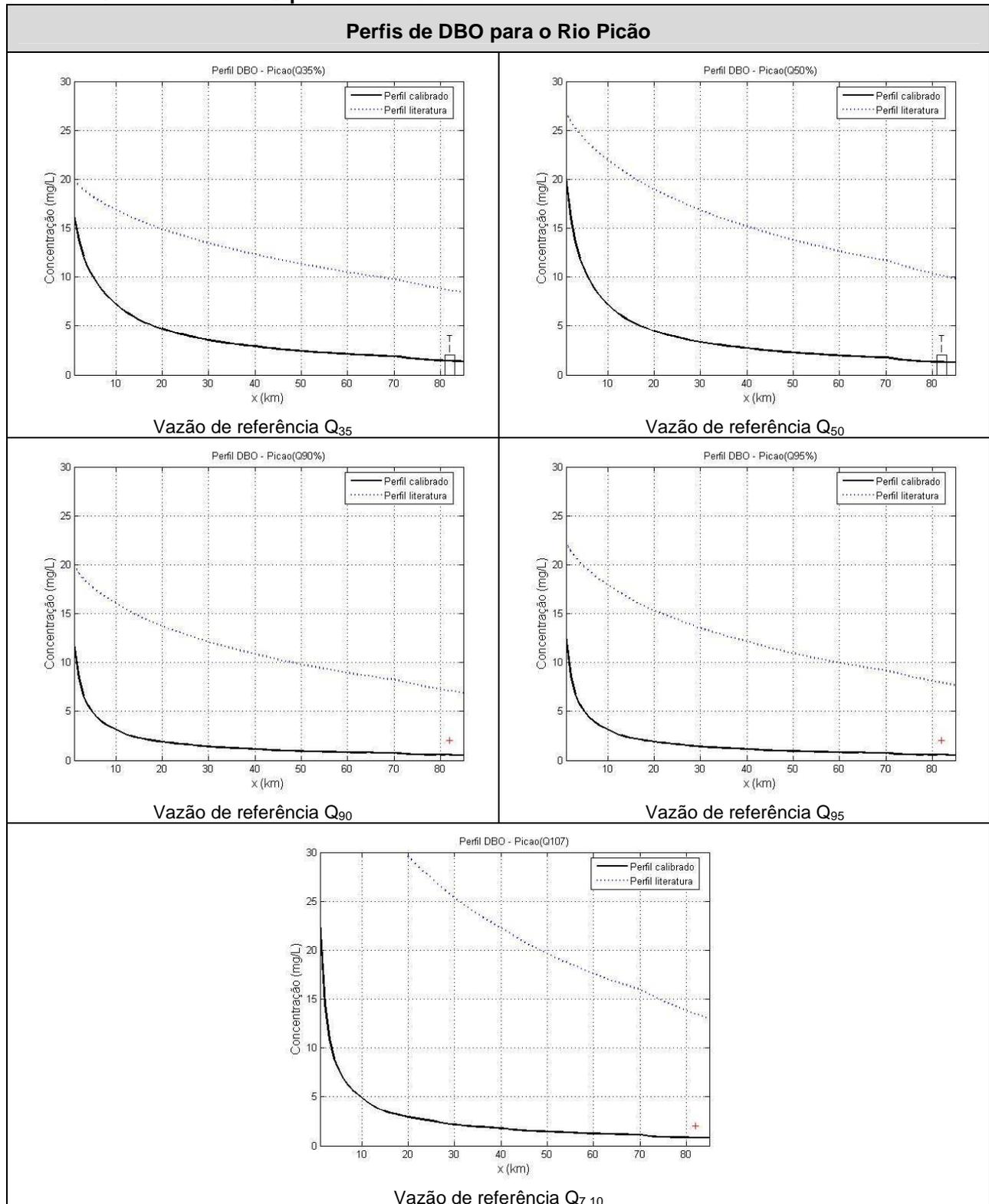
Ka's calculados para o Rio Picão						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{aQ35\%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ50\%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ90\%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ95\%}$ (dia ⁻¹)	$K_{aQ7,10}$ (dia ⁻¹)
1	0 – 10	7,67	8,38	11,01	11,38	14,35
2	11 – 25	5,43	5,92	7,74	8,00	10,06
3	26 – 40	4,76	5,18	6,77	6,99	8,79
4	41 – 55	4,54	4,95	6,48	6,70	8,43
5	56 – 70	4,34	4,73	6,19	6,40	8,05
6	71 – 85	2,68	2,92	3,81	3,94	4,94

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Destacam-se os altos valores dos coeficientes, principalmente o k_s , que atingiu 11,77 dia⁻¹ para o cenário de vazão $Q_{7,10}$, completamente fora do intervalo apresentado.

Os gráficos da **Tabela 132** apresentam os perfis calculados e calibrados de DBO para os 5 cenários de vazão.

Tabela 132 – Perfis de DBO para o Rio Picão

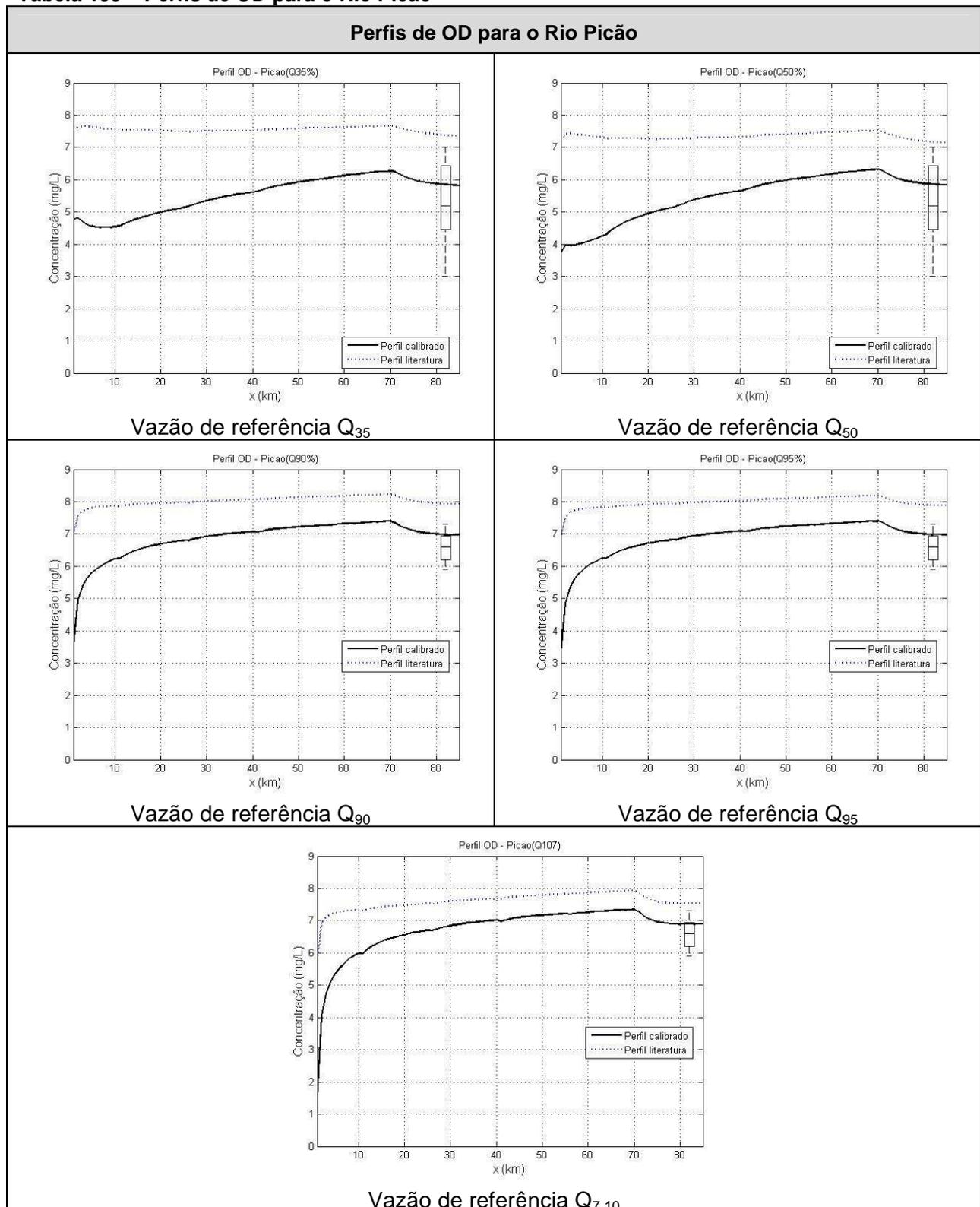


Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

A concentração de DBO diminui de forma exponencial, porém, novamente as concentrações calculadas com o modelo calibrado apresentaram-se muito abaixo das calculadas com coeficientes de literatura. Isto ocorreu porque os coeficientes calibrados apresentaram-se muito maiores do que daqueles de literatura.

Os perfis de OD estão apresentados na **Tabela 133**, para os 5 cenários de vazão.

Tabela 133 – Perfis de OD para o Rio Picão



Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para o período seco, os perfis de DBO calculados com coeficientes da literatura apresentam-se deslocados em relação aos perfis calibrados, porém, aproximadamente com a mesma tendência. Para o período úmido, as concentrações de OD calculadas com coeficientes da

literatura mantiveram-se aproximadamente estáveis, enquanto que a concentração calculada com coeficientes calibrados apresentou-se baixa no início do rio, aumentando para jusante.

A queda na concentração de OD no quilômetro 70 do rio, observada em todos os cenários de vazão, deve-se a queda brusca na taxa de reaeração neste ponto, conforme apresentado na **Tabela 133**.

5.5.2.3.8 Rio Pará

As **Tabelas 134 a 137** a seguir apresentam os coeficientes do modelo de qualidade da água obtidos, através da calibração, para os 5 cenários de vazão. Estes coeficientes são apresentados para os 22 tramos do rio, juntamente com as taxas de reaeração, calculadas através da Equação [38]. Também estão apresentadas as posições no rio referentes aos tramos.

Tabela 134 – k_d 's calibrados para o Rio Pará

k_d's calibrados para o Rio Pará						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$k_{dQ35\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ50\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ90\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ95\%}(\text{dia}^{-1})$	$k_{dQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	4.64	4.76	2.70	2.80	2.72
2	11 – 30	4.82	4.89	2.91	2.90	2.91
3	31 – 45	2.47	2.74	1.70	1.63	1.64
4	46 – 60	2.97	3.33	2.01	1.98	1.96
5	61 – 73	3.42	3.61	2.38	2.41	2.44
6	74 – 85	3.64	3.65	2.32	2.38	2.67
7	86 – 95	2.52	2.68	1.39	1.44	1.60
8	96 – 110	2.99	2.33	1.38	1.55	1.62
9	111 – 125	2.65	2.40	1.44	1.41	1.54
10	126 – 139	2.67	2.28	1.44	1.50	1.57
11	140 – 155	2.89	3.34	2.05	1.98	1.80
12	156 – 170	3.24	2.88	2.25	2.19	1.83
13	171 – 185	2.25	1.54	1.28	1.51	1.56
14	186 – 205	1.49	0.75	1.07	1.12	1.54
15	206 – 225	1.14	1.02	0.56	0.72	1.21
16	226 – 242	0.88	0.90	0.31	0.34	0.43
17	243 – 260	2.50	1.08	1.70	1.41	1.44
18	261 – 280	1.28	0.43	1.30	1.05	1.05
19	281 – 300	0.64	0.20	0.96	0.39	0.66
20	301 – 310	0.74	0.34	0.85	0.44	0.51
21	311 – 325	0.32	0.15	0.28	0.22	0.18
22	326 – 331	2.37	2.43	1.51	1.45	1.50

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 135 – ka's calibrados para o Rio Pará

Ka's calibrados para o Rio Pará						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{aQ35%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ50%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ90%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ95%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{aQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	13.83	14.75	17.07	17.44	21.92
2	11 – 30	10.98	11.72	13.58	13.87	17.45
3	31 – 45	9.75	10.41	12.05	12.31	15.49
4	46 – 60	9.63	10.29	11.92	12.18	15.32
5	61 – 73	9.41	10.05	11.64	11.90	14.97
6	74 – 85	2.81	3.00	3.48	3.55	4.47
7	86 – 95	2.78	2.97	3.44	3.51	4.41
8	96 – 110	2.76	2.95	3.41	3.48	4.36
9	111 – 125	2.77	2.95	3.41	3.48	4.33
10	126 – 139	2.78	2.96	3.41	3.48	4.31
11	140 – 155	2.64	2.76	3.13	3.19	3.70
12	156 – 170	2.23	2.35	2.71	2.77	3.16
13	171 – 185	2.22	2.34	2.69	2.75	3.14
14	186 – 205	2.20	2.32	2.67	2.72	3.10
15	206 – 225	2.18	2.30	2.64	2.70	3.07
16	226 – 242	2.05	2.16	2.49	2.54	2.81
17	243 – 260	0.92	0.97	1.12	1.14	1.25
18	261 – 280	0.87	0.92	1.05	1.08	1.19
19	281 – 300	0.83	0.88	1.01	1.04	1.14
20	301 – 310	0.83	0.88	1.01	1.03	1.13
21	311 – 325	0.82	0.86	0.99	1.01	1.11
22	326 – 331	0.81	0.85	0.98	1.00	1.11

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 136 – ks's calibrados para o Rio Pará

Ks's calibrados para o Rio Pará						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{sQ35%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ50%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ90%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ95%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	6.60	6.73	4.74	4.74	4.66
2	11 – 30	6.80	6.88	4.78	4.78	4.91
3	31 – 45	3.88	4.24	2.60	3.03	2.98
4	46 – 60	4.68	4.96	3.60	3.68	3.54
5	61 – 73	4.93	5.62	4.09	4.10	4.41
6	74 – 85	5.59	6.07	4.41	4.55	4.68
7	86 – 95	3.71	3.26	2.60	2.54	2.35
8	96 – 110	3.24	3.42	2.34	2.24	2.38
9	111 – 125	3.06	3.18	2.62	2.35	2.58
10	126 – 139	2.96	2.80	2.74	2.65	2.45
11	140 – 155	2.34	2.92	3.67	3.45	3.37
12	156 – 170	3.30	3.06	3.81	4.10	3.63

Ks's calibrados para o Rio Pará (cont.)						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$K_{sQ35%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ50%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ90%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ95%}(\text{dia}^{-1})$	$K_{sQ7,10}(\text{dia}^{-1})$
13	171 – 185	2.24	1.94	2.17	2.28	2.42
14	186 – 205	1.19	0.77	1.38	1.36	2.33
15	206 – 225	0.82	0.56	0.73	0.72	1.33
16	226 – 242	0.51	0.40	0.48	0.28	0.34
17	243 – 260	2.97	1.26	2.31	2.23	2.28
18	261 – 280	1.49	0.41	1.83	1.51	1.55
19	281 – 300	0.63	0.32	1.16	0.64	0.85
20	301 – 310	0.60	0.35	1.32	0.50	0.59
21	311 – 325	0.39	0.26	0.68	0.26	0.24
22	326 – 331	3.68	3.10	2.41	2.44	2.43

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Tabela 137 – Sb's calibrados para o Rio Pará

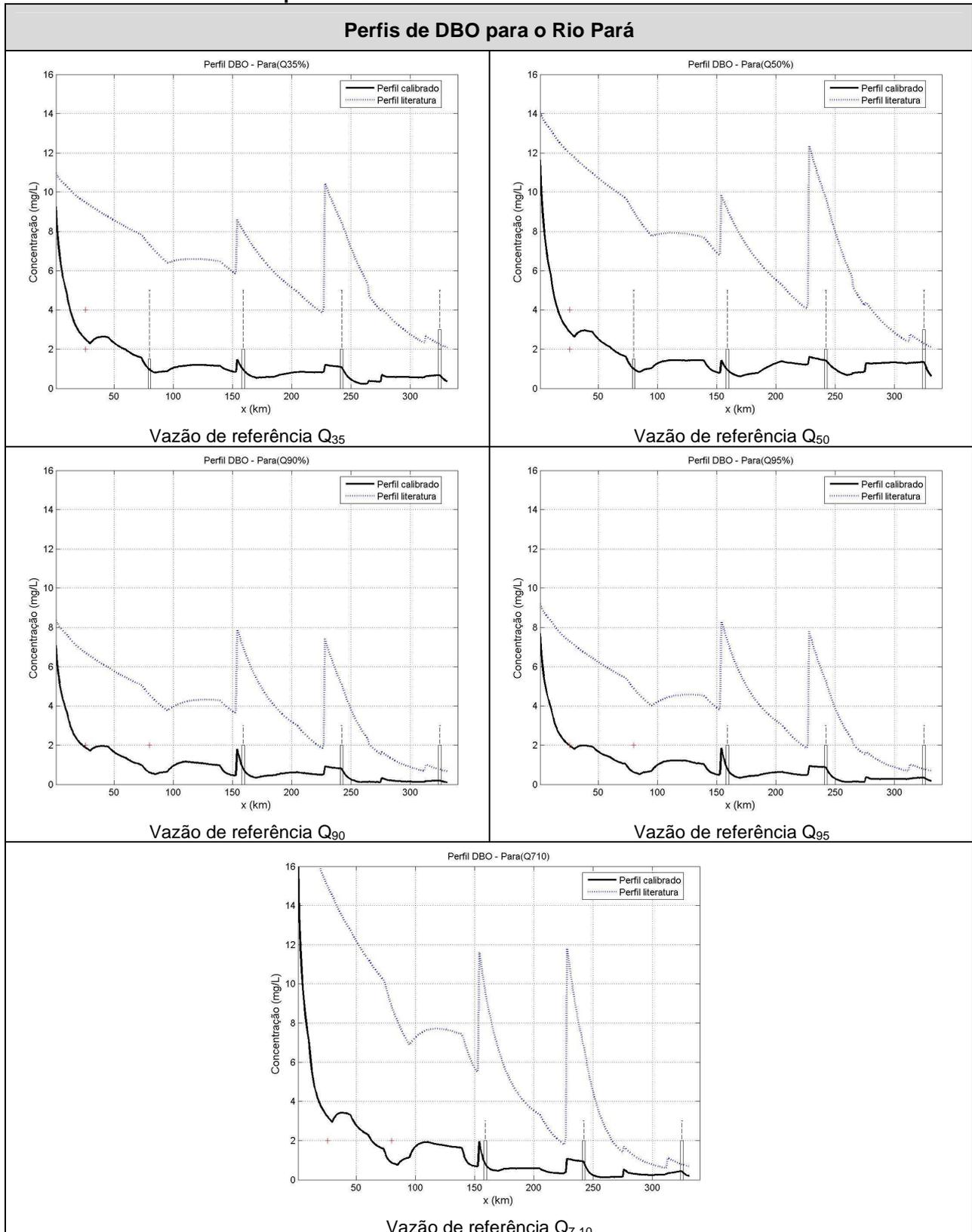
Sb's calibrados para o Rio Pará						
Tramo	Posição dos Tramos (km)	$S_{bQ35%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ50%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ90%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ95%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$	$S_{bQ7,10%}(\text{gm}^{-2}\text{dia}^{-1})$
1	0 – 10	2.79	1.91	3.99	4.35	4.45
2	11 – 30	0.72	0.51	3.11	3.17	2.41
3	31 – 45	4.02	4.41	4.11	4.14	4.42
4	46 – 60	4.32	4.17	3.90	3.63	3.67
5	61 – 73	3.90	3.50	3.05	3.37	2.32
6	74 – 85	4.04	3.72	2.67	2.41	1.60
7	86 – 95	4.17	4.09	3.76	4.29	4.19
8	96 – 110	4.32	4.41	4.00	3.78	3.83
9	111 – 125	4.70	4.18	3.97	3.91	3.65
10	126 – 139	4.53	4.43	4.15	3.92	3.95
11	140 – 155	5.53	5.12	4.19	4.04	3.66
12	156 – 170	4.76	5.00	4.12	4.34	3.83
13	171 – 185	4.69	4.70	4.56	3.98	4.37
14	186 – 205	5.98	6.01	3.97	3.81	4.05
15	206 – 225	6.64	6.99	5.03	5.26	4.09
16	226 – 242	7.03	7.24	5.65	5.75	5.11
17	243 – 260	4.69	4.66	4.44	4.46	4.42
18	261 – 280	5.09	5.60	4.53	4.71	3.87
19	281 – 300	5.68	5.98	4.98	5.07	4.24
20	301 – 310	5.09	5.68	4.76	4.58	3.93
21	311 – 325	5.80	6.20	4.25	4.08	4.19
22	326 – 331	4.30	3.65	4.16	4.09	3.58

Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Semelhantemente aos casos anteriores, para o rio Pará, a calibração forneceu, na maioria do tramos, valores altos, acima dos aceitáveis, de acordo com a literatura.

A Tabela 138 apresenta os perfis de DBO para os 5 cenários de vazão.

Tabela 138 – Perfis de DBO para o Rio Pará



Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Para o período úmido não existe boxplot para a primeira estação de monitoramento, uma vez que neste ponto houve apenas 1 valor de concentração medido diferente de 0. Pelo mesmo

motivo, não existe, para o período seco, boxplot para as duas primeiras estações de monitoramento.

Observa-se que para o período úmido, os perfis calibrados de DBO se ajustaram aos boxplots nos 4 pontos de monitoramento, enquanto que para o período seco, estes perfis se ajustaram aos 3 boxplots.

Os perfis de DBO, tanto os calibrados quanto os calculados, apresentaram vários pontos onde ocorreu uma significativa elevação da concentração. Entre estes pontos, cita-se os localizados no quilômetro 154 e 228, onde a elevação de DBO é devida à descarga dos afluentes Itapecerica e São João, respectivamente.

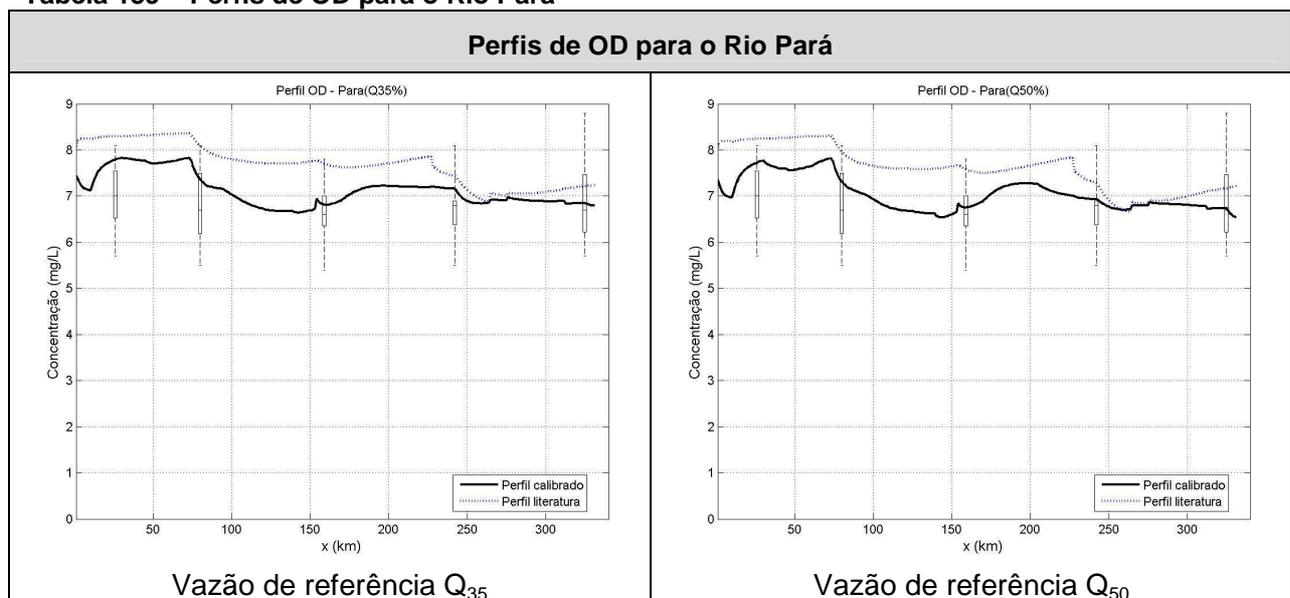
Também se observa que, no quilômetro 276, a descarga do rio do Peixe provoca uma pequena elevação na concentração de DBO. Por outro lado, o rio Lambari, que descarrega na posição 265, não eleva a concentração de DBO do Rio Pará, uma vez que a concentração de DBO no exutório deste rio é relativamente baixa.

Em relação ao perfil calibrado, o rio Picão, que desemboca no quilômetro 313, também não impacta a concentração de DBO no rio Pará, uma vez que a vazão deste rio é pequena se comparada com a vazão do rio principal. Porém, em relação ao perfil calculado observa-se que a descarga do rio Picão eleva a concentração de DBO no Pará; Isto acontece porque, apesar da baixa vazão daquele rio em relação a este, a concentração de DBO com a qual o rio do Picão descarrega no rio Pará é relativamente alta.

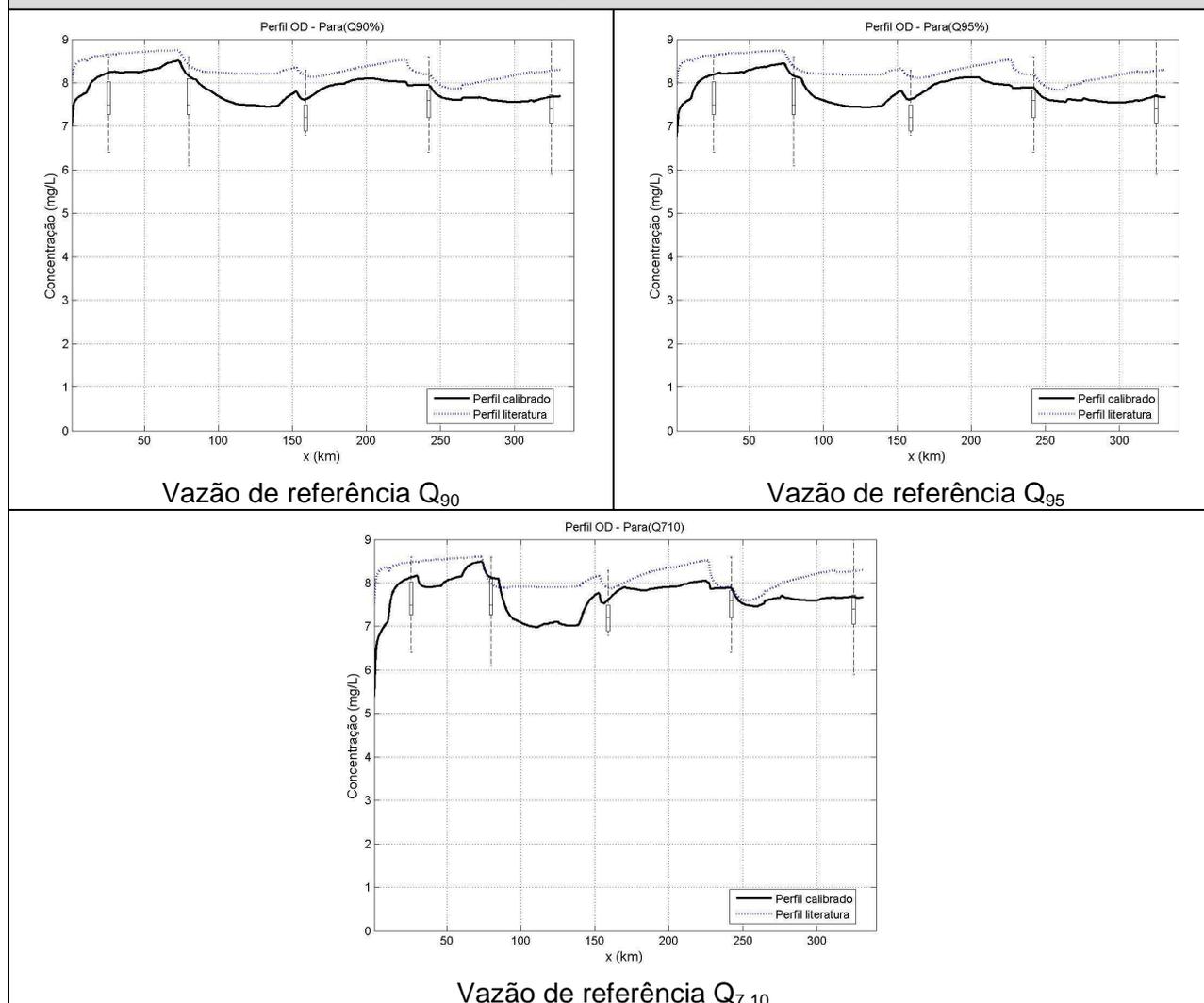
A elevação de DBO que ocorreu no quilômetro 30 não se deve a entrada de nenhum afluente, mas à diminuição das taxas de remoção de DBO em relação aos tramos anteriores, como pode ser observado nas **Tabelas 139 e 140**. O aumento ocorrido na concentração de DBO, no quilômetro 95, não se deve apenas a queda das taxas de remoção mas, também, ao aumento da carga poluente observado a partir deste ponto, onde se inicia o Médio Rio Pará.

Os perfis de OD estão apresentados na **Tabela 139**, para os 5 cenários de vazão.

Tabela 139 – Perfis de OD para o Rio Pará



Perfis de OD para o Rio Pará (cont.)



Processamento: TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.

Observa-se que os perfis calculados de OD estão deslocados em relação aos calibrados, apresentando valores de concentração de OD maiores ao longo do rio. Porém, os perfis calibrados se ajustam melhor aos boxplots dos que os calculados. A diminuição na concentração de OD, observada a partir do quilômetro 80, deve-se à queda abrupta das taxas de reaeração atmosférica a partir deste ponto. A partir da posição 171, ocorreu uma pequena melhora na concentração de OD, o que se deve à diminuição da taxa de consumo de oxigênio (k_d), a partir deste ponto. Na posição 154, a pequena queda observada na concentração de OD deve-se ao impacto do rio Itapecerica, que desemboca neste ponto.

Pode-se concluir que, de forma geral, os rios afluentes não alteram significativamente a concentração de OD ao longo do rio Pará, sendo que os efeitos das variações dos coeficientes do modelo de qualidade da água são mais importantes para a variação desta concentração.

5.5.2.4 Conclusões e recomendações

De maneira geral, os problemas encontrados para a interpretação das informações de monitoramento são as mesmas.

Em virtude do monitoramento da qualidade de água estar desvinculado do monitoramento da quantidade de água, torna-se difícil avaliar as concentrações de uma maneira mais objetiva. A

separação entre período seco e úmido teve como objetivo principal separar as concentrações que pudessem ter origens distintas. No período seco as concentrações poderiam estar mais relacionadas com a poluição pontual, enquanto que no período úmido as concentrações poderiam estar mais vinculadas com a poluição difusa.

As concentrações avaliadas, apesar de separadas em períodos seco e úmido, não representaram de maneira adequada as vazões, principalmente as vazões de estiagem. De maneira geral, as Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio Pará não apresentam um alto grau de degradação a partir do monitoramento analisado.

A simulação da qualidade da água, utilizando os coeficientes calibrados, produziu perfis de concentração de DBO e OD que se ajustaram razoavelmente bem às concentrações monitoradas nas estações distribuídas ao longo dos rios. Porém, estes coeficientes calibrados, principalmente as taxas de degradação e sedimentação de DBO, apresentaram, para a maioria dos rios, valores muito acima dos indicados na literatura.

Isto posto, para que a concentração de DBO calculada através do QUAL2E calibrado se ajustasse à concentração monitorada, uma grande quantidade de DBO, acima dos valores “aceitáveis”, teve de ser degradada e sedimentada. Isto significa que não houve compatibilidade entre a carga de DBO lançada, e a concentração de DBO produzida por esta carga.

Assim, pode-se afirmar que a carga poluente foi superestimada, dada a concentração monitorada, ou que a concentração monitorada foi subestimada, dada a carga lançada no rio. Os perfis de concentração de DBO calculados, simulando-se o QUAL2E com coeficientes de qualidade da água da literatura reforçam esta conclusão, uma vez que nestas simulações a concentração se apresentou, na maioria dos casos, bem acima das concentrações monitoradas. O mesmo problema ocorreu com a simulação do OD, onde a taxa de reaeração apresentou valores muito acima dos encontrados na literatura.

Apesar disso, deve-se levar em conta as simplificações consideradas na simulação de qualidade da água, pois as concentrações monitoradas nas estações estavam desagregadas das vazões, uma vez que não havia dados de qualidade e vazão coletados simultaneamente. Assim, apesar de se conhecer as concentrações de DBO medidas nas estações de monitoramento de qualidade, as vazões referentes a estas concentrações não eram conhecidas. Portanto, outra razão para a obtenção de coeficientes do modelo acima de valores “aceitáveis” é a falta de informação para determinar quais das campanhas de coleta ocorreram próximas às vazões de referência. Para contornar este problema utilizou-se, na calibração e simulação do modelo, o valor médio das concentrações monitoradas, separadas em período seco e período úmido, além de vazões de referência; o que provavelmente constituiu uma fonte de erro na simulação.

Outra simplificação, que também pode ser considerada uma fonte erro, foi consideração feita em relação à seção transversal dos canais: as seções, que apresentam formas irregulares, foram aproximadas por formas trapezoidais. Além disso, as seções transversais somente eram conhecidas em alguns pontos dos rios e, desta forma, o perfil transversal de todo o canal foi estimado baseado em informações disponíveis nestes poucos pontos.

Outra simplificação na modelagem foi a distribuição dos usuários ao longo dos rios. Nestas simulações os usuários tanto pontuais quanto difusos foram distribuídos uniformemente ao longo dos rios, isto não permitiu que grandes usuários (centros urbanos, industriais, agropecuária) tivessem seus efeitos nos locais corretos.

O objetivo principal da modelagem foi demonstrar que tanto um cadastro de usuários incompleto, sem os dados de qualificação de seus efluentes e localização exata de seus lançamentos, quanto a separação dos monitoramentos de qualidade e quantidade dificultam o

entendimento da capacidade de suporte do corpo hídrico. Isto foi demonstrado através das distorções nos coeficientes de calibração do modelo.

Dos usuários insignificantes não foi possível quantificar a vazão e a tipologia, dos usuários significantes apenas 75% tinham sua localização. Em geral, os usuários significantes tinham informações de vazão e tipologia. Porém, apesar de ser ter a tipologia não se achou adequado arbitrar o tipo de tratamento dos efluentes, seu destino e sua disposição.

A tipologia indica o tipo de empreendimento, mas um determinado empreendimento pode ter diversos sistemas de tratamento de efluente, por exemplo, um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) de uma cidade, pode (1) apenas contemplar o afastamento do efluente, (2) fazer um tratamento primário, (3) incluir um tratamento secundário ou até terciário, etc. Neste exemplo o lançamento de efluentes pode ter uma eficiência nula (esgoto bruto) ou pode chegar a uma eficiência superior a 90%. Outro fator que influencia é se as Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) são bem operadas, caso sejam o efluente terá a eficiência prevista pelo projeto, caso não a eficiência poderá ser muito reduzida. A disposição do lodo gerado pelas ETE's também influenciam as simulações, (1) o lodo pode ser recirculado, (2) pode ter sua disposição final em leitos de secagem, (3) pode ser devolvido ao rio, etc.

Este exemplo mostra que arbitrar uma determinada eficiência baseado apenas na tipologia pode ser extremamente complexo. Devido a esta complexidade optou-se por qualificar os efluentes como sendo brutos. A matriz de fontes de poluição utilizou parâmetros de literatura para obtenção das cargas.

O detalhamento dos usuários significantes, cuja a localização poderia ser identificada, adicionada à caracterização dos usuários mais impactantes com estudo complementar foi considerada fora de questão devido ao custo elevado que este trabalho resultaria na modelagem. O valor estipulado para item 5.5 dentro do orçamento deste projeto está muito aquém do que custaria este nível de detalhamento.

Isto posto, a empresa optou por fazer uma macro análise, que julgou satisfatória, para fornecer uma idéia da situação existente da BH do rio Pará, considerando também a qualidade dos dados fornecidos. Não foram feitas análises em relação ao cumprimento ou não do enquadramento dos rios em suas respectivas Classes, em ambas as simulações (coeficientes de literatura e com calibração), pois isto acarretaria num erro de interpretação dos resultados. Devido a complexidade da formatação dos dados.

Os próximos passos para uma caracterização mais pormenorizada poderiam ser (1) melhoria do cadastro de usuários, a partir da experiência deste plano de Bacia, (2) ampliação da rede de monitoramento hidro-climatológico, com definição de seções de controle com monitoramento conjunto de quantidade e qualidade, (3) desenvolvimento de pesquisas para definição de taxas de decaimento para diversos parâmetros com o intuito de definir uma metodologia para os próximos estudos e para os processos de outorga. Estes são algumas das melhorias a ser implementadas na base de dados a serem gerenciadas.

Mirna Cortopassi Lobo – Diretora Geral
TESE Tecnologia em Sistemas Espaciais Ltda.
Rua Fernandes de Barros, 2130 – Hugo Lange
CEP 80040.200 – Curitiba – PR
Tel. (41) 3024.6633 Fax (41) 3024-6690
www.tesetecnologia.com.br

ANEXO 1 – Figuras

ANEXO 2 – Tabelas

ANEXO 3 – Shapefiles

ANEXO 4 – Taxas de Crescimento

ANEXO 5 – Cadastro dos Significantes

ANEXO 6 – Cadastro dos Insignificantes

ANEXO 7 – Clima – Arquivos Originais e Processados

ANEXO 8 – Classificação das Indústrias

ANEXO 12 – Sub-bacias para Plotagem

ANEXO 13 – Municípios para Plotagem

ANEXO 14 – Dados Pluviométricos

ANEXO 15 – Dados Fluviométricos

ANEXO 16 – Curvas de Permanência

ANEXO 17 – Curvas de Depleção

ANEXO 18 – Curvas Individuais de Probabilidade

ANEXO 19 – Gráficos de Ajuste de Probabilidade

ANEXO 20 – Gráficos dos Parâmetros de Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pará

ANEXO 21 – Dados de Carga para o QUAL 2E

ANEXO 22 – Monitoramento Parâmetros de Qualidade (IGAM)

ANEXO 23 – Índices Polígonos de Thiessen

ANEXO 24 - Dados de Vazão Trabalhados para o Cálculo do Coeficiente de Manning

ANEXO 44 – Geração e Transmissão de Energia (Dados Originais CEMIG)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FILL, D. H., STEINER, A. A., **Estimativa do Hidrograma Instantâneo e da Vazão Máxima de Enchentes a partir de vazões médias diárias.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 8, n. 3, set, 2003.
- PORTARIA ADMINISTRATIVA 10/98 do IGAM.
- RAMOS, F., OCCHIPINTI, A. G., VILLA NOVA, A. V., REICHARDT, K., MAGALHÃES, P. C. DE, CLEARY, R. W.. **Engenharia Hidrológica.** Rio de Janeiro: ABRH: Editora de UFRJ, 1989.
- RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos,** Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 1998.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** Porto Alegre: Ed.UFRGS/ABRH/EDUSP, p.573-611, 1993.
- TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões.** Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2002.
- Borghetti, Nadia Rita Boscardim; *et alii.* **Aqüífero Guarani. A verdadeira integração dos países do Mercosul.** Curitiba, 2004, 214p.
- Brasil, Ministério da Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Mapa Hidrogeológico do Brasil.** Brasília: DNPM/CPRM, 1983. 1.500.000; lat: 0500 – 3000; long: 3000 – 7500. (MFN: 0653)
- Governo Federal, Ministério de Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. Governo de Estado de Minas Gerais SEAPA/MG, RURALMINAS, SEMAD/MG e IGAM. **Plano Diretor de Recursos Hídricos das bacias de afluentes do rio São Francisco em Minas Gerais. Estudos e inventário dos Recursos Hídricos.** Vol. 1 Diagnóstico: TOMO VI c – Estudos Hidrológicos básicos, estudos hidrogeológicos; Novembro/2002, 99p.
- Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. **Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL.** – Rio de Janeiro, 1983, 780p.
- Santos, Antonio Manoel dos; Brito, Sérgio Nertan Alves de. **Geologia de engenharia.** – São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998, 586p.
- Tucci, Carlos E. M. **Hidrologia. Ciência e aplicação.** 2.ed. – Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997, 943p.
- Morais, Jader Onofre. **Geologia no planejamento ambiental. Impactos na água.** Revista de Geologia, 1996, Vol. 8: 225-258p.
- RAMOS, MARIA LUIZA SILVA; PAIXÃO, MARICENE MENEZES DE OLIVEIRA MATOS – **Disponibilidade Hídrica De Águas Subterrâneas – Produtividade De Poços E Reservas Explotáveis Dos Principais Sistemas Aqüíferos.** Plano Diretor De Recursos Hídricos Da Bacia Do Rio São Francisco, (2002)
- GOVERNO FEDERAL – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, DOS RECURSOS HÍDRICOS E DA AMAZÔNIA LEGAL – MMA – SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS – SRH – GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – SEAPA/MG – FUNDAÇÃO RURAL MINEIRA – COLONIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO – RURALMINAS – SECRETARIA DE

ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD/MG –
INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM – **PLANO DIRETOR DE RECURSOS
HÍDRICOS DAS BACIAS DE AFLUENTES**

DO RIO SÃO FRANCISCO EM MINAS GERAIS RELATÓRIO PARCIAL DE ESTUDOS AMBIENTAIS E

**LEVANTAMENTOS DE DADOS (R1) VOLUME 1 – DIAGNÓSTICO – TOMO IV b –
CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA – UPRH – PARÁ – NOVEMBRO/2002**

[HTTP://BR.GEOCITIES.COM/CIDADEODIVINO/LUGARES1_18.HTM](http://br.geocities.com/cidadedodivino/lugares1_18.htm) – USINA DE GAFANHOTO

[HTTP://WWW.CNDPCH.COM.BR/ZPUBLISHER/MATERIAS/USINAS.ASP?ID=47](http://www.cndpch.com.br/zpublisher/materias/usinas.asp?id=47) – Centro Nacional de
Desenvolvimento de PCH – Usina cajurú

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Projeto Águas de Minas: Monitoramento das
Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais – **ESTUDO DAS METAS DE
QUALIDADE – BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ – 2006 – DIAGNÓSTICO
ESTRATÉGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA E CENÁRIOS DE DESENVOLVIMENTO**
– ESTUDO TÉCNICO – Belo Horizonte, MG – Junho de 2006

MEDEIROS, ROBERTO DANTAS DE; ALVES, ADMAR BEZERRA; MOREIRA, MARCOS
ANTÔNIO B.; ARAÚJO, WELLINGTON FARIA; OLIVEIRA JR., JOSÉ OSCAR L. DE.
Irrigação e Manejo de Água Para a Cultura da Melancia em Roraima. Website Toda
Fruta. http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=13783.
Acesso 10/04/2008

<http://br.monografias.com/trabalhos/impactoambient/impactoambient.shtml>. **Impactos**
Ambientais Causados Pela Expansão Urbana. Acesso em 20/05/2008

SCHUBART, Herbert. O. R. **Instrumentos para o progresso técnico e inovação.** In:
<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/palestras/OutrosAutores/SchubartANA.pdf>.
Junho de 2004. Acesso 20/05/2008

[http://www.codevasf.gov.br/programas_acoefirrigacao/impactos-ambientais-1/contaminacao-dos-
recursos-hidricos](http://www.codevasf.gov.br/programas_acoefirrigacao/impactos-ambientais-1/contaminacao-dos-recursos-hidricos). Acesso em 20/05/2008