AGEVAP

ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL

CONTRATO Nº 21/2012

PLANO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL E PLANOS DE AÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS AFLUENTES

COHIDRO
consultoria estudos projetos

FEVEREIRO / 2014 - rev. 0

MEIO FÍSICO E ECOSSISTEMAS (ATIVIDADE 403)

PLANO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL E PLANOS DE AÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS AFLUENTES

MEIO FÍSICO E ECOSSISTEMAS

Atividade 403

Fevereiro de 2014

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....
LISTA DE QUADROS E TABELAS .....
1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO **1**
2 HIDROGRAFIA DA BACIA DO RIO PARAIBA DO SUL **5**
2.1 CBH PARAÍBA DO SUL – (SP) 5
2.2 CBH MÉDIO PARAÍBA DO SUL 7
2.3 CBH – GUANDU – SUB-BACIA RIO PIRAÍ 9
2.4 CBH PRETO-PARAIBUNA 12
2.5 CBH PIABANHA 14
2.6 CBH COMPÉ (MG) 15
2.7 CBH RIO DOIS RIOS 17
2.8 CBH BAIXO PARAÍBA DO SUL 19
3 CLIMA **25**
3.1 INTRODUÇÃO 25
3.2 CBH – PARAÍBA DO SUL (SP) 27
3.3 CBH MÉDIO PARAÍBA DO SUL 31
3.4 CBH GUANDU SUB-BACIA RIO PIRAÍ 35
3.5 CBH – PRETO – PARAIBUNA 38
3.6 CBH PIABANHA 42
3.7 CBH COMPE (MG) 45
3.8 CBH RIO DOIS RIOS 48
3.9 CBH BAIXO PARAÍBA DO SUL 50
4 GEOMORFOLOGIA **54**
4.1 INTRODUÇÃO 54
4.2 BASE DE DADOS DISPONÍVEL E ASPECTOS METODOLÓGICOS 55
4.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS 57
4.4 PLANÍCIES INUNDACIONAIS 61
4.5. DESCRIÇÃO DOS COMITÊS 65
4.5.1. CBH Paraíba dp Sul (SP) 65
4.5.2. CBH Médio Paraíba do Sul 66
4.5.3. CBH Guandu 67
4.5.4. CBH Preto–Paraibuna 68
4.5.5. CBH Piabanha 69
4.5.6 CBH Compé (MG) 72
4.5.7. CBH Rio Dois Rios 73
4.5.8 CBH Baixo Paraiba do Sul 74
4.6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 75

5 GEOLOGIA 79

5.1 INTRODUÇÃO 79

5.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 80

5.3 GRUPOS DE ROCHAS 81

5.4 ESTRUTURAS GEOLÓGICAS 85

5.5 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS 89

5.5.1 CBH Paraíba do Sul (SP) 89
5.5.2 CBH Médio Paraíba do Sul 91
5.5.3 CBH Guandu – Sub-Bacia Rio Piraí 92
5.5.4 CBH Preto–Paraibuna 93
5.5.5 CBH Piabanha 95
5.5.6 CBH Compé (MG) 96
5.5.7 CBH Rio Dois Rios 97
5.5.8 CBH Baixo Paraíba do Sul 98

5.6 CONCLUSÕES 101

6 HIDROGEOLOGIA 105

6.1 INTRODUÇÃO 105

6.2 BASE DE DADOS 106

6.3 UNIDADES E CARACTERÍSTICAS DOS AQÜÍFEROS REGIONAIS 107

6.3.1 Aquíferos Sedimentares 108
6.3.2 Aquífero Fissural 114
6.3.3 Qualidade de Água Subterrânea 118

6.4 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS 122

6.4.1 CBH Paraiba do Sul (SP) 122
6.4.2 CBH Médio Paraíba do Sul 123
6.4.3 CBH Guandu–Sub-Bacia Rio Piraí 124
6.4.4 CBH Preto–Paraibuna 125
6.4.5 CBH Piabanha 126
6.4.6 CBH Compé (MG) 127
6.4.7 CBH Rio Dois Rios 129
6.4.8 CBH Baixo Paraíba do Sul 129

6.5 CONCLUSÕES 131

7 SOLOS DA BACIA DO RIO PARAIBA DO SUL 135

7.1 INTRODUÇÃO 135

7.2 RESULTADOS 135

7.3 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS 138

7.4 CONCLUSÕES 141

8 APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS 143

8.1 INTRODUÇÃO 143

8.2 RESULTADOS 143

8.3 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS 147

8.4 CONCLUSÕES 151

8.5 RECOMENDAÇÕES 152
9 RECURSOS MINERAIS 153
9.1 INTRODUÇÃO 153
9.2 MINERAIS DE AGREGADOS 154
9.3 MINERAIS INDUSTRIAIS (ROCHAS ORNAMENTAIS) 156
9.4 BAUXITA 158
9.5 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS 160
9.5.1 CBH Bacia do Rio Paraíba do Sul (SP) 160
9.5.2 CBH Guandu – Sub-Bacia Rio Piraí 162
9.5.3 CBH Preto–Paraibuna 163
9.5.4 CBH Piabanha 164
9.5.5 CBH Compé (MG) 165
9.5.6 CBH Rio Dois Rios 166
9.5.7 CBH Baixo Paraíba do Sul 167
9.6 CONCLUSÕES 169
10 VULNERABILIDADE À EROSÃO 174
10.1 INTRODUÇÃO 174
10.2 METODOLOGIA 175
10.3 RESULTADOS 176
10.4 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS 178
10.4.1 Comitê do Rio Paraíba do Sul (SP) 178
10.4.2 Comitê do Médio Paraíba do Sul 179
10.4.3 Comitê Guandu – Sub-Bacia Rio Piraí 180
10.4.4 Comitê Preto–Paraibuna 181
10.4.5 Comitê do Piabanha 182
10.4.6 Comitê Compé (MG) 183
10.4.7 Comitê Rio Dois Rios 185
10.4.8 Comitê Baixo Paraíba do Sul 186
10.5 CONCLUSÕES 188
11 VEGETAÇÃO NATURAL DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL 190
11.1 INTRODUÇÃO 190
11.2 REMANESCENTES FLORESTAIS NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL 194
12 ECOSSISTEMA AQUÁTICO 205
12.1 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E COMPARTIMENTAÇÃO AMBIENTAL 207
12.2 FITOPLANCTON 231
12.3 MACRÓFITAS 245
12.4 VEGETAÇÃO ESCANDENTE 256
12.5 ICTIOFAUNA 279
12.6 FAUNA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO 320
13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 334
13.1 GEOMORFOLOGIA 334

13.2 GEOLOGIA 335
13.3 HIDROGEOLOGIA 337
13.4 SOLOS E APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS 339
13.5 RECURSOS MINERAIS 341
13.6 VULNERABILIDADE À EROSÃO 342
13.7 ECOSSISTEMA AQUÁTICO 343

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Hidrografia do trecho paulista do Paraíba do Sul....6
Figura 2.2 Diagrama Topológico dos Rios do Comitê....7
Figura 2.3 Hidrografia do CBH Médio Paraíba do Sul....8
Figura 2.4 Diagrama Topológico do CBH Médio Paraíba do Sul....9
Figura 2.5 Hidrografia da Sub-bacia do Rio Piraí....10
Figura 2.6 Diagrama Topológico da Sub-bacia do Rio Piraí. 11
Figura 2.7 Esquema da Transposição para a Bacia do Rio Guandu....12
Figura 2.8 Hidrografia do CBH Preto-Paraibuna....13
Figura 2.9 Diagrama Topológico do CBH Preto-Paraibuna....14
Figura 2.10 Hidrografia do CBH Piabanha....14
Figura 2.11 Diagrama Topológico do CBH Piabanha....15
Figura 2.12 Hidrografia da Região do COMPE (MG)....16
Figura 2.13 Diagrama Topológico do CBH COMPÉ(MG)....17
Figura 2.14 Hidrografia da Região do CBH Rio Dois Rios....18
Figura 2.15 Diagrama Topológico do CBH Baixo Paraíba do Sul....19
Figura 2.16 Hidrografia da Região do CBH Baixo Paraíba do Sul....20
Figura 2.17 Diagrama Topológico da bacia do Baixo OS....21
Figura 2.18 Tabela 2 referente às Zonas Costeiras....22
Figura 2.19 Tópicos para o Diagnóstico dos Recursos Hídricos de bacias costeiras....24
Figura 2.20 Informações para o diagnóstico das bacias costeiras....24
Figura 3.1 Classificação Climática de Koppen....25
Figura 3.2 Precipitações e Clima da Região....28
Figura 3.3 Climograma do CBH Paraíba do Sul (SP)....29
Figura 3.4 Balanço Hídrico Climático na região do CBH-SP....31
Figura 3.5 Precipitações e Clima da Região....32
Figura 3.6 Climograma do CBH Médio Paraíba do Sul....33
Figura 3.7 Balanço Hídrico Climático na região do CBH Médio Paraíba do Sul....34
Figura 3.8 Climograma da região da sub-bacia do Rio Piraí....35
Figura 3.9 Balanço Hídrico Climático da Sub-bacia do Rio Piraí – RJ....37
Figura 3.10 Precipitações e Clima da Região....38
Figura 3.11 Climograma da região do CBH Preto-Paraibuna....39
Figura 3.12 Balanço Hídrico Climático da região....41
Figura 3.13 Precipitações e Clima da Região....42
Figura 3.14 Climograma da região do CBH Piabanha....43
Figura 3.15 Balanço Hídrico Climático da região do CBH Piabanha....44
Figura 3.16 Precipitações e Clima da Região....45
Figura 3.17 Climograma da região do CBH Compe(MG)....46
Figura 3.18 Balanço Hídrico Climático da Região....47
Figura 3.19 Precipitações e Clima da Região....48
Figura 3.20 Climograma da região do CBH Rio Dois Rios....49
Figura 3.21 Balanço Hídrico Climático da Região....50
Figura 3.22 Precipitação e Clima da Região....51
Figura 3.23 Climograma da região do CBH Baixo Paraíba do Sul....52
Figura 3.24 Balanço Hídrico Climático da Região....53
Figura 4.1 Diferentes níveis de abordagem da Geomorfologia (Ross, 1995)....54
Figura 4.2 Vista do relevo mostrando as duas serras com o Vale do Paraíba na porção central....58
Figura 4.3 Mapa Geomorfológico da Bacia do Paraíba do Sul (EPE, 2007)....59
Figura 4.4 Localização das planícies inundacionais relacionadas ao rio Paraíba do Sul (Porção paulista)....62
Figura 4.5 Meandros do Paraíba do Sul entre as cavas de areia na região de Taubaté (Foto: J. Moss, J. e M. Moss)....63
Figura 4.6 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)....66

Figura 4.7 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007) 67
Figura 4.8 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007) 68
Figura 4.9 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007) 69
Figura 4.10 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007) 71
Figura 4.11 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007) 73
Figura 4.12 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007) 74
Figura 4.13 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007) 75
Figura 5.1 Modelo esquemático e simplificado da formação do Vale do Paraíba 80
Figura 5.2 Mapa Geológico Simplificado evidenciando os principais corpos de rochas (CPRM - Mapa Geológico ao Milionésimo, modificado) 82
Figura 5.3 Planos de foliação de rochas metamórficas 83
Figura 5.4 Exemplo de rochas ígneas homogêneas de composição granítica 84
Figura 5.5 Mapa com a drenagem principal e as principais estruturas regionais 86
Figura 5.6 Planos de foliação vertical (milonitos) associados às zonas de cisalhamento 87
Figura 5.7 Mapa de Estruturas da Folha São José dos Campos, escala 1;100.000 87
Figura 5.8 Exemplo de cataclasito onde o fraturamento em escala local torna a rocha bem frágil e pouco resistente 88
Figura 5.9 Corte de estrada com a presença de ravinas em local recortado por lineamento Bacia do Uma 88
Figura 5.10 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada) 90
Figura 5.11 Mapa geológico da região (UNESP - Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:250.000, modificado) 91
Figura 5.12 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada) 92
Figura 5.13 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada) 93
Figura 5.14 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada) 95
Figura 6.1 Tipos de aquíferos: granular (com grãos bem e mal seleccionados), de fratura e cárstico 105
Figura 6.2 Aquíferos (poroso e fissural) da bacia do rio Paraíba do Sul 108
Figura 6.3 Modelo esquemático de circulação das águas subterrâneas da região do município de Potim (SP) , mostrando o aquífero superior conectado aos cursos d´água e o aquífero inferior, no caso a Formação Tremembé (IPT, 1998) 109
Figura 6.4 Bacia de Taubaté com a individualização de três formações: Tremembé e Caçapava (Terciárias) e depósitos aluviais (Quaternárias). 110
Figura 6.5 Mapa de potencial de exploração de água subterrânea (IPT, 2011) tendo como destaque a bacia Sedimentar de Taubaté 112
Figura 6.6 Mapa Geológico simplificado da porção fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul com a localização de vários poços 113
Figura 6.7 Principais lineamentos observados na bacia (Mapa Geológico Brasil ao Milionésimo, CPRM) 115
Figura 6.8 Mapa geológico com a localização de um conjunto de poços tubulares na porção mineira da bacia 116
Figura 6.9 Mapa com os municípios da bacia mostrando aqueles inseridos – total ou parcialmente – em áreas sedimentares. Os demais se encontram em ambiente de aqüífero fissural 118
Figura 6.10 Localização dos postos de monitoramento para a porção paulista da bacia 119
Figura 6.11 Localização de poços com elevadas vazões em São João da Barra e Boa Vista (Rocha et al., 2003) 121
Figura 6.12 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo) 123
Figura 6.13 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo) 124
Figura 6.14 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo) 125

Figura 6.15 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo).....126
Figura 6.16 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo).....127
Figura 6.17 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo).....128
Figura 6.18 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo).....129
Figura 6.19 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo).....130
Figura 9.1 Evolução das áreas comprometidas com atividade mineraria no período entre 1969 e 2013 154
Figura 9.2 Localização das áreas de produção de agregados (areia e argila) 155
Figura 9.3 Localização das áreas com extração de rochas ígneas e metamórficas 157
Figura 9.4 Localização das áreas de exploração de bauxita concentradas principalmente nas bacias da porção mineira da bacia 158
Figura 9.5 Evolução das áreas de bauxita de 1965 até o presente 159
Figura 9.6 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013).....161
Figura 9.7 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013).....162
Figura 9.8 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013).....163
Figura 9.9 Localização das áreas das principais substâncias com registro no DNPM (2013) 164
Figura 9.10 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013).....165
Figura 9.11 Localização das áreas das principais substâncias com registro no DNPM (2013) 166
Figura 9.12 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013).....167
Figura 9.13 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013).....169
Figura 10.1 Mapa de Uso do Solo produzido neste projeto 175
Figura 10.2 Mapa de Vulnerabilidade à Erosão 177
Figura 10.3 Mapa da região do Comitê – Rio Paraíba do Sul (São Paulo).....178
Figura 10.4 Mapa da região do Comitê Médio Paraíba do Sul 180
Figura 10.5 Mapa da região do Comitê Guandu I 181
Figura 10.6 Mapa da região do Comitê Preto - Paraibuna.....182
Figura 10.7 Mapa da região do Comitê Piabanha.....183
Figura 10.8 Mapa da região do Comitê COMPE (MG).....184
Figura 10.9 Mapa da região do Comitê Rio Dois Rios 185
Figura 10.10 Mapa da região do Comitê Baixo Paraíba do Sul.....187
Figura 11.1 Bacia do Paraíba do Sul na Mata Atlântica.....190
Figura 11.2 Mapa dos Hotspots Mundiais 192
Figura 11.3 Relação da Fragmentação da Paisagem com a Biodiversidade 193
Figura 11.4 Distribuição percentual das áreas dos Comitês de Bacia.....195
Figura 11.5 Remanescentes Florestais na Bacia do Paraíba do Sul.....196
Figura 11.6 CBH – Paraíba do Sul (SP) 197
Figura 11.7 CBH – Médio Paraíba do Sul 198
Figura 11.8 COMITÊ GUANDU – SUB-BACIA RIO PIRAÍ.....199
Figura 11.9 CBH – PRETO PARAIBUNA.....200
Figura 11.10 COMITÊ PIABANHA.....201
Figura 11.11 COMPÉ (MG).....202
Figura 11.12 CBH – RIO DOIS RIOS 203
Figura 11.13 CBH – BAIXO PARAÍBA DO SUL 204
Figura 12.1 Limites do Domínio dos Corpos Fluviais 219
Figura 12.2 Limites do Domínio de Meandros com Condicionamento Estrutural 221
Figura 12.3 Detalhe das bacias integradas ao Domínio das Corredeiras.....223
Figura 12.4 Detalhe das bacias integradas ao Domínio das Ilhas Fluviais.....225
Figura 12.5 Detalhe das bacias integradas ao Domínio dos Depósitos Fluviais 227

Figura 12.6 Detalhe das bacias integradas ao Domínio das Lagoas....229
Figura 12.7 Densidade relativa da comunidade fitoplanctônica na UHE Funil 235
Figura 12.8 Densidade relativa de cianobactérias na UHE Funil....236
Figura 12.9 Variação na densidade total do zooplâncton e na concentração de microcistinas contida nesta fração 237
Figura 12.10 Unidades de amostragem....240
Figura 12.11 Variação da densidade das classes fitoplanctônicas 241
Figura 12.12 Variação da densidade das classes fitoplanctônicas 242
Figura 12.13 Ocorrência de espécies de Podostemaceae na bacia do rio Paraíba do Sul e sistemas vizinhos 251
Figura 12.14 Malha de amostragem (INEA, 2010) 318
Figura 12.15 Valores do IIBP no trecho monitorado pelo INEA....319
Figura 12.16 Distribuição das espécies ameaçadas de extinção incluídas no PAN Paraíba do Sul....331

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1.1 Vazões Médias de Longo Termo (QMLT) e Vazões Específicas Médias 4
Tabela 4.1 Unidades originais e unidades reclassificadas 56
Tabela 4.2 Principais problemas e processos do meio físico 61
Tabela 6.1 Vazões obtidas para alguns poços relacionados aos aqüíferos de Resende e Campos (SIAGAS/CPRM) 114
Tabela 6.2 Amostragem de poços perfurados em aquífero fissural na porção fluminense da bacia (base de dados SIAGAS/CPRM) 116
Tabela 6.3 Dados de poços tubulares perfurados em aquífero fissural na porção mineira da bacia 117
Gráfico 7.1 Distribuição das unidades de mapeamento na Bacia do Rio Paraíba do Sul até 3º nível categórico. (área km2, %). 136
Tabela 7.1 Descrição das legendas representativas das unidades de mapeamento da Bacia do rio Paraíba do Sul. 137
Tabela 8.1 Descrição da aptidão agrícola e distribuição proporcional das classes na Bacia do Rio Paraíba do Sul. 145
Tabela 10.1 Tipos de uso da terra e o fator de ponderação atribuído 176
Tabela 11.1 Áreas ocupadas pelos Comitês de Bacia 194
Quadro 12.1 Quantitativo do uso e cobertura do solo na Bacia do Rio Paraíba do Sul 260
Quadro 12.2 Ictiofauna da bacia do rio Paraíba do Sul 283
Quadro 12.3 Espécies com distribuição restrita 299
Quadro 12.4 303
Quadro 12.5 Espécies de peixes introduzidas (ou exóticas) existentes na bacia do rio Paraíba do Sul 310
Quadro 12.6 Espécies ameaçadas de extinção integradas ao PAN Paraíba do Sul 330
Quadro 12.7 Espécies de peixes ameaçadas de extinção e não incluídas no PAN Paraíba do Sul 332

1 CARACTERIZAÇÃO DO MEIO FÍSICO

A bacia do Rio Paraíba do Sul tem forma alongada, com comprimento cerca de três vezes maior que sua largura máxima, sendo limitada ao Norte pelas bacias dos rios Grande e Doce e pelas serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo. Ao nordeste, a bacia do rio Itabapoana estabelece o limite da bacia. Ao Sul, o limite é formado pela Serra dos Órgãos e pelos trechos paulista e fluminense da Serra do Mar. Ao Oeste, pela bacia do rio Tietê, da qual é separada por meio de diversas ramificações dos maciços da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira. Está situada em uma região de relevo muito acidentado, chegando a mais de 2.000 m nos pontos mais elevados, onde se destaca o Pico das Agulhas Negras, ponto culminante na bacia, com 2.787 m de altitude, situado no Maciço do Itatiaia.

O rio Paraíba do Sul é formado pela união dos rios Paraibuna e Paraitinga, na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, a 1.800 m de altitude, e o seu comprimento, calculado a partir da nascente do Paraitinga até o seu deságue no norte fluminense, no município de São João da Barra, é de mais de 1.100 km. Os principais afluentes da margem esquerda são: Jaguari, Paraibuna, Pirapetinga, Pomba e Muriaé. Os principais afluentes da margem direita são: Una, Bananal, Piraí, Piabanha e Dois Rios.

Predomina o clima subtropical quente e úmido, com variações determinadas pelas diferenças de altitude e entradas de ventos marinhos. Verificam-se os maiores índices pluviométricos nas regiões do Maciço do Itatiaia e seus contrafortes, no trecho paulista da serra do Mar e na serra dos Órgãos (trecho fluminense da serra do Mar), onde a precipitação anual ultrapassa 2.000 mm. Essas regiões de elevadas altitudes apresentam também as temperaturas mais baixas, com a média das mínimas chegando a menos de 10ºC. As menores pluviosidades ocorrem em uma estreita faixa do Médio Paraíba (entre Vassouras e Cantagalo, RJ) e no curso inferior da bacia (regiões norte e noroeste fluminense), com precipitação anual entre 1.000 mm e 1.250 mm. As mais altas temperaturas ocorrem na região noroeste (RJ), especialmente em Itaocara, na confluência dos rios Pomba e Paraíba do Sul, com média das máximas entre 32ºC e 34ºC.

A bacia está inserida na área de abrangência do bioma Mata Atlântica, que ocupa hoje cerca de 11% da área, onde os remanescentes mais expressivos estão restritos às áreas de mais difícil acesso, nas serras do Mar e da Mantiqueira, parcialmente protegidos em

Unidades de Conservação de importância nacional, como os Parques Nacionais do Itatiaia, da Bocaina e da Serra dos Órgãos, e internacional, como a Reserva da Biosfera.

Ocorrem na bacia duas categorias de floresta: a floresta ombrófila, sob influência de um clima mais úmido, e a floresta estacional, nas áreas de clima mais seco, com períodos pronunciados de baixas pluviosidades (< 60 mm mensais) nos meses de inverno (julho a setembro). Do que resta de florestas na bacia, a floresta ombrófila ocupa maior área (67% dos remanescentes), com 52% no trecho paulista, 46% no trecho fluminense e 2% no trecho mineiro. A floresta estacional, que ocorre em maior parte nas sub bacias dos rios Pomba e Muriaé, apresenta 51% de seus remanescentes no trecho mineiro, 47% no trecho fluminense e apenas 2% no trecho paulista da bacia. Além das florestas, há na bacia pequenas áreas de outros ecossistemas integrantes do bioma Mata Atlântica: campos de altitude (acima de 1.500 m), vegetação de várzea (quase completamente destruída pelas ocupações com lavouras, mineração, cidades, estradas e indústrias) e as restingas e manguezais no curso final do rio Paraíba do Sul.

Ocupando maior área do que os remanescentes florestais, verifica-se a ocorrência da “vegetação secundária”, compreendida por diversos estágios de sucessão da floresta, que podem ser resultantes de cortes seletivos ou de regeneração de áreas desmatadas. Apesar das florestas da bacia já terem sido drasticamente reduzidas, a destruição persiste, tanto por exploração de madeira e lenha como por queimadas e substituição por pastagens ou agricultura.

No que consiste o Regime Fluvial, a principal variável descritiva é a vazão média de longo termo, indicativa da disponibilidade hídrica superficial. Como a vazão média cresce com a área de drenagem, é comum expressar a disponibilidade hídrica em termos de vazão específica média, que é a relação entre a vazão média e a área de drenagem, expressa em l/s.km².

De uma forma geral, a disponibilidade hídrica específica decresce das cabeceiras para a foz, pois normalmente as maiores precipitações ocorrem perto das nascentes, que possuem maiores altitudes, temperaturas mais amenas e efeitos orográficos que intensificam os eventos pluviais. Numa bacia hidrográfica do porte da bacia do rio Paraíba do Sul, entretanto, cada afluente pode apresentar seu próprio regime fluvial, sendo importante este conhecimento específico para a gestão dos recursos hídricos.

A bacia do rio Paraíba do Sul possui uma disponibilidade hídrica média de 14,6 l/s.km² em sua foz, mas esse valor varia bastante ao longo das sub bacias, podendo alcançar valores máximos da ordem de 53 l/s.km² na cabeceira da sub bacia do rio Piabanha, e valores mínimos em torno dos 9 l/s.km² na sub bacia do Médio Vale do Paraíba. A **Tabela 1.1** a seguir, mostra as vazões específicas médias em diversos locais da bacia.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul conta com a mais densa rede de monitoramento hidrológico do país. Isto se deve muito à sua localização entre os mais importantes centros econômicos: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte.

A administração desta rede é feita por órgãos federais, setoriais, estaduais e particulares, que enviam os dados coletados (consolidados e consistidos) para a Agência Nacional das Águas (ANA), que assegura que estes dados sejam efetivamente armazenados, processados, interpretados e difundidos entre todos os segmentos interessados.

A rede hidrométrica da área abrangida pelo CEIVAP é constituída por 1468 estações hidrometeorológicas, das quais 651 estão em operação.

Nos capítulos seguintes deste documento apresenta-se a caracterização, de uma forma geral para a área abrangida pelo CEIVAP e detalhada para os sete comitês das bacais afluentes e para o CBH Guandu – Sub-bacia Rio Piraí, da hidrografia, clima, geomorfologia, geologia, hidrogeologia, solos, aptidão agrícola dos solos, recursos minerais, vulnerabilidade à erosão, vegetação natural e ecossistema aquático.

Tabela 1.1 Vazões Médias de Longo Termo (QMLT) e Vazões Específicas Médias

COMITÊ	LOCAL	RIO	ÁREA DE DRENAGEM (Km²)	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL (mm)	Q_{MLT} (m³/s)	VAZÃO ESPECÍFICA MÉDIA (L/s/Km²)
CBH Paraíba do Sul (SP)	São Luiz do Paraitinga	Paraitinga	1954	1447	29,5	15,1
	Paraibuna	Paraibuna	1572	1582	37,1	23,6
	Santa Branca	Paraíba do Sul	4935	1453	81,8	16,6
	Guararema	Paraíba do Sul	5203	1445	91,9	17,7
	Igaratá 1	Jaguari	689	1710	19,1	27,7
	Pindamonhangaba	Paraíba do Sul	9557	1455	167,0	17,5
	Cachoeira Paulista	Paraíba do Sul	11491	1448	196,0	17,1
	Cruzeiro	Paraíba do Sul	12169	1453	217,0	17,8
	Queluz	Paraíba do Sul	12764	1458	221,0	17,3
CBH Médio Paraíba do Sul	Itatiaia	Paraíba do Sul	13505	1469	228,0	16,9
	Resende	Paraíba do Sul	13896	1475	244,0	17,6
	Barra Mansa	Paraíba do Sul	15748	1494	294,0	18,7
	Volta Redonda	Paraíba do Sul	15991	1492	296,0	18,5
	Barra do Piraí	Paraíba do Sul	17646	1487	155,0	8,8
	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	19319	1463	170,0	8,8
	Três Rios	Paraíba do Sul	19435	1461	178,0	9,2
CBH Piabanha	Petrópolis	Piabanha	41	1936	2,31	56,3
	Pedro do Rio	Piabanha	411	1704	11,0	26,8
	Areal	Piabanha	511	1612	12,6	24,7
	Tristão Câmara	Piabanha	1030	1521	21,2	20,6
	Moura Brasil	Piabanha	2050	1477	36,7	17,9
CBH Preto Paraibuna	Santa Rita do Jacutinga	Preto	356	1896	11,8	33,1
	Rio Preto	Preto	1803	1849	56,9	31,6
	Manuel Duarte	Preto	3119	1667	82,2	26,4
	Afonso Arinos	Preto	3387	1634	87,0	25,7
	Juiz de Fora	Paraibuna	984	1504	21,9	22,3
	Torreões	do Peixe	1714	1629	37,2	21,7
	Santa Fé	Paraibuna	8572	1531	186,0	21,7
CBH Rio Dois Rios	Conselheiro Paulino	Bengala	174	1779	4,48	25,7
	Bom Jardim	Grande	554	1620	14,5	26,2
	Dois Rios	Dois Rios	3113	1326	44,0	14,1
CBH Compé (MG)	Piau	Piau	483	1570	13,6	28,2
	Tabuleiro	Formoso	318	1562	8,19	25,8
	Rio Novo	Novo	794	1542	17,6	22,2
	Cataguases	Pomba	5859	1477	104,0	17,8
	Muriaé	Muriaé	1083	1407	23,5	21,7
	Patrocínio do Muriaé	Muriaé	2665	1369	47,4	17,8
	Carangola	Carangola	765	1356	12,3	16,1
CBH Baixo Paraíba do Sul	Santo Antônio de Pádua	Pomba	8242	1407	128,0	15,5
	Porciúncula	Carangola	1332	1308	20,0	15,0
	Itaperuna	Muriaé	5814	1324	95,5	16,4
	Cardoso Moreira	Muriaé	7267	1281	92,5	12,7
	São Fidélis	Paraíba do Sul	46727	1428	651,0	13,9
	Campos	Paraíba do Sul	55450	1397	812,0	14,6

2 HIDROGRAFIA DA BACIA DO RIO PARAIBA DO SUL

Preferiu-se neste tópico do Diagnóstico o termo Hidrografia (em vez de Hidrologia) em virtude de temas como postos fluviométricos e balanço hídrico (entre outros) serem estudados, em detalhes, mais adiante. Simplificadamente, a Hidrografia funciona como a impressão digital da Natureza nos terrenos da região. É a base dos estudos hidrológicos (*hydor* = água + *aulos* = estudo) e, muitas vezes, a simples visualização da elevada densidade de drenagem leva à associação com terrenos impermeáveis (rochas cristalinas) e alta pluviosidade ou, o formato arredondado de uma bacia à sua maior suscetibilidade a enchentes.

2.1 CBH PARAÍBA DO SUL – (SP)

A **Figura 2.1** apresenta a hidrografia do trecho paulista do rio Paraíba do Sul destacando, em azul claro, os rios Paraitinga e Paraibuna que, ao se juntarem, formam o rio Paraíba do Sul. Curiosamente, os rios Paraibuna/Paraitinga e Paraíba do Sul são paralelos, mas correm em sentidos contrários na maior parte dos seus trechos, por imposição topográfica do relevo regional.

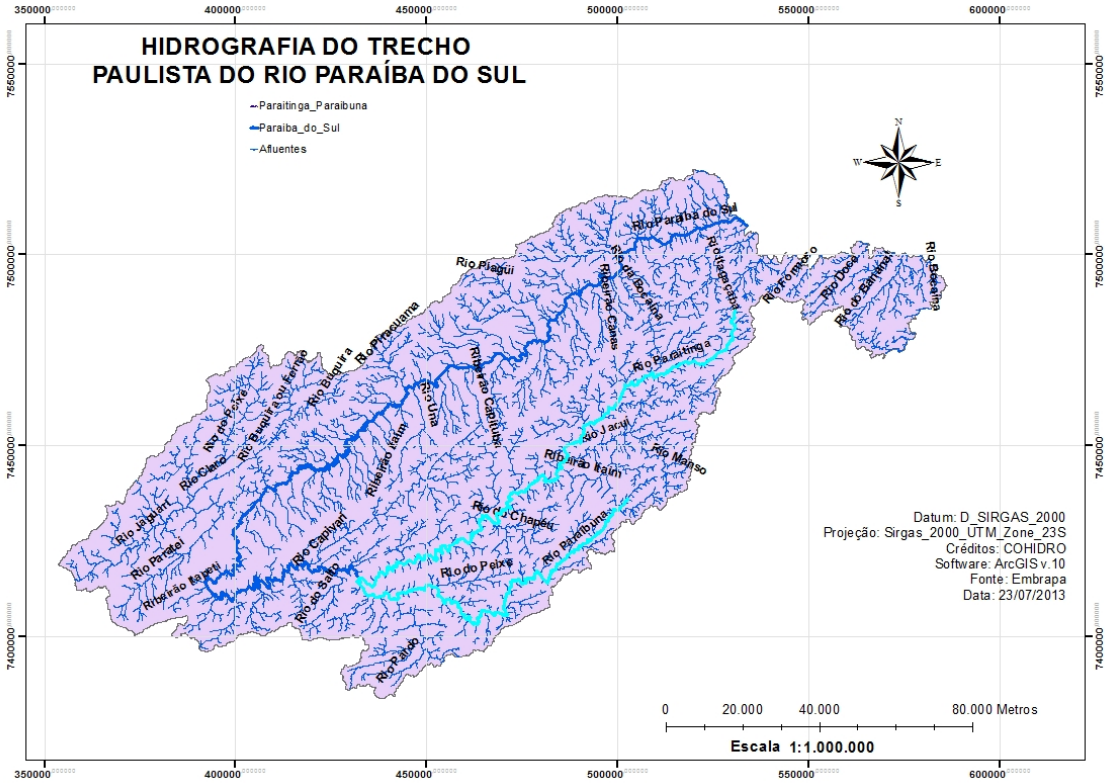


Figura 2.1 Hidrografia do trecho paulista do Paraíba do Sul

A bacia do rio Paraíba do Sul se estende por territórios pertencentes a três estados da Região Sudeste: São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. A parte paulista da bacia está localizada entre as coordenadas 22°24' e 23°39' de latitude Sul e 44°10' e 46°26' de longitude Oeste, abrangendo uma área de drenagem de 13.944 km^2.

O rio Paraíba do Sul é formado pela confluência dos rios Paraitinga e Paraibuna, que têm seus cursos orientados na direção Sudoeste, ao longo dos contrafortes interiores da Serra do Mar. Após essa confluência, e já denominado Paraíba do Sul, o rio continua seu curso para Oeste, até as proximidades da cidade de Guararema, onde é barrado pela Serra da Mantiqueira, que o obriga a inverter completamente o rumo do seu curso, passando a correr para Nordeste e depois para Leste, até a sua foz no Oceano Atlântico.

Seus principais afluentes, no trecho paulista da bacia, são os rios Jaguari e Buquira.

O Diagrama Topológico do CBH-SP, mostrado na **Figura 2.2**, teve como base o Diagnóstico da Rede Fluviométrica da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Desenho DE-1012-0702-0601-001),

feito pela COHIDRO, em 24/06/13, para a AGEVAP e, também, mapas digitais elaborados pela COHIDRO com base em arquivos disponibilizados pela ANA.

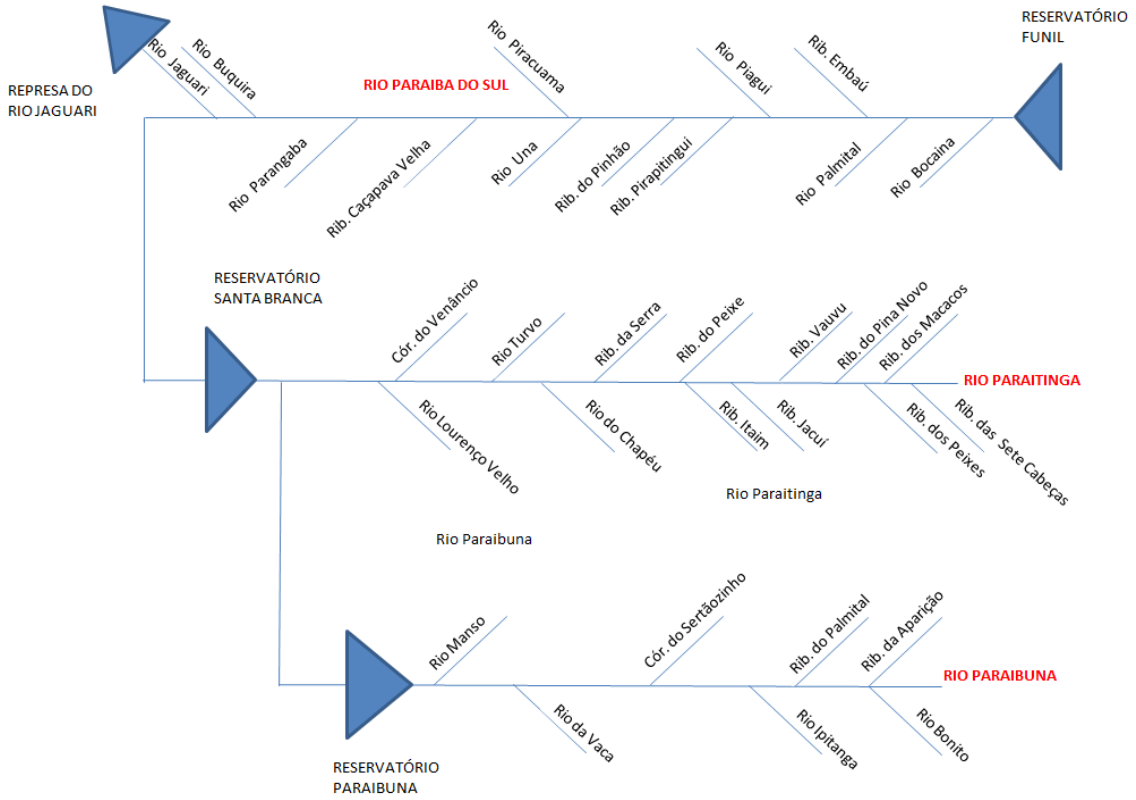


Figura 2.2 Diagrama Topológico dos Rios do Comitê

2.2 CBH MÉDIO PARAÍBA DO SUL

A área de atuação do CBH – Médio Paraíba do Sul, é a Região Hidrográfica do Médio Paraíba do Sul, constituída pela (metade da) bacia do Rio Preto e pelas bacias dos rios afluentes do curso médio superior do rio Paraíba do Sul no Estado do Rio de Janeiro.

A **Figura 2.3** apresenta a hidrografia do Médio Paraíba do Sul, com destaque, em azul claro, para o traçado do rio principal. Esta região apresenta três curiosidades; uma por imposição geopolítica, outra, topográfica e uma terceira, hidrológica. A primeira, diz respeito aos limites fronteiriços entre os Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, obrigando que todos os rios da fronteira ao Norte, afluentes pela margem direita do Rio Preto, que pertence ao Estado de Minas Gerais, sejam incluídos no Comitê de Bacia que atende ao Estado do Rio de Janeiro. A outra, que não se encontra no mapa da **Figura 2.3**, diz respeito ao Comitê Guandu – Sb-bacia Rio Piraí, cuja área, embora relativamente pequena, tem importância

estratégica pela demanda de água transposta do rio Paraíba do Sul para abastecer a população da cidade do Rio de Janeiro e sua região metropolitana. O terceiro fato que merece destaque é a relativamente baixa densidade de drenagem, quando se compara a região deste CBH com a do trecho paulista, por exemplo.

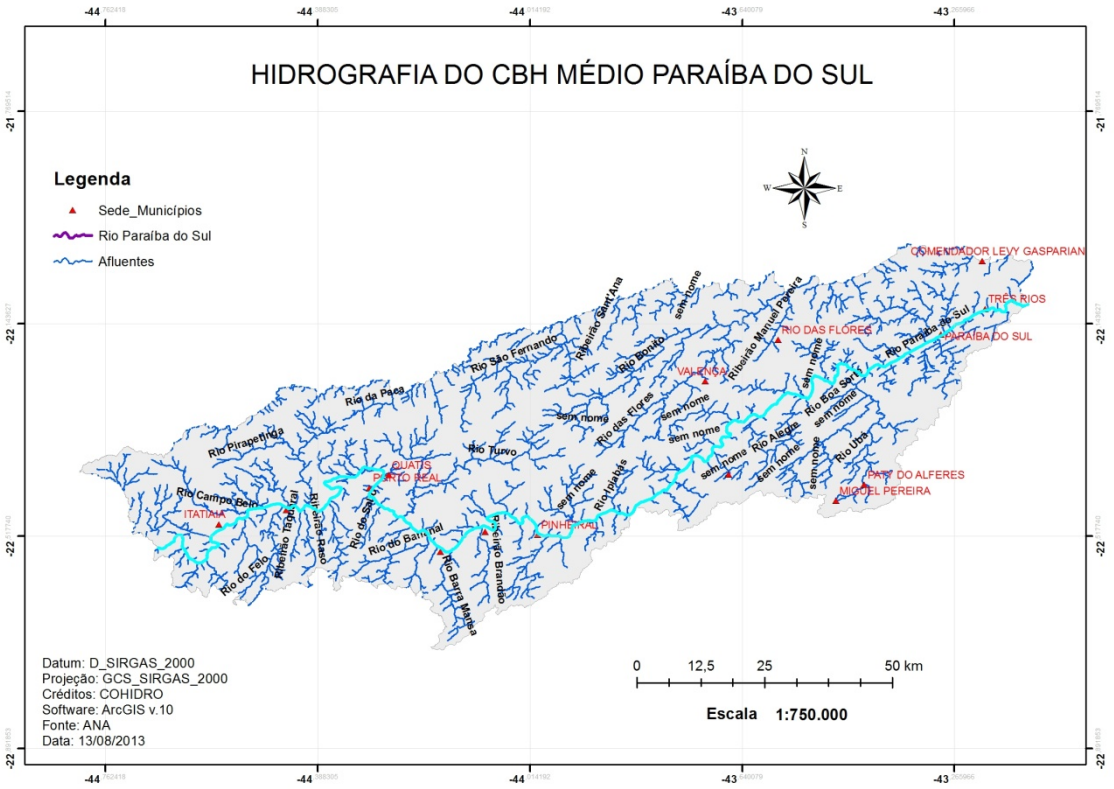


Figura 2.3 Hidrografia do CBH Médio Paraíba do Sul

A calha principal do rio se forma ainda no estado de São Paulo e percorre todo o estado do Rio de Janeiro, delimitando a divisa deste com o estado de Minas Gerais ao longo da região serrana. Desta forma, a porção fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul caracteriza-se por estar a jusante das porções paulista, formada principalmente pelos rios afluentes Paraitinga e Paraibuna, e mineira, formada principalmente pelos rios afluentes Preto, Paraibuna, Pomba e Muriaé.

Assim sendo, este Comitê administra o trecho fluminense do Rio Paraíba do Sul, entre as sedes dos municípios de Itatiaia – RJ e Três Rios – RJ, bem como, as áreas de todas as bacias localizadas na margem direita do Rio Preto, desde a montante da cidade de Passa-Vinte – MG até o trecho que fica ao Sul de Simão Pereira – MG.

Vale observar que os rios Paraíba do Sul e Preto, correm de Oeste para Leste e são praticamente paralelos, na região do CBH Médio Paraíba do Sul.

A **Figura 2.4** apresenta o diagrama topológico dos rios que pertencem ao CBH-Médio Paraíba do Sul, destacando claramente que engloba apenas os afluentes do Rio Preto pela margem direita.

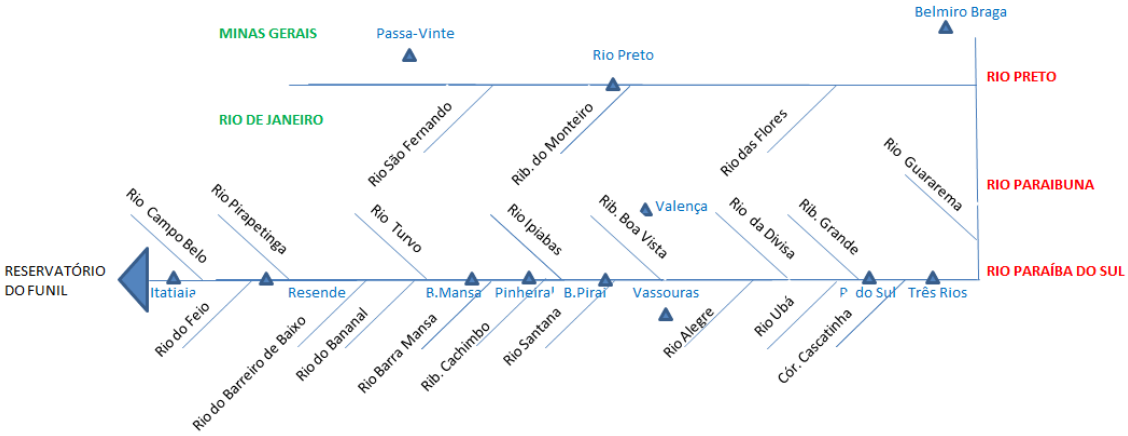


Figura 2.4 Diagrama Topológico do CBH Médio Paraíba do Sul

2.3 CBH – GUANDU – SUB-BACIA RIO PIRAÍ

A **Figura 2.5** mostra a hidrografia do rio Piraí, principal formador da região do CBH – Guandu Sub-bacia do Rio Piraí.

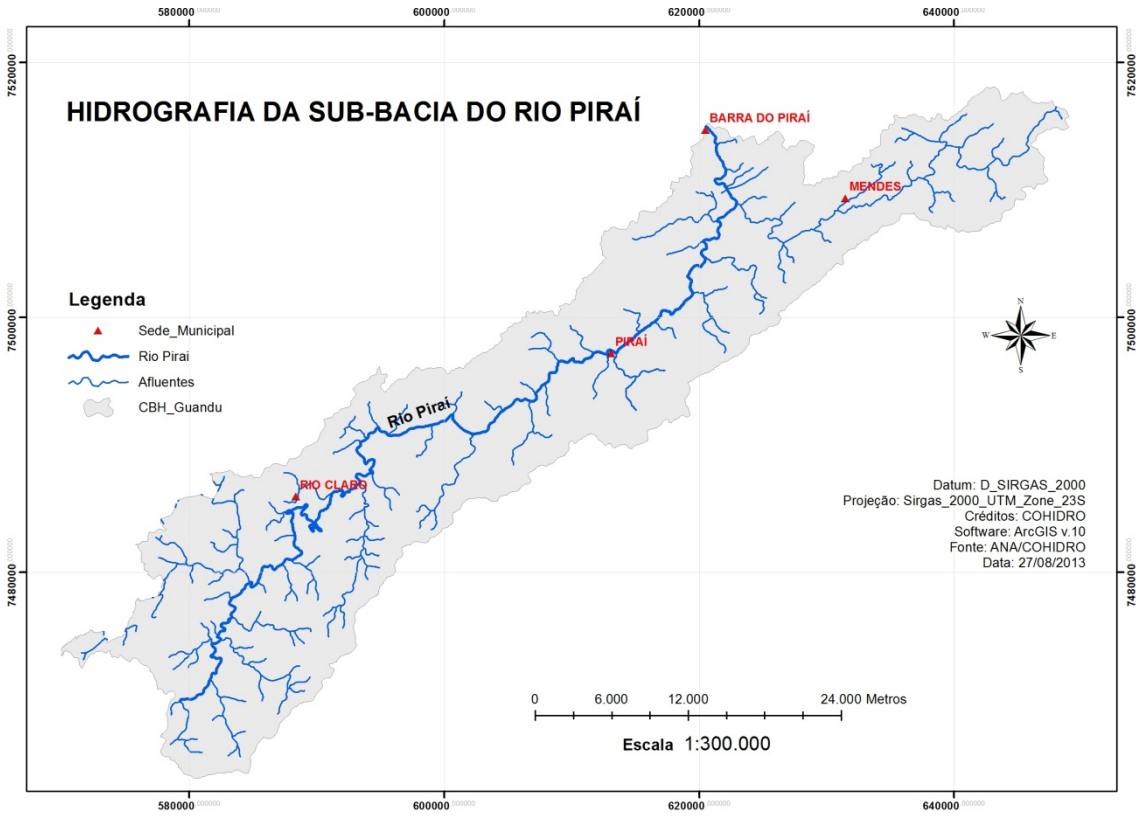


Figura 2.5 Hidrografia da Sub-bacia do Rio Piraí

A **Figura 2.6** apresenta o diagrama topológico dos rios que pertencem ao CBH – Guandu – Sub-bacia Rio Piraí, destacando claramente que engloba apenas os afluentes do Rio Piraí. Na Figura 2.3, o Rio Santana é o afluente do Rio Piraí situado no extremo NE do mapa, e que banha a sede do município de Mendes; o Rio Parado é o terceiro afluente do Rio Piraí, pela margem direita, a partir da sua nascente e o Ribeirão Passa-Três é o afluente direito do Piraí logo a jusante do município de Rio Claro. O Ribeirão dos Coutinhos é o primeiro afluente pela margem esquerda do Rio Piraí.

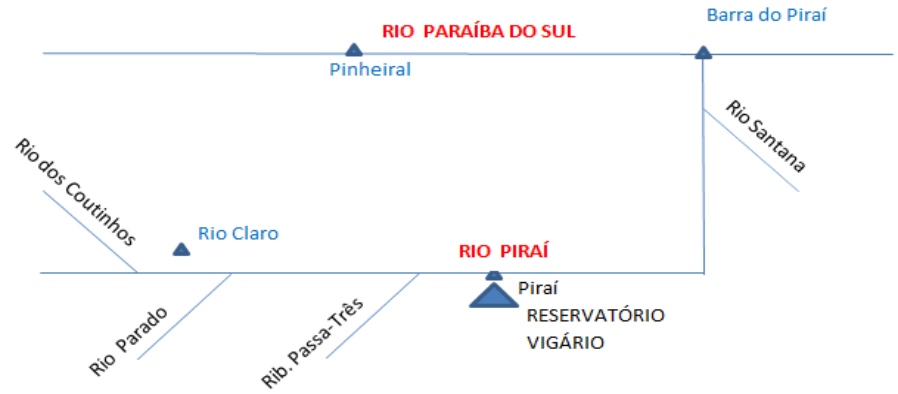


Figura 2.6 Diagrama Topológico da Sub-bacia do Rio Piraí.

A **Figura 2.7** apresenta o esquema de desvio das águas do Rio Paraíba do Sul e do Rio Piraí para o complexo hidrelétrico de Lajes, na bacia do Rio Guandu. (Fonte: ONS RE-3/219/2012 - ATUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES - PERÍODO 1931 A 2011).

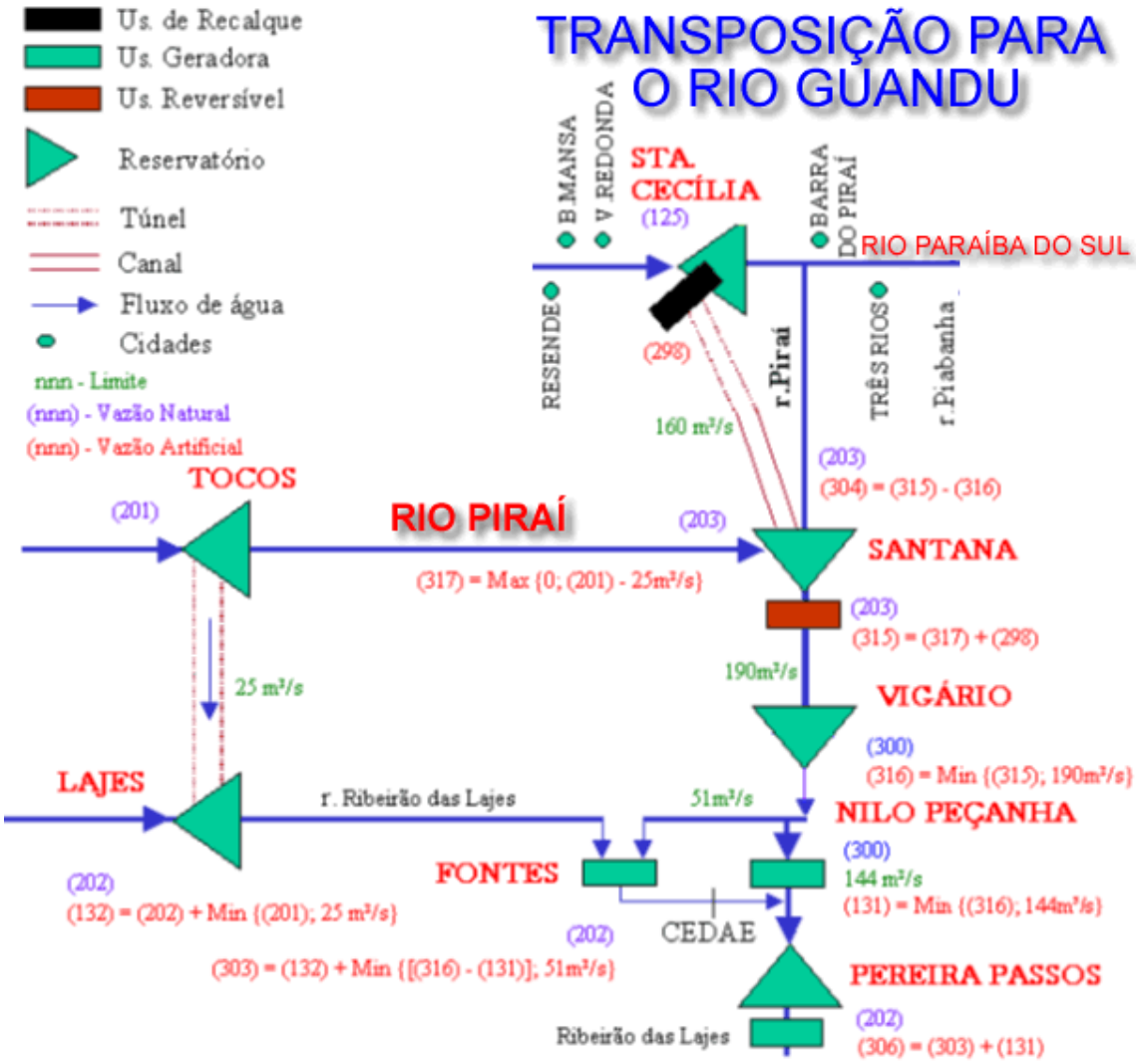


Figura 2.7 Esquema da Transposição para a Bacia do Rio Guandu

2.4 **CBH PRETO-PARAIBUNA**

O Comitê de Bacia dos Rios Preto e Paraibuna reúne os afluentes do Rio Paraibuna, maior afluente em descarga do Rio Paraíba do Sul, já que o Rio Preto é um afluente do Rio Paraibuna. Como o Rio Preto faz divisa dos Estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, apenas os afluentes da margem esquerda pertencem a este Comitê; o outro, pertence ao CBH Médio Paraíba do Sul e está localizado no Estado vizinho do Rio de Janeiro.

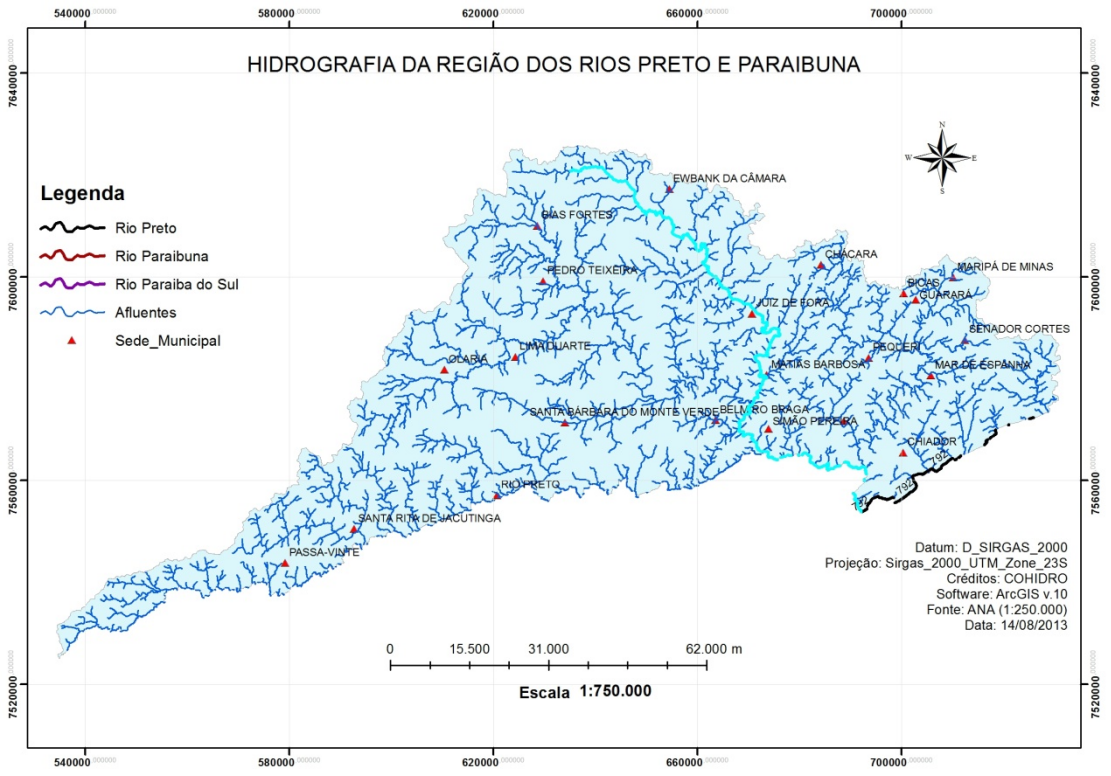


Figura 2.8 Hidrografia do CBH Preto-Paraibuna

O rio Paraibuna nasce na Serra da Mantiqueira, no município de Antônio Carlos, numa altitude de 1.180m. A partir das nascentes, seu curso tem orientação W-E até proximidades da divisa dos municípios Antônio Carlos e Santos Dumont. A partir daí, assume a direção NW-SE, passando por Juiz de Fora a 680 m de altitude. Em seguida recebe as águas do rio do Peixe e do rio Preto pela margem direita e o rio Cágado pela margem esquerda, onde assume o sentido N-S até a foz, no Paraíba do Sul. Seu trecho final, numa extensão de 44 km, corresponde à divisa entre os Estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro. Da nascente até a foz, na cota altimétrica de 258 m, tem comprimento da ordem de 170 km e declividade variada, sendo que nas proximidades de Juiz de Fora é de aproximadamente 1 m/km e no baixo curso é de aproximadamente 5 m/km.

A **Figura 2.9** apresenta o diagrama topológico dos rios que pertencem ao CBH Preto-Paraibuna.

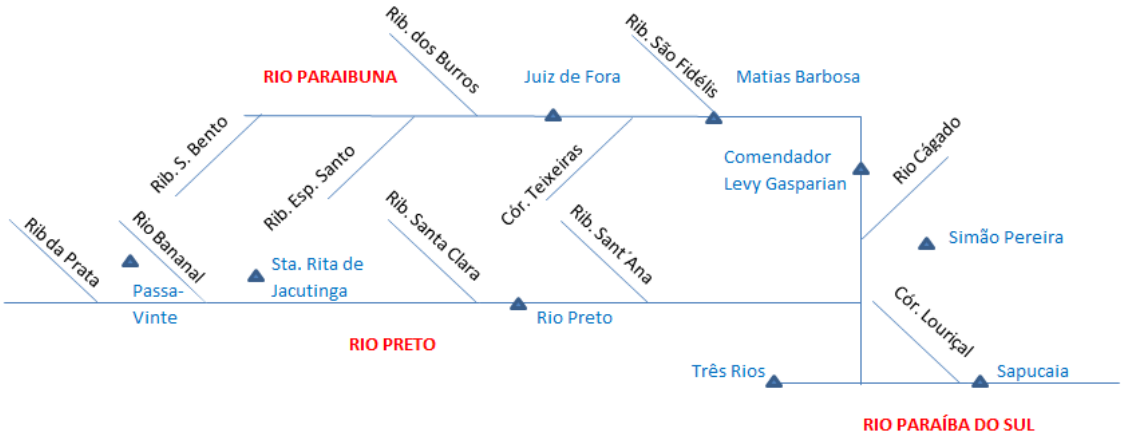


Figura 2.9 Diagrama Topológico do CBH Preto-Paraibuna

2.5 **CBH PIABANHA**

A **Figura 2.10** apresenta o mapa com a hidrografia da região do Comitê de Bacia do Rio Piabanha.

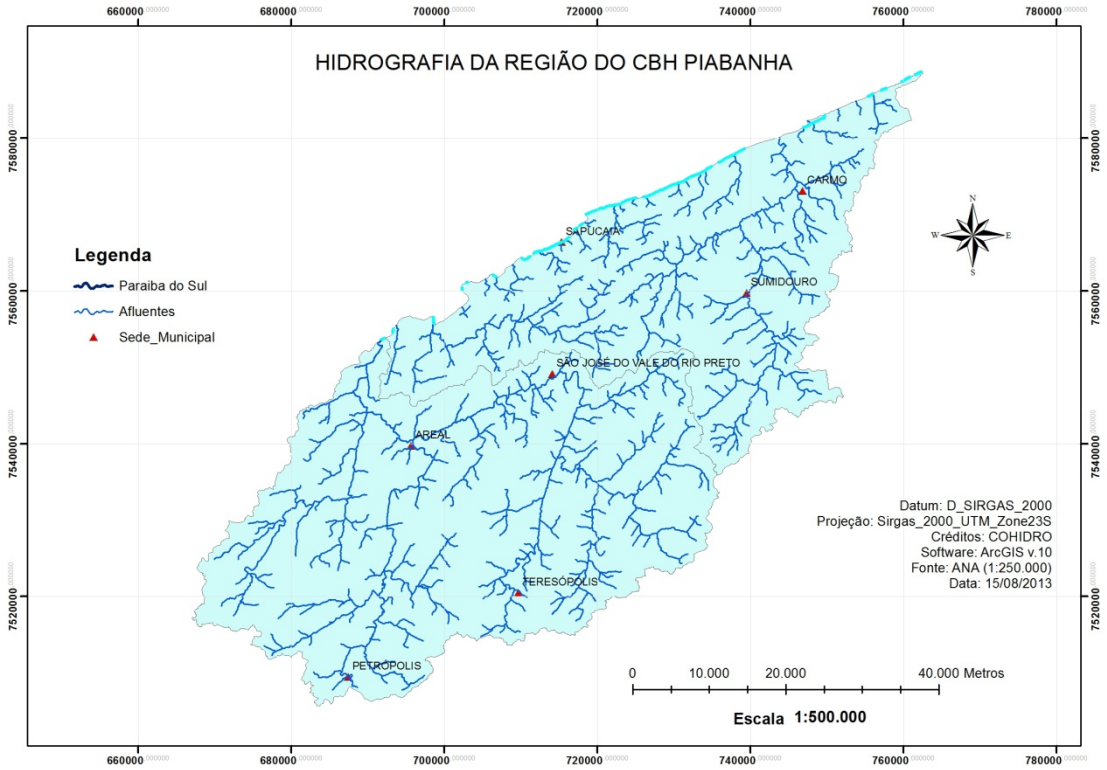


Figura 2.10 Hidrografia do CBH Piabanha

A região do CBH-Piabanha, localizada no extremo Sul da bacia do Rio Paraíba do Sul, abrange os municípios fluminenses de Areal, Carmo, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro e Teresópolis. Seu principal afluente é o rio Paquequer, com cerca de 75 km de curso, que banha Teresópolis e São José do Vale do Rio Preto.

O Caderno de Ações Bacia do Rio Piabanha elaborado pela COPPETEC para a AGEVAP em 12/12/2006 (R10), considerava apenas as áreas drenadas pelos rios Piabanha e Paquequer. Neste estudo, entretanto, foram acrescentadas na região do CBH-Piabanha, as bacias hidrográficas dos rios Calçado e São Francisco, afluentes da margem direita do rio Paraíba do Sul e localizados na porção Nordeste da região do Comitê.

A **Figura 2.11** mostra o Diagrama Topológico da região do CBH Piabanha.

Figura 2.11 Diagrama Topológico do CBH Piabanha

2.6 CBH COMPÉ (MG)

A **Figura 2.12** apresenta a hidrografia da região do CBH Compé (MG). Os estudos apresentados neste relatório referem-se à área de atuação do Comitê Bacia Hidrográfica dos Afluentes dos Rios Pomba e Muriaé – COMPÉ. A área de atuação do COMPÉ abrange as bacias mineiras dos rios Pomba e Muriaé.

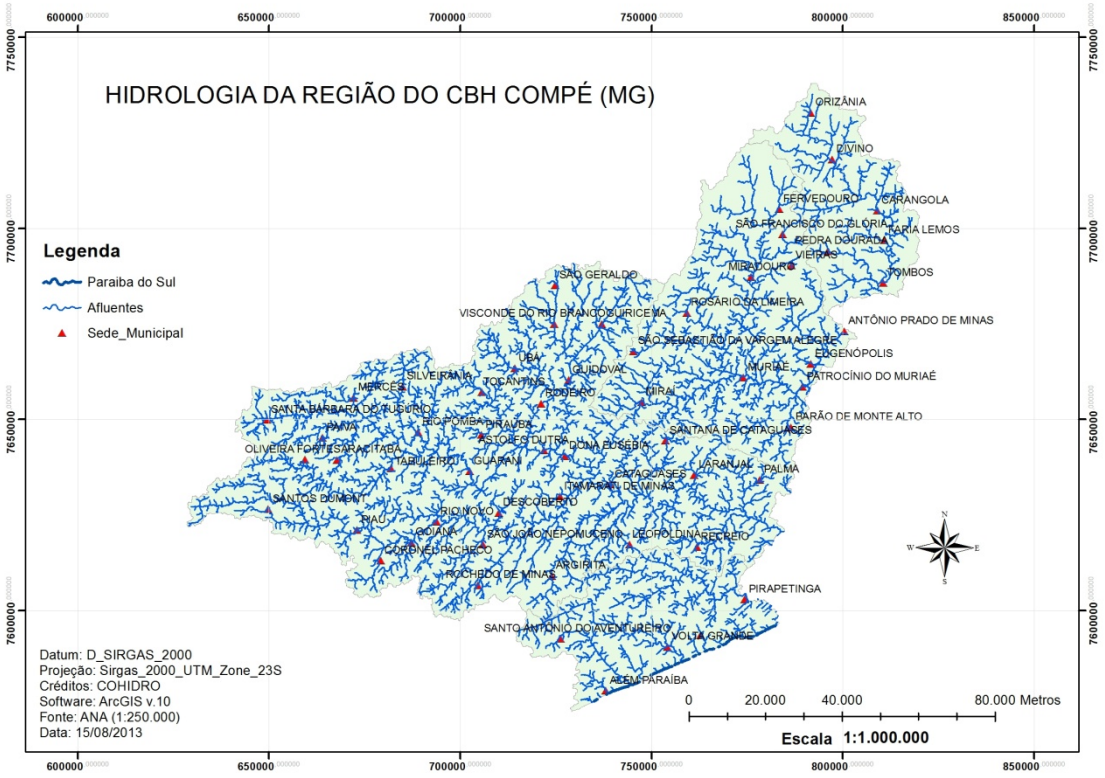


Figura 2.12 Hidrografia da Região do COMPE (MG)

O rio Pomba nasce na Serra Conceição, pertencente à cadeia da Mantiqueira, em Barbacena, a 1.100m de altitude. Apresenta uma declividade relevante, uma vez que a cerca de 90 km da nascente atinge a altitude de 200 m. Em Cataguases está na altitude de 165 m e em Santo Antônio de Pádua de 90 m. Depois de percorrer 265 km, atinge a foz no Paraíba do Sul. Seus principais afluentes são os rios Novo, Piau, Xopotó, Formoso e Pardo.

O rio Pomba drena uma bacia com área de 8.582 km^2 e desenvolve-se ao longo de aproximadamente 290 km. Em seu percurso mineiro estão situadas as cidades de Rio Pomba, Leopoldina e Cataguases.

O rio Muriaé é formado pela confluência dos rios Bom Sucesso e Samambaia, cujas nascentes localizam-se no município de Mirai a 900 m de altitude. Na Serra das Pedras, derivação da Mantiqueira, passa a ser denominado de Muriaé quando se encontra com o rio Santo Antônio, a 300 m de altitude. A cerca de 5 km a jusante da cidade de Muriáe recebe o rio Glória, seguindo para leste e recebendo as águas de outro importante afluente, o rio Carangola.

O rio Muriaé é o afluente da margem esquerda do rio Paraíba do Sul localizado mais a jusante. Com extensão aproximada de 300 km e área de drenagem de 6.145 km^2, o Muriaé desenvolve-se primeiramente no trecho mineiro, atravessando núcleos urbanos como Miraí e Muriaé, em uma região de relevo acidentado e de várzeas extensas que concentram principalmente atividades agropecuárias.

A **Figura 2.13** mostra o Diagrama Topológico do CBH-Compe(MG). O encontro dos rios Muriaé e Pomba com o Paraíba do Sul ocorre a montante da cidade de Campos dos Goytacazes e a jusante de Itaocara, respectivamente.

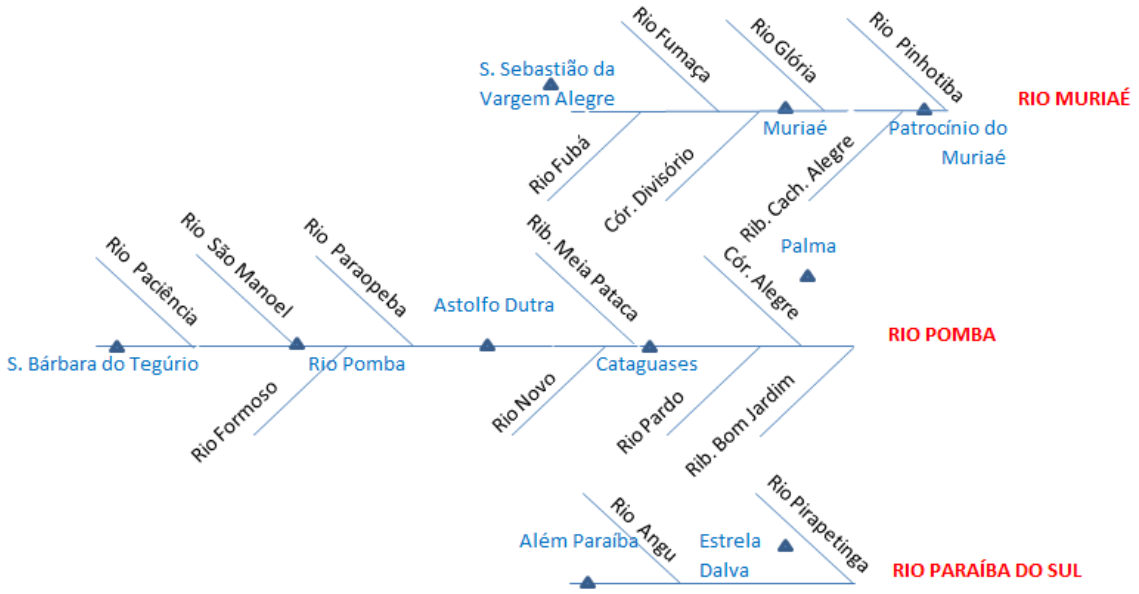


Figura 2.13 Diagrama Topológico do CBH COMPÉ(MG)

2.7 CBH RIO DOIS RIOS

A **Figura 2.14** apresenta a hidrografia da região do CBH Rio Dois Rios. O rio Dois Rios é formado pelo encontro das águas dos rios Negro e Grande, cujas bacias de drenagem fazem parte da Região Serrana, percorrendo, desse ponto até a sua foz no Paraíba do Sul, o percurso de aproximadamente 35 km. Sua bacia hidrográfica tem uma área de drenagem de 3.147 km^2, que abrange 11 municípios fluminenses: Nova Friburgo, Cantagalo, Cordeiro, Duas Barras, Macuco, Bom Jardim, São Sebastião do Alto, Santa Maria Madalena, Trajano de Morais, Itaocara e São Fidelis.

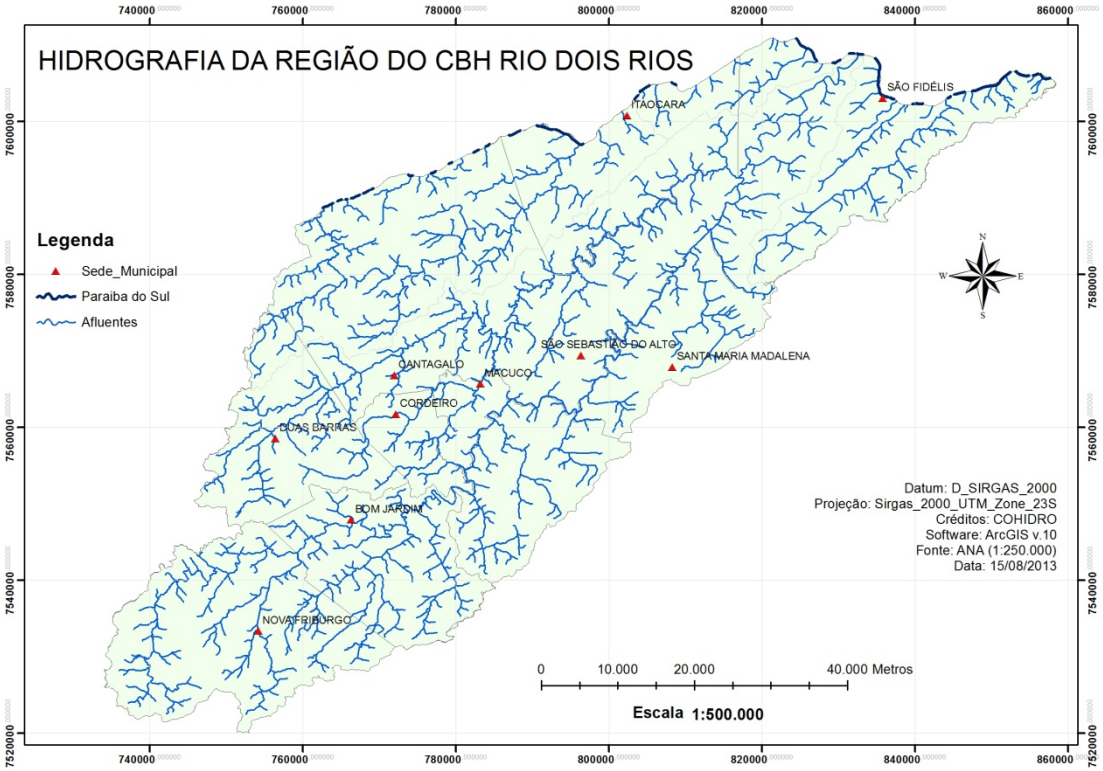


Figura 2.14 Hidrografia da Região do CBH Rio Dois Rios

A **Figura 2.15** mostra o Diagrama Topológico da região do CBH Rio Dois Rios.

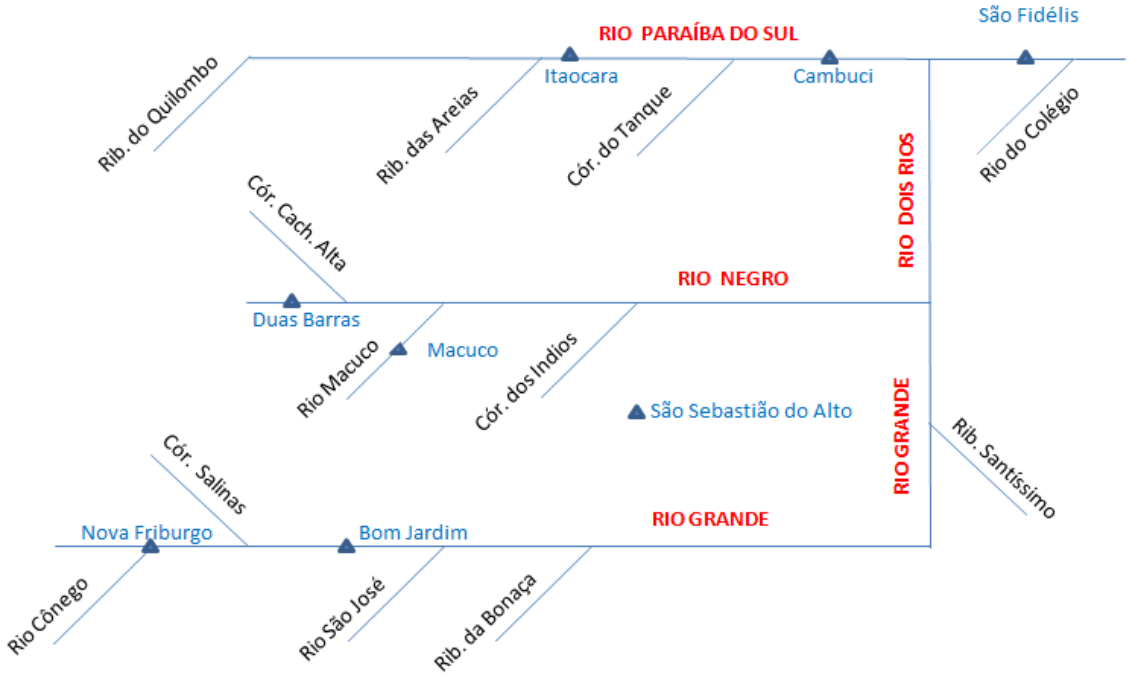


Figura 2.15 Diagrama Topológico do CBH Baixo Paraíba do Sul

2.8 CBH BAIXO PARAÍBA DO SUL

A **Figura 2.16** apresenta a hidrografia da região do CBH Baixo Paraíba do Sul. No Caderno de Ações Área de Atuação do GT-Foz (anexo 7 do relatório R-10), elaborado pela COPPETEC para a AGEVAP em 2006, a área de atuação do GT-Foz correspondia às porções mais a jusante da bacia do rio Paraíba do Sul e dos rios Muriaé, Pomba e Dois Rios, também conhecida como Baixo Paraíba, contida integralmente em território Fluminense entre os municípios de Itaocara, Porciúncula e Santo Antônio de Pádua, desenvolvendo-se até a foz, no Oceano Atlântico. Recentemente, foi incluída na região do CBH Baixo PS, uma extensa área situada logo abaixo desta, englobando a hidrografia dos municípios fluminenses de Trajano de Moraes, Conceição de Macabu, Carapebus, Quissamã, São João da Barra, São Francisco de Itabapoana e de Campos dos Goytacazes, municípios costeiros, com exceção de Trajano de Moraes e Conceição de Macabu.

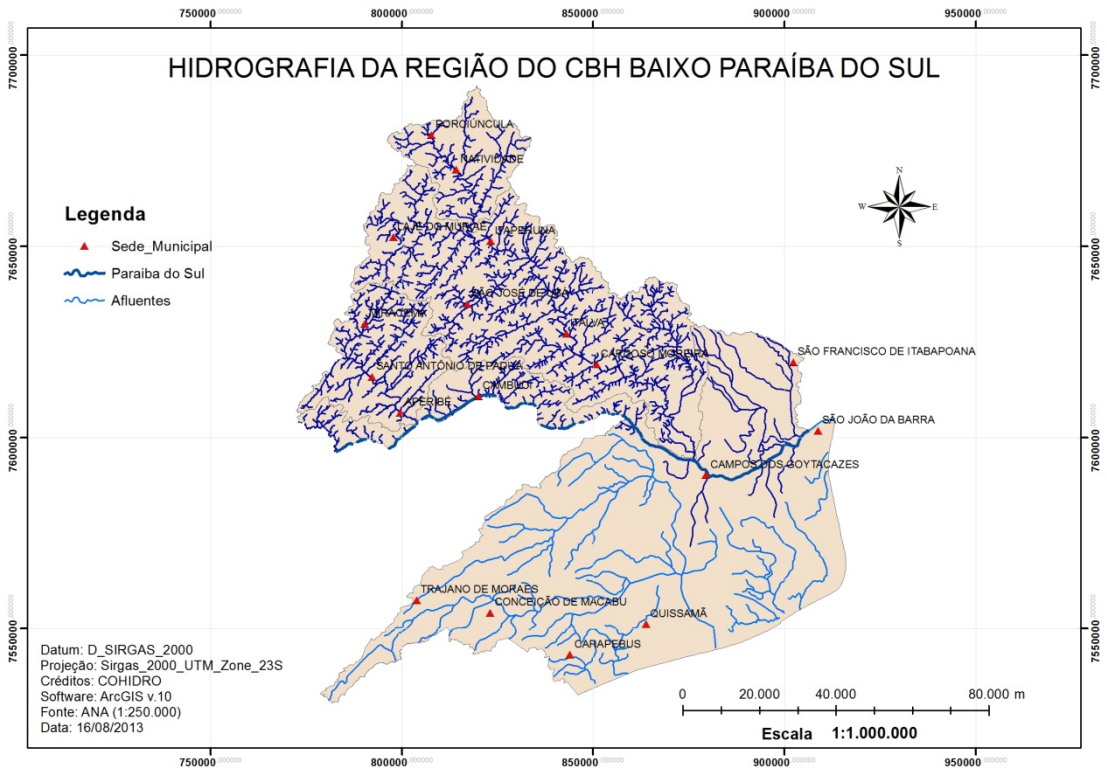


Figura 2.16 Hidrografia da Região do CBH Baixo Paraíba do Sul

A **Figura 2.16** deixa bem clara essa inclusão, pelo contraste na maior densidade da rede de drenagem da porção antiga (com base em arquivos digitais da Agência Nacional de Águas – ANA, na escala 1:250.000) quando comparada com a baixa densidade no restante da região e elaborada pela COHIDRO.

Campos dos Goytacazes desenvolve-se ao longo das margens do rio Paraíba do Sul, em cota inferior à do rio. Toda a cidade é protegida por diques construídos pelo DNOS na década de 1970. A drenagem urbana é realizada através de canais que conduzem as águas para as lagoas existentes no município (lagoas Feia e do Jacaré, na margem direita do Paraíba do Sul, e lagoas do Vigário, do Parque Prazeres, do Brejo Grande e do Campelo, na margem esquerda).

A **Figura 2.17** mostra o Diagrama Topológico da região do CBH Baixo Paraíba do Sul.

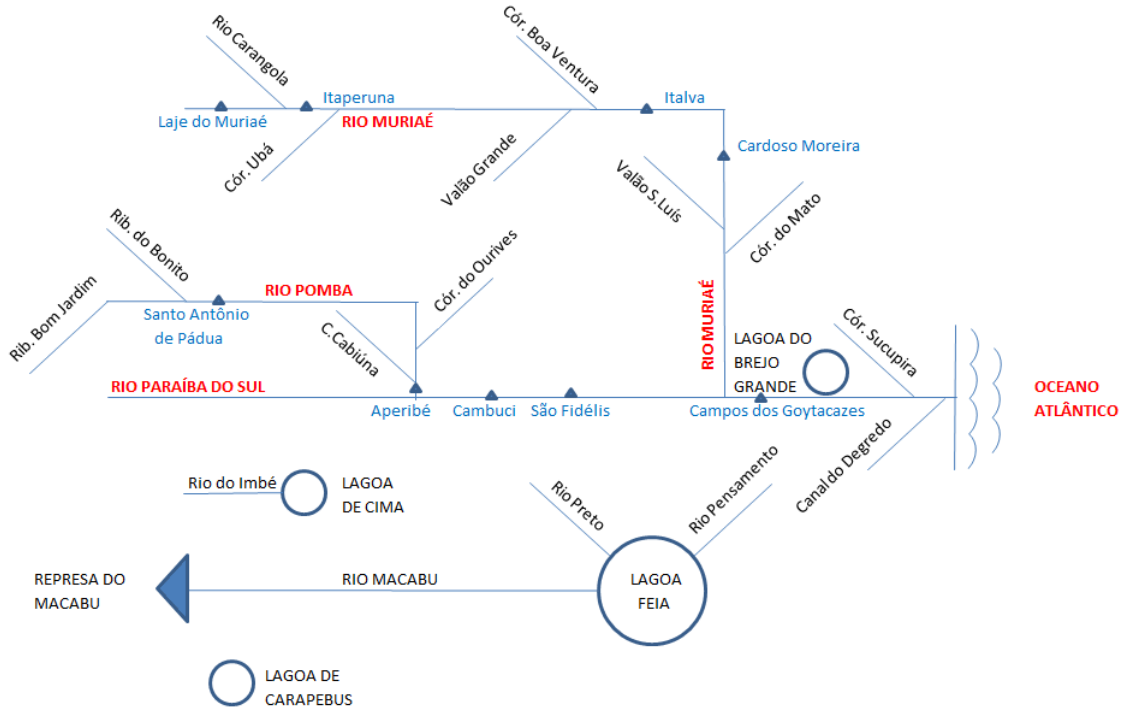


Figura 2.17 Diagrama Topológico da bacia do Baixo OS

Por estar localizada na foz do rio Paraíba do Sul, esta região apresenta municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira no que respeita às regras de uso e ocupação, conforme a Lei N^{o}. 7.661/86.

Em outubro de 2007, a Câmara Técnica de Gerenciamento Costeiro – CTCOST definiu a aprovação da versão final da Proposta de Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, para estabelecer diretrizes adicionais a serem incluídas nos planos de recursos hídricos das bacias costeiras, a ser aprovada pelo CNRH. A Proposta de Resolução apresenta os diversos antecedentes e base legal pertinente à gestão integrada, bem como as definições dos conceitos relacionados e os tópicos necessários para compor um diagnóstico que integrará o Plano de Recursos Hídricos de uma bacia costeira. Na Proposta de Resolução foram consideradas três potenciais zonas de interação: a Zona de Influência – ZI, a Zona Dinâmica - ZD e a Zona Crítica - ZCR (Tabela 2). A **Figura 2.18** mostra essa Tabela.

A principal zona para gestão integrada é o sistema estuarino representado pela ZCR, onde ocorrem as principais interações dos processos naturais e atividades humanas na interface das bacias hidrográficas e suas zonas costeiras.

Tabela 2: Definições e critérios para delimitação da área de integração da gestão de recursos hídricos e da zona costeira.

Table 2: Definitions and criteria for delimitation of the integration management area of water resources and coastal zone.

Zona	Justificativa	Finalidade	Critérios para Delimitação
Influência (ZI) Área composta pela(s) bacia(s) hidrográfica(s) pelo mar territorial, que tem influência direta ou indireta sobre as Zonas Crítica e Dinâmica	Abordagem ecossistêmica empregada nos processos de planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas e zona costeira.	Definição da área de abrangência da bacia hidrográfica e zona costeira, identificando a área de ação da gestão costeira e de recursos hídricos.	Bacia hidrográfica e ambiente marinho adjacente, representado pelo mar territorial.
Dinâmica (ZD) Área circunvizinha à Zona Crítica, composta pelos ecossistemas ripários, áreas úmidas, sistemas lagunares e segmentos terrestre e marinho da orla costeira adjacente, onde ocorre influência de processos naturais e de atividades humanas sobre as características e recursos estuarinos e costeiros.	Ambiente de transição entre sistemas terrestres e aquáticos. Conexão por fluxos hidrológicos (i.e., superficiais e/ou subterrâneos) contendo água e substâncias dissolvidas e particuladas. Funciona como uma zona de amortecimento dos impactos na zona crítica.	Gerenciamento de usos e recursos dada a possibilidade de influência de atividades humanas e processos naturais nos ecossistemas e recursos costeiros.	Áreas de Preservação Permanente fluvio-marinhas e áreas úmidas delimitadas nas áreas dos municípios que compõem a Zona Costeira. Critérios de delimitação da orla marítima, definidos pelo Decreto Nº 5.300/04.
Crítica (ZCR) Corpo d'água do sistema estuarino caracterizado pela ocorrência da mistura de água e sedimentos fluviais e marinhos.	Geralmente possui alto valor e vulnerabilidade ecológica e está sujeita a pressão antrópica.	Ordenamento dos usos dos recursos aquáticos com ênfase nos recursos estuarinos (conectividade entre o sistema fluvial e as águas costeiras adjacentes).	Gradiente de salinidade e pluma estuarina.

www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-115_Nicolodi.pdf

Figura 2.18 Tabela 2 referente às Zonas Costeiras

A **Figura 2.19** mostra os tópicos necessários ao diagnóstico dos recursos hídricos dessas bacias.

Tabela 3. Tópicos necessários para composição do diagnóstico que integrará o Plano de Recursos Hídricos (modificado da Proposta de Resolução da CTCOST).

Table 3. Topics required for the diagnosis that incorporate the Plan of Water Resources (modified from the Proposed Resolution - CTCOST).

- Inventário dos rios, aqüíferos, lagoas, estuários, baías e praias, bem como dos seus diferentes usos situados na área de interação que trata o inciso I deste artigo, considerando os aspectos socioeconômicos, físicos, químicos, biológicos, geológicos, geomorfológicos, hidrodinâmicos e de balneabilidade;
- Avaliação das potencialidades, vulnerabilidades e tendências predominantes nas áreas definidas no inciso I deste artigo;
- Avaliação da influência de reservatórios na retenção de sedimentos e na alteração do regime hídrico e seus impactos sobre a zona costeira;
- Levantamento do uso atual e das condições de utilização e de proteção das águas subterrâneas, identificando as regiões sujeitas à intrusão salina, nas zonas crítica e dinâmica de que trata o inciso I deste artigo;
- Identificação das áreas prioritárias para conservação e das Unidades de Conservação já estabelecidas nas áreas definidas no inciso I deste artigo;
- Identificação das ações e atividades que contribuem para processos de degradação e de poluição nas zonas crítica e dinâmica definidas no inciso I deste artigo;
- Identificação dos arcabouços legais e institucionais das políticas de desenvolvimento urbano, rural e de uso e ocupação do solo;
- Identificação dos planos de emergência, planos de gestão de incidentes ambientais, e outros instrumentos para prevenção e combate a acidentes ambientais fluviais, terrestres e costeiros.

www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-115_Nicolodi.pdf

Figura 2.19 Tópicos para o Diagnóstico dos Recursos Hídricos de bacias costeiras

Com o reconhecimento de uma zona comum de gerenciamento, a ZCR e a ZD, facilita-se a cooperação entre as duas equipes visando o planejamento e o gerenciamento regional do contínuo flúvio-marinho (**Figura 2.20**).

Tabela 4: Informações necessárias para diagnóstico de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras
Table 4: Main Information for River basins and Coastal Zones diagnosis.

Tópico	Temas
Fisiografia da unidade hidrográfica	Caracterização climática, geomorfologia, hidrografia e ecossistemas associados.
Ambiente socioeconômico da unidade hidrográfica:	Demografia, atividades econômicas, usos do solo, usos da água, estrutura institucional e administrativa e planos, programas e projetos.
Fisiografia da zona costeira adjacente	Caracterização oceanográfica, geomorfologia, ecossistemas associados.
Ambiente socioeconômico da zona costeira adjacente	Atividades econômicas, usos dos recursos marinhos e estrutura institucional e administrativa e planos, programas e projetos.

www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-115_Nicolodi.pdf

Figura 2.20 Informações para o diagnóstico das bacias costeiras

A Resolução CNRH 148/2012, de dezembro de 2012, aprovou o Programa IX - Gestão de Recursos Hídricos Integrados ao Gerenciamento Costeiro, incluindo as Áreas Úmidas. Porém, a forma como tal Resolução definiu sua implementação, através de projetos pilotos no Espírito Santo (bacia do Rio Doce), Rio Grande do Sul e em Alagoas, com visando a consequente definição de um roteiro metodológico, inviabiliza a tentativa, nesse momento, dessa integração pelo PIRH e PARH do Baixo Paraíba do Sul/Itabapoana.

3 CLIMA

3.1 INTRODUÇÃO

Clima é o resultado de uma série de fenômenos atmosféricos, oceânicos e continentais, que ocorrem na crosta terrestre ou próximo dela. Entre eles podemos relacionar os seguintes: insolação, precipitação, temperatura, ventos, umidade, pressão atmosférica, evaporação, balanço hídrico (climático), circulação na atmosfera (massas de ar), correntes marítimas e outros. Variam de lugar para lugar e, alguns, são grandemente influenciados pela latitude, altitude, índice de cobertura vegetal e ação antrópica. Esses dados são medidos nas Estações Agroclimatológicas que, no Brasil, são coordenadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O seu estudo/efeito está diretamente relacionado à produção agropecuária, à produção de água nas bacias hidrográficas, ao regime pluviométrico, à erosão do solo e ao conforto térmico (dos homens e animais).

Existem várias Classificações para o clima e, uma das mais usadas, é de Koppen. A **Figura 3.1** mostra o mapa do Brasil e a Classificação de Koppen

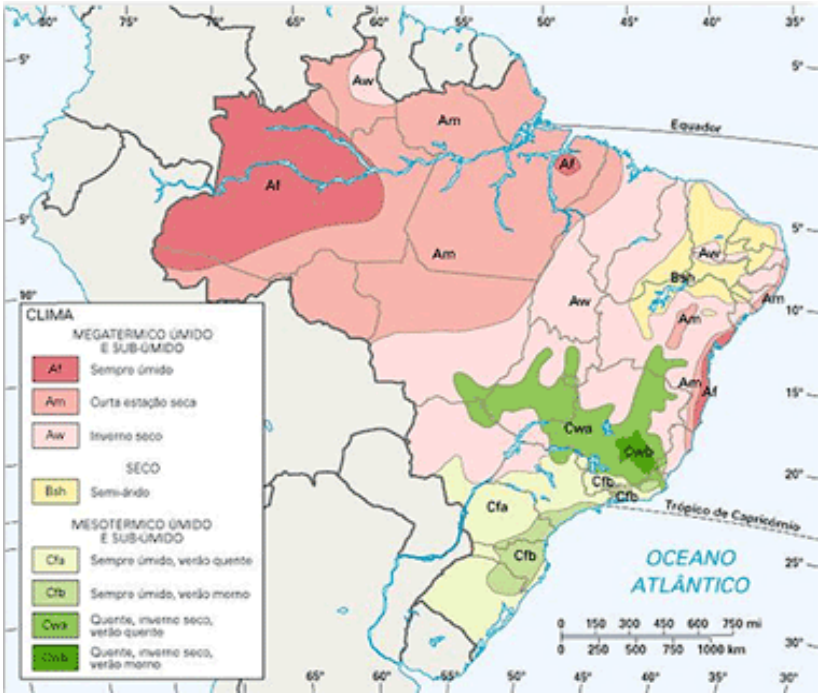


Figura 3.1 Classificação Climática de Koppen

O climograma (ou gráfico termopluviométrico) é uma ferramenta clássica de representação do clima que permite uma compreensão mais fácil do perfil climático de determinada região. Através do climograma pode se representar graficamente as variações de temperatura e precipitações durante um determinado período de tempo, geralmente de 1 ano. No climograma, a temperatura (média do ar, mensal) geralmente é representada por um gráfico linear sobreposto a um gráfico de barras (histograma) que representa as precipitações (total médio mensal, em milímetros) ao longo do período estudado.

Neste Diagnóstico, na região de cada Comitê de Bacia, será escolhida uma Estação Climatológica do INMET – localizada, prioritariamente, nas proximidades do centroide do polígono formado pelos limites da região – que fornecerá os dados de precipitação e temperatura, para alimentar o climograma, que será em seguida interpretado. Concluindo a análise climática da região do CBH, esses mesmos dados alimentarão uma planilha que procederá ao Balanço Hídrico Climático da Região, com base no método de Thorntwaite & Matter.

Devido à configuração geomorfológica do Vale do Paraíba, isolado por duas grandes cadeias de montanhas, a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, aliada ainda à influência da proximidade do litoral, esta área possui uma feição climática especial[1].

A área do Vale do Paraíba, da Mantiqueira, Litoral e Planalto Atlântico Norte, incluem-se nos climas controlados pelas massas de ar tropical e polar e no subgrupo do clima tropical úmido das costas orientais e subtropicais dominados largamente pela massa tropical.

O regime de ventos do Vale do Paraíba mostra uma predominância de calmarias e, secundariamente, ventos de NE. Eventualmente registram-se ventos de SE ou SW. Ocasionalmente quedas dos totais pluviométricos, diminuição dos dias de chuvas e abaixamento da temperatura, com eventuais formações de geadas.

Toda a rede hidrográfica do rio Paraíba do Sul está sob influência das chuvas de verão, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos.

O clima[2] da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul é caracterizado como subtropical quente, com temperatura média anual oscilando entre 18ºC e 24ºC. As máximas precipitações ocorrem nas cabeceiras mineiras da bacia e nos pontos mais altos das serras do Mar e Mantiqueira, chegando a valores de 2.250 mm/ano. O período de verão é caracterizado

como chuvoso com precipitação acumulada entre 200 e 250 mm/mês, nos meses com máxima precipitação (dezembro e janeiro), enquanto que no inverno temos o intervalo entre os meses de maio a julho o período mais seco, com precipitação acumulada inferior a 50 mm/mês.

A análise dos elementos climáticos da bacia do rio Paraíba do Sul permite dividir a bacia em dois setores.

Setor 1: a Oeste do meridiano de 43 graus e 30 minutos, mais chuvoso e frio.
Setor 2: a Leste do meridiano de 43 graus e 30 minutos, mais seco e quente.

A Região Sudeste, de maneira geral, é caracterizada por diversificação climática e por apresentar predominantemente clima tropical quente e úmido, apresentando variações determinadas pelas diferenças de altitude e entradas de ventos marinhos.

A bacia do rio Paraíba do Sul apresenta clima tropical com temperatura média anual que oscila entre 18^{o}C e 24^{o}C. As mais altas temperaturas ocorrem na região de Itaperuna, na bacia do rio Muriaé, com média das máximas situada em torno de 32^{o}C.

Os maiores índices pluviométricos ocorrem no trecho paulista da serra do Mar, nas regiões do maciço do Itatiaia e seus contrafortes e na Serra dos Órgãos, trecho da Serra do Mar que acompanha a Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, onde a precipitação anual chega a ultrapassar 2.000 mm. Nessa três regiões de altitudes elevadas, a média das temperaturas mínimas chega a menos de 10ºC.

3.2 CBH – PARAÍBA DO SUL (SP)

A **Figura 3.2** apresenta a distribuição das chuvas médias anuais na região do CBH Paraíba do Sul (SP), com destaque para a Classificação Climática de Thornthwaite.

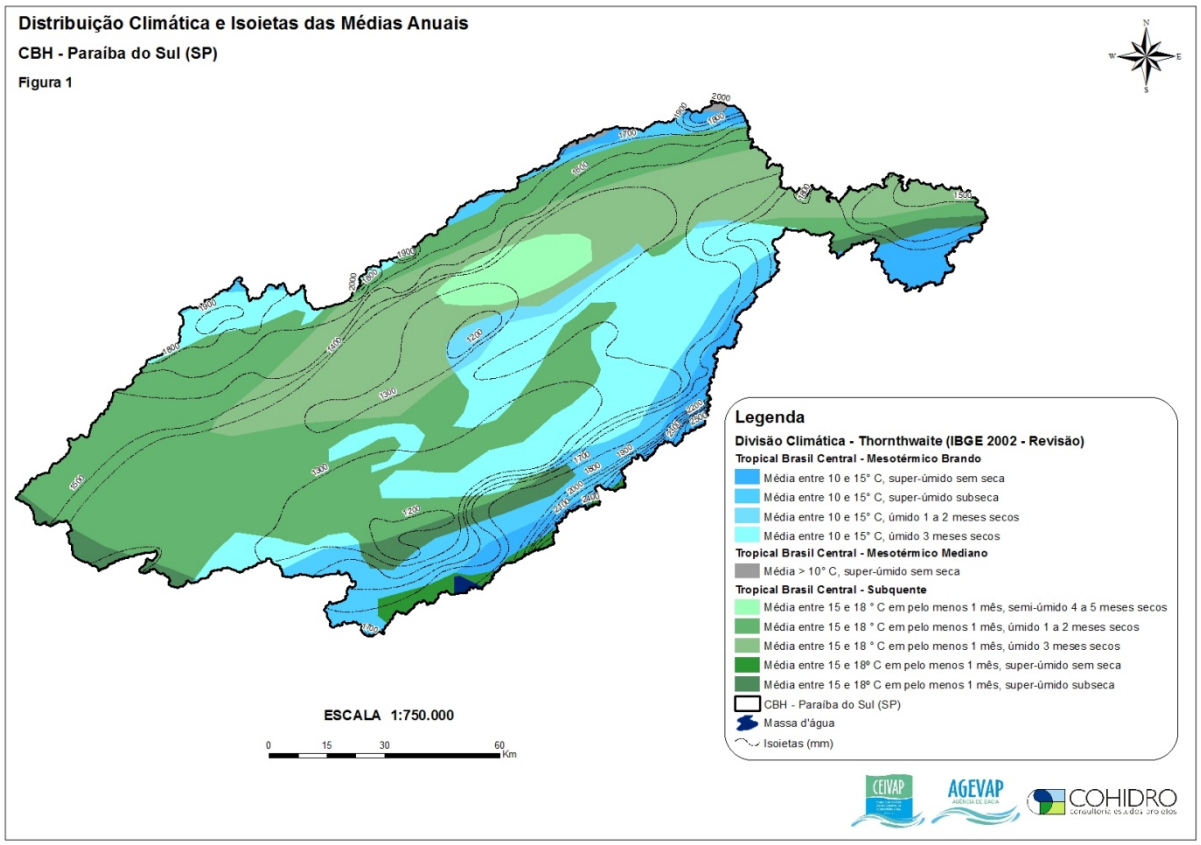
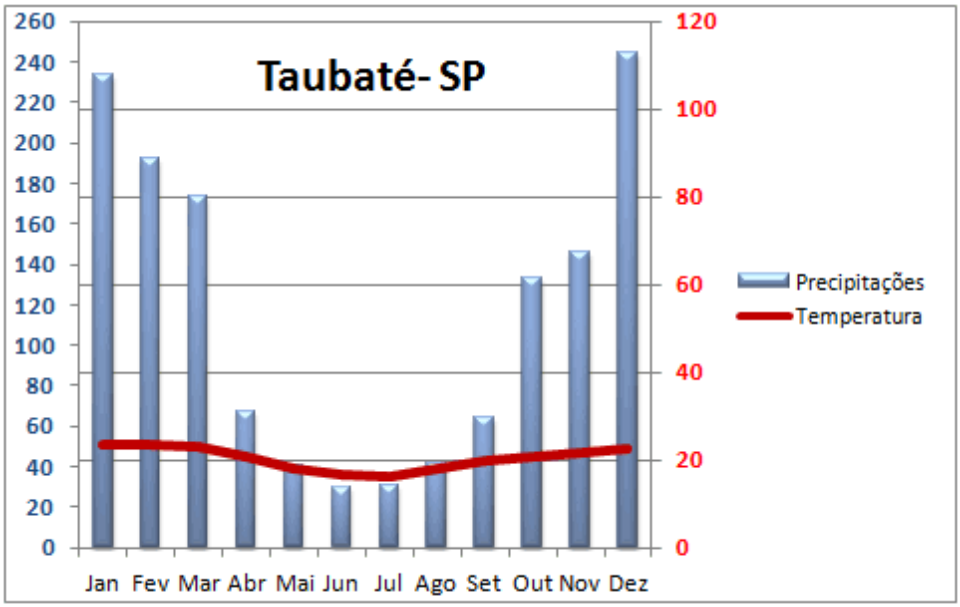


Figura 3.2 Precipitações e Clima da Região

Para representar o clima desta região, selecionamos o Posto Climatológico de Taubaté-SP, de onde transcrevemos os dados de temperatura e precipitação para compor o seu climograma. A **Figura 3.3** mostra o Climograma da região do CBH.



Temperatura media (oC):	20,4
Total precipitações (mm)	1396,8

	Chuva (mm)	Trimestre	% do Total	Temperatura	Mês
JAN	233,5			23,3	Normal
FEV	192,1			23,5	Normal
MAR	173,5	599,1	42,9	22,9	Normal
ABR	67,1			20,8	Normal
MAI	40,9			18,1	Normal
JUN	29,3	137,3	9,8	16,7	SECO
JUL	31,1			16,4	SECO
AGO	41,7			18,2	Normal
SET	64,0	136,8	9,8	20,0	Normal
OUT	132,8			20,7	Normal
NOV	146,2			21,7	Normal
DEZ	244,6	523,6	37,5	22,7	Normal
	Total	1396,8	100	(oC)	

Figura 3.3 Climograma do CBH Paraíba do Sul (SP)

O total anual de chuva, de 1.396,8 mm, por ultrapassar o limite de 1.100 mm/ano, representa um clima **muito úmido**. As percentagens do total anual no segundo e terceiro trimestres, sendo inferiores a 12,5%, configuram-se como **secos**. A temperatura média anual, de 20,4°C, por estar na faixa de 15 a 21°C, pode se comparar a de um **clima temperado**.

O Climograma Ombrotérmico de GAUSSEN, considera um mês como sendo SECO, se o total mensal das precipitações é igual ou menor que o dobro da temperatura média (P<=2.T), sendo uma indicação da época de estiagem típica da região. Os meses de junho e julho (os menos chuvosos e mais frios do ano) são considerados SECOS. Se as chuvas fossem igualmente distribuídas ao longo do ano, cada trimestre receberia 25% do total anual. Os valores de 9,8% obtidos no 2º. e 3º. trimestres, indicam a ocorrência de uma estação seca bem definida na região.

Em continuação à caracterização climática regional, será utilizado o Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite (1948), para uma capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, com a evapotanspiração potencial (ETP) estimada pelo método do autor. Pelo gráfico, observa-se que há déficit de umidade no solo nos meses de agosto a setembro.

BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DE THORNTHWAITE (1948)

Balanço hídrico de Thornthwaite para a região do CBH Paraíba do Sul (SP) **Taubaté - SP**

	t	i	EP	f	Epc	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
J	23,3	10,7	100	1,12	112	233,5	121,1	100	0,0	112	0	121,1
F	23,5	10,8	102	0,98	100	192,1	91,7	100,0	0,0	100	0	91,7
M	22,9	10,4	96	1,05	101	173,5	72,2	100,0	0,0	101	0	72,2
A	20,8	9,0	77	0,98	76	67,1	-8,6	91,4	-8,6	76	0	0,0
M	18,1	7,3	56	0,98	55	40,9	-13,9	77,5	-13,9	55	0	0,0
J	16,7	6,4	46	0,94	44	29,3	-14,4	63,1	-14,4	44	0	0,0
J	16,4	6,2	45	0,97	43	31,1	-12,1	51,0	-12,1	43	0	0,0
A	18,2	7,3	57	1	57	41,7	-15,0	36,1	-15,0	57	0	0,0
S	20	8,5	71	1,00	71	64,0	-6,5	29,6	-6,5	71	0	0,0
O	20,7	8,9	76	1,07	82	132,8	51,1	80,7	51,1	82	0	0,0
N	21,7	9,6	85	1,07	91	146,2	55,1	135,8	55,1	91	0	0,0
D	22,7	10,3	95	1,12	106	244,6	138,7	100,0	-35,8	106	0	174,5
	20,4	105,4	906,6	-	937	1397	459,5	965,2	0,0	937	0	459,5

t = Temperatura; P = Precipitação; EP = Evapotranspiração; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração do conteúdo de umidade; ER = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Exceço de água no solo; i = fator de temperatura da equação de Thornthwaite; f = constante climática da equação de Thornthwaite (1948); Epc = EP*f.

OBS. Todas as unidades em milímetros (mm), exceto a Temperatura (graus Centígrados) e as da equação de Thornthwaite. Os dados em amarelo podem ser modificados, com o local.

VERIFICAÇÕES:

$\sum P = \sum EP + \sum (P - EP)$ Ok! $\sum EP = \sum ER + \sum DEF$ Ok!

$\sum ALT = 0$ OK! $\sum P = \sum ER + \sum EXC$ Ok!

Equação de Thornthwaite:

a = 2,3 i = (t/5)^1,54 ETP = 16 (10 t / I)^a I = 105,4

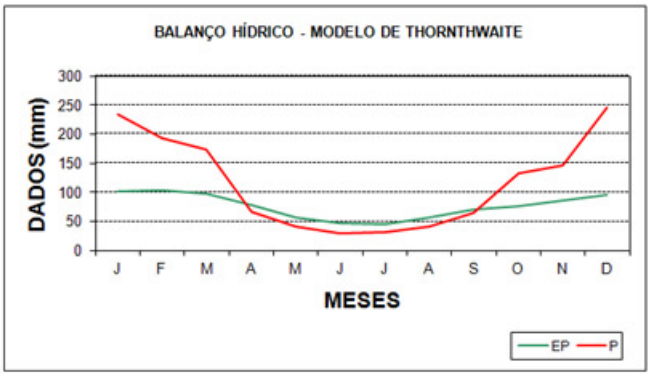


Figura 3.4 Balanço Hídrico Climático na região do CBH-SP

3.3 CBH MÉDIO PARAÍBA DO SUL

A **Figura 3.5** apresenta a distribuição das chuvas médias anuais na região do CBH Médio Paraíba do Sul, com destaque para a Classificação Climática de Thornthwaite.

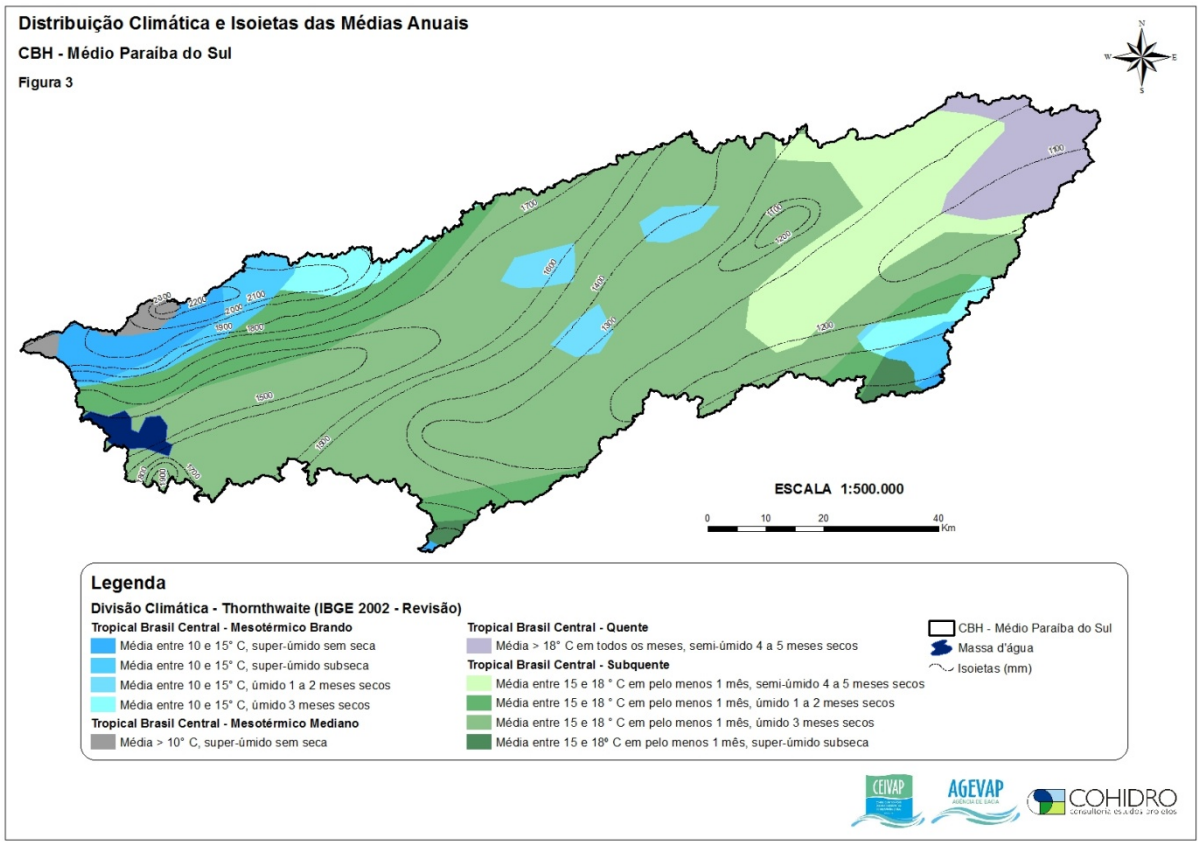
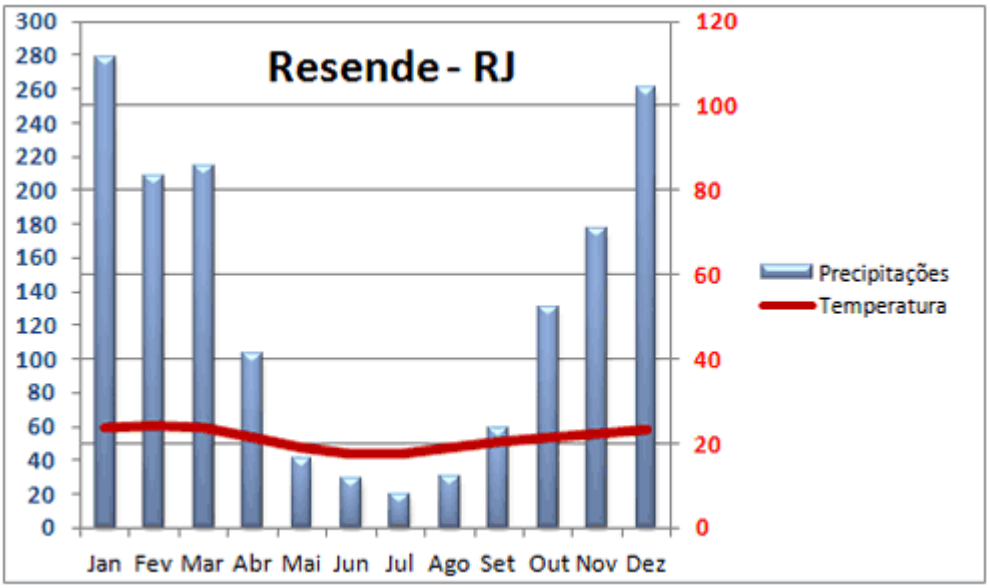


Figura 3.5 Precipitações e Clima da Região

A **Figura 3.6** apresenta o Climograma da região do CBH Médio Paraíba do Sul. A única Estação Climatológica situada nas imediações do centroide da área foi a de Resende – RJ.



Temperatura media (oC):	21,1
Total precipitações (mm)	1552,4

	Chuva (mm)	Trimestre	% do Total	Temperatura	Mês
JAN	279,0			23,8	Normal
FEV	208,7			24,2	Normal
MAR	213,9	701,6	45,2	23,6	Normal
ABR	102,5			21,5	Normal
MAI	40,4			19,2	Normal
JUN	29,2	172,1	11,1	17,7	SECO
JUL	20,0			17,4	SECO
AGO	30,0			18,9	SECO
SET	58,8	108,8	7,0	20,4	Normal
OUT	131,1			21,4	Normal
NOV	177,7			22,4	Normal
DEZ	261,1	569,9	36,7	23,1	Normal
	Total	1552,4	100	(oC)	

Figura 3.6 Climograma do CBH Médio Paraíba do Sul

Como pode ser visto no total da terceira coluna da tabela da **Figura 3.6**, o total anual de precipitação é de 1.552,4 mm e, por ultrapassar 1.100 mm/ano, representa um clima considerado **muito úmido**. Por sua vez, a temperatura média anual, de 21,1°C, por ultrapassar o limite de 21°C, é tido como um **clima quente**.

Na mesma tabela desta **Figura 3.6**, os meses de Junho, Julho e Agosto são tidos como **secos**, em virtude das respectivas alturas de chuva serem inferiores a duas vezes o valor da

temperatura média, segundo o critério de GAUSSEN. Considerando que o acumulado de chuva no 3º. e 4º. trimestres, tomados individualmente, são inferiores a 12,5%, conclui-se que existe uma **estação seca bem definida** na região, confirmando a presença dos meses considerados "secos" pelo Índice de Gaussen.

Em continuação à caracterização climática regional, será utilizado o Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite (1948), para uma capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, com a evapotanspiração potencial (ETP) estimada pelo método do autor. Pelo gráfico da **Figura 3.7**, observa-se que há déficit de umidade no solo nos meses de Maio a Setembro.

BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DE THORNTHWAITE (1948)

Balanço hídrico de Thornthwaite para a região do Médio Paraíba do Sul **Resende - RJ**

	t	i	EP	f	Epc	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
J	23,8	11,1	104	1,12	117	279,0	162,5	100	0,0	117	0	162,5
F	24,2	11,3	108	0,98	106	208,7	102,5	100,0	0,0	106	0	102,5
M	23,6	10,9	102	1,05	107	213,9	106,9	100,0	0,0	107	0	106,9
A	21,5	9,5	81	0,98	79	102,5	23,0	100,0	0,0	79	0	23,0
M	19,2	7,9	61	0,98	60	40,4	-19,8	80,2	-19,8	60	0	0,0
J	17,7	7,0	50	0,94	47	29,2	-18,1	62,1	-18,1	47	0	0,0
J	17,4	6,8	48	0,97	47	20,0	-26,8	35,4	-26,8	47	0	0,0
A	18,9	7,8	59	1	59	30,0	-29,1	6,3	-29,1	59	0	0,0
S	20,4	8,7	71	1,00	71	58,8	-12,5	0,0	-6,3	65	6	0,0
O	21,4	9,4	80	1,07	86	131,1	45,3	45,3	45,3	86	0	0,0
N	22,4	10,1	90	1,07	96	177,7	81,8	127,1	81,8	96	0	0,0
D	23,1	10,6	97	1,12	108	261,1	152,8	100,0	-27,1	108	0	179,9
	21,1	111,0	952,2	-	984	1552	568,6	856,4	0,0	978	6	574,8

t = Temperatura; P = Precipitação; EP = Evapotranspiração; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração do conteúdo de umidade; ER = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excesso de água no solo; i = fator de temperatura da equação de Thornthwaite; f = constante climática da equação de Thornthwaite (1948); Epc = EP*f.
OBS. Todas as unidades em milímetros (mm), exceto a Temperatura (graus Centígrados) e as da equação de Thornthwaite. Os dados em amarelo podem ser modificados, com o local.

VERIFICAÇÕES:

$\sum P = \sum EP + \sum (P - EP)$ Ok! $\sum EP = \sum ER + \sum DEF$ Ok!

$\sum ALT = 0$ OK! $\sum P = \sum ER + \sum EXC$ Ok!

Equação de Thornthwaite:
a = 2,5 i = (t/5)^1,54 ETP = 16 (10 t / I)^a I = 111,0

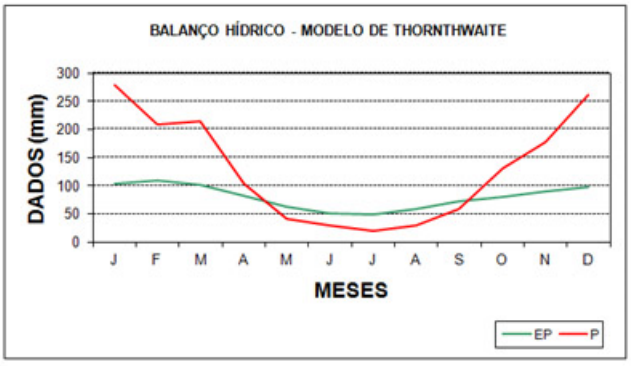
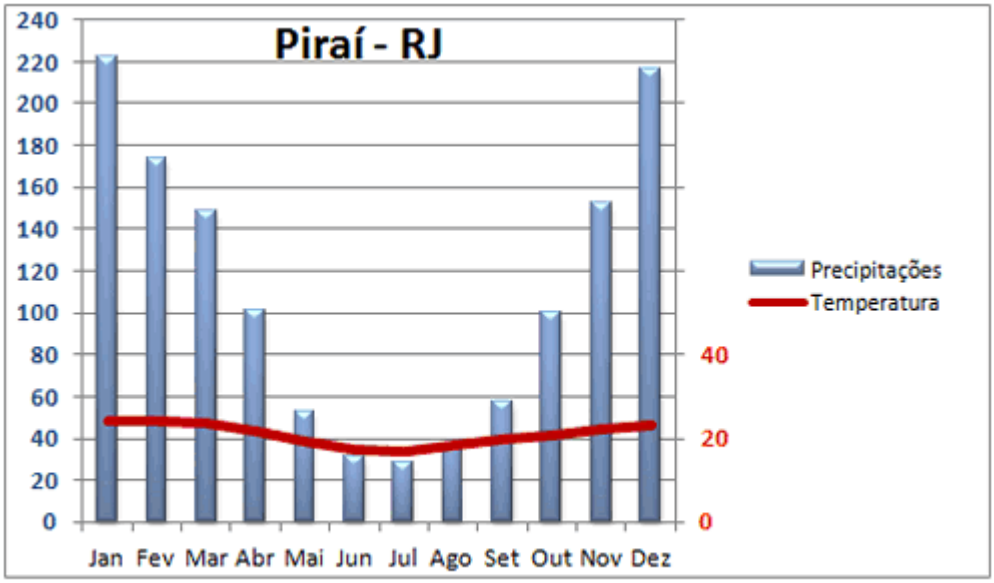


Figura 3.7 Balanço Hídrico Climático na região do CBH Médio Paraíba do Sul

3.4 CBH GUANDU SUB-BACIA RIO PIRAÍ

A **Figura 3.8** mostra o Climograma da região da sub-bacia do Rio Piraí, localizada no CBH – Guandu, a partir de dados das Normais Climatológicas (período de 1969/78) da Estação Agrometeorológica de Piraí (código 82757).



Temperatura media (oC):	20,9
Total precipitações (mm)	1322,2

	Chuva (mm)	Trimestre	% do Total	Temperatura	Mês
JAN	222,7			24,0	Normal
FEV	173,4			24,0	Normal
MAR	148,5	544,6	41,2	23,7	Normal
ABR	100,7			21,7	Normal
MAI	52,8			19,1	Normal
JUN	31,6	185,1	14,0	17,4	SECO
JUL	28,8			16,7	SECO
AGO	37,3			18,2	Normal
SET	57,7	123,8	9,4	19,6	Normal
OUT	99,7			20,9	Normal
NOV	152,8			22,2	Normal
DEZ	216,2	468,7	35,4	23,2	Normal
	Total	1322,2	100	(oC)	

Figura 3.8 Climograma da região da sub-bacia do Rio Piraí

Considerando que a precipitação total anual supera a marca de 1.100 mm, a interpretação do Climograma conduz à classificação do clima da região como muito úmido. Quanto à temperatura média mensal, por ser maior que 20oC, pode ser considerado quente. A amplitude térmica mensal (23,7oC – 16,7oC = 7,0oC), por ser menor que 8oC, é considerada baixa.

A **Figura 3.9** apresenta o Balanço Hídrico Climático (de Thornthwaite – 1948) da região da sub-bacia do Rio Piraí.

BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DE THORNTHWAITE (1948)

Balanço hídrico de Thornthwaite para a Bacia do Rio Piraí - RJ. **(Piraí - RJ)**

	t	i	EP	f	Epc	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
J	24,0	11,2	107	1,1	119	222,7	103,3	100	0,0	119	0	103,3
F	24,0	11,2	107	0,98	105	173,4	68,9	100,0	0,0	105	0	68,9
M	23,7	11,0	103	1,1	109	148,5	39,9	100,0	0,0	109	0	39,9
A	21,7	9,6	84	1	82	100,7	18,7	100,0	0,0	82	0	18,7
M	19,1	7,9	62	1	60	52,8	-7,5	92,5	-7,5	60	0	0,0
J	17,4	6,8	49	0,94	46	31,6	-14,6	77,9	-14,6	46	0	0,0
J	16,7	6,4	45	1	43	28,8	-14,4	63,5	-14,4	43	0	0,0
A	18,2	7,3	55	1	55	37,3	-17,5	46,0	-17,5	55	0	0,0
S	19,6	8,2	65	1,00	65	57,7	-7,8	38,3	-7,8	65	0	0,0
O	20,9	9,0	76	1,1	82	99,7	17,9	56,2	17,9	82	0	0,0
N	22,2	9,9	88	1,07	95	152,8	58,2	114,4	58,2	95	0	0,0
D	23,2	10,6	98	1,1	110	216,2	106,1	100,0	-14,4	110	0	120,5
	20,9	109,2	938,9	-	971	1322	351,3	988,9	0,0	971	0	351,3

t = Temperatura; P = Precipitação; EP = Evapotranspiração; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração do conteúdo de umidade; ER = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Exceço de água no solo; i = fator de temperatura da equação de Thornthwaite; f = constante climática da equação de Thornthwaite (1948); Epc = EP*f.

OBS. Todas as unidades em milímetros (mm), exceto a Temperatura (graus Centígrados) e as da equação de Thornthwaite. Os dados em amarelo podem ser modificados, com o local.

VERIFICAÇÕES:

$\sum P = \sum EP + \sum (P - EP)$ Ok! $\sum EP = \sum ER + \sum DEF$ Ok!

$\sum ALT = 0$ OK! $\sum P = \sum ER + \sum EXC$ Ok!

Equação de Thornthwaite:

a = **2,4** i = (t/5)^1,54 ETP = 16 (10 t / I)^a I = 109,2

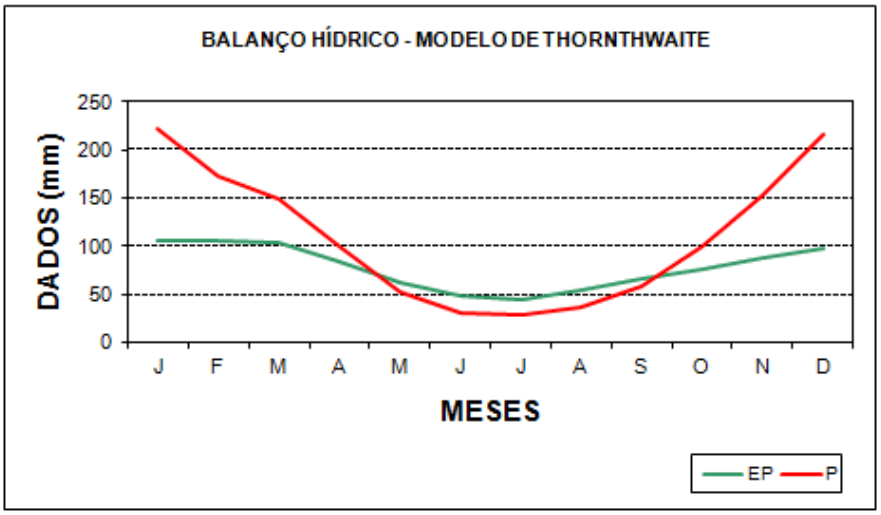


Figura 3.9 Balanço Hídrico Climático da Sub-bacia do Rio Piraí – RJ

3.5 CBH – PRETO – PARAIBUNA

A **Figura 3.10** apresenta a distribuição das chuvas médias anuais na região do CBH Preto-Paraibuna, com destaque para a Classificação Climática de Thornthwaite.

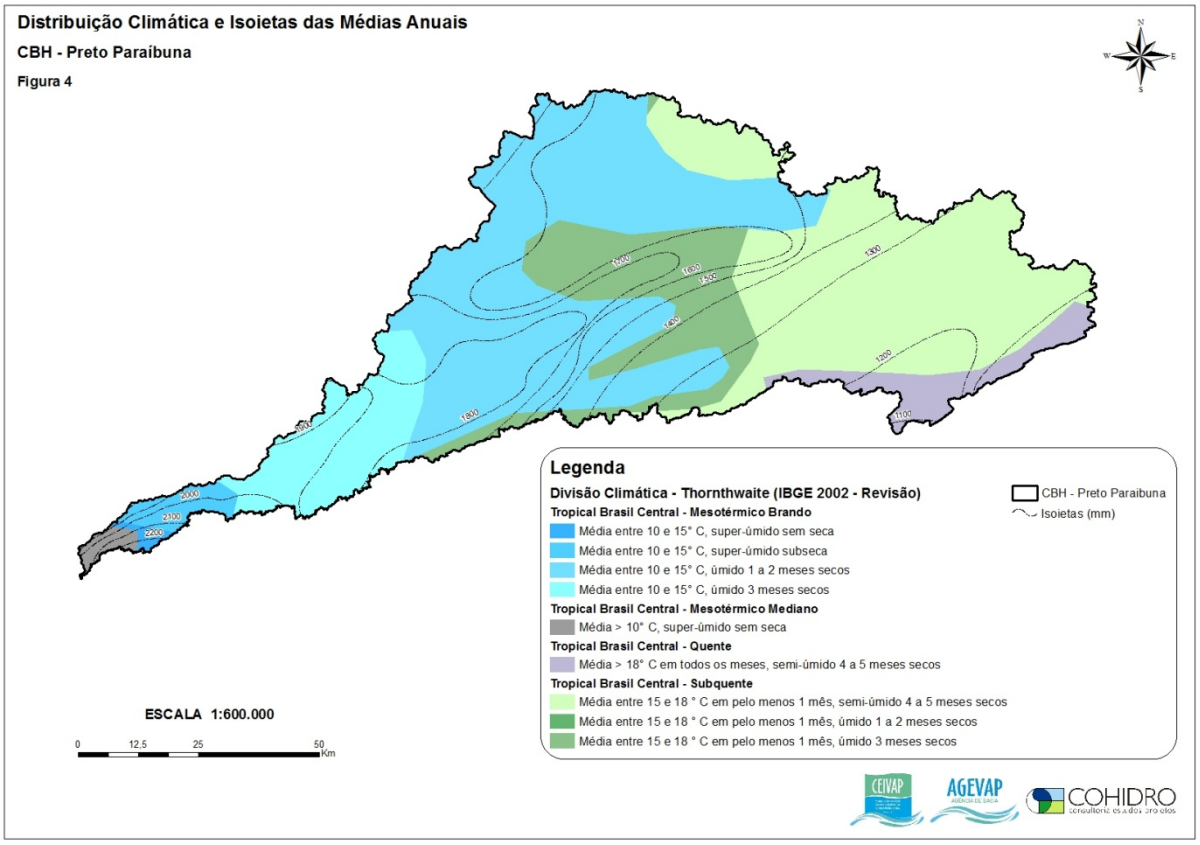


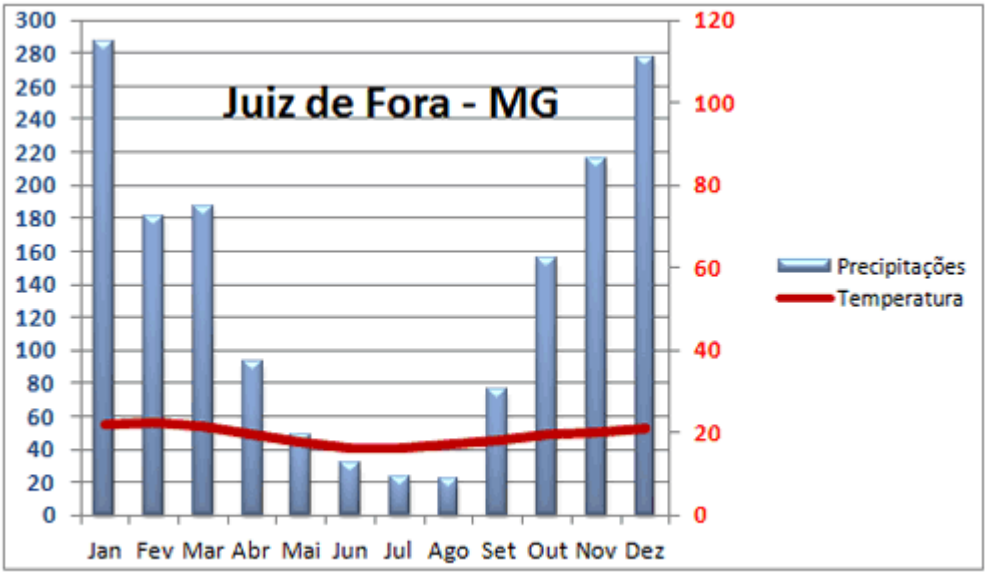
Figura 3.10 Precipitações e Clima da Região

A **Figura 3.11** apresenta o Climograma da região do CBH Preto-Paraibuna. A Estação Climatológica considerada foi a de Juiz de Fora – MG.

Como pode ser visto no total da terceira coluna da tabela, o total anual de precipitação é de 1.597 mm e, por ultrapassar 1.100 mm/ano, representa um clima considerado **muito úmido**. Por sua vez, a temperatura média anual, de 19,3^{o}C, por situar-se entre os limites de 15^{o}C 20^{o}C, é tido como um **clima temperado**.

Na tabela, os meses de Junho, Julho e Agosto são tidos como **secos**, em virtude das respectivas alturas de chuva serem inferiores a duas vezes o valor da temperatura média, segundo o critério de GAUSSEN. Considerando que o acumulado de chuva no 3º. e 4º.

trimestres, tomados individualmente, são inferiores a 12,5%, conclui-se que existe uma **estação seca bem definida** na região, confirmando a presença dos meses considerados "secos" pelo critério de Gaussen.



Temperatura media (oC):	19,3
Total precipitações (mm)	1597

	Chuva (mm)	Trimestre	% do Total	Temperatura	Mês
JAN	286,7			21,9	Normal
FEV	181,3			22,4	Normal
MAR	186,4	654,4	41,0	21,4	Normal
ABR	92,5			19,5	Normal
MAI	48,6			17,6	Normal
JUN	31,7	172,8	10,8	16,5	SECO
JUL	23,2			16,1	SECO
AGO	22,1			17,2	SECO
SET	75,8	121,1	7,6	18,0	Normal
OUT	155,2			19,4	Normal
NOV	216,4			20,3	Normal
DEZ	277,1	648,7	40,6	21,1	Normal
	Total	1597	100	(oC)	

Figura 3.11 Climograma da região do CBH Preto-Paraibuna

A **Figura 3.12** mostra o Balanço Hídrico Climático da região do CBH Preto-Paraibuna.

Em continuação à caracterização climática regional, será utilizado o Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite (1948), para uma capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm, com a evapotanspiração potencial (ETP) estimada pelo método do autor. Pelo gráfico, observa-se que há déficit de umidade no solo nos meses de Maio a Agosto.

BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DE THORNTHWAITE (1948)

Balanço hídrico de Thornthwaite para a região do CBH Preto Paraibuna **Juiz de Fora - MG**

	t	i	EP	f	Epc	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
J	21,9	9,7	90	1,12	101	286,7	185,6	100	0,0	101	0	185,6
F	22,4	10,1	95	0,98	93	181,3	88,6	100,0	0,0	93	0	88,6
M	21,4	9,4	86	1,05	90	186,4	96,2	100,0	0,0	90	0	96,2
A	19,5	8,1	71	0,98	69	92,5	23,3	100,0	0,0	69	0	23,3
M	17,6	6,9	57	0,98	56	48,6	-7,2	92,8	-7,2	56	0	0,0
J	16,5	6,3	50	0,94	47	31,7	-15,0	77,8	-15,0	47	0	0,0
J	16,1	6,1	47	0,97	46	23,2	-22,6	55,3	-22,6	46	0	0,0
A	17,2	6,7	54	1	54	22,1	-32,1	23,1	-32,1	54	0	0,0
S	18	7,2	60	1,00	60	75,8	16,1	39,3	16,1	60	0	0,0
O	19,4	8,1	70	1,07	75	155,2	80,4	119,7	80,4	75	0	0,0
N	20,3	8,7	77	1,07	82	216,4	134,1	100,0	-19,7	82	0	153,8
D	21,1	9,2	83	1,12	93	277,1	183,7	100,0	0,0	93	0	183,7
	19,3	96,4	839,4	-	866	1597	731,1	1007,9	0,0	866	0	731,1

t = Temperatura; P = Precipitação; EP = Evapotranspiração; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração do conteúdo de umidade; ER = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Exceço de água no solo; i = fator de temperatura da equação de Thornthwaite; f = constante climática da equação de Thornthwaite (1948); Epc = EP*f.

OBS. Todas as unidades em milímetros (mm), exceto a Temperatura (graus Centígrados) e as da equação de Thornthwaite. Os dados em amarelo podem ser modificados, com o local.

VERIFICAÇÕES:

$\sum P = \sum EP + \sum (P - EP)$ **Ok!** $\sum EP = \sum ER + \sum DEF$ **Ok!**

$\sum ALT = 0$ **OK!** $\sum P = \sum ER + \sum EXC$ **Ok!**

Equação de Thornthwaite:

a = **2,1** i = (t/5)^1,54 ETP = 16 (10 t / I)^a I = 96,4

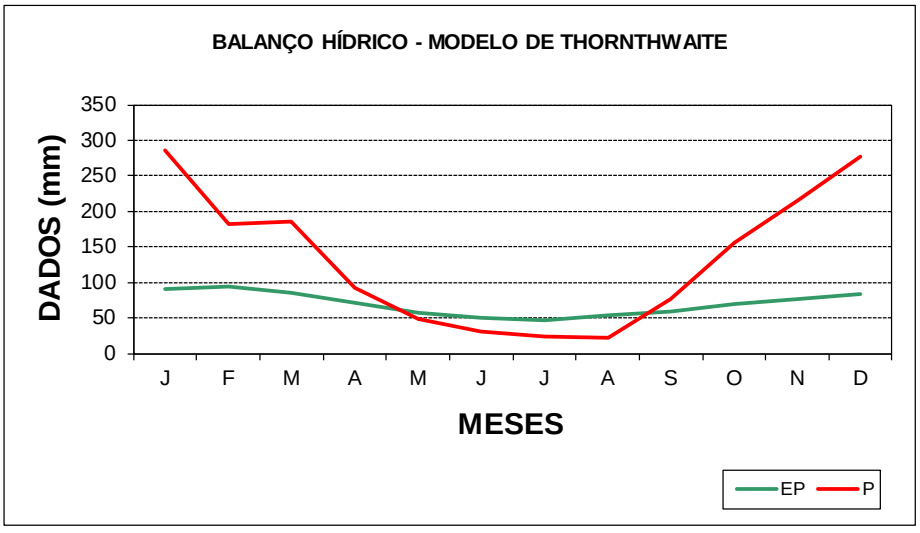


Figura 3.12 Balanço Hídrico Climático da região

3.6 **CBH PIABANHA**

A **Figura 3.13** apresenta a distribuição das chuvas médias anuais na região do CBH Piabanha, com destaque para a Classificação Climática de Thornthwaite.

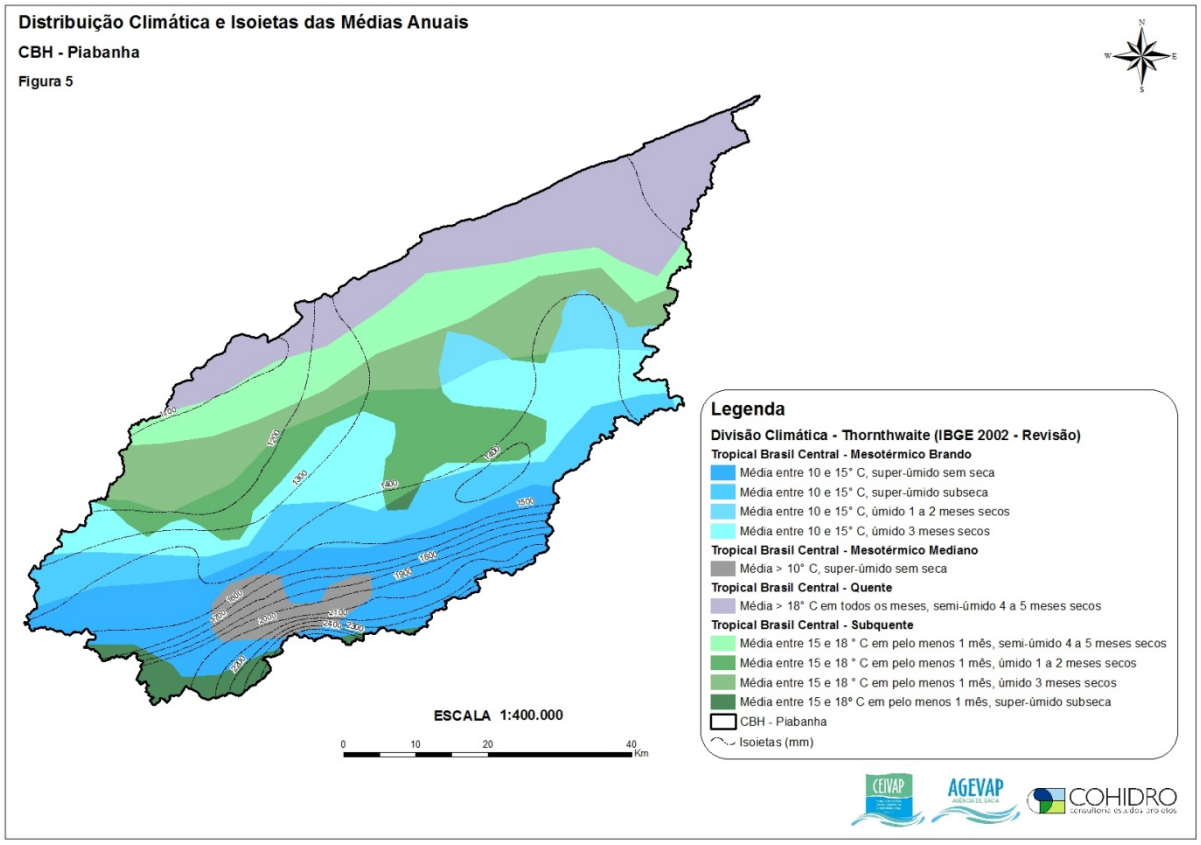
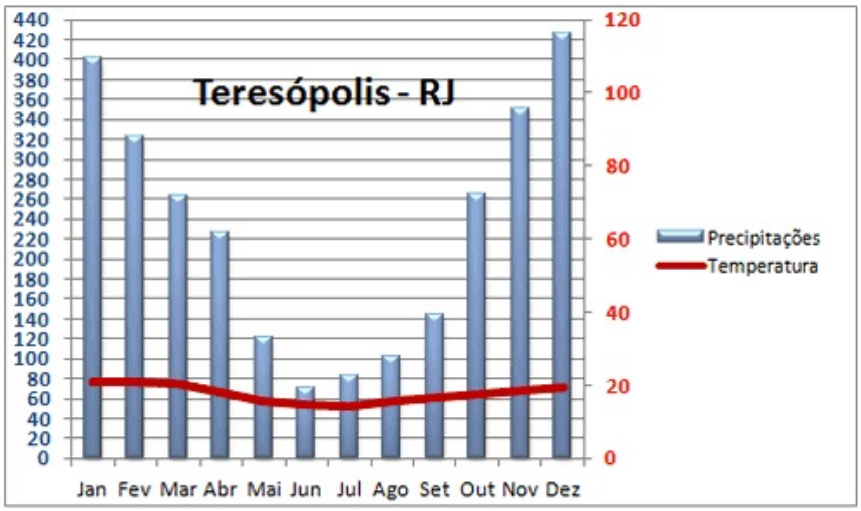


Figura 3.13 Precipitações e Clima da Região

A **Figura 3.14** apresenta o Climograma da região do CBH Piabanha. A Estação Climatológica considerada foi a de Teresópolis - RJ. A **Figura 3.15** apresenta o Balanço Hídrico Climático para a região.



Temperatura media (oC):	17,7
Total precipitações (mm)	2774,4

	Chuva (mm)	Trimestre	% do Total	Temperatura	Mês
JAN	401,9			20,7	Normal
FEV	322,6			20,8	Normal
MAR	263,3	987,8	35,6	20,2	Normal
ABR	226,3			17,9	Normal
MAI	120,7			15,8	Normal
JUN	69,8	416,8	15,0	14,9	Normal
JUL	83,4			14,3	Normal
AGO	101,3			15,6	Normal
SET	143,7	328,4	11,8	16,7	Normal
OUT	264,5			17,5	Normal
NOV	351,5			18,3	Normal
DEZ	425,4	1041,4	37,5	19,7	Normal
	Total	2774,4	100	(oC)	

Figura 3.14 Climograma da região do CBH Piabanha

BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DE THORNTHWAITE (1948)

Balanço hídrico de Thornthwaite para a região do Piabanha **Teresópolis - RJ**

	t	i	EP	f	Epc	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
J	20,7	8,9	85	1,12	95	401,9	306,8	100	0,0	95	0	306,8
F	20,8	9,0	86	0,98	84	322,6	238,6	100,0	0,0	84	0	238,6
M	20,2	8,6	81	1,05	85	263,3	178,1	100,0	0,0	85	0	178,1
A	17,9	7,1	65	0,98	63	226,3	162,8	100,0	0,0	63	0	162,8
M	15,8	5,9	51	0,98	50	120,7	70,4	100,0	0,0	50	0	70,4
J	14,9	5,4	46	0,94	43	69,8	26,6	100,0	0,0	43	0	26,6
J	14,3	5,0	43	0,97	41	83,4	42,1	100,0	0,0	41	0	42,1
A	15,6	5,8	50	1	50	101,3	51,2	100,0	0,0	50	0	51,2
S	16,7	6,4	57	1,00	57	143,7	86,8	100,0	0,0	57	0	86,8
O	17,5	6,9	62	1,07	66	264,5	198,1	100,0	0,0	66	0	198,1
N	18,3	7,4	67	1,07	72	351,5	279,3	100,0	0,0	72	0	279,3
D	19,7	8,3	77	1,12	87	425,4	338,7	100,0	0,0	87	0	338,7
	17,7	84,6	770,3	-	795	2774	1979,6	1200,0	0,0	795	0	1979,6

t = Temperatura; P = Precipitação; EP = Evapotranspiração; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração do conteúdo de umidade; ER = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Exceço de água no solo; i = fator de temperatura da equação de Thornthwaite; f = constante climática da equação de Thornthwaite (1948); Epc = EP*f.

OBS. Todas as unidades em milímetros (mm), exceto a Temperatura (graus Centígrados) e as da equação de Thornthwaite. Os dados em amarelo podem ser modificados, com o local.

VERIFICAÇÕES:

$\sum P = \sum EP + \sum (P - EP)$ **Ok!** $\sum EP = \sum ER + \sum DEF$ **Ok!**

$\sum ALT = 0$ **OK!** $\sum P = \sum ER + \sum EXC$ **Ok!**

Equação de Thornthwaite:

a = **1,9** i = (t/5)^1,54 ETP = 16 (10 t / I)^a I = 84,6

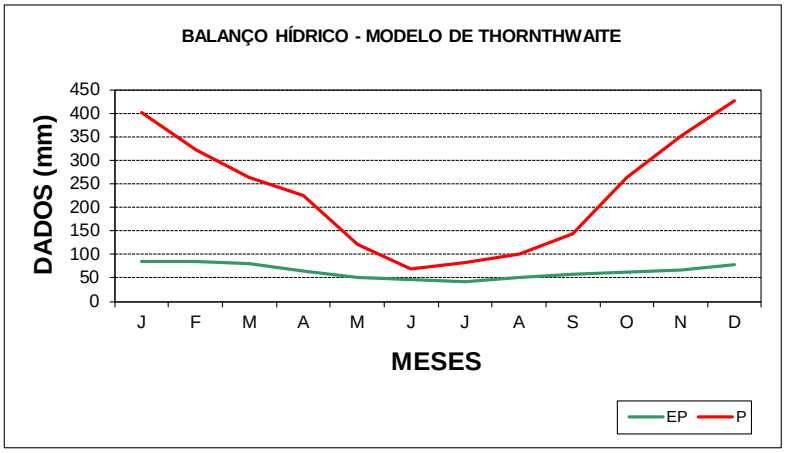


Figura 3.15 Balanço Hídrico Climático da região do CBH Piabanha

Como pode ser visto no total da terceira coluna da tabela da **Figura 3.14**, o total anual de precipitação é de 2.774,4 mm e, por ultrapassar 1.100 mm/ano, representa um clima considerado **muito úmido**. Por sua vez, a temperatura média anual, de 17,7°C, por situar-se entre os limites de 15°C 20°C, é tido como um **clima temperado**. Em nenhum dos meses o

total precipitado foi igual ou inferior a duas vezes a temperatura média e, portanto, não ficou configurado qualquer mês considerado **seco** na região.

3.7 CBH COMPE (MG)

A **Figura 3.16** apresenta a distribuição das chuvas médias anuais na região do CBH Compe (MG), com destaque para a Classificação Climática de Thornthwaite.

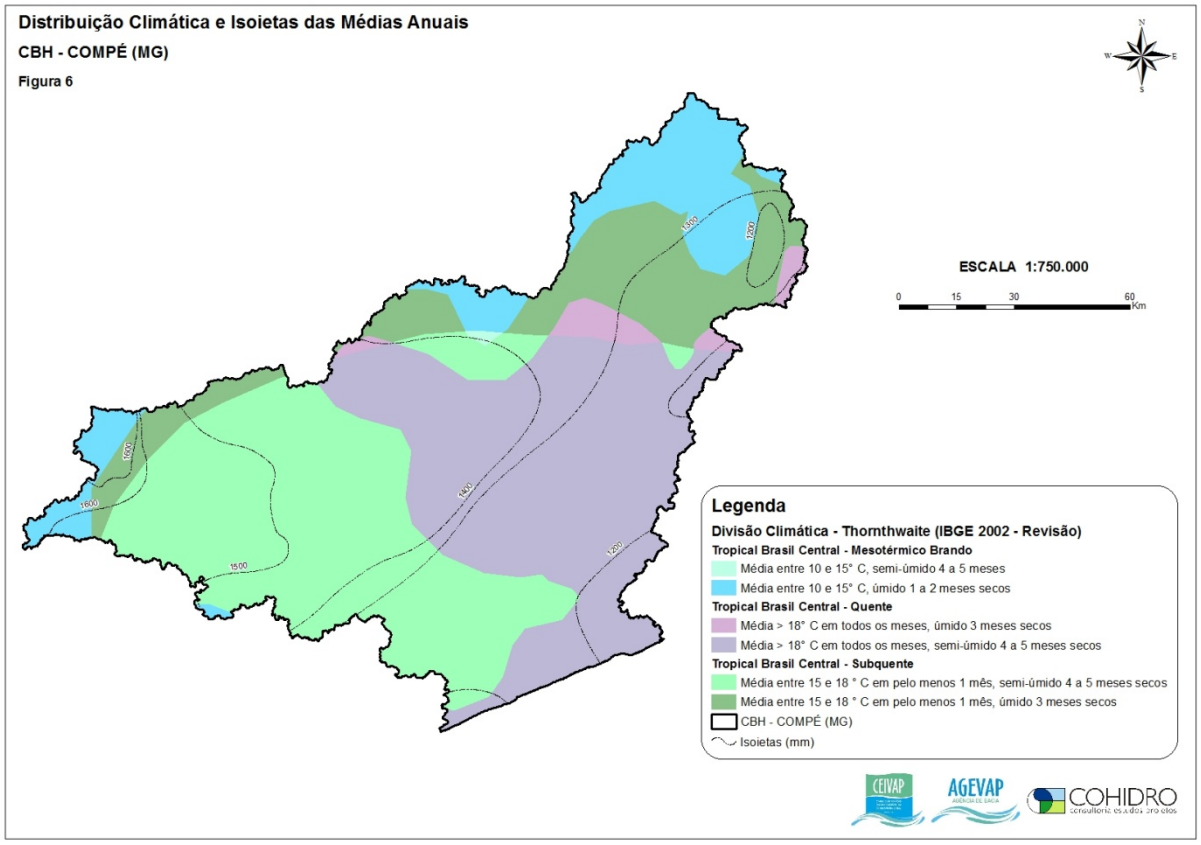
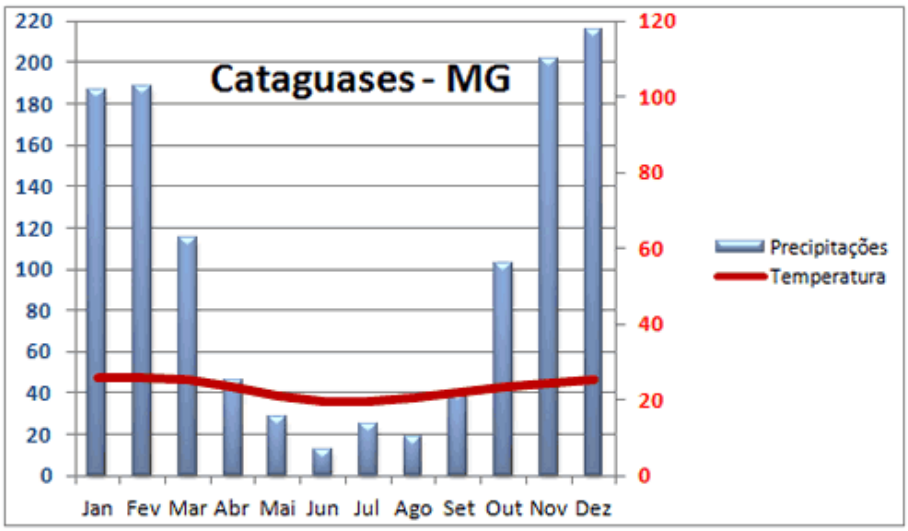


Figura 3.16 Precipitações e Clima da Região

A **Figura 3.17** apresenta o Climograma da região do CBH Compe (MG). A Estação Climatológica considerada foi a de Cataguases - MG.



Temperatura media (oC):	23,1
Total precipitações (mm)	1179,5

	Chuva (mm)	Trimestre	% do Total	Temperatura	Mês
JAN	186,2			26,0	Normal
FEV	187,9			26,1	Normal
MAR	114,9	489	41,5	25,6	Normal
ABR	46,0			23,5	SECO
MAI	28,3			21,1	SECO
JUN	12,3	86,6	7,3	19,7	SECO
JUL	24,6			19,4	SECO
AGO	18,7			20,6	SECO
SET	40,0	83,3	7,1	22,2	SECO
OUT	102,9			23,6	Normal
NOV	201,8			24,5	Normal
DEZ	215,9	520,6	44,1	25,3	Normal
	Total	1179,5	100	(oC)	

Figura 3.17 Climograma da região do CBH Compe(MG)

Como pode ser visto no total da terceira coluna da tabela da **Figura 3.17**, o total anual de precipitação é de 1.179,5 mm e, por ultrapassar 1.100 mm/ano, representa um clima tido como **muito úmido**. Os totais de chuva do 2º. e 3º. trimestres, inferiores a 12,5% do total, são considerados secos. Por sua vez, a temperatura média anual, de 23,1^{o}C, por ultrapassar o limite de 21^{o}C, é considerado **clima quente**. Nos meses de Abril a Setembro o total precipitado foi igual ou inferior a duas vezes a temperatura média e, portanto, são considerados meses **secos**.

A **Figura 3.18** mostra o Balanço Hídrico Climático da região do CBH Compe (MG), que apresenta déficit de água no solo nos meses de Abril a Agosto.

BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DE THORNTHWAITE (1948)

Balanço hídrico de Thornthwaite para a região do CBH Compe(MG) **Barbacena-MG**

	t	i	EP	f	Epc	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
J	20,2	8,6	81	1,12	90	251,9	161,6	100	0,0	90	0	161,6
F	20,5	8,8	83	0,98	81	178,9	97,7	100,0	0,0	81	0	97,7
M	20	8,5	79	1,05	83	137,0	53,9	100,0	0,0	83	0	53,9
A	18,1	7,3	66	0,98	64	60,6	-3,6	96,4	-3,6	64	0	0,0
M	16,3	6,2	54	0,98	53	39,1	-13,6	82,8	-13,6	53	0	0,0
J	15,2	5,5	47	0,94	44	24,1	-20,2	62,6	-20,2	44	0	0,0
J	14,7	5,3	44	0,97	43	21,0	-21,9	40,7	-21,9	43	0	0,0
A	16,1	6,1	53	1	53	20,6	-31,9	8,8	-31,9	53	0	0,0
S	17	6,6	58	1,00	58	62,5	4,3	13,1	4,3	58	0	0,0
O	18,1	7,3	66	1,07	70	130,3	60,2	73,3	60,2	70	0	0,0
N	18,9	7,8	71	1,07	76	230,0	153,9	227,3	153,9	76	0	0,0
D	19,5	8,1	75	1,12	84	244,5	160,0	100,0	-127,3	84	0	287,3
	17,9	85,8	775,9	-	800	1401	600,5	1005,2	0,0	800	0	600,5

t = Temperatura; P = Precipitação; EP = Evapotranspiração; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração do conteúdo de umidade; ER = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Excesso de água no solo; i = fator de temperatura da equação de Thornthwaite; f = constante climática da equação de Thornthwaite (1948); Epc = EP*f.

OBS. Todas as unidades em milímetros (mm), exceto a Temperatura (graus Centígrados) e as da equação de Thornthwaite. Os dados em amarelo podem ser modificados, com o local

VERIFICAÇÕES:

$\sum P = \sum EP + \sum (P - EP)$ Ok! $\sum EP = \sum ER + \sum DEF$ Ok!

$\sum ALT = 0$ OK! $\sum P = \sum ER + \sum EXC$ Ok!

Equação de Thornthwaite:

a = **1,9** i = (t/5)^1,54 ETP = 16 (10 t / I)^a I = 85,8

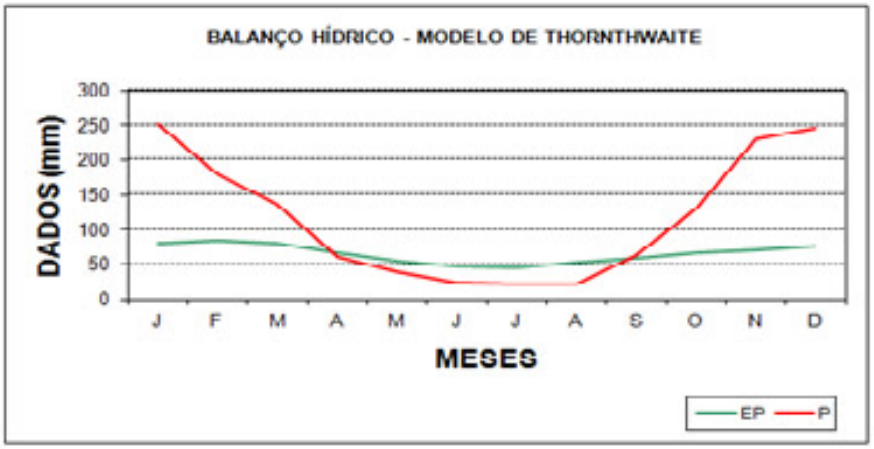


Figura 3.18 Balanço Hídrico Climático da Região

3.8 CBH RIO DOIS RIOS

A **Figura 3.19** apresenta a distribuição das chuvas médias anuais na região do CBH Rio Dois Rios, com destaque para a Classificação Climática de Thornthwaite.

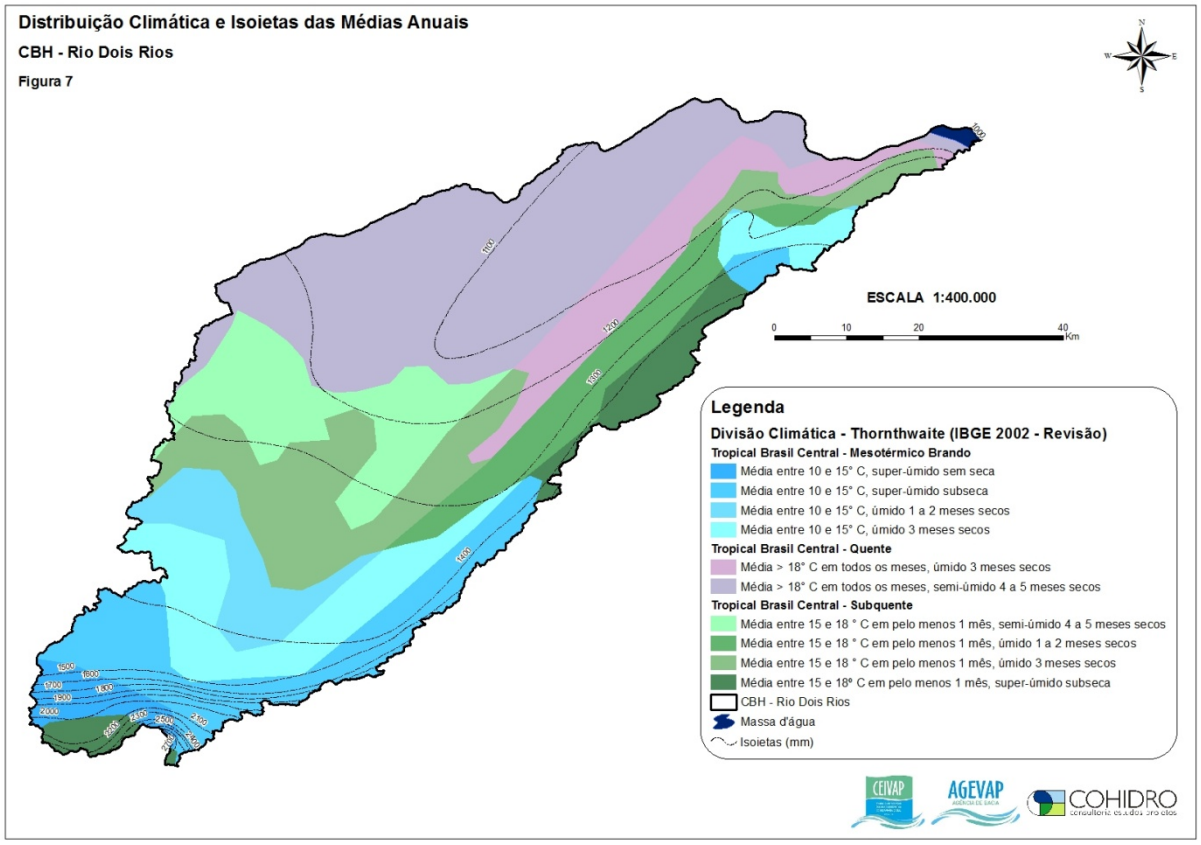
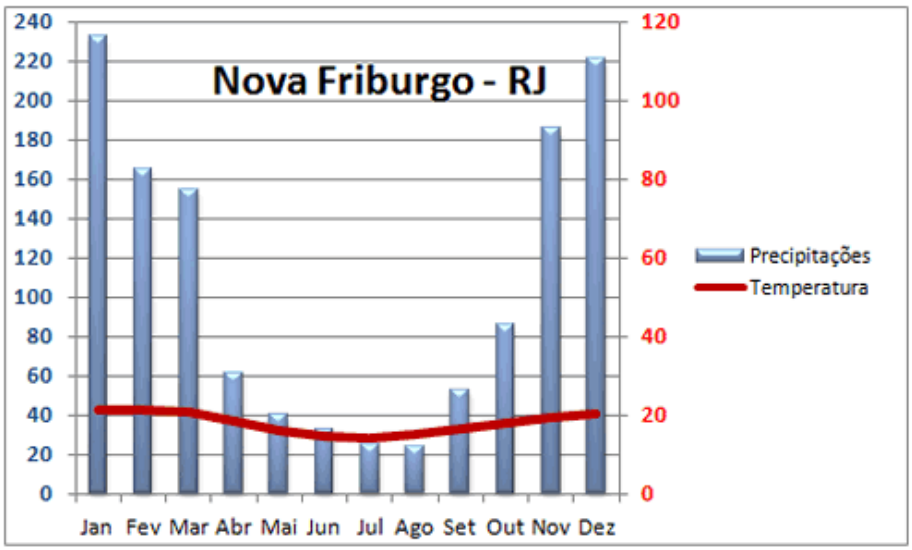


Figura 3.19 Precipitações e Clima da Região

A **Figura 3.20** apresenta o Climograma da região do CBH Rio Dois Rios. A Estação Climatológica considerada foi a de Nova Friburgo - RJ.



Temperatura media (oC):	18,0
Total precipitações (mm)	1279,8

	Chuva (mm)	Trimestre	% do Total	Temperatura	Mês
JAN	232,1			21,2	Normal
FEV	165,2			21,2	Normal
MAR	154,6	551,9	43,1	20,8	Normal
ABR	61,4			18,5	Normal
MAI	39,8			16,0	Normal
JUN	32,3	133,5	10,4	14,6	Normal
JUL	24,7			14,1	SECO
AGO	23,7			15,3	SECO
SET	52,4	100,8	7,9	16,6	Normal
OUT	86,3			18,2	Normal
NOV	186,1			19,3	Normal
DEZ	221,2	493,6	38,6	20,3	Normal
	Total	1279,8	100	(oC)	

Figura 3.20 Climograma da região do CBH Rio Dois Rios

Como pode ser visto no total da terceira coluna da tabela da **Figura 3.20**, o total anual de precipitação é de 1.279,8 mm e, por ultrapassar 1.100 mm/ano, representa um clima tido como **muito úmido**. Os totais de chuva do 2º. e 3º. trimestres, inferiores a 12,5% do total, são considerados **secos**. Por sua vez, a temperatura média anual, de 18^{o}C, ficando entre 15^{o}C e 20^{o}C, é considerado **temperado**. Nos meses de Julho e Agosto o total precipitado foi igual ou inferior a duas vezes a temperatura média e, portanto, são considerados meses **secos**.

A **Figura 3.21** apresenta o Balanço Hídrico Climático da Região.

BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DE THORNTHWAITE (1948)

Balanço hídrico de Thornthwaite para a região do CBH Rio Dois Rios **Nova Friburgo - RJ**

	t	i	EP	f	Epc	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
J	21,2	9,3	88	1,12	98	232,1	133,7	100	0,0	98	0	133,7
F	21,2	9,3	88	0,98	86	165,2	79,1	100,0	0,0	86	0	79,1
M	20,8	9,0	85	1,05	89	154,6	65,7	100,0	0,0	89	0	65,7
A	18,5	7,5	68	0,98	66	61,4	-4,9	95,1	-4,9	66	0	0,0
M	16	6,0	51	0,98	50	39,8	-10,5	84,6	-10,5	50	0	0,0
J	14,6	5,2	43	0,94	40	32,3	-8,2	76,4	-8,2	40	0	0,0
J	14,1	4,9	40	0,97	39	24,7	-14,4	62,1	-14,4	39	0	0,0
A	15,3	5,6	47	1	47	23,7	-23,4	38,7	-23,4	47	0	0,0
S	16,6	6,3	55	1,00	55	52,4	-2,6	36,1	-2,6	55	0	0,0
O	18,2	7,3	66	1,07	70	86,3	16,1	52,2	16,1	70	0	0,0
N	19,3	8,0	73	1,07	79	186,1	107,5	159,7	107,5	79	0	0,0
D	20,3	8,7	81	1,12	91	221,2	130,6	100,0	-59,7	91	0	190,4
	18,0	87,0	784,7	-	811	1280	468,8	1004,8	0,0	811	0	468,8

t = Temperatura; P = Precipitação; EP = Evapotranspiração; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração do conteúdo de umidade; ER = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Exceço de água no solo; i = fator de temperatura da equação de Thornthwaite; f = constante climática da equação de Thornthwaite (1948); Epc = EP*f.
OBS. Todas as unidades em milímetros (mm), exceto a Temperatura (graus Centígrados) e as da equação de Thornthwaite. Os dados em amarelo podem ser modificados, com o local.

VERIFICAÇÕES:

$\sum P = \sum EP + \sum (P - EP)$ Ok! $\sum EP = \sum ER + \sum DEF$ Ok!

$\sum ALT = 0$ OK! $\sum P = \sum ER + \sum EXC$ Ok!

Equação de Thornthwaite:
a = **1,9** i = (t/5)^1,54 ETP = 16 (10 t / I)^a I = 87,0

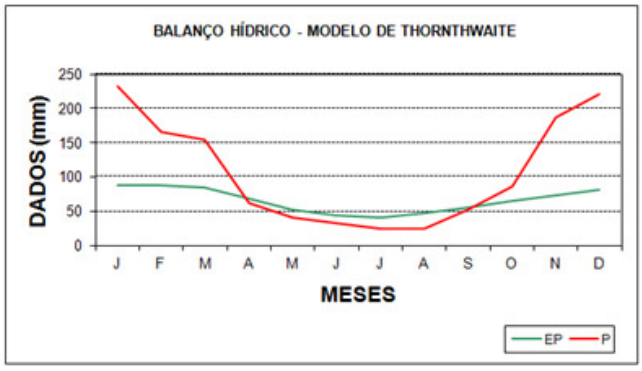


Figura 3.21 Balanço Hídrico Climático da Região

3.9 CBH BAIXO PARAÍBA DO SUL

A **Figura 3.22** apresenta a distribuição das chuvas médias anuais na região do CBH Baixo Paraíba do Sul, com destaque para a Classificação Climática de Thornthwaite.

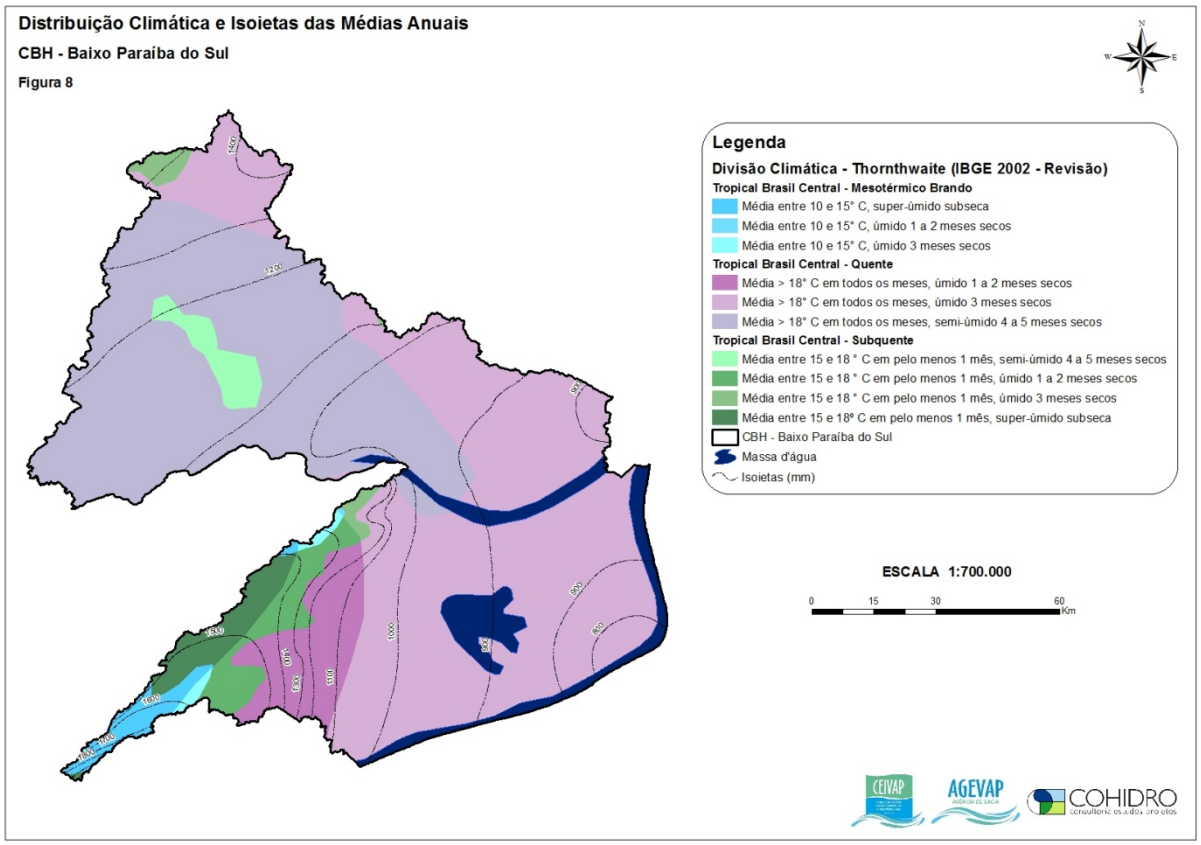
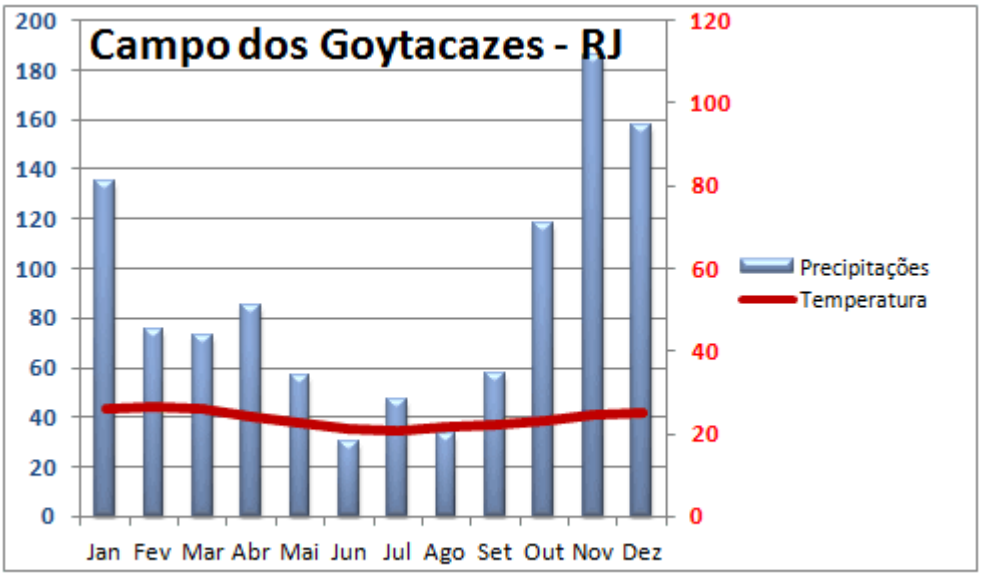


Figura 3.22 Precipitação e Clima da Região

A **Figura 3.23** apresenta o Climograma da região do CBH Baixo Paraíba do Sul. A Estação Climatológica considerada foi a de Campos dos Goytacazes - RJ.



Temperatura media (oC):	23,7
Total precipitações (mm)	1055,3

	Chuva (mm)	Trimestre	% do Total	Temperatura	Mês
JAN	135,1			26,2	Normal
FEV	75,4			26,6	Normal
MAR	73,1	283,6	26,9	26,3	Normal
ABR	85,4			24,3	Normal
MAI	56,6			22,6	Normal
JUN	29,9	171,9	16,3	21,4	SECO
JUL	47,3			20,7	Normal
AGO	33,3			21,6	SECO
SET	57,7	138,3	13,1	22,2	Normal
OUT	118,3			23,2	Normal
NOV	185,8			24,4	Normal
DEZ	157,4	461,5	43,7	25,3	Normal
	Total	1055,3	100	(oC)	

Figura 3.23 Climograma da região do CBH Baixo Paraíba do Sul

Como pode ser visto no total da terceira coluna da tabela da **Figura 3.23**, o total anual de precipitação é de 1.055,3 mm e, por estar na faixa de 800 a 1.100 mm/ano, representa um clima considerado **úmido**. Por sua vez, a temperatura média anual, de 23,7°C, por ultrapassar 21°C, é tido como um clima **quente**. Nos meses de Junho e Agosto o total precipitado foi igual ou inferior a duas vezes a temperatura média e, portanto, foram considerados **secos** na região.

A **Figura 3.24** mostra o Balanço Hídrico Climático da Região.

BALANÇO HÍDRICO CLIMÁTICO DE THORNTHWAITE (1948)

Balanço hídrico de Thornthwaite para a região do CBH Baixo Paraíba do Sul **Campos - RJ**

	t	i	EP	f	Epc	P	P-EP	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
J	26,2	12,8	131	1,12	147	135,1	-11,6	100	-21,0	156	-9	9,4
F	26,6	13,1	137	0,98	134	75,4	-59,1	40,9	-59,1	134	0	0,0
M	26,3	12,9	132	1,05	139	73,1	-66,0	0,0	-40,9	114	25	0,0
A	24,3	11,4	104	0,98	102	85,4	-16,4	0,0	0,0	85	16	0,0
M	22,6	10,2	83	0,98	81	56,6	-24,8	0,0	0,0	57	25	0,0
J	21,4	9,4	70	0,94	66	29,9	-36,1	0,0	0,0	30	36	0,0
J	20,7	8,9	63	0,97	61	47,3	-14,1	0,0	0,0	47	14	0,0
A	21,6	9,5	72	1	72	33,3	-38,9	0,0	0,0	33	39	0,0
S	22,2	9,9	79	1,00	79	57,7	-20,9	0,0	0,0	58	21	0,0
O	23,2	10,6	90	1,07	96	118,3	22,0	22,0	22,0	96	0	0,0
N	24,4	11,5	105	1,07	113	185,8	73,3	95,3	73,3	113	0	0,0
D	25,3	12,1	118	1,12	132	157,4	25,7	121,0	25,7	132	0	0,0
	23,7	132,5	1184,6	-	1222	1055	-166,8	379,2	0,0	1055	167	9,4

t = Temperatura; P = Precipitação; EP = Evapotranspiração; ARM = Armazenamento de água no solo; ALT = Alteração do conteúdo de umidade; ER = Evapotranspiração Real; DEF = Deficiência hídrica; EXC = Exceço de água no solo; i = fator de temperatura da equação de Thornthwaite; f = constante climática da equação de Thornthwaite (1948); Epc = EP*f.

OBS. Todas as unidades em milímetros (mm), exceto a Temperatura (graus Centígrados) e as da equação de Thornthwaite. Os dados em amarelo podem ser modificados, com o local.

VERIFICAÇÕES:

$\sum P = \sum EP + \sum (P - EP)$ **Ok!** $\sum EP = \sum ER + \sum DEF$ **Ok!**

$\sum ALT = 0$ **OK!** $\sum P = \sum ER + \sum EXC$ **OK!**

Equação de Thornthwaite:

a = **3,1** i = (t/5)^1,54 ETP = 16 (10 t / I)^a I = 132,5

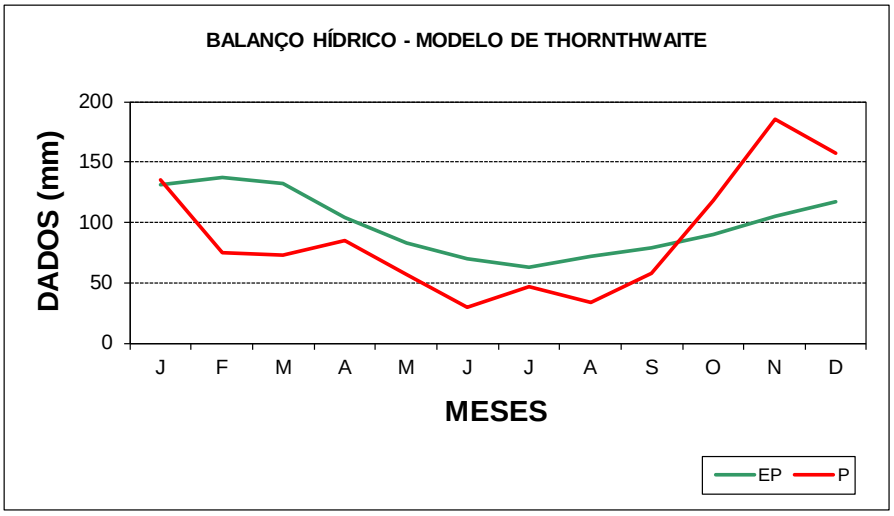


Figura 3.24 Balanço Hídrico Climático da Região

4 GEOMORFOLOGIA

4.1 INTRODUÇÃO

A paisagem natural é o resultado de diferentes elementos que compõem o meio físico como rocha, relevo, solo e vegetação. Neste contexto, a compreensão e a identificação das diferentes formas de relevo se constituem componente de grande importância na implantação de qualquer atividade antrópica que altere significativamente a paisagem, Dito de outra forma a geomorfologia é essencial na identificação das áreas de maior fragilidade ou maior vulnerabilidade conforme destacam Ross (1991) e Florenzano (2011).

A Geomorfologia é, portanto, a ciência que estuda as diferentes formas de relevo com aplicações tão diversas como na engenharia civil, nos recursos hídricos. e no meio ambiente. Uma das complexidades inerentes ao estudo da Geomorfologia é que o relevo pode ser considerado em diferentes escalas e o nível de abordagem depende dos objetivos que se propõe, para um determinado trabalho. Para tornar isto mais compreensivo, Ross (1995), estabelece sete níveis hierárquicos distintos indo desde a escala continental até a escala de uma vertente. A **Figura 4.1** mostra estes vários níveis hierárquicos.

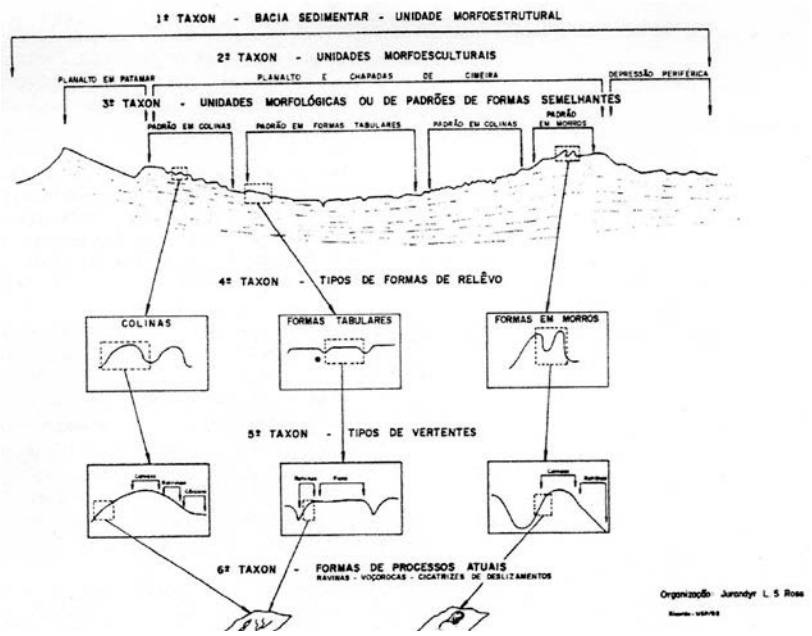


Figura 4.1 Diferentes níveis de abordagem da Geomorfologia (Ross, 1995)

Quando se trabalha com gestão de bacias hidrográficas, a escala de abordagem mais apropriada é aquela que permite caracterizar os diferentes tipos de relevo correspondente ao 4º taxon mostrado na figura 1. Neste sentido se tem formas de relevos individualizadas que tanto podem ser de agradação (como planícies fluviais ou marinhas) como de degradação (como colinas morros e serras). Esta escala de abordagem permite caracterizar elementos quantitativos utilizados no relevo (morfometria) como declividade, variação altimétrica..e densidade de drenagem permitindo, a partir destes elementos, avaliar a intensidade dos processos morfodinâmicos que ocorrem no relevo como erosão, escorregamento e inundação.

No que se refere aos recursos hídricos, a identificação dos tipos de relevo permite diversas formas de aplicação. Cunha e Guerra (1996) destacam, entre outras aplicações, a delimitação das bacias de drenagem e a orientação para localizar estações pluviométricas onde a altitude é um elemento essencial. Além disto, a variação de relevo (se mais íngremes ou mais suaves) interfere na maior ou menor capacidade de infiltração da água no solo ou na velocidade de escoamento superficial nas encostas ou na delimitação das áreas de inundação nas planícies. Finalmente se constituem um elemento fundamental na identificação das áreas de recarga dos aqüíferos cujo potencial de armazenamento de água depende, entre outros fatores, da declividade e da forma dos relevos.

No caso da bacia do rio Paraíba do Sul, o conhecimento da geomorfologia assume grande importância em face da grande diversidade de relevos encontrados na bacia o que impõe, em vários setores, dificuldades a diversas formas de ocupação humana devido as elevadas declividades e alta densidade de drenagem natural. Muitas conduzindo a situações de riscos geológicos. Desta forma, a identificação das unidades de relevo se constitui um dos primeiros elementos para a análise integrada de uma bacia hidrográfica no sentido de identificar trechos com alta vulnerabilidade ou fragilidade em determinada região.

4.2 BASE DE DADOS DISPONÍVEL E ASPECTOS METODOLÓGICOS

Da mesma forma que para os mapas geológicos, a cartografia geomorfológica no país tem a tradição de ser produzida considerando os limites de cada Estado da federação ou mapeando determinadas folhas cartográficas em diferentes escalas (1:250.000 a 1:100.000). No caso do estado de São Paulo estão disponíveis levantamento geomorfológicos em escala 1:1.000.000 (Ponçano et al, 1981) e o levantamento em escala

1:500.000 (Ross e Moroz, 1997). Para o estado do Rio de Janeiro está disponível o Mapa de Unidades Geomorfológicas produzido pela CPRM em escala 1:250.000. Também como no caso da cartografia geológica, a maior parte destes produtos não se encontra em formato SIG dificultando o seu uso para objetivos específicos como no caso de sua aplicação para gestão de bacias hidrográficas.

Para este trabalho foi utilizado o levantamento geomorfológico realizado pela EPE (2007) o qual considera as unidades de relevo (ou tipos de relevos) do quarto táxon e permite que possa ser utilizado para os objetivos aqui propostos. Neste táxon, as unidades geomorfológicas são definidas com base nas características morfométricas que incluem parâmetros como amplitude topográfica, gradiente das vertentes, geometria das vertentes, geometria dos topos, cobertura dos topos e densidade de drenagem

Entretanto, este levantamento ao diferenciar as diversas formas de relevo como morros altos e alongados ou colinas amplas e restritas traz certa dificuldade na visualização das principais formas de relevo. Em face disto, as unidades de relevo originais foram re-agrupadas buscando não apenas uma melhor visualização das diferentes formas de relevo mas sua efetiva aplicação em projetos que envolvam a gestão regional dos recursos hídricos. A **Tabela 4.1** mostra as unidades originais e as unidades reclassificadas.

Tabela 4.1 Unidades originais e unidades reclassificadas

Mapa Original (EPE)	**Mapa Reclassificado**
Planícies aluviais e planícies colúvio-aluvio marinhas	Planícies inundacionais
Colinas Médias, Colinas Tabulares, Colinas Pequenas com Espigões Locais	Colinas e Morrotes
Mar de Morros, Mar de Morros com Serras Restritas, Morros Altos, Morros Alongados, Morros com Serras Restritas	Morros Altos e Alongados
Serras, Serras Alongadas, Escarpas Serranas	Serras e Escarpas

Além disto, a simplificação da classificação tem vários aspectos positivos tais como permitir uma melhor correlação com outros elementos do meio físico e identificar, regionalmente, as áreas mais suscetíveis aos processos do meio físico e mais suscetíveis aos desastres

naturais.. Entretanto, é preciso considerar que esta simplificação pode não ser adequada para fins específicos na qual é necessária a descrição mais detalhada das formas de relevo.

Os padrões de relevo (ou tipos de relevo) representam a predominância de determinadas faixas de amplitudes, declividades e padrões de drenagem. As *amplitudes* influenciam diretamente no dimensionamento do sistema de drenagem e, nos relevos com maior amplitude, se verificam maior velocidade de escoamento superficial das águas pluviais, As *declividades* influenciam, juntamente com outros elementos do meio físico, a deflagração dos movimentos de massa e os processos erosivos acelerados em condições de relevos íngremes. Quanto às *linhas de drenagem*, a alta concentração de águas pluviais nos relevos de serras e escarpas tornam problemático a transposição pelo sistema viário. Além disto, a grande diferença entre padrões de relevo com densidade de drenagem distintos bem distintos favorece o aparecimento de inundações rápidas com graves conseqüências tanto paras áreas urbanas quanto rurais.

4.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

A área da bacia do rio Paraíba do Sul situa-se dentro do chamado Planalto Atlântico conforme definido por Almeida (1968) incluindo várias subdivisões naturais com diversas feições morfológicas distintas. A rica história geológica da região favoreceu uma grande diversidade de formas de relevos que podem ser identificadas em diferentes escalas. Portanto, o fato de se ter uma bacia sedimentar com evolução geológica delimitada por falhas e lineamentos favoreceu a formação de relevos com limites bem definidos e abruptos como é o caso dos relevos de planície em contatos com os relevos de serra. A **Figura 4.2** mostra uma visão parcial do relevo da região tomado a partir da cidade de Campos do Jordão, Estado de São Paulo onde se observa, na sua porção inferior, a Serra da Mantiqueira e tendo mais ao fundo a Serra do Quebra Cangalha. O Vale do Paraíba ocupa toda a porção central entre os dois sistemas de serras.

Figura 4.2 Vista do relevo mostrando as duas serras com o Vale do Paraíba na porção central

A diversidade do relevo na região pode ser observada a partir do mapa de relevos da bacia (**Figura 4.3**) no qual as formas de relevo foram reclassificadas e simplificadas conforme mencionado anteriormente.

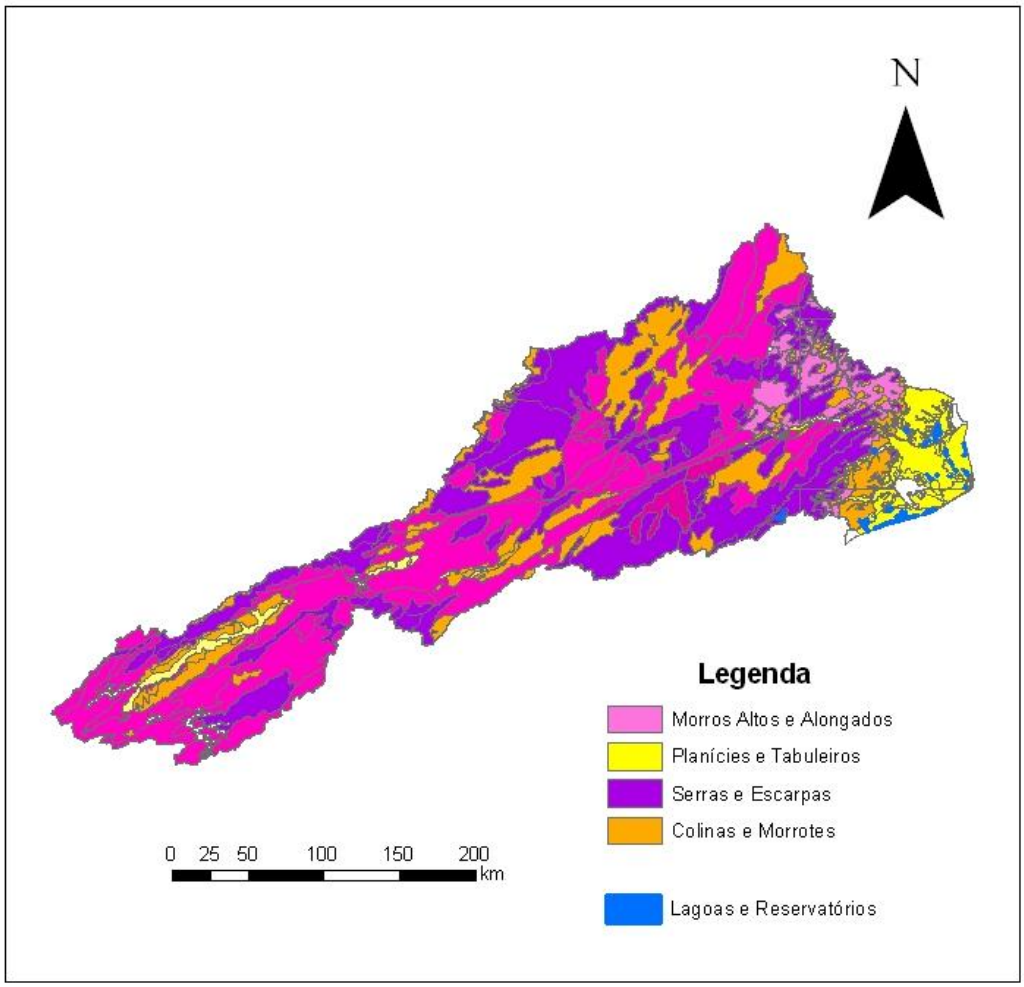


Figura 4.3 Mapa Geomorfológico da Bacia do Paraíba do Sul (EPE, 2007)

Conforme se vê **Figura 4.3**, em uma análise mais geral, os relevos de morros e serras se destacam na paisagem que compõe a bacia do rio Paraíba do Sul com amplo predomínio sobre os demais tipos de relevo. Aqueles mais suaves (colinoso), ocorrem espalhados em várias regiões da bacia se constituindo nas áreas mais favoráveis à ocupação. As áreas mapeadas de planícies aluvionares, nesta escala, são identificadas de maneira mais evidente no Alto, Médio e Baixo Paraíba do Sul sendo pouco desenvolvidas nas demais porções da bacia.

As principais características das unidades de relevo são descritas abaixo:

Agradacionais

a) Planícies inundacionais – amplitude topográfica inferior a 20 m, gradiente das vertentes praticamente nulas, formados por material inconsolidado de composição diversa como argilo-arenosas e fluviais e alúvio-coluviais em terrenos com drenagem variável..Estas áreas possuem nível freático próximo a superfície e altamente suscetíveis a processos inundacionais além de vários problemas relacionados a ocupação urbana.

Degradacionais

b) Relevos de Colinas – amplitude topográfica inferior a 100m, formada por topos amplos e arredondados com declividades suaves raramente atingindo 20%.. A densidade de drenagem nestas áreas é baixa com predominância de padrões de drenagem dendríticos sendo ainda formadas por coberturas inconsolidadas (colúvios e aluviões). Os relevos colinosos são, de uma maneira geral, aqueles que possuem menor suscetibilidade aos processos do meio físico quando comparados com as outras unidades de relevo sendo os mais recomendados para o desenvolvimento de atividades urbanas.

c) Relevos de Morros – amplitude topográfica entre 200 e 400 m formada por topos arredondados ou alongados, gradiente de vertente médio a elevado sendo principalmente formados por depósitos inconsolidados constituídos por colúvios e depósito de talus,. Estas áreas possuem alta densidade de drenagem e padrões de drenagem variável (dendrítico a treliça ou retangular). Os relevos de morros podem favorecer ao aparecimento de movimentos de massa particularmente em áreas onde ocorrem intervenções humanas como a construção de loteamentos e a abertura de estradas,

d) Relevos de Escarpas Serranas – amplitude topográfica e gradientes de vertentes muito elevados com, geometria dos topos aguçados ou em cristas alongadas assim como coberturas inconsolidadas formadas por colúvio e depósito de talus (pedaços de rocha). A densidade de drenagem nestas áreas é muito alta e os padrões de drenagem são variáveis (dendrítico ou paralelo a treliça ou retangular). Nestas regiões, os processos morfodinâmicos são muito intensos favorecendo os movimentos de massa tanto naturais quanto induzidos pela presença do homem.

A **Tabela 4.2** mostra os principais problemas e processos do meio físico que poderiam estar associados a cada um destes tipos de relevo e suas consequências para os sistemas hidrológicos (IPT, 1990, modificado).

Tabela 4.2 Principais problemas e processos do meio físico

Padrão de Relevos	Principais problemas esperados
Planícies inundacionais	Áreas em permanente estado de saturação com ocorrência de terrenos alagados devido a presença do nível freático dificultando a drenagem e a o escoamento das águas. Áreas mais favoráveis a atividades agrícolas, de lazer e de mineração desde que sejam realizadas de forma adequada e com compatibilizarão das atividades de entorno
Colinas e Morrotes	Áreas favoráveis a expansão urbana apresentando problemas de erosão limitados a solos com elevada erodibilidade. Os morrotes podem apresentar setores problemáticos como nas áreas de cabeceiras de drenagem e nos setores com elevada declividade. Do ponto de vista hidrológico estas áreas tendem a favorecer mais a infiltração do que o escoamento da água.
Morros Altos e Alongados	Estas áreas apresentam vários setores críticos para a ocupação como cabeceiras de drenagem e segmentos de encosta com alta declividade. De uma maneira geral possuem elevado potencial aos processos erosivos independente do grau de erodibilidade dos solos. Intervenções humanas como a construção de estradas e loteamentos sem os cuidados necessários podem potencializar a deflagração de mecanismos de escorregamento
Serras e Escarpas	A configuração do relevo pode propiciar o aparecimento de fenômenos naturas de movimentos de massa o que inclui escorregamentos, quedas de blocos e rastejos (movimentos lentos nos solos) . Nestas áreas de concentração os principais fragmentos de floresta que tem um importante papel na perenização das nascentes, na infiltração da água no solo e na regulação do escoamento de base. Com a remoção destas florestas, as áreas de serras e escarpas passam a funcionar, hidrologicamente, como áreas com grande volume e elevada velocidade do escoamento superficial.

4.4 PLANÍCIES INUNDACIONAIS

Conforme mencionado anteriormente, a Geomorfologia possui uma relação direta com as diferentes formas de ocupação humana possibilitando, através dos vários tipos de relevo, se conhecer, antecipadamente, evidências tanto de fragilidades como de potencialidades da paisagem natural.

Entre as áreas mais complexas para a ocupação humana estão as planícies inundacionais que apresentam diversos elementos que dificultam as diferentes formas de sua utilização. Desta maneira, este tópico procura considerar as questões que envolvem a ocupação de um importante elemento na paisagem da bacia do rio Paraíba do Sul: as extensas planícies inundacionais situadas na porção paulista da bacia e no Médio Paraíba do Sul.

Em maior ou menor grau, parte destas áreas tem sido motivo de relações conflituosas entre os diversos tipos de usos como a construção de loteamentos, atividade agrícola (particularmente o plantio de arroz de várzea) e a atividade de mineração de agregados. Por

outro lado, muitas das políticas de priorização de ações dos comitês de bacias hidrográficas não consideram, de forma adequada, a avaliação destas áreas de planícies cujo comportamento hidrológico difere substancialmente do conceito tradicional de bacias hidrográficas cujo sistema de drenagem corre para um único local (o exutório).

Desta forma, as planícies inundacionais encontradas no interior da bacia particularmente aquelas relacionadas com as bacias sedimentar de Taubaté e de Resende merecem uma especial atenção em face de sua importância para as diferentes formas de uso da terra mencionadas anteriormente. A **Figura 4.4** mostra a porção paulista onde ocorrem as mais extensas áreas de planícies inundacionais encontradas na bacia do rio Paraíba do Sul que chegam a alcançar em torno de 6 km de largura.

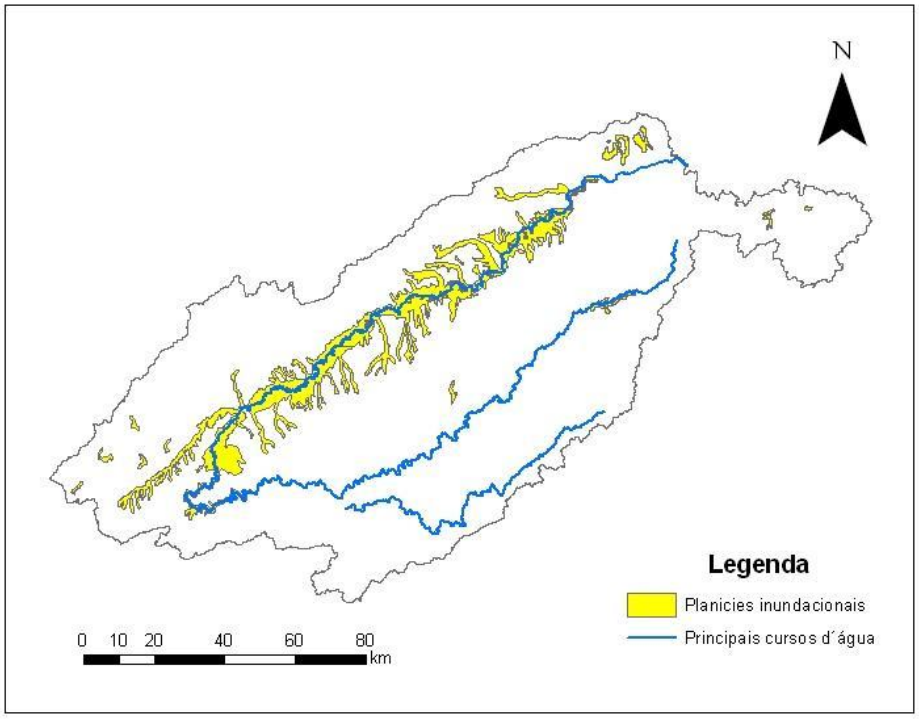


Figura 4.4 Localização das planícies inundacionais relacionadas ao rio Paraíba do Sul (Porção paulista)

Partindo do seu trajeto inicial, após atravessar vários tipos de rochas cristalinas (ígneas e metamórficas), o rio Paraíba do Sul surge no interior da bacia do Taubaté formando seus meandros característicos em meio a terrenos parcialmente alagadiços com o nível freático próximo a superfície em um ambiente constituído de solos orgânicos. Esta extensa várzea

alcança uma altitude variando em torno de 517 a 522m na bacia do Taubaté e cerca de 400m na bacia de Resende.

Uma das características mais peculiares destas áreas é o comportamento meandrado do Paraíba do Sul principalmente no trecho entre São José dos Campos e Lorena. Devem-se ressaltar as diferentes gerações de meandros abandonados ao longo da planície de inundação do rio Paraíba do Sul conforme se vê na **Figura 4.5**. Além disto, ocorre o que se designa “feixes de coroas de areia” sobre as quais se desenvolvem as matas de várzeas em grande parte já degradadas.

Os meandros do rio Paraíba do Sul refletem certo equilíbrio morfodinâmico atingido pelo curso d´água durante uma fase climática suficientemente longa que favoreceu o seu desenvolvimento (Florenzano et al., 2011). Após estes trechos, o rio Paraíba do Sul segue de forma retilínea sendo controlado por lineamentos tectônicos e de forma encaixada sem formar novos meandros.

Figura 4.5 Meandros do Paraíba do Sul entre as cavas de areia na região de Taubaté (Foto: J. Moss, J. e M. Moss)

Entretanto o conjunto de atividades antrópicas relacionadas visando o maior aproveitamento da planície de inundação (como plantio de arroz e atividade mineraria) tem modificado substancialmente a compartimentação e a morfologia desta planície.

Embora as áreas de várzea tivessem potencial produtivo elevado para culturas anuais, sua exploração encontrava sérios empecilhos devido às inundações causadas pelas cheias do

rio Paraíba do Sul as quais afetavam o seu leito secundário e as águas permaneciam por longo tempo, impedindo o aproveitamento das áreas de várzeas. Diante desta situação, em 1951 o governo do Estado de São Paulo juntamente com o DAEE (Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), iniciou um trabalho de execução de cortes dos meandros do rio Paraíba do Sul. Muitos dos alinhamentos hoje observados no canal principal são devidos às modificações realizadas a partir da década de 50 quando o arroz, plantado em sua várzea, passou a ser encarado como uma cultura comercial. Através de convênio com o DNOS (Departamento Nacional de Obras e Saneamento) foi elaborado um projeto que previa a retificação do rio Paraíba do Sul assim como a construção de diques e canais construídos para impedir a sua inundação nas épocas de cheias e trasbordamento. Neste sentido, foram estabelecidas 42 unidades autônomas, denominadas “polders”, que tinham sistema de irrigação e drenagem próprias. Tais polders possibilitariam a exploração de uma área agrícola de cerca de 34.000 ha com uma demanda total de água em torno de 50 m³/s durante o ciclo de cultura. Entretanto, as metas do projeto não foram atingidas, pois o governo priorizou seus investimentos no desenvolvimento do setor industrial na bacia; apenas cerca de 14.000 ha dos 34.000 ha previstos foram ocupados (Coppetec, 2001).

Certamente um dos aspectos que dificultou o crescimento dos polders foi a expansão das cidades nas últimas décadas a qual disputa, com outras formas de uso, os terrenos de baixíssimas declividades (2%) das planícies inundacionais. Estas áreas por suas características geotécnicas possuem fortes restrições naturais para o crescimento urbano. Isto se deve a baixa resistência dos solos, do nível freático próximo a superfície e da sua tendência para inundações. Em que pese às restrições apresentadas por estes terrenos, as cidades têm se expandido para estas áreas mais críticas. Da mesma forma, muitas indústrias foram implantadas sobre os terrenos de várzea ocupando diversos trechos nestes relevos de planície.

Outra atividade significativa na planície do Paraíba do Sul, particularmente na sua porção mais a montante (entre Guararema e Tremembé) é a intensa atividade de exploração de areia. Em alguns casos conduzem a relações de proximidade como aquela que se observam na **Figura 4.5** onde as cavas de areia se situam próximos ou se confundem na paisagem com os meandros do rio Paraíba do Sul. Do ponto de vista hidrológico, esta atividade é responsável por alterações na dinâmica fluvial e serão tratados em detalhes em outros capítulos deste relatório.

4.5. DESCRIÇÃO DOS COMITÊS

4.5.1. CBH PARAÍBA DO SUL (SP)

De todas as regiões que compõem a bacia do rio Paraíba do Sul aquela correspondente ao Comitê de São Paulo é a que apresenta maior diversidade de relevos indo de extensas planícies aluvionares (discutidas anteriormente) até relevos de morros e serras passando por colinas e morrotes (**Figura 4.6**). Como já mencionado, os relevos estão diretamente relacionados com a ocorrência de desastres naturais de origem geológica e hidroclimatológica como escorregamentos e inundações. Esta região, portanto, possui elevada vulnerabilidade para desastres naturais e não é de se estranhar que o CEMADEN (Centro Brasileiro de Alerta e Monitoramento de Desastres Naturais) esteja situado em seu interior (na cidade de Cachoeira Paulista).

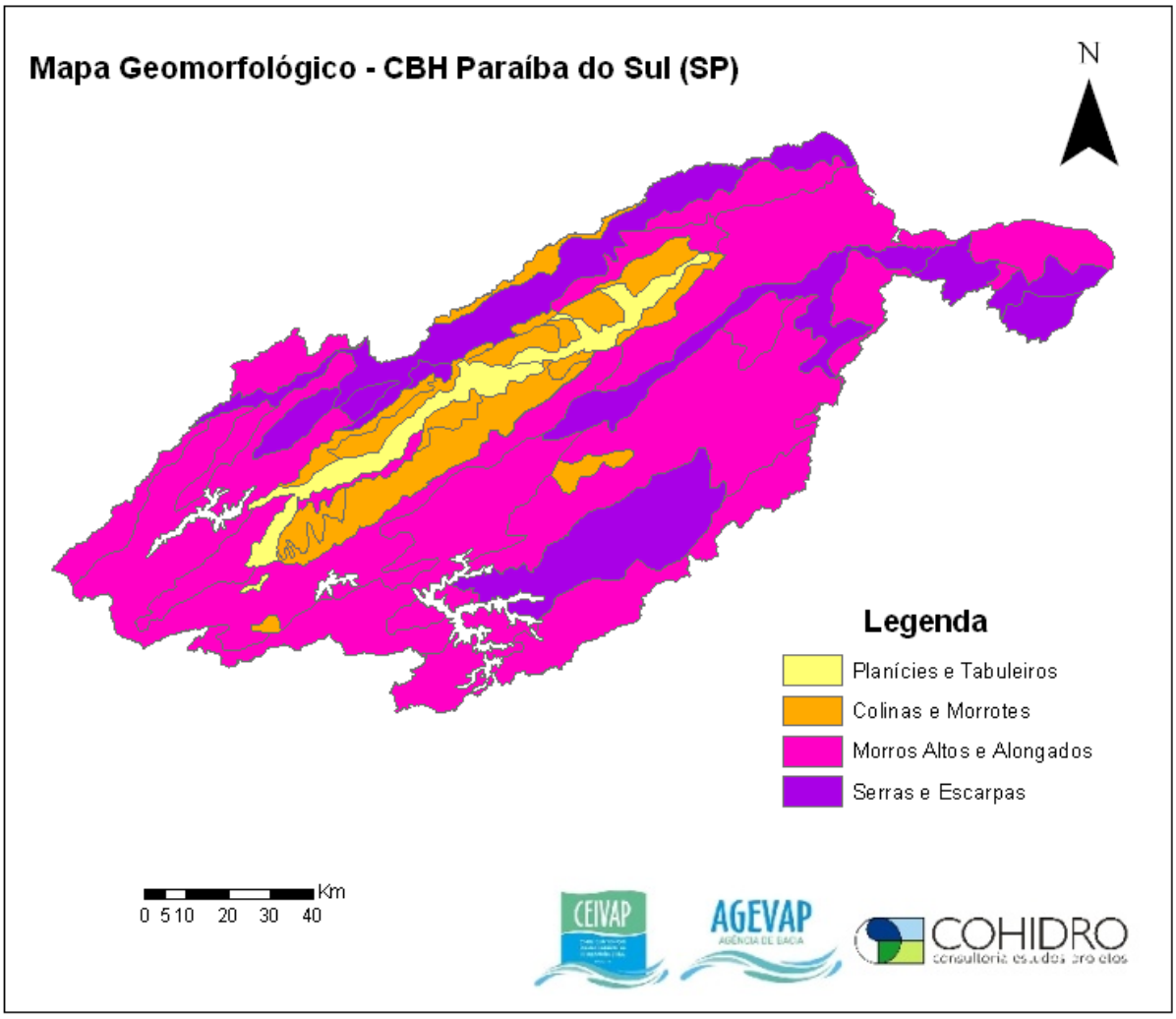


Figura 4.6 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)

4.5.2. CBH MÉDIO PARAIBA DO SUL

A região correspondente ao Comitê Médio Paraíba do Sul possui relativamente poucas áreas de serras e escarpas (**Figura 4.7**) quando comparada a outras porções da bacia do rio Paraiba do Sul. Como as áreas de serras e escarpas são morfodinamicamente mais ativas, isto significa que esta região tem menos trechos propícios aos escorregamentos naturais. Os relevos colinosos (com declividades menos acentuadas) se encontram por vários trechos da área favorecendo diversas atividades antrópicas urbanas e rurais. Ao contrário da porção a montante no estado de São Paulo, as planícies (áreas de baixíssimas declividades) ocupam pequenas extensões na porção oeste da área o que reduz o risco de

inundação no interior da área mas tendo como área potencialmente crítica a região em torno de Resende.

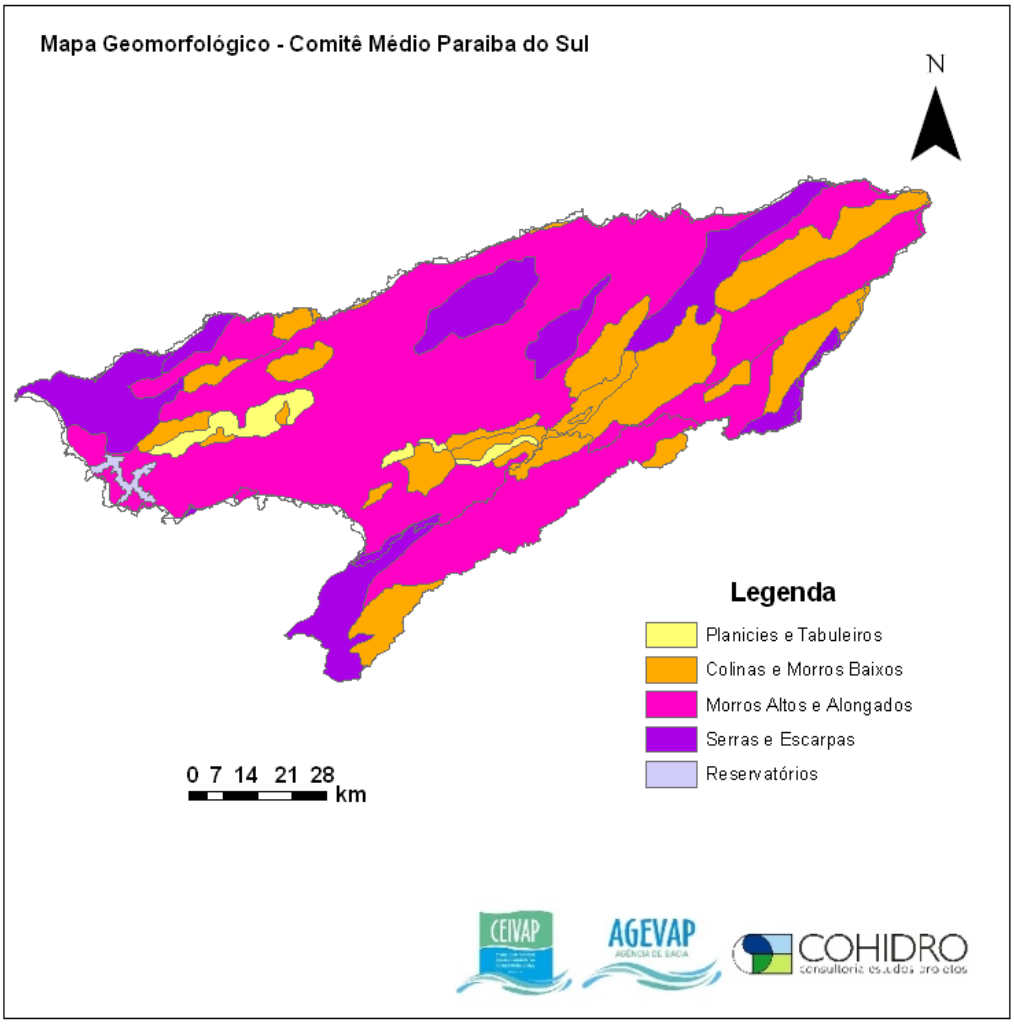


Figura 4.7 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)

4.5.3. CBH GUANDU

A região correspondente ao Comitê Guandu possui uma grande predominância de relevos de morros e serras (**Figura 4.8**) implicando em dificuldades para realização de diferentes atividades antrópicas. Os setores mais críticos situam-se na porção sudoeste onde ocorrem os relevos de serras e escarpas com predomío de declividades e variações altimétricas muito acentuadas. Ao contrário, as porções colinosas, situadas principalmente próximas aos divisores de água ressaltando um sistema amorreado com topos aplainados.

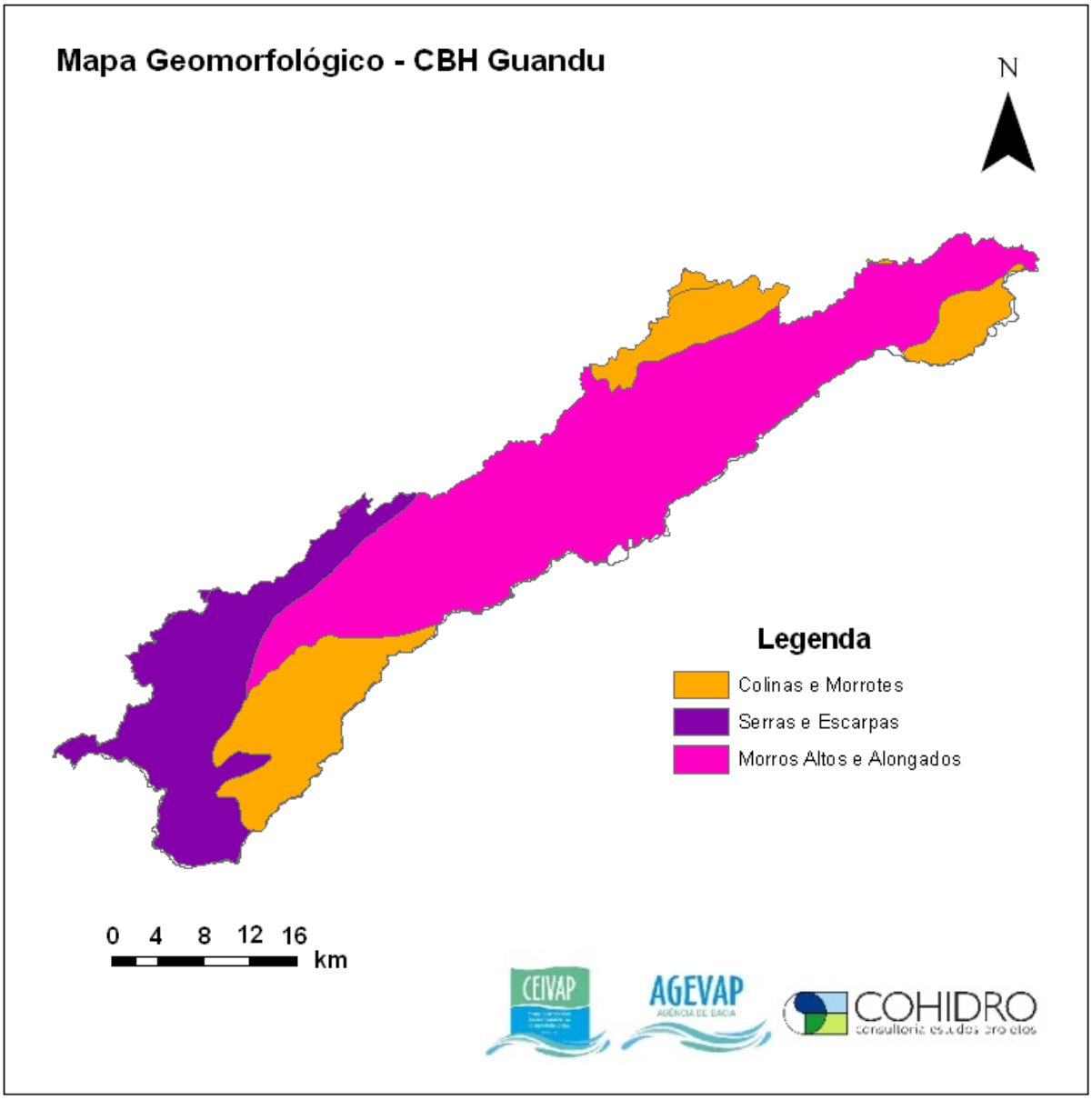


Figura 4.8 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)

4.5.4. CBH PRETO – PARAIBUNA

A região correspondente ao Comitê Preto – Paraibuna possui uma significativa diversidade de relevos formada por um sistema amorreado que vai de serras e escarpas, passando por morros altos e alongados até colinas e morrotes (**Figura 4.9**). A sua porção oeste, com predomínio de serras e escarpas, apresenta os setores mais críticos aos processos morfodinâmicos com elevado potencial para escorregamento e erosão acelerada. Ao

contrário, as porções colinosas, situadas principalmente no centro da área, representam aqueles setores com menores riscos de escorregamentos e que são, a princípio, mais favoráveis as atividades humanas urbanas e rurais.

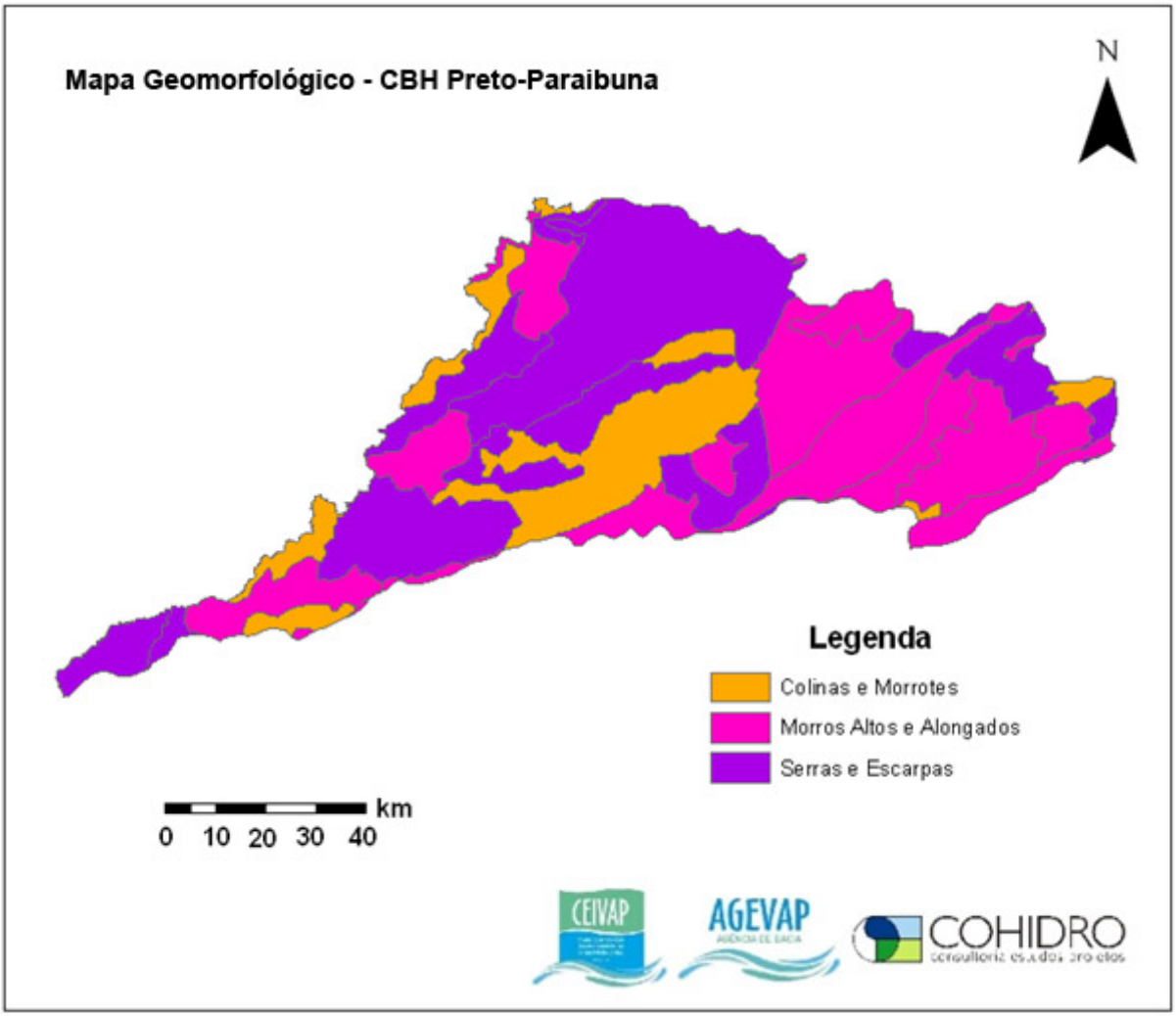


Figura 4.9 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)

4.5.5. CBH PIABANHA

O grande predomínio dos relevos de serras e escarpas (**Figura 4.10**) faz com que a região do Comitê Piabanha possua significativa vulnerabilidade aos fenômenos morfodinâmicos tanto para processos rápidos (como escorregamentos) quanto para processos lentos (erosão). Neste sentido podem apresentar restrições às atividades humanas na maior parte da área que compõe o Comitê e representam enormes riscos para as cidades situadas

nestes domínios como Petrópolis e Teresópolis. Os domínios colinosos representam, a princípio, menos riscos as atividades antrópicas por reduzirem bastante as chances de ocorrerem escorregamentos rápidos. Apenas uma pequena área, situada a sudoeste, apresenta esta condição na região que corresponde ao Comitê Piabanha.

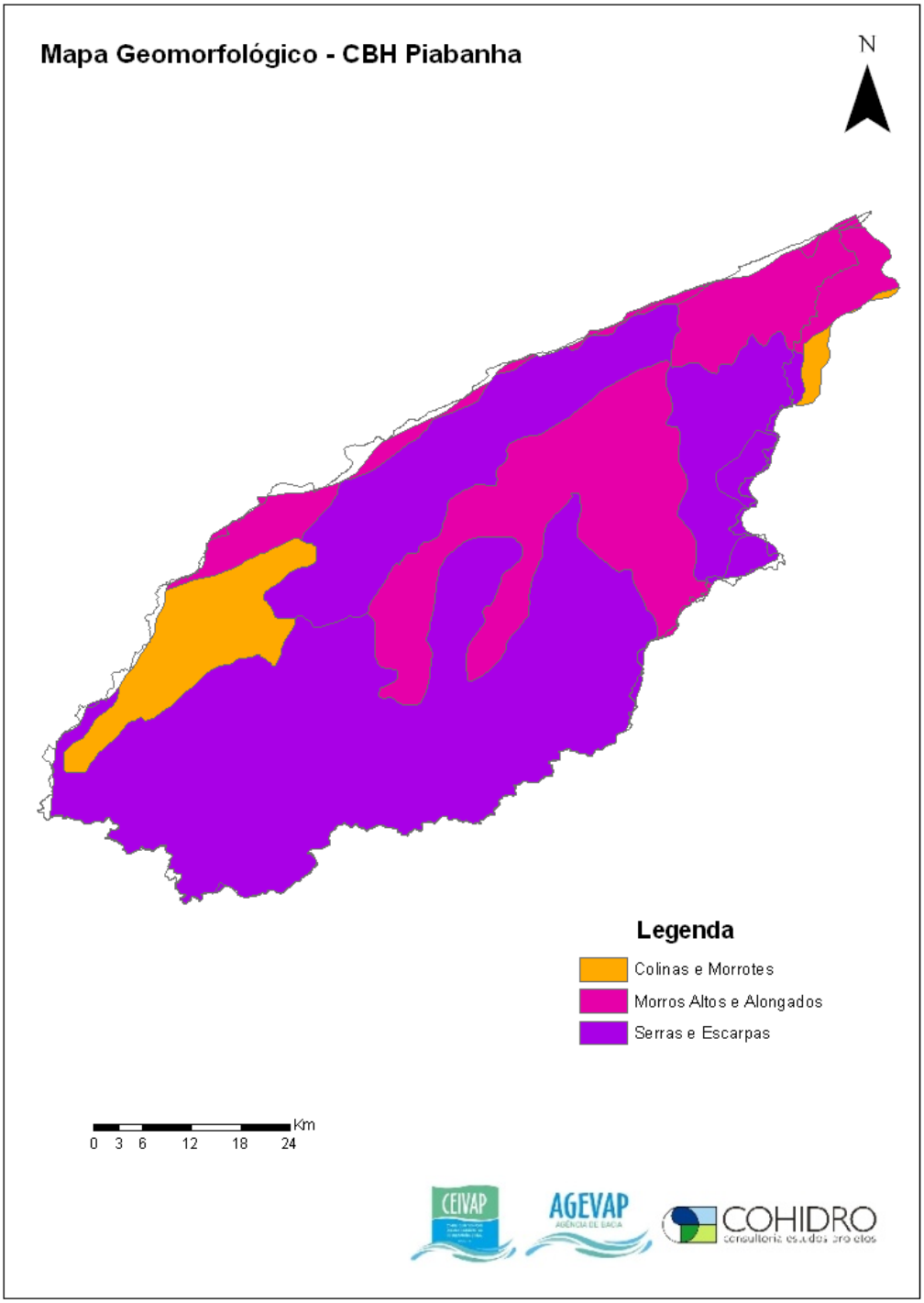


Figura 4.10 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)

4.5.6 CBH COMPE (MG)

A região do Comitê COMPÉ (MG) possui uma diversidade de relevos significativa com expressiva área de relevos colinosos contratando com outras áreas da bacia formadas apenas por relevos de morros e serras (**Figura 4.11**). Na região do Comitê COMPÉ os relevos colinosos situam-se na região central e na região norte o que possibilita maiores possibilidades de se realizar atividades antrópicas e obras de intervenção com risco geológico menor. Por outro lado, os setores com ocorrência de relevos de serras também são significativos (principalmente na porção oeste) necessitando de cuidados especiais para a realização de qualquer atividade modificadora da paisagem natural. Os relevos de morros, transição entre as serras e as colinas, ocupam a porção central e possuem elevado potencial para deflagrar processos erosivos quando associado a outras condições favoráveis como solos com textura areno-siltosa e pastagens degradadas.

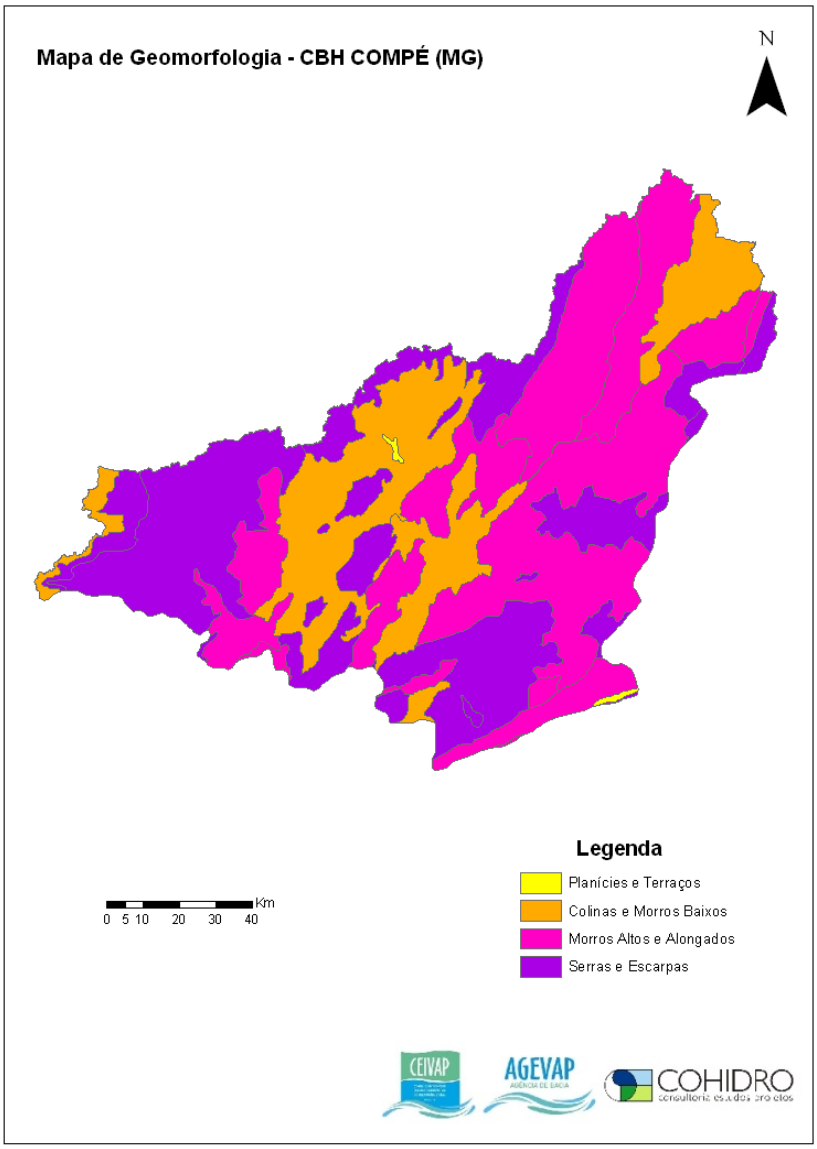


Figura 4.11 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)

4.5.7. CBH RIO DOIS RIOS

A região do Comitê Rio Dois Rios segue um padrão de relevo relativamente semelhante (**Figura 4.12**) aquele encontrado na região vizinha (Comitê Piabanha) com grande presença de relevos de serras e escarpas e morros altos e alongados com elevada vulnerabilidade as atividades antrópicas. Entretanto, a área de relevos colinosos (a oeste) associada ao relevo de morros (ao norte) estabeleceu condições para o aparecimento e desenvolvimento de várias cidades, disposta como um “corredor” indo de Nova Friburgo no extremo sul até cidades como Cambiasca e Colônia no extremo norte.

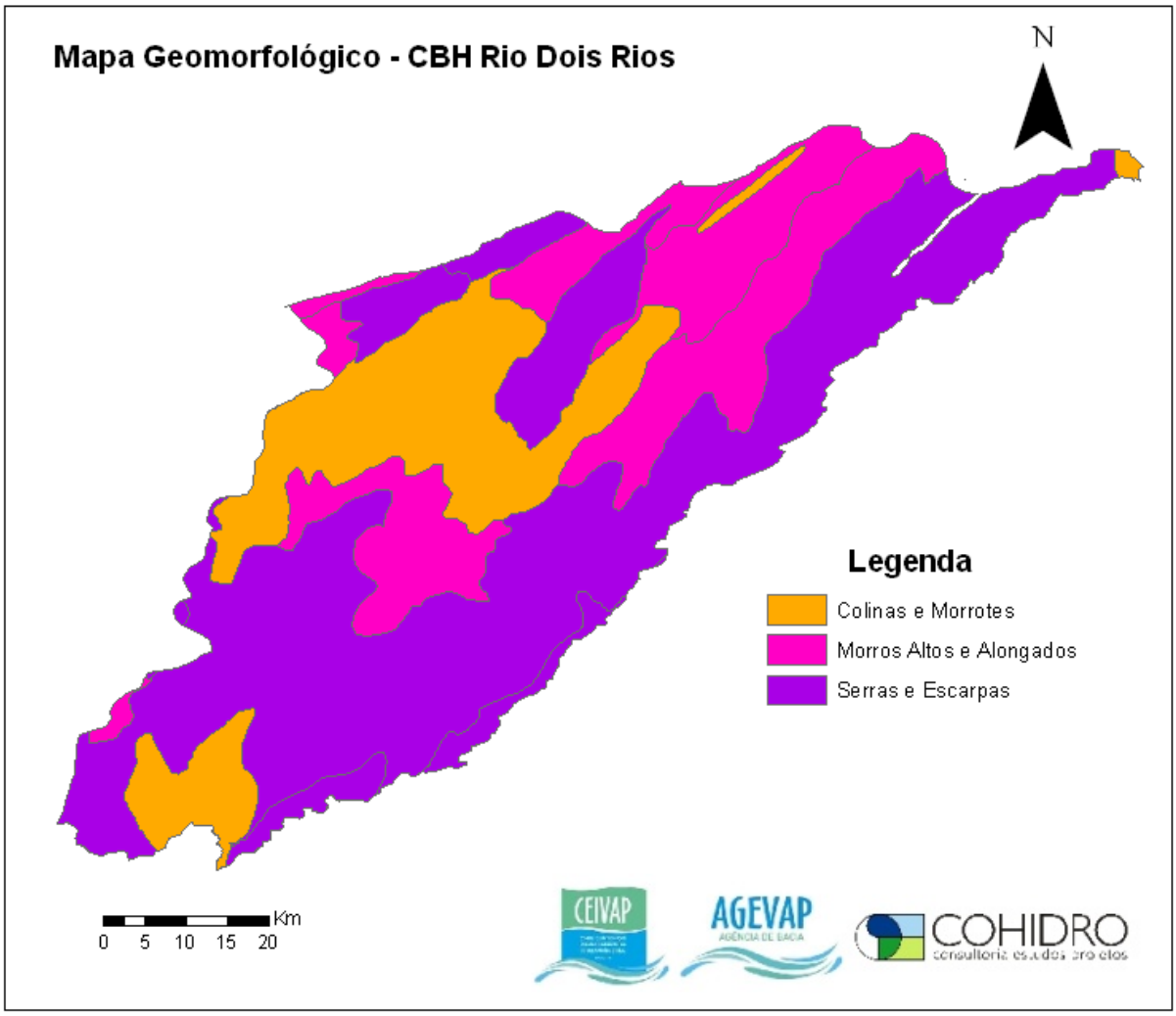


Figura 4.12 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)

4.5.8 CBH Baixo Paraiba do Sul

Refletindo a diversidade geológica, a região do Comitê Baixo Paraíba do Sul apresenta diferentes formas de relevo com predomínio de serras e morros na porção oeste e relevos de planície na porção leste (**Figura 4.13**). Um aspecto interessante é a grande quantidade de terrenos colinosos (que representam setores com relevos mais suaves) por toda a área deste Comitê. Os relevos de planície, ocupando extensas áreas, é um grande diferencial na paisagem geomorfológica da bacia do rio Paraíba do Sul. Esta área possui grande vulnerabilidade física e ambiental seja pela possibilidade de ocorrência de processos inundacionais seja pela possibilidade contaminação dos aquíferos superiores em face do nível freático ocorrer próximo a superfície.

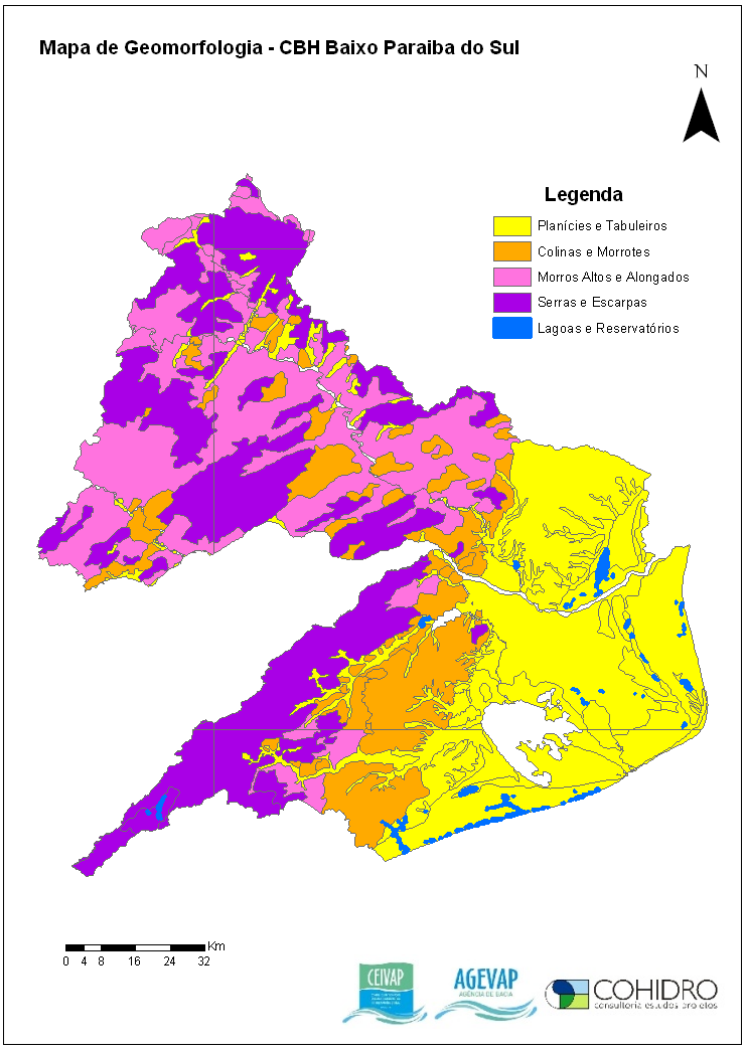


Figura 4.13 Mapa Geomorfológico da região (EPE, 2007)

4.6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A bacia do rio Paraíba do Sul possui uma grande diversidade de relevos e elevada variação quando se considera diferentes setores. Isto implica a necessidade de um conhecimento geomorfológico mais detalhado pois, devido as características dos relevos, muitas regiões apresentam elevado potencial para desastres naturais como escorregamentos e inundações. Nunca é demais lembrar que o maior desastre natural da história do país (ocorrido em 2010) situou-se no interior da bacia em região com forte presença de relevos de serras e escarpas. Além disto, a presença constante de relevos com elevadas declividades e baixíssimas declividades (próximo a cursos d´água) fazem com que se necessite ter cuidados especiais quando se considera intervenções antrópicas como

implantação de loteamentos, construção de estradas vicinais, localização de aterros sanitários e cemitérios entre outros.

Neste sentido, recomenda-se a produção de cartas geomorfológicas em escala mais detalhadas as quais serão extremamente úteis na elaboração de mapas de risco geológico, cartas de potencial de erosão, definição de traçado de estradas e definição de áreas de aterro sanitário e cemitério, entre outros.

Comitê do rio Paraíba do Sul (São Paulo)

Conforme mencionado, esta área possui grande diversidade de relevo se caracterizando por possuir uma extensa planície aluvionar a qual vem sendo ocupada por diferentes usos nem sempre compatíveis com a fragilidade desta área sujeita a inundações freqüentes, nível freático próximo a superfície e fragmentos de ecossistema de áreas ripárias. Recomenda-se que o estudo desta a área de planície seja considerada prioritária para ações futuras no sentido de melhorar os levantamentos cartográficos existentes e conhecer as relações hidrológicas entre o rio Paraíba do Sul e suas margens, propiciando a criação de mapas de zoneamento econômico e ambiental.

Comitê do Médio Paraiba do Sul

Esta região tem relativamente menos áreas críticas - presença de grandes extensões de serras e escarpas e planícies inundacionais - que as áreas vizinhas possuindo grandes domínios de relevos colinosos. Entretanto, uma das suas áreas mais críticas - planícies inundacionais associadas a bacia de Resende – encontra-se em área fortemente urbanizada que tende a ocupar as áreas de terrenos mais frágeis formadas pelos sedimentos inconsolidados aluvionares. Neste sentido, se recomenda levantamentos geomorfológicos detalhados da área da planície aluvionar no sentido de orientar a expansão das áreas urbanas e demais formas de uso.

Comitê Guandu – Sub-bacia Rio Piraí

A região do Comitê Guandu – Sub-bacia Rio Piraí possui significativa extensão associada a relevos de morros e serras e escarpa. Os setores de morros não são relacionados normalmente aos escorregamentos naturais, mas podem ocorrer deslizamentos induzidos devido a ações antrópicas localizadas e sem critérios adequados. Os setores colinosos

(mais favoráveis as atividades antrópicas) são restritos e situam-se próximo aos topos. Recomenda-se maior detalhamento das unidades geomorfológicas no sentido de subsidiar mapas de riscos e orientar intervenções antrópicas tanto rural quanto urbana.

Comitê Preto – Paraibuna

Da mesma forma que a região correspondente ao Médio Paraíba do Sul, a região do Comitê Preto - Piabanha possui muitos setores com relevos colinosos que podem ser potencialmente utilizados para diferentes atividades antrópicas. Por outro lado, a região possui também significativa extensão associada a relevos de serras e escarpas na sua porção oeste. Recomenda-se maior detalhamento destas áreas de serras e escarpas e uso prioritariamente florestal. A construção e ampliação de malha viária nesta área necessitam ser realizadas com cuidados especiais em face do grande potencial para escorregamento e erosão.

Comitê Piabanha

A região do Comitê Piabanha corresponde a uma das áreas mais críticas da bacia do Rio Paraíba do Sul devido ao amplo predomínio de relevos de serras e escarpas o que potencializa os escorregamentos como forma de evolução do próprio relevo independente de ações antrópicas. Portanto, em face da elevada fragilidade da região recomenda-se especial cuidado na elaboração de qualquer atividade antrópica seja em área rural seja em área urbana.

CBH COMPE (MG)

Geomorfologicamente a região que corresponde ao Comitê COMPE possui predomínio de relevos de morros altos e alongados e relevos com colinas e morrotes. Neste aspecto, os setores mais críticos (relevos de serras e escarpas) e com maior predomínio dos processos morfodinâmicos ocorrem a oeste e a sul da área com potencial elevado para a ocorrência de escorregamento. A região não apresenta planícies significativas e não tem, portanto, riscos maiores para processos inundacionais. Recomenda-se a elaboração de mapas de riscos geológicos para aquelas áreas de relevos mais críticos em uma escala compatível (1:50.000 a 1:25.000) com a gestão e planejamento de bacias hidrográficas.

CBH RIO DOIS RIOS

Nesta região com elevada diversidade de relevo, os setores mais críticos ocorrem na porção leste da área correspondendo a um extenso sistema de relevo com direção NE – SW com elevadas declividades, variação altimétrica e densidade de drenagem. Em face dos desastres recentes na região de Petrópolis e Teresópolis, levantamentos detalhados geomorfológicos devem ser priorizados e associados a outros parâmetros do meio físico no sentido de detectar as áreas com maior potencial aos escorregamentos.

CBH BAIXO PARAIBA DO SUL

Esta região possui elevada diversidade geomorfológica com dois domínios distintos: a oeste ocorre o predomínio de relevos de morros serras e a leste o predomínio de relevos de planícies. Neste sentido estes dois setores precisam ser avaliados e detalhados de forma diferenciada. No domínio de morros e serras predominam os processos morfodinâmicos com evolução natural da paisagem através de escorregamentos e erosão acelerada enquanto no domínio das planícies ocorrem processos deposicionais onde inundações e erosão fluvial são fenômenos associados. Para esta região recomenda-se a elaboração de mapas geomorfológicos de detalhes associados com outros parâmetros do meio físico além de estudos geomorfológicos detalhados para melhor compreensão do ambiente de transição fluvial – marinho.

5 GEOLOGIA

5.1 INTRODUÇÃO

Os aspectos geológicos se constituem no elemento básico de análise do meio físico e sua descrição é fundamental para se entender as diferenciações e diversidade do relevo e dos solos. Por outro lado, a compreensão da Geologia é também fundamental para se entender diversos aspectos relacionados aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Neste aspecto é necessário descrever as diferentes litologias (ou tipos de rochas) que ocorrem em uma região assim como reconhecer e descrever as estruturas de origem tectônica (particularmente as fraturas e falhas) as quais terão implicações diretas no armazenamento da água no subsolo.

A região do Vale do Paraíba se constitui em um ambiente geológico bastante diversificado, o qual foi responsável por se ter na região um sistema de drenagem complexo, variação de relevo e forte atuação dos processos do meio físico como erosão acelerada, presença de escorregamentos e taxas elevadas de assoreamento. Portanto, se a Geologia é um elemento normalmente difícil de ser abordado quando se trata de gestão de recursos hídricos, no caso da bacia do rio Paraíba do Sul esta questão é ainda mais difícil em face da grande complexidade que esta região sofreu durante toda a sua história geológica.

Portanto, se a Geologia é um elemento normalmente difícil de ser abordado quando se trata de gestão de recursos hídricos, no caso da bacia do rio Paraíba do Sul esta questão é ainda mais difícil em face da grande complexidade que esta região sofreu durante toda a sua história geológica. Circundada por duas grandes serras paralelas com rochas de idade precambriana (mais de 500 m.a.) esta região passou por um processo tectônico intenso iniciado durante os ciclos orogênicos Transamazônicos (em torno de 1,2 bilhões de ano) e Brasilianos (em torno de 600 milhões de anos) que deram, como resultado, rochas fortemente deformadas com a presença de estruturas dúcteis (dobramentos e zonas de cisalhamento) e rúpteis (falhas e fraturas). Posteriormente, no início do Cenozóico ocorreu a separação entre a América do Sul e a África, responsável pelo soerguimento da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira e rebaixamento da porção central correspondendo hoje ao Vale do Paraíba a partir de um conjunto de falhas normais (**Figura 5.1**) e contribuindo para a formação das bacias sedimentares de Taubaté e de Resende O rebaixamento da porção

central favoreceu a sedimentação a qual ocorreu durante o Terciário (sedimentos de origem fluvial e lagunar) e parte do período Quaternário (sedimentos aluvionares recentes formando as extensas áreas de planícies). (Almeida, 1973;. Ricomini, 1989).

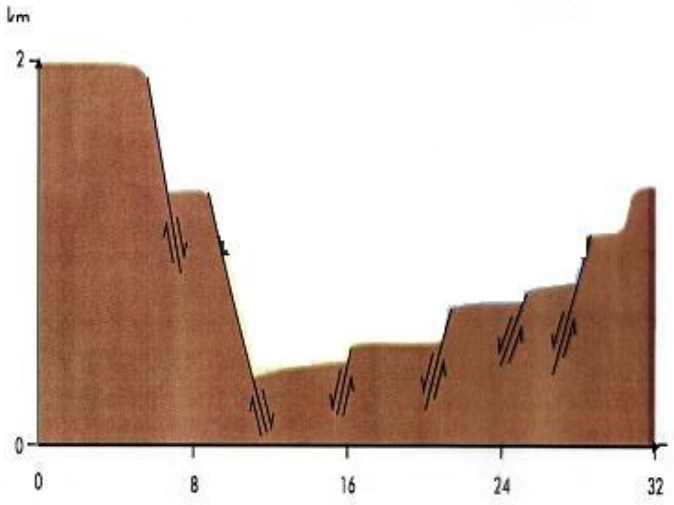


Figura 5.1 Modelo esquemático e simplificado da formação do Vale do Paraíba

5.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Diversas unidades litoestratigráficas (rochas relacionadas cronologicamente) compõem o substrato geológico da região em se insere a bacia do rio Paraíba do Sul. Um dos problemas em melhor caracterizar a geologia regional é a ausência de levantamentos geológicos de semi-detalhe e datações de rochas o que cria margem para diferentes interpretações. A maior parte dos levantamentos está em escala regional como o Mapa Geológico do Estado de São Paulo nas escalas 1:500.000 (Almeida et al., 1981) e na escala 1:250:000 (Landim, 1994), o mapeamento geológico da porção paulista designado de Projeto MAVALE, na escala 1:250.000 e o levantamento realizado por Hasui et al. (1978), também para a bacia do Paraíba do Sul em escala 1:250.000. Levantamentos em escala de detalhe ocorrem especificamente ppara algumas regiões como aquele realizado por Carneiro et al. (1978) para a Folha São José dos Campos, escala 1:100.000 , e do IPT (1990) para as folhas topográficas São José dos Campos, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba na escala 1:50.000. No caso do Estado do Rio de Janeiro foi produzido o

Mapa Geológico do Estado em escala 1:400.000 pelo DNPM (Fonseca, 1998), sendo revisado em escala 1:250.000 com os dados migrados para a escala 1:400.000. Para Minas Gerais foi produzido pela Codemig, em 2003, um mapa geológico para o estado atualizando uma base de 1004 a partir de uma parceria com a CPRM.

Entretanto, a maioria destes levantamentos não se encontram disponíveis em formato SIG. Uma das poucas exceções é o Mapa Geológico do Estado de São Paulo em escala 1:250.000 (Landim, 1994) o qual foi recentemente disponibilizado em formato ArcGIS e que será apresentado no decorrer deste trabalho.

5.3 GRUPOS DE ROCHAS

A ausência de um levantamento geológico em escala 1:100.000 (ou maior) cobrindo toda a região da bacia do rio Paraíba do Sul tornam mais difíceis as interpretações geológicas e também dificultam a utilização dos elementos geológicos como suporte para o planejamento e gestão de bacias hidrográficas.

Entretanto apesar destas dificuldades para o detalhamento mais individual e local das unidades geológicas é possível caracterizar bem os grandes domínios geológicos utilizando como base, a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo produzida pela CPRM em escala 1:1.000.000 e que reúne o conhecimento de um século de levantamentos geológicos no país. Para tornar esta informação útil se optou por buscar uma simplificação considerando os tipos principais de rochas, ao invés do nome das unidades, que trariam um detalhamento muito grande e que seriam pouco aplicados a gestão e monitoramento dos recursos hídricos.

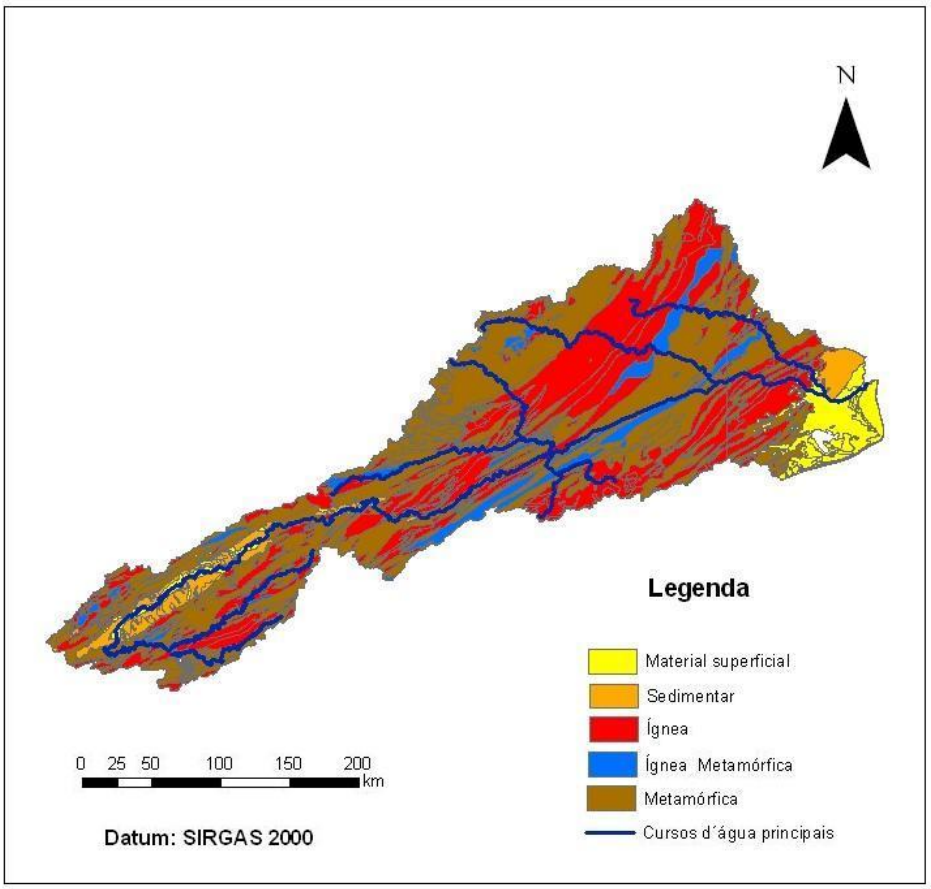


Figura 5.2 Mapa Geológico Simplificado evidenciando os principais corpos de rochas (CPRM - Mapa Geológico ao Milionésimo, modificado)

Rochas metamórficas – Formadas por rochas como xistos, gnaisses diversos, migmatitos, quartzitos e mármores. Esta unidade ocorre em grande extensão na área de estudo particularmente associado aos sistemas de serras e montanhas. Estas rochas são normalmente caracterizada por uma expressiva foliação devido a orientação dos minerais que a contém. Ambos gnaisses e xistos possuem uma foliação bem penetrativa sendo que os primeiros são formados por quartzo e feldspatos enquanto nos segundos predomina uma estrutura micácea. Quartzitos e Mármores ocorrem em menor quantidade e são caracterizados por serem macoços, monomineralícos e normalmente sem planos de foliação.

Figura 5.3 Planos de foliação de rochas metamórficas

Rochas Ígneas-Metamórficas – correspondem a rochas miloníticas, ou seja, rochas que foram fortemente afetadas pelo tectonismo e acompanham alguns dos lineamentos conforme se vê na **Figura 5.3**.

Rochas ígneas - correspondem as rochas de composição predominante graníticas, as quais foram intrudidas nas seqüências de rochas metamórficas do entorno. Estas rochas intrusivas podem ser sin-tectônicas ou pós-tectônicas. As primeira apresentam evidências de foliação metamórfica tendo ocorrido sua intrusão durante o tectonismo e o funcionamento das grandes zonas de cisalhamento. As segundas ocorreram entre o final do Proterozóico Superior e o Cambro-Ordoviciano (em torno de 550 a 450 ma) nos quais os processos de deformação já não estarem presentes. Isto pode ser constatado pela ausência de foliação ou orientação dos minerais.. A maior parte destas rochas graníticas ocorre paralela aos grandes cisalhamentos conforme se observa na **Figura 5.3** com orientação NNE-SSW. A **Figura 5.4** mostra exemplos de duas rochas ígneas pós-tectônica com composição granítica e textura homogênea.

(a)

(b)

Figura 5.4 Exemplo de rochas ígneas homogêneas de composição granítica

Rochas sedimentares – As mais significativas bacias sedimentares da região se encontram inteiramente inserida no complexo cristalino e, ao contrário de outras bacias, como a do Paraná, possuem uma origem tectônica daí seu formato linear. Ocupam uma pequena superfície nas bacias hidrográficas do alto e médio Paraíba do Sul (**Figura 5.2**). De fato, estas bacias sedimentares possuem uma orientação sub-paralela aos principais traços estruturais da região de orientação NE-SW como as zonas de cisalhamento e os traços geomorfológicos constituídos pelas serras da Mantiqueira e do Mar. A maior parte dos trabalhos foi realizada nas décadas de 70 e 80 e, entre eles, pode-se citar Carneiro et al. (1976), Hasui e Ponçano (1978), Ricomini (1989). Estes trabalhos foram principalmente baseados em mapeamentos geológicos de superfície e dados de sub-superfície como poços para a captação de água subterrânea e de sondagem para avaliação econômica dos folhelhos betuminosos que ocorrem principalmente na região de Tremembé. A partir da década de 90 houve um significativo crescimento no conhecimento destas bacias sedimentares, com a utilização de estudos geofísicos baseados em diversos métodos como gravimetria, magnetometria e geotermia sísmica. As rochas sedimentares foram depositadas em um ambiente deposicional fluvio-lagunar que incluem argilitos, folhelhos, arenitos e conglomerados formando as bacias maiores de Taubaté e de Resende. A bacia de Taubaté conforme Fúlfaro e Bjomberg (1993), é representada pelo Grupo Taubaté com as formações Tremembé (predominantemente folhelhos e argilitos), e Caçapava (predominantemente arenitos). No caso da bacia de Resende, Amador (1975) e Amador e Castro (1976) descreveram e individualizaram seqüências constituídas de lentes areno-argilosas a quem designaram de formação Floriano e formação Volta Redonda e que foram depositados abaixo dos sedimentos inconsolidados.

Sedimentos inconsolidados – Os sedimentos aluvionares correspondem tanto aqueles associados a dinâmica atual dos rios quanto aqueles que se encontram na forma de terraços e que foram depositados durante o Quaternário. Estes sedimentos são particularmente encontrados ao longo das principais drenagens como os rios Paraibuna, Paraitinga, Paraíba do Sul e também relacionados aos seus principais afluentes (Figura 3).. De uma maneira geral, sua composição é variada incluindo sedimentos argilosos, siltes e areias com intercalações de cascalho. Conforme destacam Fúlfaro e Bjomberg (1993), as várzeas mais expressivas da região encontram-se associadas às bacias de Taubaté e Resende. A bacia de Resende foi mapeada por Amandor (1975) que destacou uma seqüência inconsolidada formada por areia média a grossa tendo na parte superior uma camada de seixos Ao longo do rio Paraiba do Sul também encontra-se argilas orgânicas pretas, lamitos avermelhados, esbranquiçados, lamitos arenosos e areias e cascalheiras (IPT, 1990). Fechando o quadro de sedimentos inconsolidados mais expressivos, na região deltaica do rio Paraíba do Sul encontram-se sedimentos areno-argilosos que constituem segundo Hasui et al. (1984), terraços sub-recentes de origem fluvial

5.4 ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

Conforme mencionado anteriormente, as rochas precambrianas da região (ígneas e metamórficas) foram muito afetadas pelo tectonismo deixando, como evidência, um conjunto de estruturas geológicas onde se destacam as zonas de cisalhamento e as fraturas, ambas são genericamente designadas como “lineamentos”.

Hasui et al. (1978) destacam a importância dos grandes cisalhamentos que ocorrem nesta parte do país e são responsáveis pela compartimentação tectônica regional com predominância da orientação NNE-SSW conforme observada na **Figura 5.5**. Cabe destacar que esta orientação corresponde aquela do rio Paraíba do Sul. Além disto ocorrem corpos graníticos com formato alongados que acompanham também a direção dos principais lineamentos.

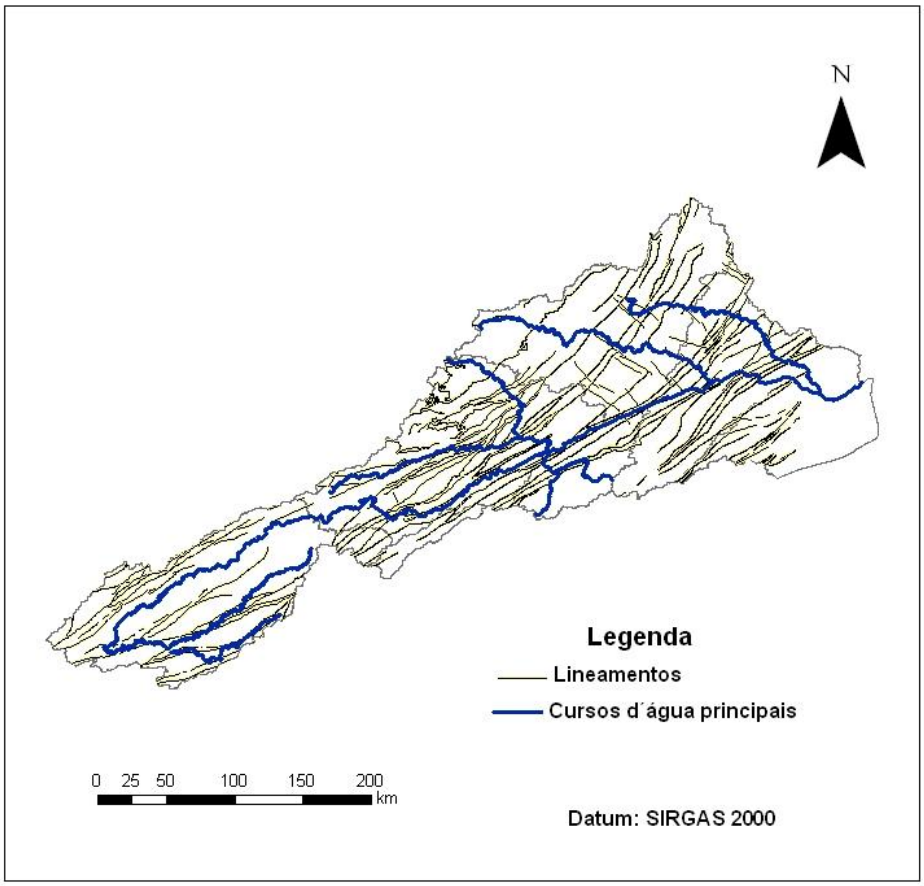


Figura 5.5 Mapa com a drenagem principal e as principais estruturas regionais

As rochas miloníticas, que ocorrem como produto da movimentação destes lineamentos, são reconhecidas em escala local pelo desenvolvimento de planos de foliação verticais devido aos efeitos do movimento que reorientaram estes planos (**Figura 5.6**).

Figura 5.6 Planos de foliação vertical (milonitos) associados às zonas de cisalhamento

Quando se analisa uma determinada região em escala mais detalhada se observa que, além dos lineamentos principais de orientação NNE-SSW, ocorrem lineamentos em diversas direções. A **Figura 5.7** apresenta pelo menos, quatro direções preferenciai: NE-SW, NNW-SSE, N-S e ESE-WNW.

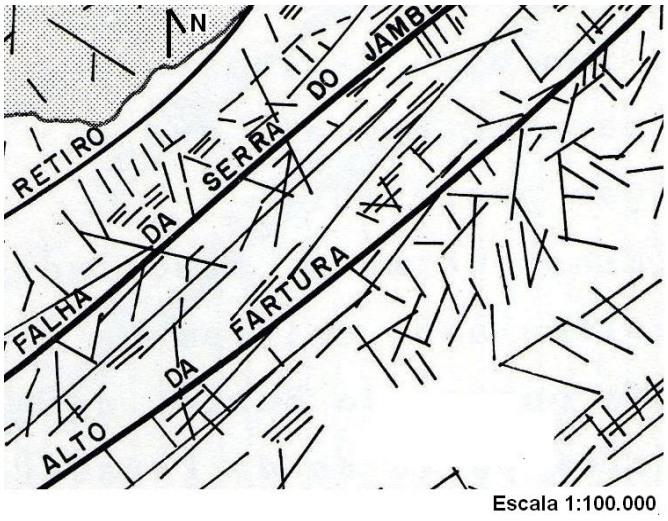


Figura 5.7 Mapa de Estruturas da Folha São José dos Campos, escala 1;100.000

Em escala local (poucos centímetros) pode-se ver os efeitos da movimentação tectônica sobre as rochas. Estes fraturamentos em várias direções e com elevada densidade fazem a rocha se fragmentar facilmente sendo designada de “cataclasito” (**Figura 5.8**) Estas

estruturas permanecem nas formações superficiais (solos) como “estruturas reliquiares” contribuindo para acelerar os processos erosivos lineares.

Figura 5.8 Exemplo de cataclasito onde o fraturamento em escala local torna a rocha bem frágil e pouco resistente

Quando recortam níveis de solos alterados (horizonte C), estes lineamentos produzem solos com elevada fragilidade que favorecem o aparecimento de estruturas lineares como sulcos e ravinas conforme se observa na **Figura 5.9**. Portanto a identificação destes lineamentos é importante para a execução de cortes de estradas em locais adequados e com procedimentos construtivos adequados.

Figura 5.9 Corte de estrada com a presença de ravinas em local recortado por lineamento Bacia do Uma

Apesar de reduzir muito a resistência das rochas, o fraturamento intenso e em várias direções tem um aspecto positivo. Nas regiões de rochas cristalinas com baixíssimas porosidades e permeabilidades esta é a única maneira de obter água subterrânea. A diversidade de direções de fraturas favorece a interconexão da água e a possibilidade de se obter vazões maiores.

5.5 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS

5.5.1 CBH – PARAÍBA DO SUL (SP)

A porção paulista da bacia do rio Paraíba do Sul possui uma geologia bastante diversificada quando comparada aos demais setores da bacia. As rochas metamórficas (particularmente gnaisses e migmatitos) têm amplo predomínio espacial seguido das rochas ígneas (de composição granítica) (**Figura 5.10**). Os corpos ígneos estão bem orientados, seguindo a direção principal das estruturas, sendo constituídos de rochas sin-tectônica ou seja, são rochas de composição mineral de origem ígnea mas que apresentam planos de foliação. Estes planos de foliação reduzem a resistência das rochas e criam problemas geotécnicos quando são realizados obras de engenharia, como por exemplo cortes de estradas, ampliando a atividade erosiva acelerada.

Certamente uma característica geológica que chama a atenção é a bacia sedimentar do Taubaté, de orientação NE-SW, formada por sedimentos de composição diversa e já discutida anteriormente. Esta bacia oferece condições positivas e negativas para a sua utilização. Por um lado tem um potencial elevado para água subterrânea e exploração de areia para construção civil e, por outro, se caracteriza por uma região de elevada vulnerabilidade aos desastres naturais como inundação restringindo a expansão das áreas urbanas.

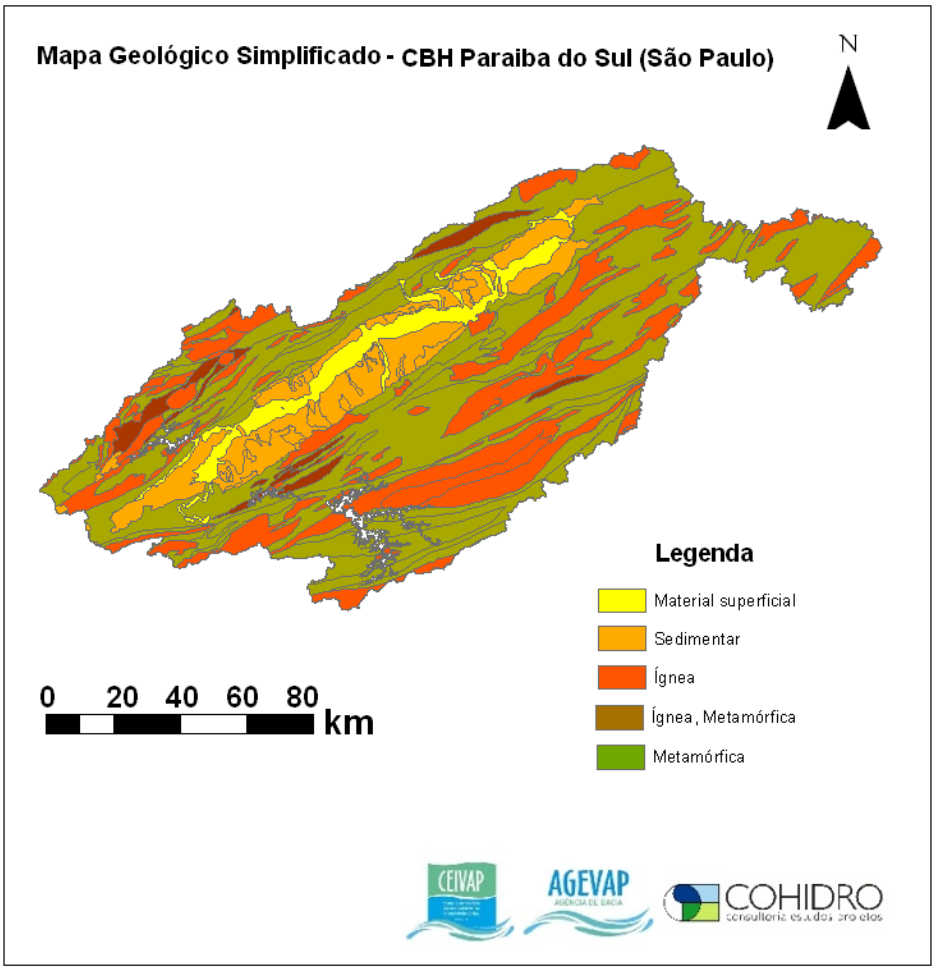


Figura 5.10 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada)

Conforme mencionado anteriormente, a descrição geológica foi baseada no levantamento da CPRM 1:1.000.000 cobrindo toda a bacia. Entretanto é importante destacar que existem levantamentos geológicos georreferenciados em escala de maior detalhe que cobrem a bacia do rio Paraíba do Sul, porção São Paulo. Este é o caso do Mapa Geológico do Estado de São Paulo em escala 1:250.000, mostrado na **Figura 5.11**. Este levantamento contribui para um melhor detalhamento geológico e tectônico particularmente dos corpos graníticos, das seqüências sedimentares da bacia do Taubaté e dos grandes lineamentos regionais.

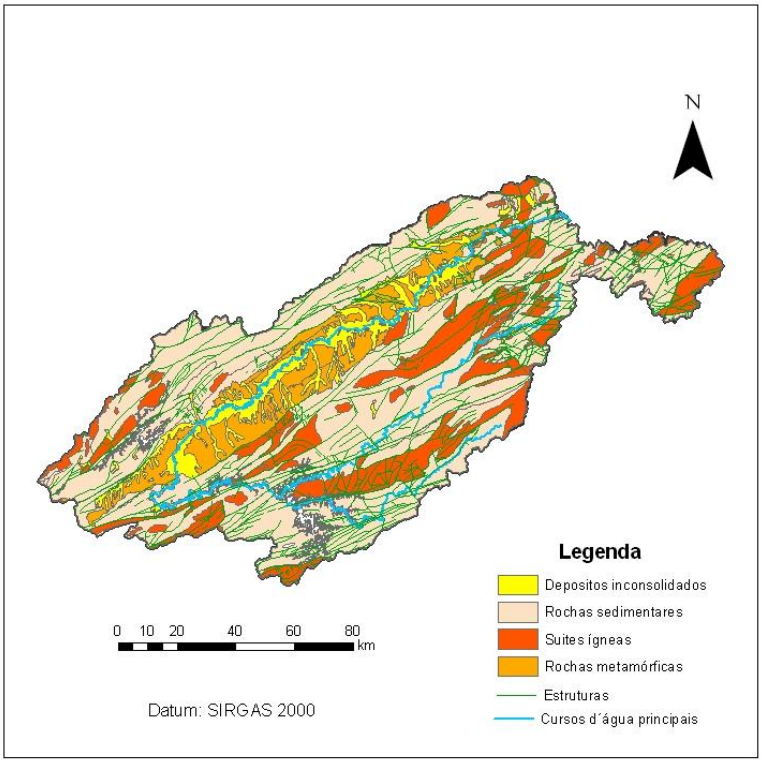


Figura 5.11 Mapa geológico da região (UNESP - Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:250.000, modificado)

5.5.2 CBH MÉDIO PARAÍBA DO SUL

A região do Comitê do Médio Paraíba do Sul possui um predomínio de rochas de composição ígneas que se alternam com as rochas metamórficas (**Figura 5.12**). Fortemente orientadas segundo a direção dos principais lineamentos e estruturas regionais. Ao contrário da região em que se encontra a porção paulista, a área da bacia sedimentar existente no CBH Médio Paraíba do Sul é bem menos restrita correspondendo a uma pequena área na porção oeste formada pelos sedimentos da bacia de Resende. Esta pequena porção tem grande importância para os recursos hídricos subterrâneos por se tratar de sedimentos que possibilitam armazenamento de água nos poros e com potencial de vazões maiores. Este aspecto será melhor tratado no item sobre hidrogeologia.

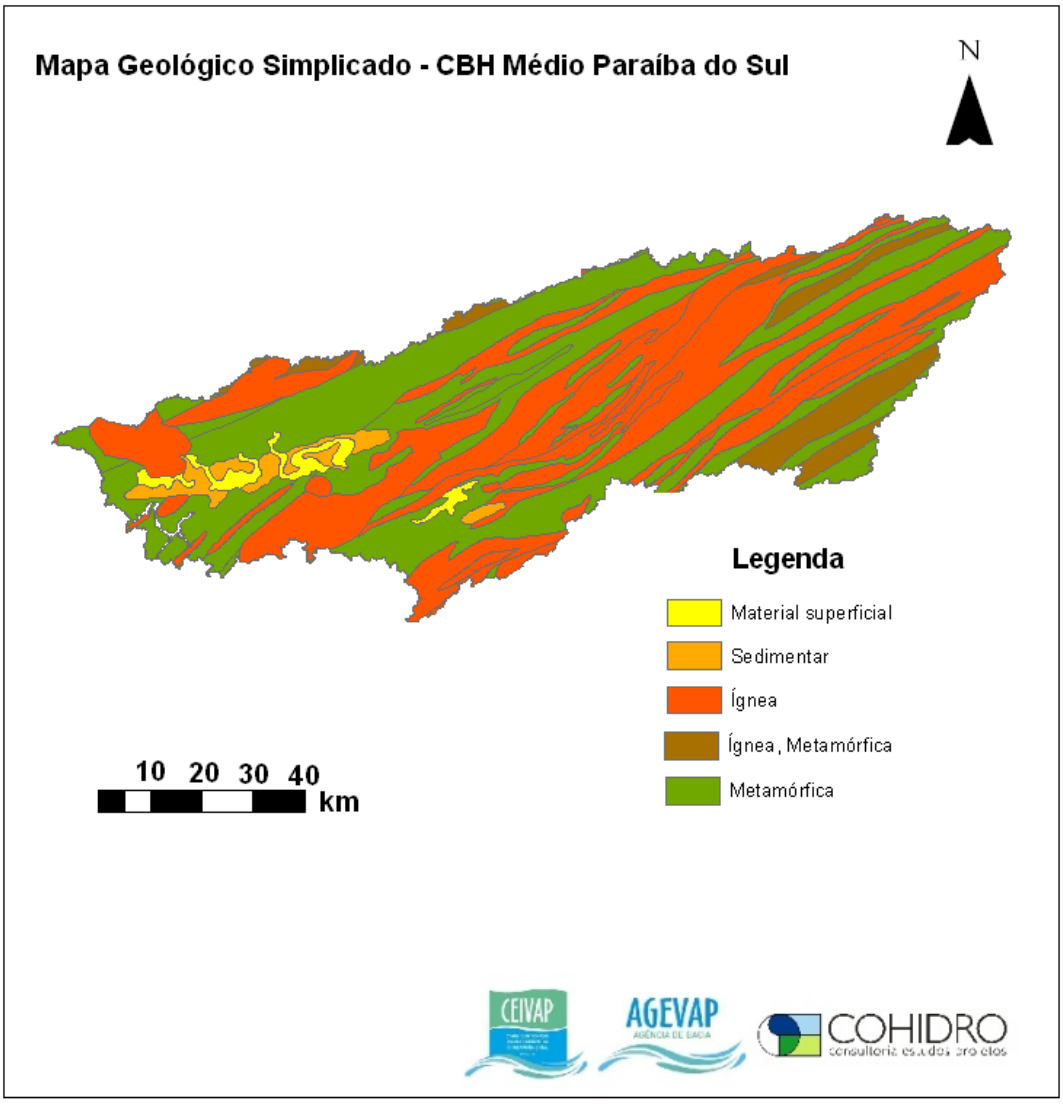


Figura 5.12 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada)

5.5.3 CBH GUANDU – SUB-BACIA RIO PIRAÍ

A região do comitê Guandu – Sub-bacia Rio Piraí está totalmente em área de rochas cristalinas tendo a região oeste predomínio de rochas ígneas alongadas e a região leste composta de rochas metamórficas (principalmente gnaisses e migmatitos) e rochas que correspondem a um misto de ígnea e metamórfica (**Figura 5.13**).

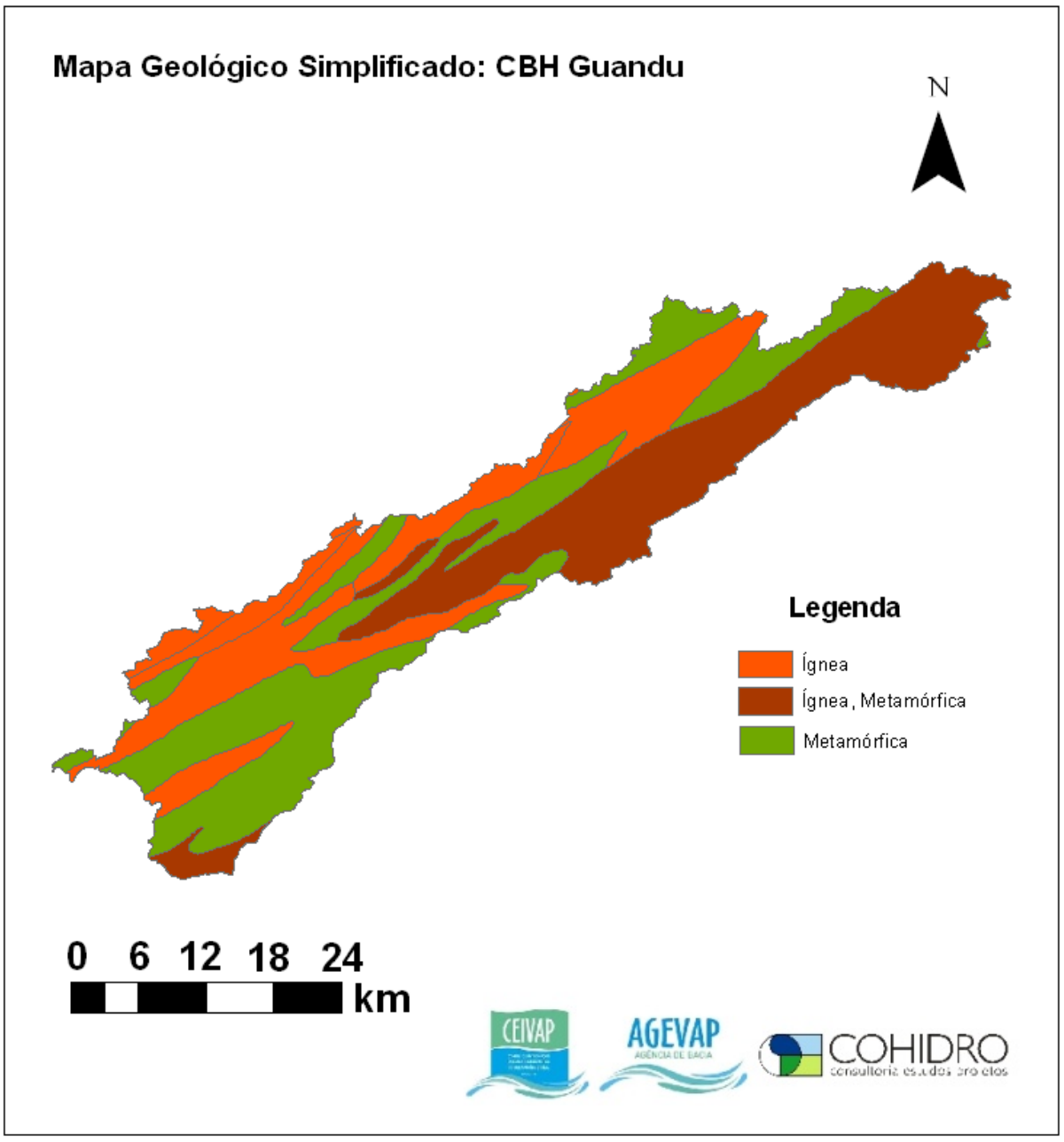


Figura 5.13 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada)

5.5.4 CBH PRETO – PARAIBUNA

A região do comitê CBH Preto – Paraibuna está totalmente em área de rochas cristalinas tendo a região oeste predomínio de rochas metamórficas (principalmente gnaisses e migmatitos) e a região leste composta de corpos ígneos alongados de composição granítica

(**Figura 5.14**). Uma pequena porção de rochas ígneas-metamórficas estão concentradas no extremo sul da região do comitê Preto – Paraibuna. A ausência de bacias sedimentares restringe o potencial desta área para água subterrânea pois dependem apenas dos sistemas de lineamentos para o armazenamento de água. Por outro lado, este ambiente de rochas ígneas e metamórficas favorece o predomínio de relevos com elevadas altitudes e acentuadas declividades dificultando a expansão das áreas urbanas e potencializando os escorregamentos.

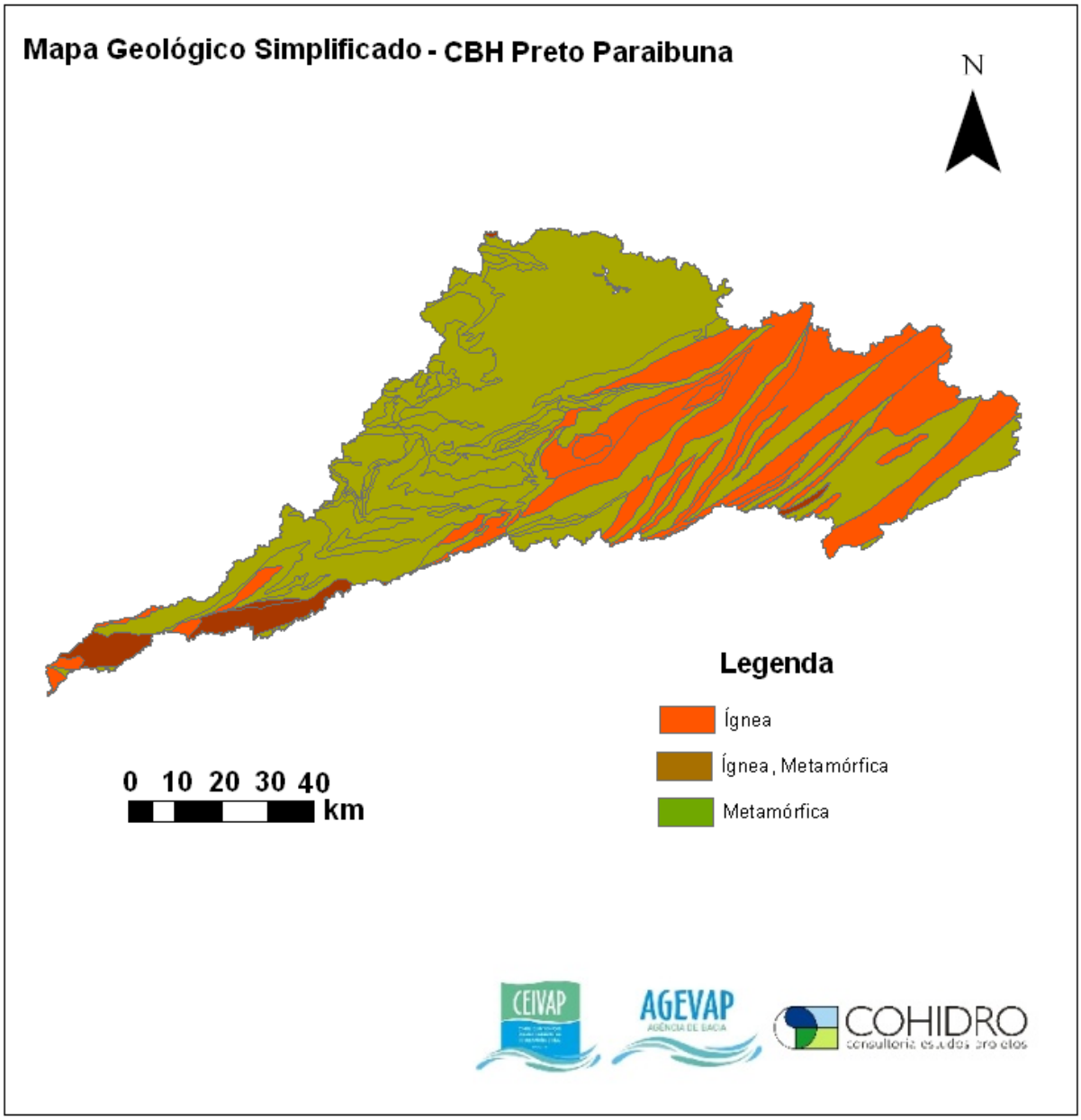


Figura 5.14 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada)

5.5.5 CBH PIABANHA

Da mesma forma que a região do Comitê Preto-Paraibuna, a região do Comitê Piabanha é também composta apenas de rochas cristalinas onde as rochas metamórficas e ígneo-metamórficas ocupam extensa área na porção oeste e as rochas ígneas ocorrem na porção sudeste (**Figura 5.15**). As condições geológicas são as mesmas da região do Comitê Preto-

Paraibuna, ou seja, recursos hídricos subterrâneos dependentes da existência de uma boa rede de fraturas e condições de urbanização prejudicadas pelo contexto geológico-geomorfológico com potencial favorável para a deflagração dos escorregamentos.

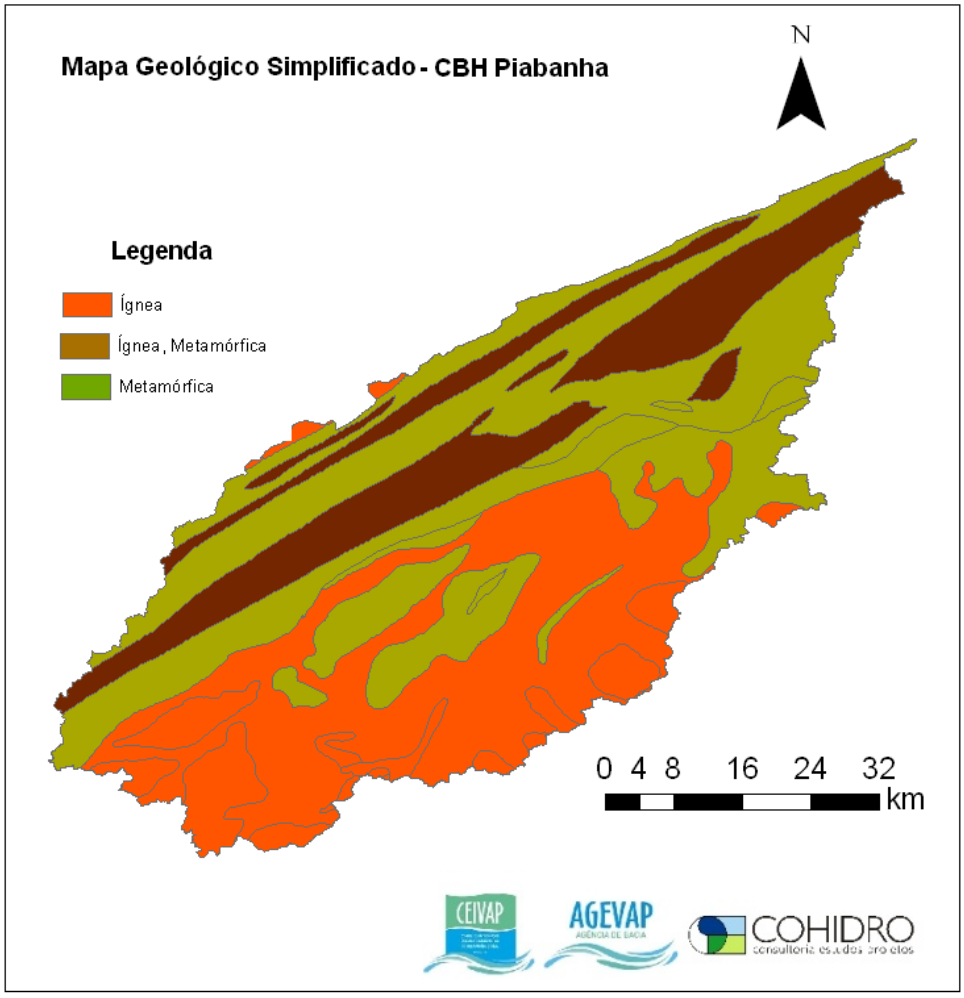


Figura 5.15 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada)

5.5.6 CBH COMPE (MG)

A região do Comitê Compe está sob domínio quase integral das rochas ígneas e metamórficas (**Figura 5.16**). As rochas ígneas predominam no centro enquanto as rochas metamórficas ocorrem em duas faixas de direção NE-SW a oeste e leste da área. Áreas constituídas de um misto de ígneas e metamórficas também ocorrem em faixas paralelas aos demais grupos de rochas. Apenas uma área inexpressiva da região é constituída de sedimentos associados ao sistema de drenagem.

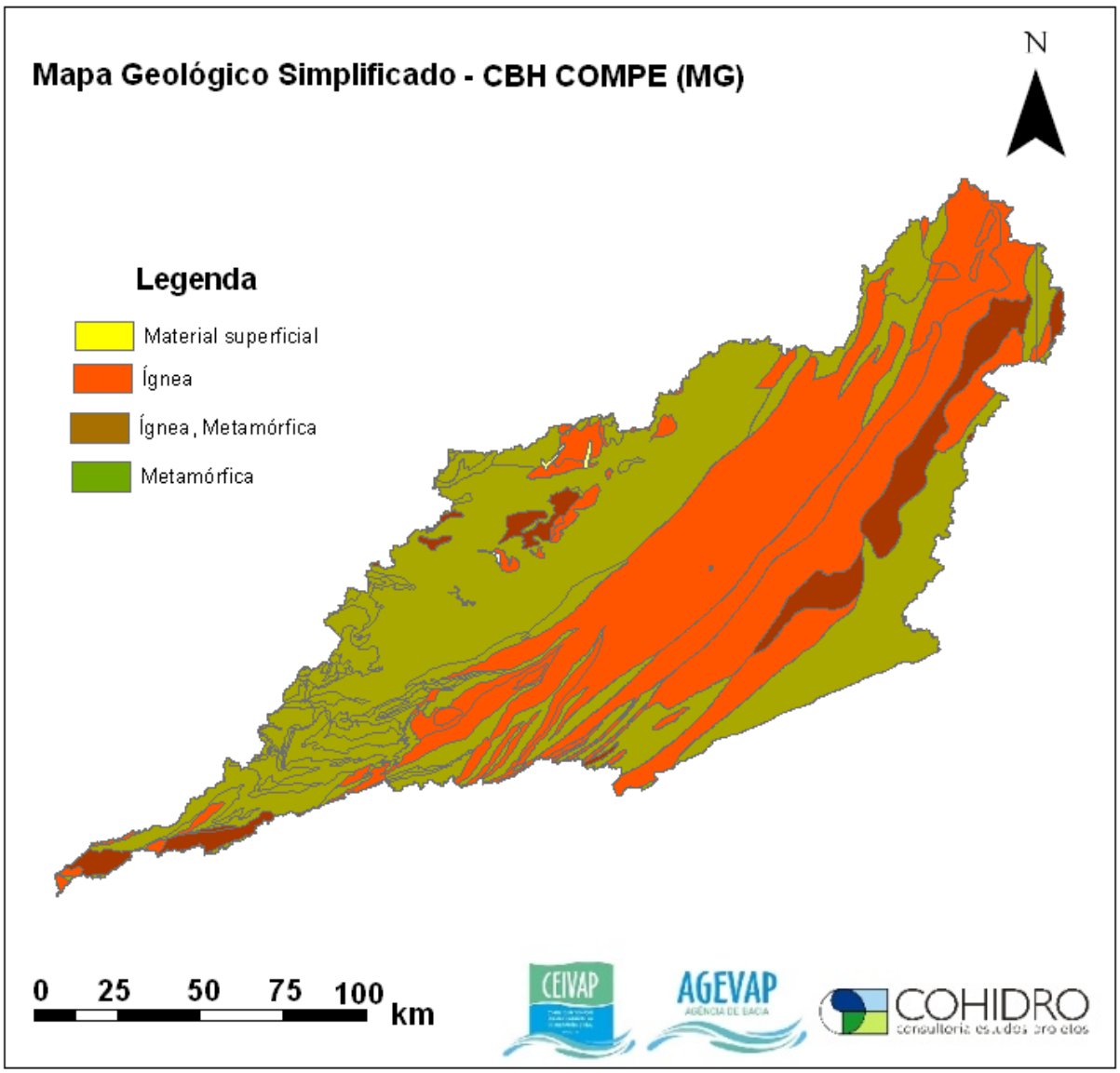


Figura 5.16 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada)

5.5.7 CBH RIO DOIS RIOS

A região do Comitê Rio Dois Rios também segue o padrão geológico das regiões vizinhas com alternância de rochas ígneas e metamórficas e praticamente ausência de rochas sedimentares (**Figura 5.17**).

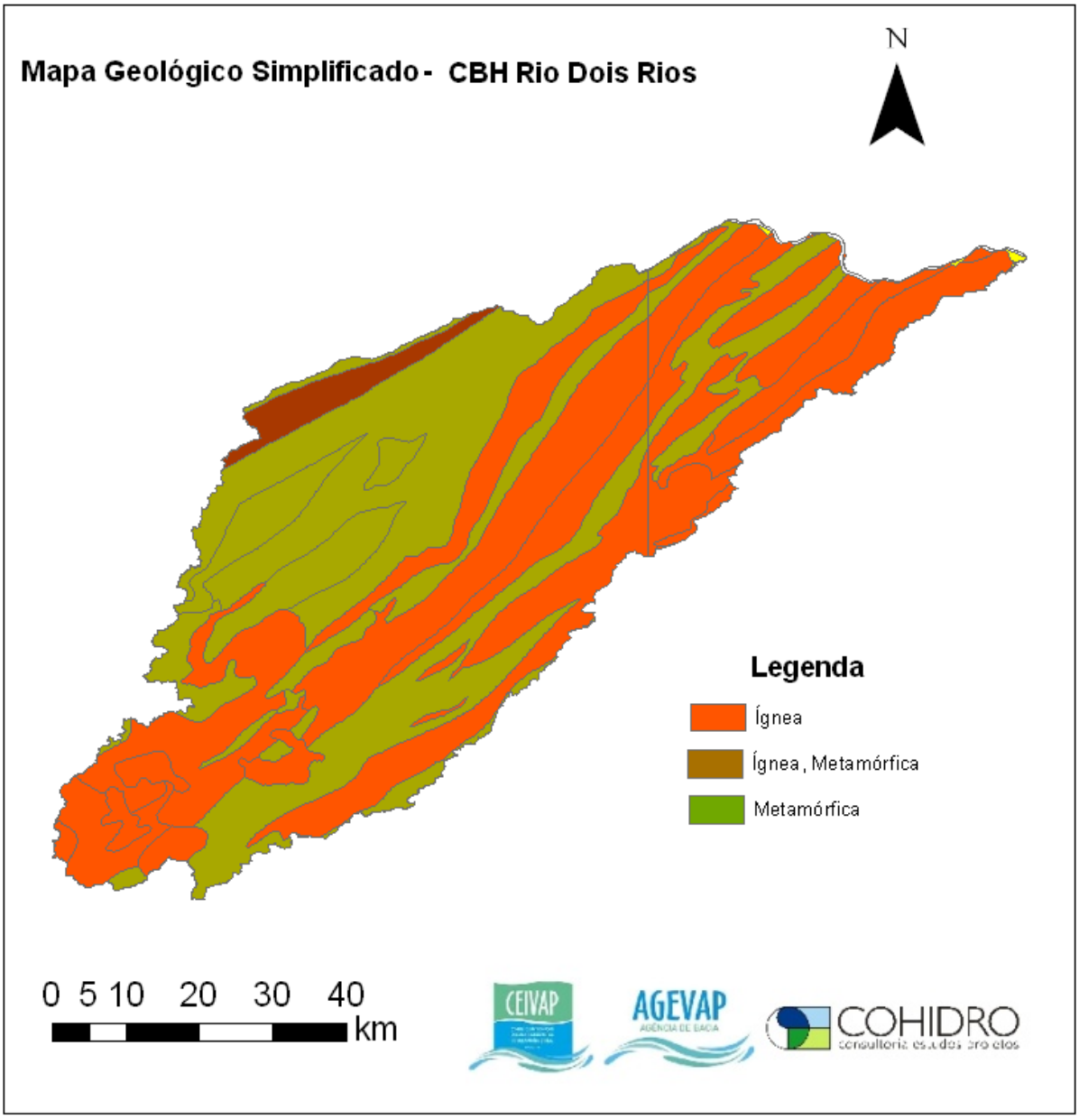


Figura 5.17 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada)

5.5.8 CBH BAIXO PARAÍBA DO SUL

A região do Comitê do Baixo Paraíba do Sul está situado em um contexto geológico bastante diversificado (**Figura 5.18**) contrastando com as regiões dos comitês situados a montante. Na porção oeste predomina rochas ígneas e metamórficas enquanto na porção leste predomina as seqüências sedimentares do Grupo Barreira e dos sedimentos aluvionares ligados ao sistema deltaico-estuarino do rio Paraiba do Sul. Neste sentido, esta

região juntamente com a aquela do comitê Paraiba do Sul – São Paulo oferece mais oportunidades em termos de exploração de recursos naturais tanto para água subterrânea como para uma grande diversidade de substâncias minerais. Este aspecto será abordado no item referente a recursos minerais.

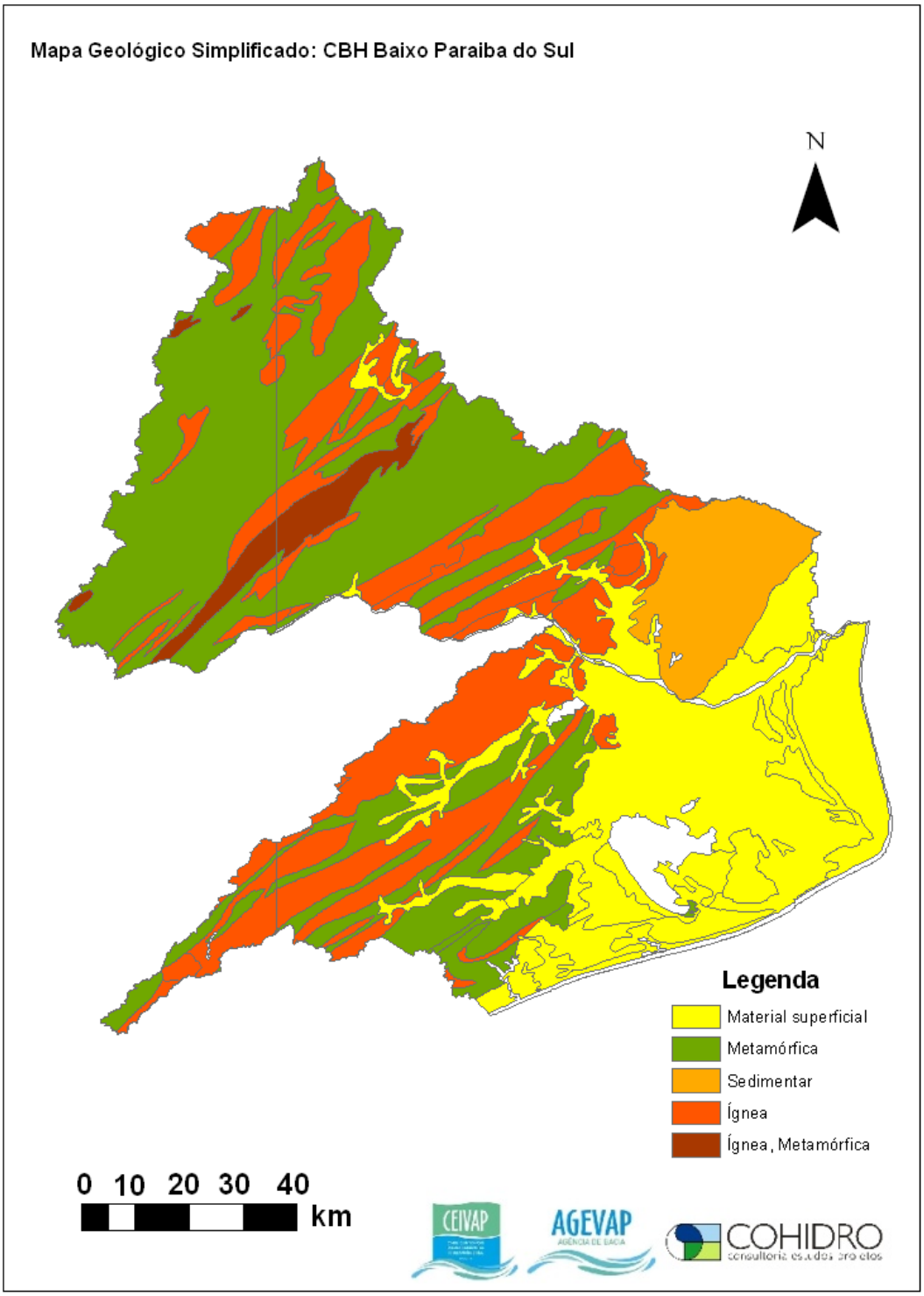


Figura 5.18 Mapa geológico da região (CPRM - Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, modificada)

5.6 CONCLUSÕES

Conforme mencionado o conhecimento geológico de uma bacia hidrográfica se constitui um elemento fundamental para a compreensão de vários fenômenos e processos que acontecem assim como é importante para uma melhor gestão da bacia. Entre os principais aspectos que o conhecimento geológico pode contribuir se pode destacar:

Compreensão dos sistemas de drenagem – Parte dos sistemas de drenagem é controlado pela tectônica. O próprio traçado anômalo do Paraíba do Sul é fruto da tectônica regional;

Movimentos de massa – O conhecimento geológico se constitui um dos alicerces científicos básicos para se compreender os mecanismos que atuam nos escorregamentos;

Processos erosivos – A caracterização dos tipos de rocha e da presença de estruturas é fundamental para identificar as áreas com maior suscetibilidade aos processos erosivos;

Áreas de recarga – Para caracterizar o potencial dos aqüíferos granulares é fundamental o detalhamento das unidades sedimentares e para a identificação do potencial dos aqüíferos fissurais é fundamental o detalhamento dos lineamentos e fraturas no sentido de identificar os locais com maior densidade e diversidade destas estruturas.

Delimitação das áreas de inundação – para a delimitação destas áreas é necessário o aprimoramento de metodologia que considere parâmetros geológicos e geomorfológicos assim como dados climatológicos. A delimitação das áreas de várzea assim como o reconhecimento e identificação dos antigos terraços de deposição de idade Quaternária possibilita colocar o fenômeno de inundação sob uma perspectiva temporam e espacial mais ampla.

Atividade minerária associado aos recursos hídricos – A atividade de areia em cavas tem implicações diretas sobre a dinâmica dos cursos d´água da região. O detalhamento geológico das áreas de aluvião (em três dimensões) possibilita conhecer as áreas com maior potencial minerário e aquelas áreas onde esta atividade não deve ser realizada complementando ou revisando o Zoneamento Minerário do Vale do Paraíba produzido pelo Instituto Geológico/Governo do Estado de São Paulo.

CBH Paraíba do Sul (São Paulo)

O contexto geológico em que se encontra esta região é bastante diversificado possuindo dois ambientes distintos: o complexo ígneo e metamórfico e as seqüências sedimentares. Estes ambientes propiciam tanto aspectos positivos – como a obtenção de recursos minerais necessários para a construção civil – quanto aspectos negativos – riscos de desastres naturais. No que concerne aos riscos de desastres naturais os levantamentos geológicos, associados a outros parâmetros do meio físico, precisam ser mais detalhados no sentido de estabelecer as áreas de maior vulnerabilidade aos riscos como aquelas próximas ao rio Paraíba do Sul e sujeitas a inundações freqüentes.

CBH Médio Paraíba do Sul

Esta região representa, de certa forma, a continuidade do contexto geológico observado na região a montante (porção paulista) como a bacia sedimentar de Resende que tem a mesma origem tectônica da bacia sedimentar de Taubaté. Porém esta região está quase totalmente em área de terrenos precambrianos (rochas ígneas e metamórficas) com possibilidade de exploração de rochas ornamentais associados particularmente aos corpos graníticos que produzem rochas para revestimento e brita de melhor quantidade. Por outro lado, o contexto geológico ígneo-metamórfico funciona, em vários setores da área como fator pré-disponente para a deflagração de escorregamentos.

CBH Guandu – Sub-bacia Rio Piraí

A região do comitê Guandu – Sub-bacia Rio Piraí está totalmente situada em área de rochas cristalinas Este contexto geológico constituído de rochas ígneas e metamórficas favorece o predomínio de relevos com elevadas altitudes e acentuadas declividades dificultando a expansão das áreas urbanas e criando condições para deflagração de movimentos de massa. Recomenda-se levantamentos geológicos que possibilitem maior detalhe das unidades geológicos que contribuam para a elaboração de mapas de risco na região.

CBH Preto – Paraibuna

A diversidade geológica encontrada nas regiões do Alto (São Paulo) e do Médio Paraíba do Sul devido a presença de bacias sedimentares desaparece nas regiões correspondentes a vários comitês, entre eles, o Comitê Preto – Piabanha. Nesta região constituída de rochas

ígneas e metamórficas, as condições de risco geológico aos escorregamentos necessitam serem considerados e avaliados. Por outro lado, a diversidade lito-geoquímica das rochas ígneas e metamórficas associado ao tectonismo regional gerou potencialidade para a exploração de rochas ricas em alumínio, como a bauxita. Neste sentido recomenda-se que mapeamentos geológicos detalhados nesta região acrescentem estudos metalogenéticos no sentido de avaliar a potencialidade dos recursos minerais nesta região. Por outro lado, estudos devem ser aprofundados no sentido de avaliar os impactos ambientais e sobre os recursos hídricos provocados pela exploração dos depósitos de bauxita.

CBH Piabanha

Esta região também se encontra em área totalmente inserida em ambiente de rochas ígneas e metamórficas. A porção leste com predomínio de rochas ígneas tem, a princípio, um maior potencial para aproveitamento de recursos minerais como rochas ornamentais. Por outro lado possui grandes áreas cm elevada fragilidade aos processos do meio físico, como escorregamentos. Nesta região, assim como aquelas circunvizinhas, é fundamental se conhecer, em detalhe, as unidades geológicas no sentido de avaliar juntamente com parâmetros geomorfológicos e pedológicos quais os mecanismos de movimentos de massa envolvidos assim como delimitar as áreas com maior potencial de risco geológico.

CBH COMPE (MG)

Esta região representa a continuidade geológica daquela onde se situa o Comitê Preto Paraibuna com boa representatividade de rochas ígneas e metamórficas possuindo, da mesma forma, significativos depósitos de bauxita decorrentes da composição das rochas e dos processos tectônicos. Da mesma forma que para a região do Comitê Preto Paraibuna recomenda-se para esta área a realização de mapeamentos geológicos detalhados incluidos estudos metalogenéticos no sentido de avaliar a potencialidade dos recursos minerais. Por outro lado, estudos devem ser aprofundados no sentido de avaliar os impactos ambientais e sobre os recursos hídricos provocados pela exploração dos depósitos de bauxita no sentido de reduzir, por exemplo, o grande assoreamento que ocorre nos cursos d´água na região.

CBH Rio Dois Rios

A região do Comitê Rio Dois Rios segue padrão geológico semelhante aquele encontrado na região do Comitê Piabanha com concentração de rochas ígneas a leste e rochas

metamórficas a oeste. As condições geológicas, ao que parece, não favoreceram grande potencial de recursos minerais para esta região. Por outro lado, trata-se de uma área de grande vulnerabilidade do meio físico (escorregamentos e erosão acelerada) que necessita estudos detalhados geológicos-geomorfológicos-pedológicos que contribuam para avaliar o seu potencial de risco geológico.

CBH Baixo Rio Paraíba do Sul

Contrastando com as áreas vizinhas, a região do Comitê do Baixo Paraíba possui grande diversidade geológica ocupada por cerca de dois terços da área por rochas ígneas e metamórficas (porção oeste) e um terço ocupada por rochas sedimentares (porção leste). Neste sentido, possui elevado potencial geológico para exploração tanto de minerais não metálicos como metálicos. Entretanto, deve-se ressaltar e considerar o impacto ocasionado por diferentes substâncias minerais sobre os recursos hídricos e o meio ambiente recomendando-se estudos específicos a este respeito. Outra questão importante associada a geologia na região se refere a uma grande diversidade de processos do meio físico conduzindo a grande vulnerabilidade aos desastres naturais. Desta forma se recomenda estudos interativos do meio físico – incluindo a geologia – no sentido de se estabelecer as condições atuais de vulnerabilidade e estabelecer cenários alternativos para as próximas décadas na região.

6 HIDROGEOLOGIA

6.1 INTRODUÇÃO

As rochas ígneas, metamórficas e sedimentares apresentam condições distintas de armazenagem de água possibilitando que a água flua através de seus vazios e formando diferentes tipos de porosidade que pode fornece a medida da quantidade de água armazenada dentro dos poros ou das fraturas. A *porosidade granular* está associado às rochas sedimentares e corresponde aos principais aqüíferos existentes no Planeta. Os *aqüíferos de fissuras* estão relacionados às rochas ígneas e metamórficas tendo sua produtividade associada a intensidade e a interconectividade do fraturamento. Finalmente ocorrem os aqüíferos do tipo *cársticos* que estão associados as rochas calcárias e que, dependendo, das cavidades contidas nestas rochas podem formar aqüíferos expressivos. A **Figura 6.1** mostra os principais tipos de aqüíferos existentes.

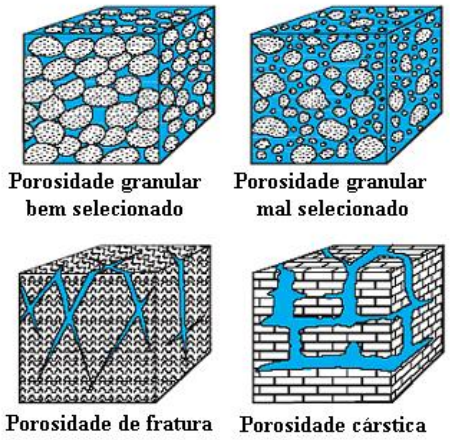


Figura 6.1 Tipos de aquíferos: granular (com grãos bem e mal seleccionados), de fratura e cárstico

Os aquíferos sedimentares (porosos) correspondem aos maiores reservatórios de água particularmente naquelas rochas onde predominam granulometria média a grosseira como arenitos e conglomerados os quais podem ser oriundos de antiga sedimentação de origem marinha, fluvial e eólica. Os aquíferos de rochas ígneas (como granitos e basaltos) e metamórficas (como gnaisses, migmatitos, xistos e quartzitos) genericamente designadas como *cristalinas* são compactas e impermeáveis mas devido aos processos tectônicos possuem sistemas de descontinuidade como fraturas e juntas que podem acumular água..

As vazões produzidas nestas rochas são bem mais modestas que nas rochas sedimentares raramente ultrapassando 25m^3/h (Cabral et al., 2001). O potencial hídrico destas rochas é limitado à ocorrência de camadas de rochas alteradas e de zonas de fissura, que propiciam a percolação e acúmulo da água subterrânea, o que resulta em grande variação das condições de produção.

O nível de água subterrâneo pode estar submetido a pressões iguais ou superiores a atmosférica. No primeiro caso são designados de *freáticos* ou *livres* e o nível d´água é designado de nível freático. No segundo caso são chamados de *confinados* ou *semi-confinados* e o correspondente nível de água é denominado nível *piezométrico* (Azevedo e Albuquerque Filho, 2008). Neste aspecto, conhecer as condições de um aquífero (se livre ou confinado) é fundamental para questões relacionados a sua proteção ambiental como se verá mais adiante.

6.2 BASE DE DADOS

Ao contrário dos recursos hídricos superficiais cujos dados temporais e espaciais estão centralizados na Agência Nacional de Água, os dados de água subterrânea (quantitativos e qualitativos) encontram-se sob o controle de instituições estaduais e não estão disponibilizados ao público em geral. De qualquer forma foi possível obter dados (brutos ou simplificados) a partir de várias instituições como CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, INEA - Instituto Estadual Ambiental do Ambiente e IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Alguns destes dados estão disponibilizados em planilhas e outros (mais raros) em formato espacial georrefernciados.

Uma ação no sentido de integrar estes dados foi estabelecida pela CPRM que criou o SIAGAS (Sistema de Informação de Água Subterrânea) em sua base central no Rio de Janeiro e constituindo a maior base de dados de água subterrânea do país. O Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH recomendou a adoção do SIAGAS, pelos órgãos gestores estaduais, Secretarias dos Governos Estaduais, Agência Nacional de Águas - ANA e usuários dos recursos hídricos subterrâneos, como base nacional para armazenagem, manuseio, intercâmbio e difusão de informações sobre águas subterrâneas. Esta base é constantemente atualizada sendo constituída de ferramentas e de módulos capazes de

realizar consulta, pesquisa, extração e geração relatórios. Entretanto, o número de poços cadastrados por estado varia bastante e parte dos dados fornecidos está incompleta. Neste sentido, Nascimento et al. (2008) ressalta, entre outras medidas, a necessidade dos órgãos gestores estaduais repassarem dados de poços às unidades regionais da CPRM no sentido de alimentar a base central.

6.3 UNIDADES E CARACTERÍSTICAS DOS AQÜÍFEROS REGIONAIS

De forma mais simples, uma região pode ser hidrogeologicamente caracterizada pelo tipo de aquífero presente (**Figura 6.1**). Neste aspecto, a bacia do rio Paraíba do Sul se caracteriza, espacialmente, por dois tipos de aquíferos: o poroso e o fissural. O aquífero poroso está relacionado às bacias sedimentares e sequências aluvionares de Taubaté, Resende e Campos. O aquífero fissural corresponde a grande maioria da bacia relacionado a rochas ígneas e metamórficas as quais possuem baixíssima permeabilidade dependendo, portanto, da intensidade e variabilidade das fissuras para que possam ocorrer vazões que justifiquem a sua exploração. O mapa da **Figura 6.2** mostra, de maneira simples, estes dois sistemas de aquíferos.

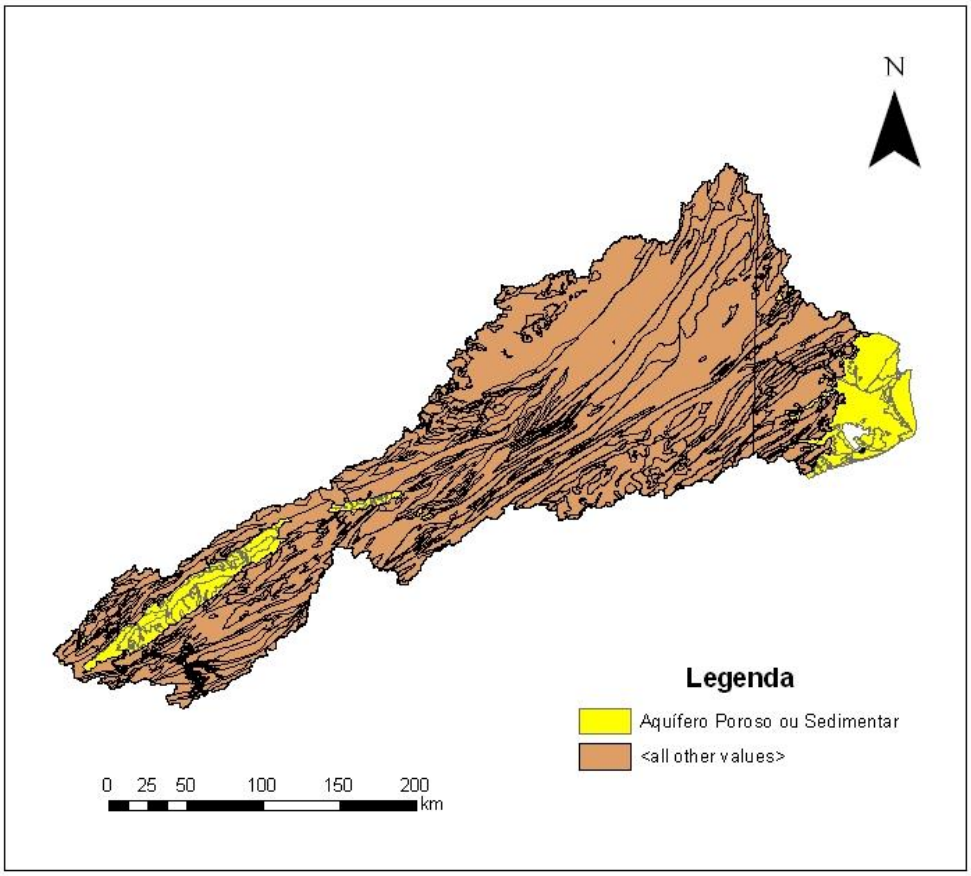


Figura 6.2 Aquíferos (poroso e fissural) da bacia do rio Paraíba do Sul

6.3.1 AQUÍFEROS SEDIMENTARES

As áreas com maior potencial para água subterrânea no interior da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul correspondem aos sedimentos arenosos de idade terciária do Gripo Taubaté e os sedimentos aluvionares de idade Quaternária da Bacia de Campos. Secundariamente ocorrem os aquíferos associados a Bacia de Resende e ao Grupo Barreiras que serão descritos a seguir.

O aquífero Taubaté é formado por uma composição litológica do tipo multicamadas com alternância de camadas arenosas ou de fácies fluviais e camadas argilosas, de fácies lacustres. Segundo DAEE et al, (2005), estes aquíferos ocorrem de forma livre ou pouco confinada e as suas características hidrodinâmicas não são uniformes apresentando variações locais segundo a diversidade litológica do pacote sedimentar. Portanto conforme destaca IPT (1998), estes aquíferos podem apresentar diversas camadas aquíferas que não são diferenciadas em termos regionais devido a sua geometria usualmente lenticular e

conexões entre camadas. Conforme IPT (2012), a espessura total do aquífero varia entre 200 e 500 m no eixo da bacia, afinando-se para as margens. O conteúdo de material arenoso diminui com a profundidade, propiciando poços menos permeáveis.

Visto verticalmente, na região que acompanha o rio Paraíba do Sul, tanto na porção paulista quanto fluminense da bacia, se pode identificar dois aquíferos distintos de origem sedimentar: o aquífero superior e o aquífero inferior. A **Figura 6.3** mostra esquematicamente, a partir do município de Potim, estes dois aquíferos onde se observa o aquífero superior (quaternário) e o aquífero inferior (Terciário).

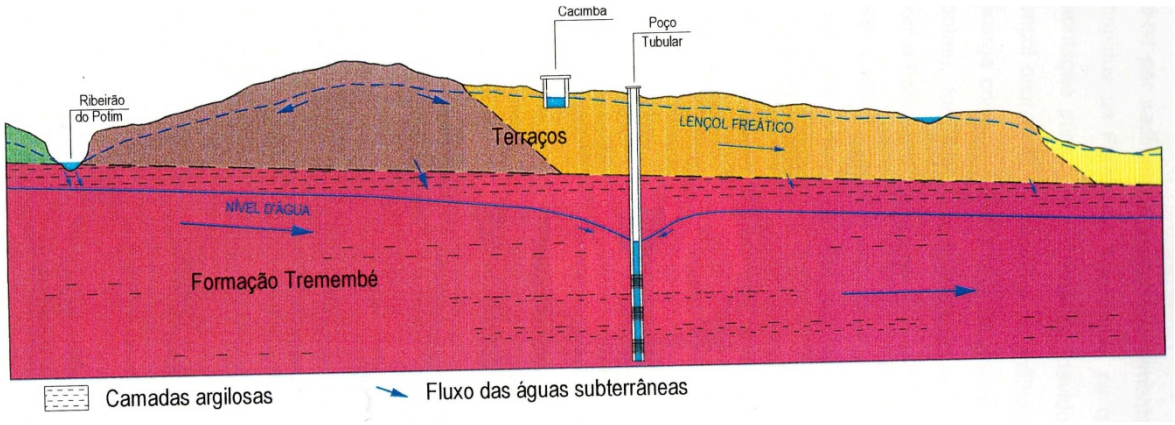


Figura 6.3 Modelo esquemático de circulação das águas subterrâneas da região do município de Potim (SP) , mostrando o aquífero superior conectado aos cursos d´água e o aquífero inferior, no caso a Formação Tremembé (IPT, 1998)

Conforme se observa na **Figura 6.3**, o aquífero superior (ou raso) corresponde às unidades aluvionares mais recentes (terraços aluvionares e terraços fluvio-lagunares) normalmente com espessuras inferiores a 10,0 m de nível d´água livre com profundidades muito rasas (entre 0 e 5 m). Os sedimentos são na maior parte das vezes arenosos e ficam assentados sobre os sedimentos argilosos. Em virtude do acesso fácil os poços tipo cacimba são comuns em várias regiões. Devido as pequenas espessuras dos sedimentos e profundidades rasas do nível d´água, as vazões obtidas por estes tipos de aquífero são inexpressivas. Além disto, por serem rasos, estes aquíferos são muitos vulneráveis a contaminação.

Ao contrário, o aquífero inferior (**Figura 6.3**) por ser formado de camadas constituídas de sedimentos finos a grosseiros e com maior espessura possui vazões expressivas que posteriormente serão mais detalhadas. Por outro lado, este aquífero está naturalmente mais

protegido por sua profundidade e pela presença de camadas de sedimentos argilosos acima que dificultam a percolação vertical de contaminantes.

Além da variação vertical, no caso do aquífero da bacia do Taubaté, se pode observar uma diferença espacial bem distinta. O Mapa Geológico produzido pela UNESP em escala 1:250.000 (Landim, 1994) e, recentemente, disponibilizado em formato SIG, permite individualizar as duas principais formações sedimentares existentes: a Formação Caçapava, com predomínio de sedimentos mais arenosos e a Formação Tremembé, com predomínio de sedimentos argilosos.

A **Figura 6.4** mostra o predomínio espacial da Formação Caçapava nas porções NE e SW da bacia sedimentar enquanto a Formação Tremembé tem seu predomínio na porção central da bacia. Os depósitos aluviais, mais rasos acompanham o rio Paraíba do Sul e não tem boas características de aquífero pelas razões já mencionadas anteriormente.

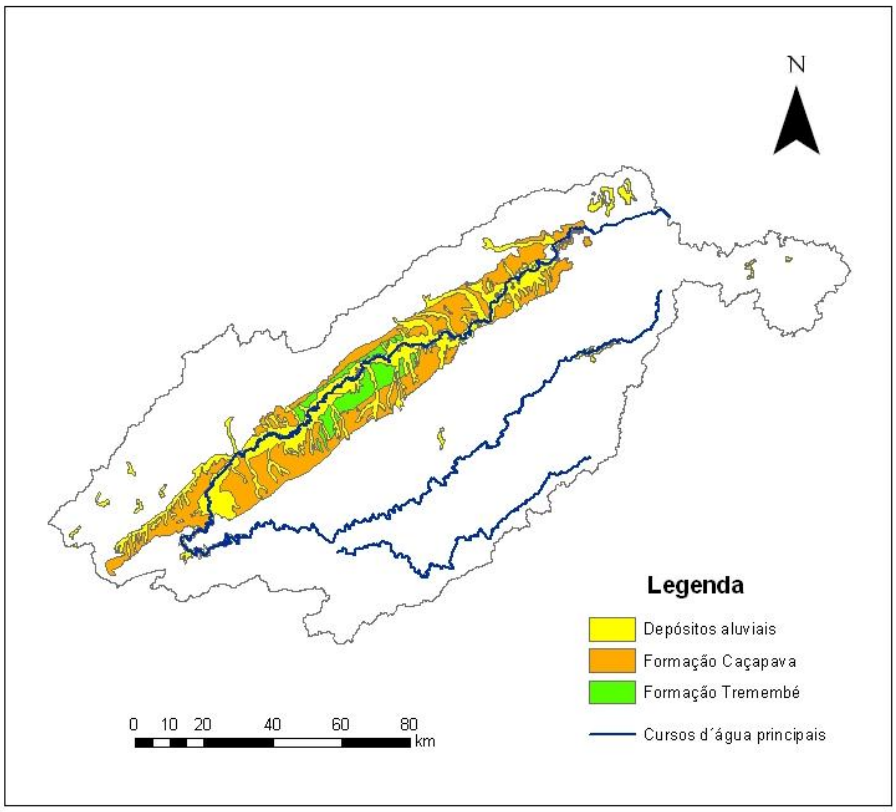


Figura 6.4 Bacia de Taubaté com a individualização de três formações: Tremembé e Caçapava (Terciárias) e depósitos aluviais (Quaternárias).

A Formação Caçapava é considerada o aquífero de maior expressividade regional sendo constituído de areias finas a muito grossas ainda que com baixa homogeneidade devido a presença de lentes constituídas de sedimentos argilosos. Apesar desta pouca homogeneidade, que reduz o seu potencial, pode ter vazões bastante significativas alcançando mais de 200 m^3/h (DAEE, 1977). No caso de poços perfurados nas camadas com predomínio de argila (Formação Tremembé), os poços exploram as lentes de areia com vazões entre 20 e 30 m^3/h.

Um trabalho recente realizado pelo IPT (2011) na região da bacia do Taubaté corrobora com estas afirmações. A **Figura 6.5** mostra o potencial dos poços onde os intervalos de vazão maiores (entre 40 e 80 m^3/h e entre 80 e 120 m^3/h) situam-se na área correspondendo a Formação Caçapava estabelecendo dois núcleos de vazões expressivas; o primeiro em torno das cidades de São José dos Campos (porção SW) e o segundo, em torno de Aparecida e Guaratinguetá (porção NE). A área correspondendo ao predomínio dos sedimentos argilosos da Formação Tremembé, na porção central da bacia sedimentar, as vazões obtidas foram muito baixas (inferiores a 10 m^3/h).

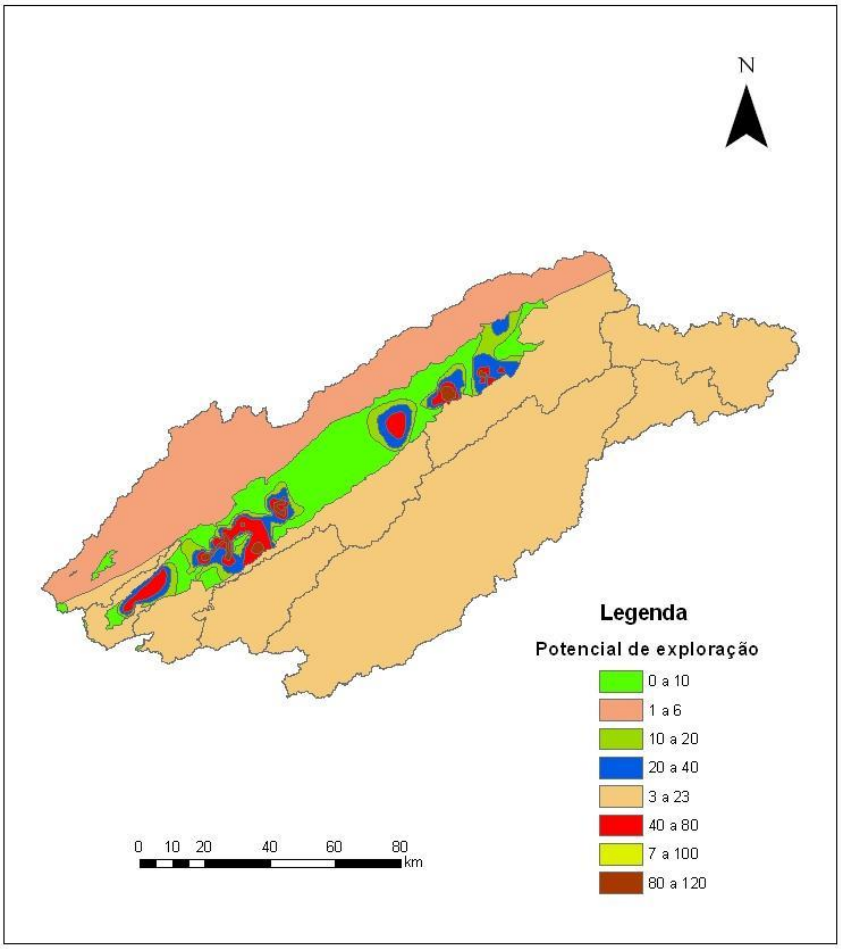


Figura 6.5 Mapa de potencial de exploração de água subterrânea (IPT, 2011) tendo como destaque a bacia Sedimentar de Taubaté

No caso do estado do Rio de Janeiro, as bacias sedimentares mais expressivas ocorrem nas bacias do Baixo Paraíba do Sul (região de Campos).e do Médio Paraíba do Sul (Bacia de Resende). Entre as bacias sedimentares que têm maior oferta de água se destaca o aquífero aluvionar de Campos o qual possui comportamento livre a confinado e vazões que podem alcançar 150 m^3/h. No caso dos sedimentos do Grupo Barreiras, também próximo a região litorânea, a sua porção superior possui vazões baixas. Entretanto, na parte inferior as permeabilidades são altas a partir de 130 m de profundidade (Nascimento, 2012).

A figura 6 mostra o mapa geológico da porção fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul assim como a localização de vários poços profundos disponibilizados no sistema SIAGAS/CPRM. Além dos poços da região cristalina (parte central do mapa) alguns deles situam-se na bacia de Resende (extremo leste da figura 6) e bacia de Campos (extremo

oeste da **Figura 6.6**). Ainda que relativamente escassos, as informações destes poços permite conhecer, de forma preliminar, o potencial destas bacias sedimentares a exploração de água subterrânea.

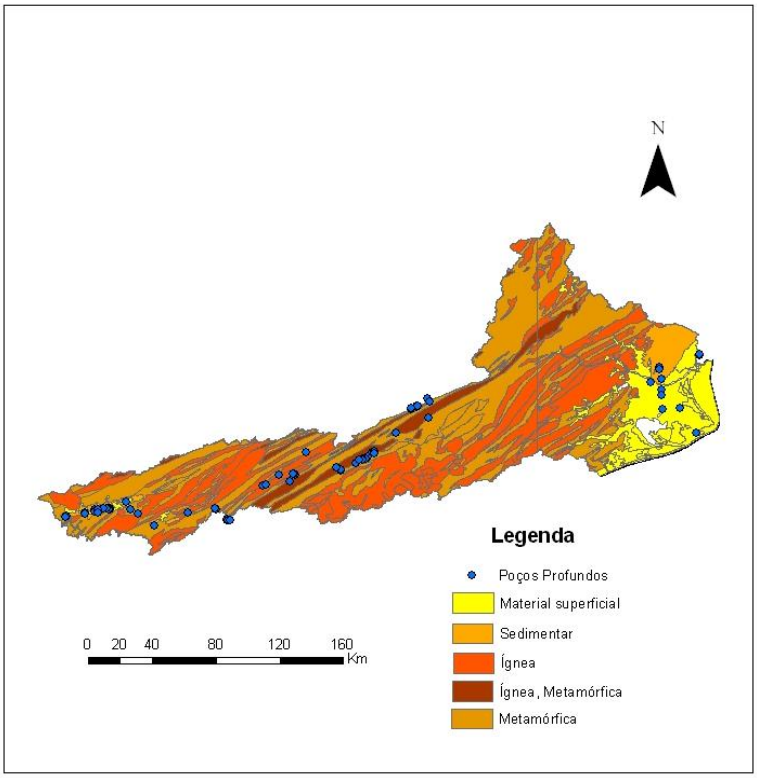


Figura 6.6 Mapa Geológico simplificado da porção fluminense da bacia do rio Paraíba do Sul com a localização de vários poços

A **Tabela 6.1** mostra alguns dos dados obtidos para poços perfurados em rochas sedimentares das regiões de Resende e de Campos a partir da base de dados do SIAGAS/CPRM onde fica evidente o maior potencial da região de Campos para água subterrânea. A partir da tabela 1 é possível observar uma significativa produção de água na bacia de Campos. Esta bacia é de fato um delta aluvionar formado por sedimentação do rio Paraíba do Sul com as espessuras aumentando em direção ao mar indo de 30 metros até cerca de 100 metros em Goytacazes. Entretanto, estudos complementares são necessários para se conhecer melhor as características hidrogeológicas desta bacia.

Tabela 6.1 Vazões obtidas para alguns poços relacionados aos aqüíferos de Resende e Campos (SIAGAS/CPRM)

Ponto	Aquífero	Nível estático	Vazão
3100004460	Resende	15,0	6,0
3100004775	Resende	15,0	18,0
3100004666	Resende	3,0	16.0
3100004663	Resende	13,0	12,0
3100005820	Resende	0,0	30,0
3100004783	Resende	2,0	15,0
3100004244	Campos	0,0	80,0
3100004241	Campos	-	87,5
3100004239	Campos	6,0	150,0
3100005883	Campos	0,0	72,0

No caso da bacia de Resende, os estudos hidrogeológicos são escassos ainda que a utilização de água subterrânea por indústrias e municípios seja uma realidade a bastante tempo. Um dos poucos estudos feitos no sentido de sistematizar a capacidade do aqüífero sedimentar de Resende foi realizado por Castro et al.. (2000). Segundo estes autores as camadas sedimentares com presença de água variam de 8 a 220 metros o que caracteriza a heterogeneidade destas camadas. A vazão máxima encontrada por estes autores foi de 54 m^3/h e valor médio de 11,5 m^3/h.

6.3.2 AQUÍFERO FISSURAL

Conforme mencionado anteriormente, a imensa maioria da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é constituída de rochas ígneas e metamórficas nas quais a única maneira de se obter água subterrânea é através do sistema de fraturamento. A obtenção de maiores vazões nestes ambientes vai depender de ocorrer uma maior quantidade de fraturas e ter diversas orientações que possam garantir uma percolação da água no interior da rocha. Estas condições não permitem se ter aquíferos homogêneos em grandes extensões o que confere a estes aquíferos um potencial local.

A bacia do rio Paraíba do Sul passou, como discutido no item sobre Geologia, por processos tectônicos intensos que propiciou uma paisagem fortemente afetada por lineamentos de grandes dimensões responsáveis por grande quantidade de estruturas geológicas quando observado localmente. Estas boas condições relativas foram ressaltadas por Nascimento

(2012) que consideraram a bacia do rio Paraíba do Sul como principal aquífero fraturado do estado do Rio de Janeiro.

A **Figura 6.7** mostra os principais lineamentos observados na bacia. Ainda que praticamente todos os setores tenham sido fortemente afetados pelos lineamentos, a região correspondendo ao Médio e Baixo Paraíba do Sul possuem uma maior densidade e variação na orientação destes lineamentos quando vistos nesta escala.

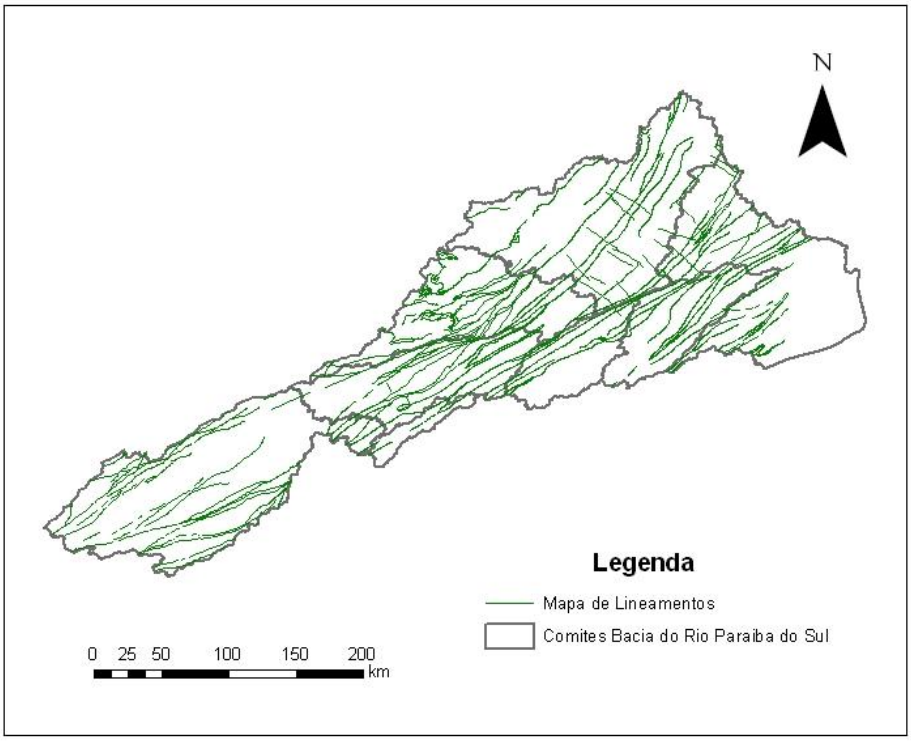


Figura 6.7 Principais lineamentos observados na bacia
(Mapa Geológico Brasil ao Milionésimo, CPRM)

Na porção paulista da bacia, conforme observado na figura 5, as vazões na região constituída de aquíferos fraturados variam de 1 a 6 m^3/h na porção correspondendo a porção norte onde se situa a Serra da Mantiqueira e de 3 a 23 m^3/h correspondendo a porção sul onde se situa a Serra do Mar.

No caso dos poços localizados no aquífero fissural da porção fluminense da bacia é possível observar que estes possuem vazões baixas normalmente inferiores a 15 m^3/h. Os dados da **Tabela 6.2**, baseados no SIAGAS/CPRM, fornecem uma amostra dos poços encontrados em ambiente ígneo-metamórfico (aquífero fissural).

Tabela 6.2 Amostragem de poços perfurados em aquífero fissural na porção fluminense da bacia (base de dados SIAGAS/CPRM)

Ponto	Nível estático	Vazão
3100004152	120,0	14,0
3100002118	5,0	9,0
3100002003	1,0	11,0
3100002120	3,0	18,0
3100002118	5,0	9,0
3100003811	-	10,0
3100004085	5,9	3,0
3100003806	1,0	4,0
3100005805	2,0	14,0
3100005809	14,0	2,0

As bacias da porção mineira da bacia do rio Paraíba do Sul estão quase que totalmente inserida em um ambiente de rochas ígneas e metamórficas e a única alternativa para se obter água subterrânea. A **Figura 6.8** mostra o mapa geológico das bacias mineiras com a localização de uma amostra de poços encontrados na região.

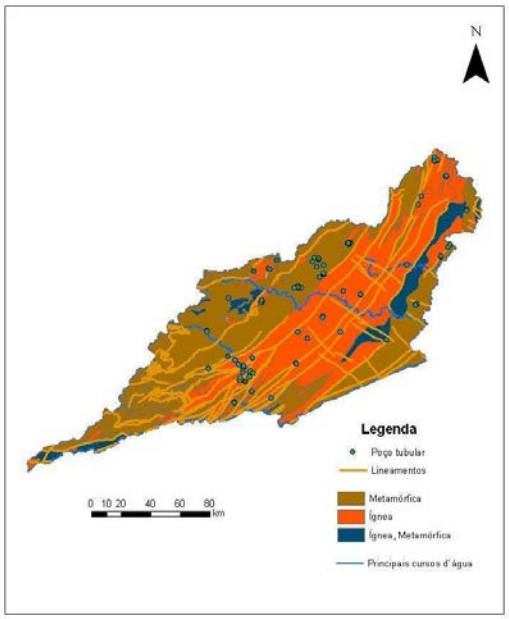


Figura 6.8 Mapa geológico com a localização de um conjunto de poços tubulares na porção mineira da bacia

Da mesma forma que em outras porções da bacia do rio Paraíba do Sul, as vazões do aqüífero fissural da porção mineira apresentam vazões com grande variabilidade e com

valores máximos inferiores a 40 m^3/h. A **Tabela 6.3** mostra dados de vazão de 20 poços tubulares localizados em diversos setores dos comitês Preto – Paraibuna e COMPE.

Tabela 6.3 Dados de poços tubulares perfurados em aquífero fissural na porção mineira da bacia

Poços tubulares	Nivel estático (Ne)	Vazão (m^3/h)
3100017554	2	22,0
3100019184	4	12,0
3100019327	2	29,0
3100019903	0	18,0
3100019334	0,24	14,4
3100019506	0	19,0
3100020024	2	14,0
3100004365	34,9	3,13
3100004316	6,37	4,64
3100004367	2,12	4,64
3100004369	3,25	6,76
3100006548	0	24,0
3100007004	1,7	6,69
3100007005	5,0	13,5
3100007008	3,44	18,0
3100005316	0,8	38,92
3100005320	11,5	17,53
3100005321	24,3	36,0
3100018531	2,3	14,0
310006548	1,0	24,0

Ainda que as vazões encontradas nos ambientes de rochas ígneas e metamórficas sejam muito pequenas, quando comparadas às vazões obtidas nas bacias sedimentares, devem ser bem avaliadas pois se constituem a única alternativa de água subterrânea para a maior parte dos municípios encontrados na bacia do rio Paraíba do Sul. De fato, dos 183 municípios inseridos na bacia hidrográfica, apenas 45 estão situados – total ou parcialmente – em área de bacia sedimentar (**Figura 6.9**). Portanto, em torno de 75% dos municípios ocupam área cuja única alternativa de aproveitamento de água subterrânea será feita através de aquíferos fissurais.

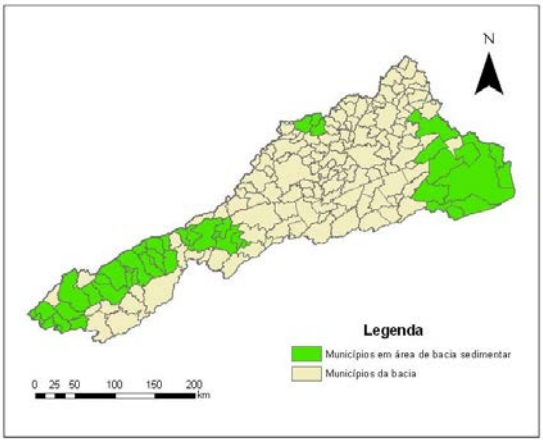


Figura 6.9 Mapa com os municípios da bacia mostrando aqueles inseridos – total ou parcialmente – em áreas sedimentares.
Os demais se encontram em ambiente de aqüífero fissural

6.3.3 Qualidade de água Subterrânea

A qualidade da água subterrânea varia muito, pois depende de fatores relacionados à própria rocha onde está armazenada, assim como a eventuais mudanças provocadas por atividades antrópicas rurais ou urbanas. Desta forma, os pontos utilizados para o monitoramento devem se constituir de poços tubulares e nascentes, selecionados de forma a abranger os diferentes aqüíferos em suas diversas áreas e fora de ocorrência.

Ainda que exista o esforço da CPRM em organizar, integrar e disponibilizar dados de recursos hídricos subterrâneos, os cadastros e informações estão a cargo de entidades estaduais particularmente no que se refere aos dados de qualidade de água. No Estado de São Paulo, o órgão responsável pela operação do monitoramento da qualidade das águas subterrâneas é a CETESB em atendimento a Lei Estadual 6.134 de 02/06/88, regulamentada pelo Decreto Estadual Nº 32.955 de 07/02/91 (CETESB, 1998). No Rio de Janeiro, o INEA é o órgão gestor e, recentemente, estabeleceu normas para disciplinamento e orientação dos usuários de recursos hídricos incluindo as resoluções nº 15 de 23/09/2010 e nº 63 de 27/11/2012. Em Minas Gerais esta tarefa cabe ao IGAM o qual é responsável pela gestão dos recursos hídricos do Estado. Conforme mencionam Ramos e Paixão (2007), a atuação do IGAM na gestão das águas subterrâneas fundamenta-se na aplicação do instrumento da outorga de direito de uso e no controle de perfuração de poços tabulares. Entretanto estes autores ressaltam que a escassez do conhecimento geológico e de dados de monitoramento hidrogeológicos dificulta o estabelecimento de critérios objetivos para a

tomada de decisão. Apesar das limitações existentes em relação aos dados de qualidade de água dos aquíferos abaixo são descritos alguns dos dados disponíveis que possibilita estabelecer um quadro preliminar da qualidade destas águas.

Para o estado de São Paulo, conforme mencionado anteriormente, a CETESB é responsável pelo monitoramento da qualidade da água. No caso da UGRHI 2 – Paraíba do Sul estão atualmente ativos 9 poços de monitoramento cuja localização pode ser observada na **Figura 6.10** e captam água tanto das rochas de aquífero sedimentar quanto das rochas de aqüífero fissural.

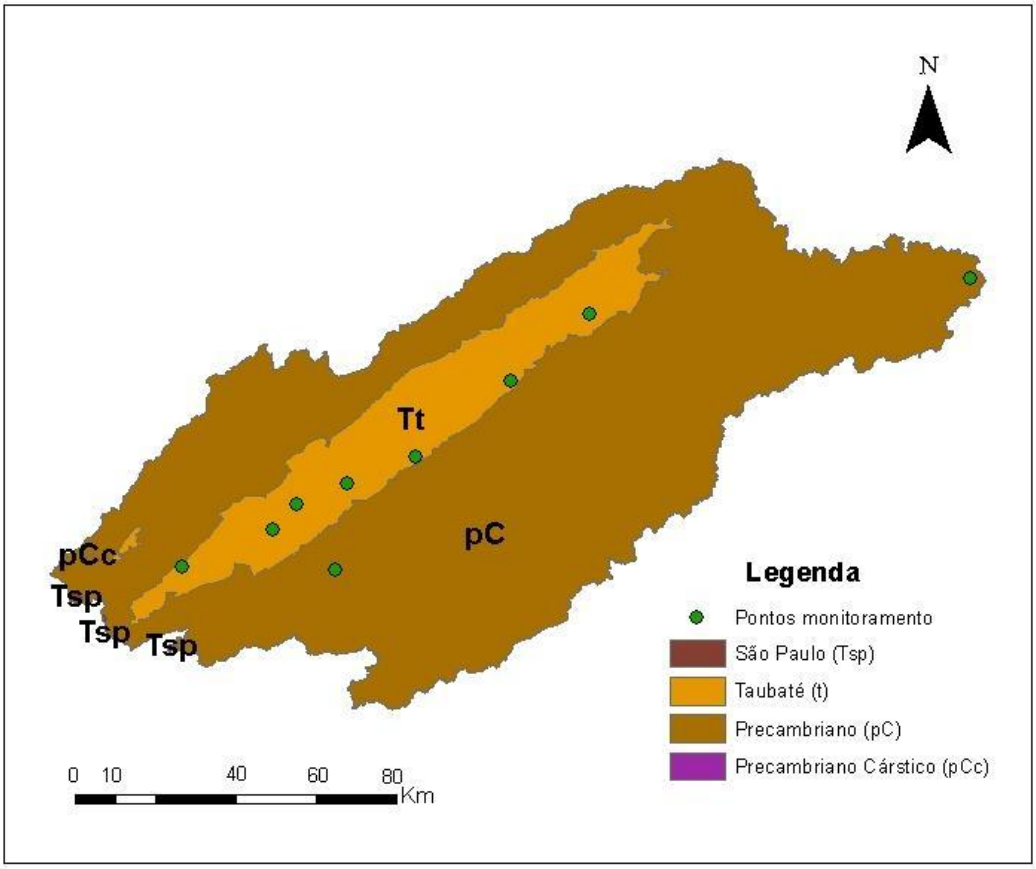


Figura 6.10 Localização dos postos de monitoramento para a porção paulista da bacia

As análises da CETESB para o último triênio (2010 a 2012) apontam que as concentrações de ferro ultrapassaram, na maioria das amostras, os valores máximos permitidos no período como nos pontos localizados em Guararema correspondendo ao Aquífero Taubaté (sedimentar) e no ponto de Bananal correspondendo ao Aquífero Pré–Cambriano (fissural). No Aquífero Taubaté, se observa ainda desconformidades para bário (cidade de Roseira)

ainda que seja de forma esporádica e de parâmetros microbiológicos nos pontos de Taubaté e Caçapava.

No caso do ferro as elevadas concentrações foram baseadas em critérios organopléticos (baseados no gosto ou sabor da água) e não apresentam toxidade. Deve-se ressaltar que, no Brasil, águas com alto teor de ferro são comuns ocorrerem em rochas precambrianas e aluviões. Além disto, podem estar associados com matéria orgânica. O bário é um elemento que dificilmente é encontrado em águas naturais, suas principais fontes naturais são as atividades de intemperismo e erosão de depósitos naturais onde são encontrados em forma de barita (Sulfato de Bário - BaSO4), ou feldspatos ricos em bário. Algumas atividades antrópicas também são responsáveis pela introdução de bário no meio ambiente, como por exemplo a perfuração de poços, pela utilização de lamas de perfuração, a produção de pigmentos, fogos de artifício e vidros. No caso de micro-organismos, conforme ressalta IPT (2011), a sua presença pode provocar incrustações nas colunas filtrantes e nos conjuntos moto bomba submersíveis, tendo como decorrência a redução de vazão. Em estações de tratamento de água, o acumulo desses flocos causa a colmatação prematura das unidades filtrantes, ocasionando a diminuição no espaçamento entre lavagens e aumento no consumo da água de lavagem.

No que concerne a outro aquífero importante, os sedimentos encontrados na bacia do Baixo Paraíba do Sul situados nas sequências costeiras e fluvio-lagunares do Quaternário e no Grupo Barreira do Terciário, Alves et al. (2010), realizaram análises físico-químicas de um conjunto de poços para o município de Campos de Goitacazes onde em certos locais são utilizados como única fonte de abastecimento. Estes poços são, como ressaltam Rocha (2003), vulneráveis a diversos tipos de poluição e/ou contaminação, como “fossas sépticas”, tubulações de esgoto com fissuras, disposição inadequada de resíduos sólidos e muitas outras formas. A **Figura 6.11** mostra a localização de poços de alta produtividade na região.

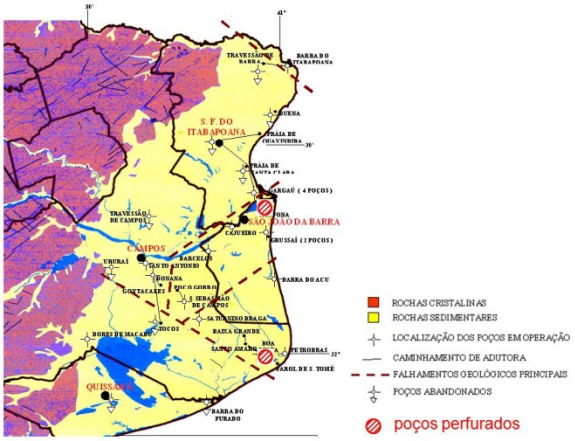


Figura 6.11 Localização de poços com elevadas vazões em São João da Barra e Boa Vista (Rocha et al., 2003)

Segundo Alves et al. (2010), os resultados obtidos neste levantamento apontam que, de modo geral, as águas subterrâneas apresentam melhor qualidade, onde ocorrem os sedimentos da Formação Barreiras. Na chamada baixada campista ocorrem águas com maior concentração de sais e a presença, da mesma forma que na bacia de Taubaté, de substâncias inorgânicas como ferro, em concentrações acima dos padrões de potabilidade. Segundo estes autores, a presença de ferro provavelmente associa-se ao efeito do intemperismo sobre as rochas ricas em minerais contendo ferro. Também foi detectada a presença de chumbo o qual se estima sua origem a partir da contaminação de origem antrópica sendo importante um monitoramento e avaliação da fonte deste elemento, em face da população utilizar esta água para diversos fins, inclusive como fonte potável.

No caso da bacia de Resende, Castro et al. (2000) sugerem que este aquífero apresenta, de uma maneira geral, boa qualidade podendo ser classificadas como águas bicarbonadas-sódicas, com pH básico próximo a neutralidade e baixa salinidade. Apesar de se tratar de uma área industrializada onde situações de despejos podem ocorrer de forma nem sempre adequadas, Castro et al. (2000) ressaltam a ausência ou concentrações baixas de metais pesados, elementos tóxicos e cancinógenos. Entretanto estes autores ressaltam a necessidade de maior aprofundamento das interações entre os dados hidroquímicos e geológicos na região.

Para os aquíferos fraturados, os dados e estudos acerca de sua qualidade são ainda mais escassos que para os aquíferos sedimentares. Nascimento (2012) avaliou dados físico-químicos de diferentes aquíferos na região de Resende; com base nos dados de três poços

verificou que para os aquíferos fissurais de baixa profundidade (30 a 60 metros) as águas tem composição bicarbonatada cálcico-magnesiana e para altas profundidades (100 a 130 metros) os principais componentes são sódio, bicarbonato e cloreto. Estes autores ressaltam que apenas o ferro encontra-se acima do recomendado em um dos poços. O ferro também foi a única inconformidade encontrada em aquíferos fissurais na porção paulista da bacia segundo o monitoramento da CETESB (IPT, 2011).

6.4 **DESCRIÇÃO DOS COMITÊS**

6.4.1 CBH PARAIBA DO SUL (SÃO PAULO)

A região do Comitê Paraíba do Sul tem, juntamente com a região correspondente ao Baixo Paraíba do Sul, os mais elevados potenciais para água subterrânea pelo simples fato destas duas regiões possuírem significativas extensões de rochas sedimentares possibilitando o armazenamento por porosidade granular (**Figura 6.12**). Como mencionado anteriormente, ainda que o potencial deste aqüífero seja reduzido devido às seqüências argilosas, as regiões de São José dos Campos e Guaratinguetá apresentam significativas vazões que podem ultrapassar 150m^3/h. Quanto à área de porosidade fissural (rochas ígneas e metamórficas) as vazões encontradas na região e mencionadas nos trabalhos existentes situam-se normalmente inferiores a 20 m^3/h ainda que alguns poços tubulares possam atingir vazões que podem alcançar valores em torno de 50 m^3/h.

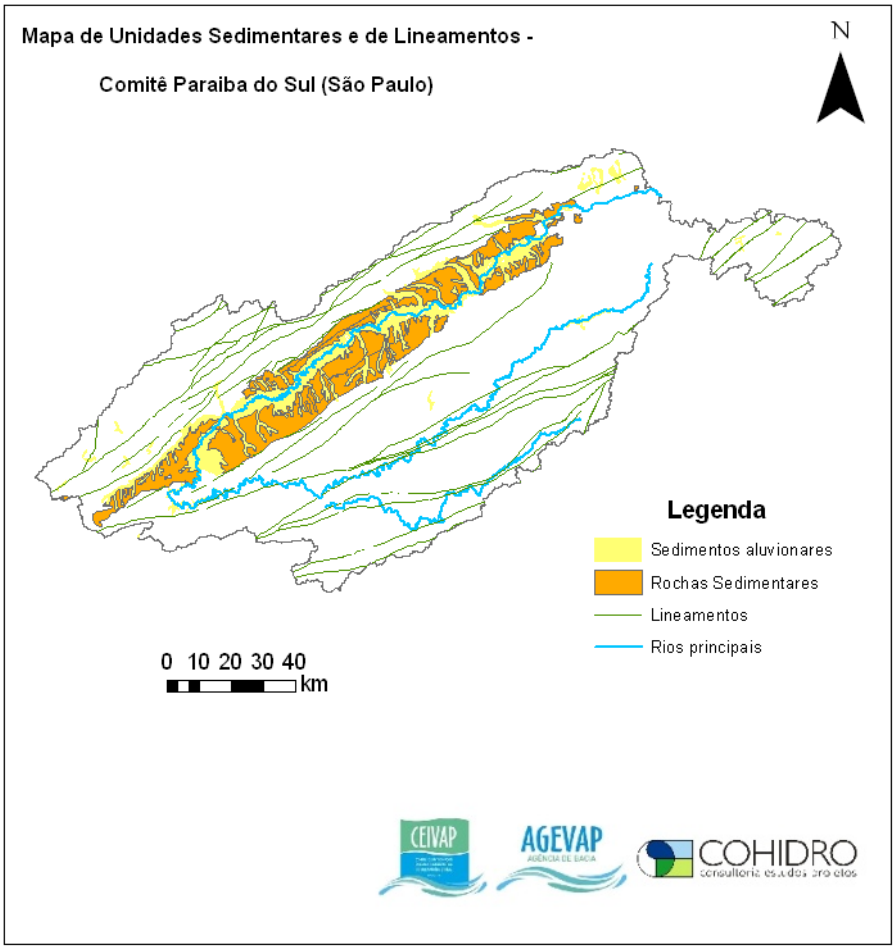


Figura 6.12 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo)

6.4.2 CBH MÉDIO PARAÍBA DO SUL

A região correspondente ao Médio Paraíba do Sul possui seu maior potencial aqüífero relacionado a bacia de Resende ainda que sua área de ocorrência seja relativamente pequena em relação ao tamanho total da área (**Figura 6.13**). Por outro lado, esta região é a que possui menos registros de poços tabulares na base de dados da CPRM/SIAGAS de toda a bacia do rio Paraiba do Sul e existem poucos estudos sobre o potencial aqüífero desta sequência de sedimentos. Dados disponíveis apontam vazões máximas em torno de 30 m^3/h. Na região onde ocorrem as rochas ígneas e metamórficas, não foram localizados dados de vazão ainda que possua uma boa densidade de lineamentos em escala regional (**Figura 6.13**).

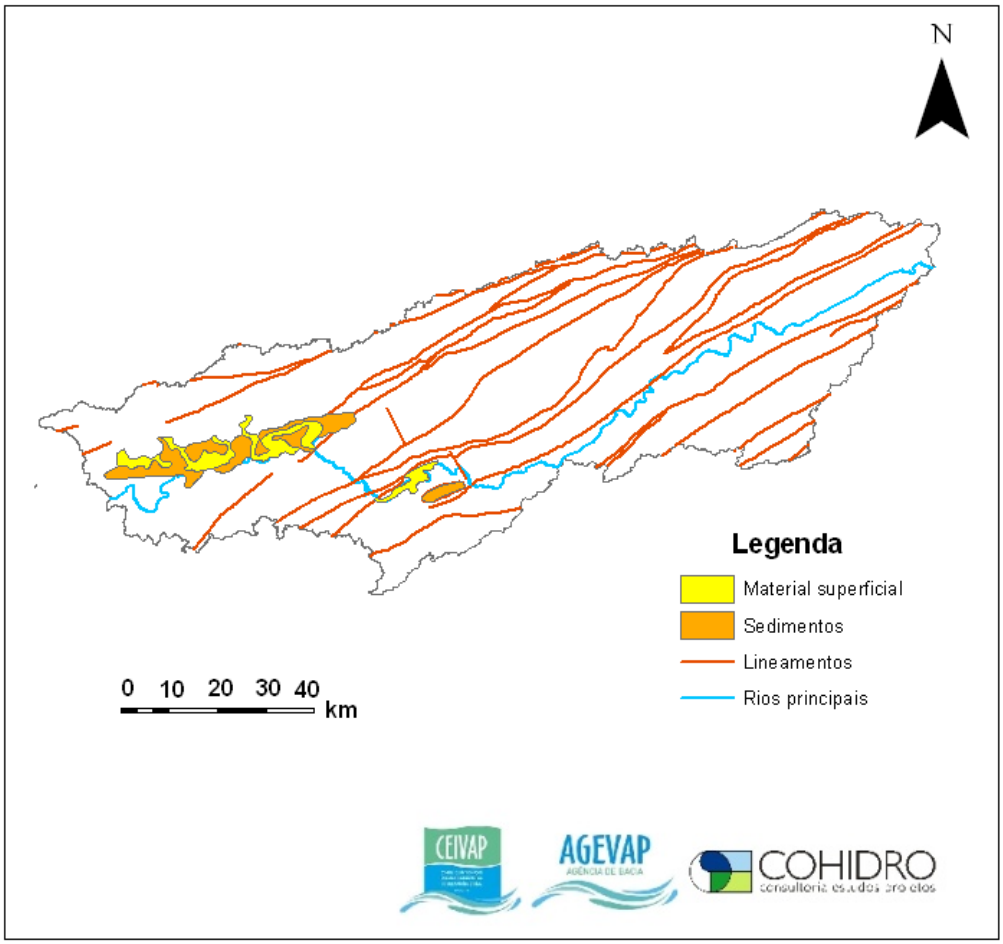


Figura 6.13 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo)

6.4.3 CBH GUANDU-SUB-BACIA RIO PIRAÍ

A região correspondente ao Comitê Guandu – Sub-bacia Rio Piraí está inserida totalmente em rochas ígneas e metamórficas tendo como única alternativa para água subterrânea o sistema de lineamentos. Em função do pequeno tamanho da área e da pequena escala do mapa de estruturas geológicas (1:1.000.000) fica difícil avaliar os lineamentos em escala regional. Desta forma poucas estruturas são identificadas seguindo o padrão de orientação regional (NE-SW) conforme se observa na **Figura 6.14**. A base de dados CPRM-SIAGAS dispõe de poucos poços nesta área. De fato foram identificados apenas quatro poços tabulares – localizados em Barra do Piraí - que forneceram vazões bastante variadas (0,3 m^3/h a 49 m^3/h).

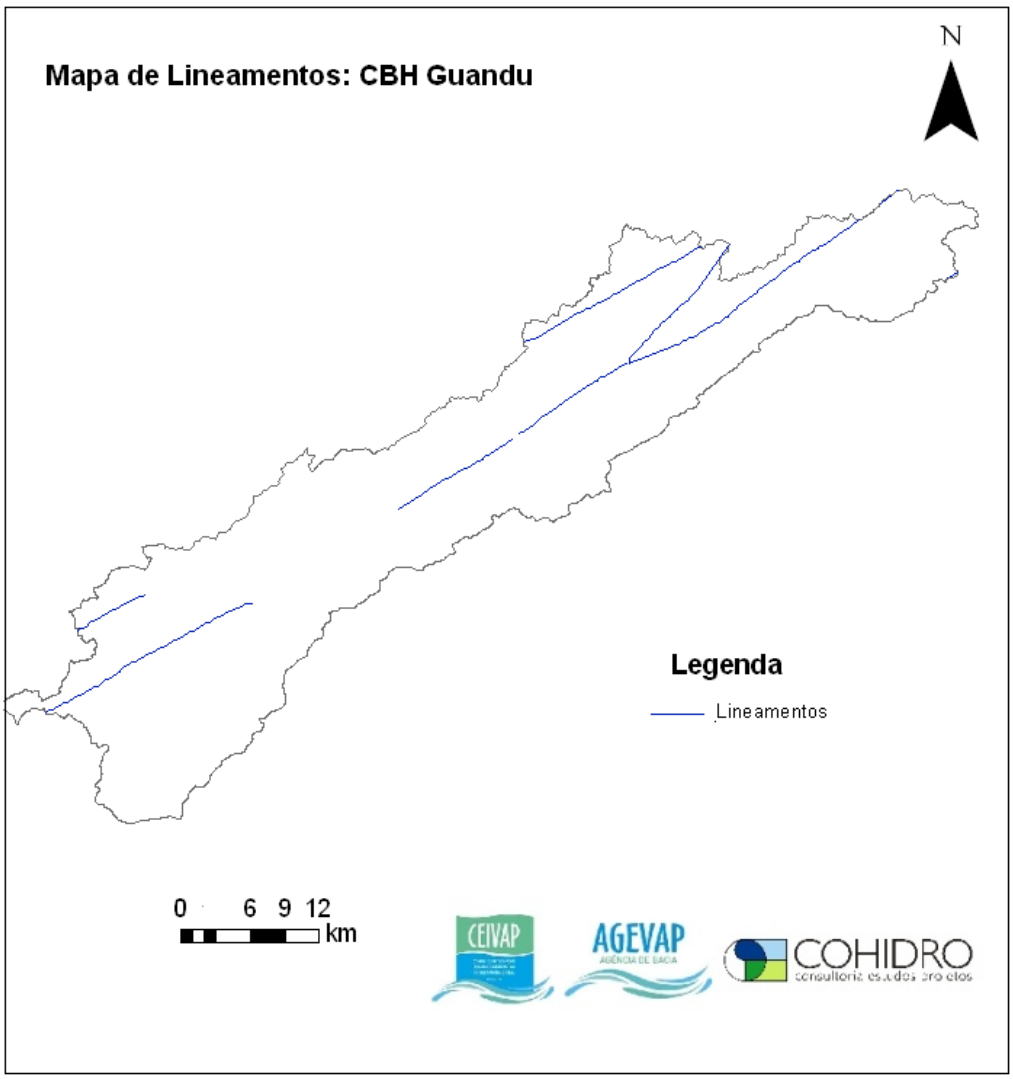


Figura 6.14 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo)

6.4.4 CBH PRETO PARAIBUNA

A região correspondente ao Comitê Preto Paraibuna está inserida totalmente em rochas ígneas e metamórficas tendo como única alternativa para água subterrânea o sistema de lineamentos. Em escala regional os lineamentos ocorrem sistematicamente com direção NE-SW (**Figura 6.15**) com maior densidade e concentração no meio da área. A base de dados CPRM-SIAGAS dispõe de vários poços tabulares na área correspondente ao Comitê Preto Paraibuna com profundidade do nível estático muito variada e vazões inferiores a 35 m^3/h.

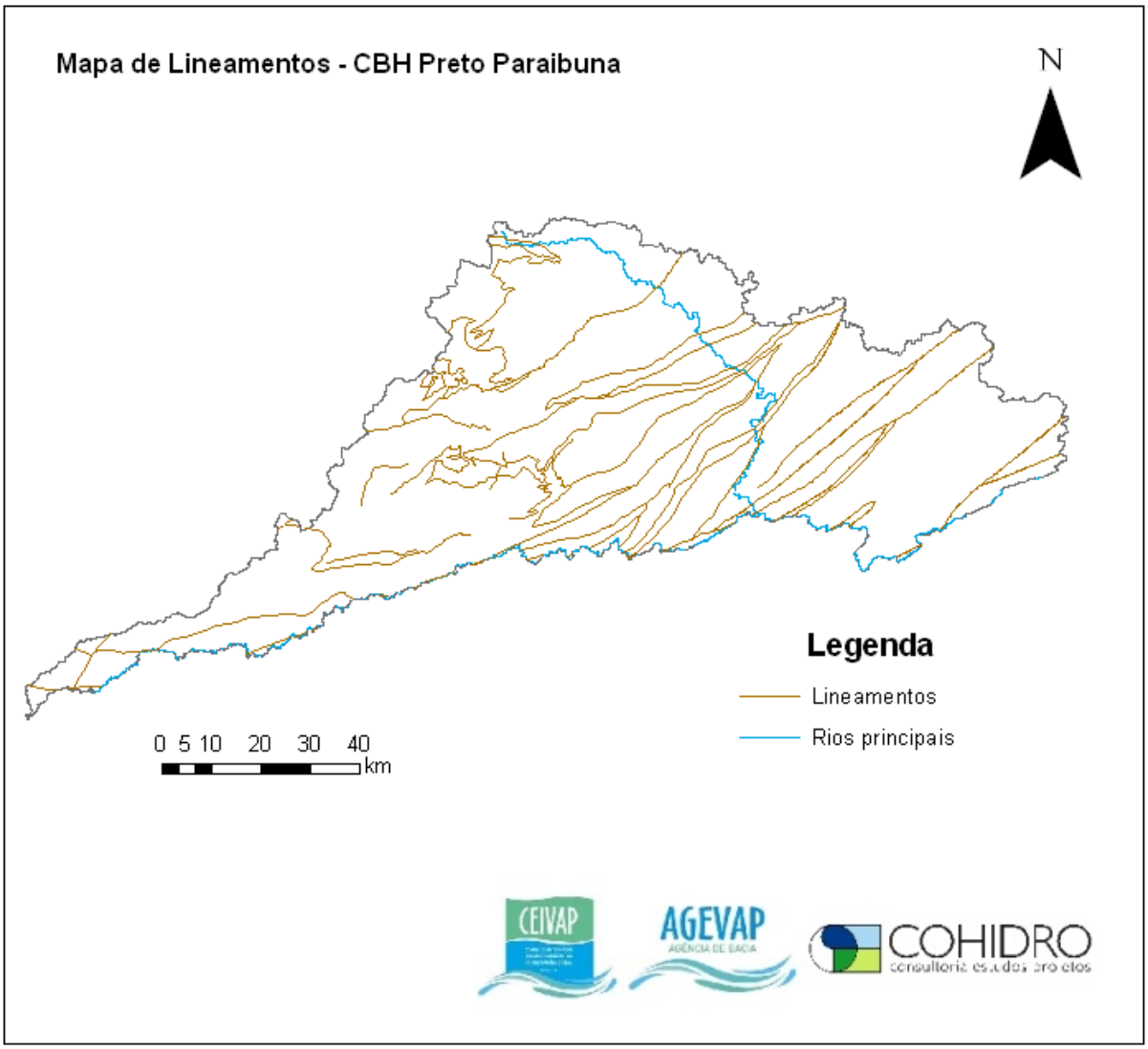


Figura 6.15 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo)

6.4.5 CBH PIABANHA

A região do Comitê Piabanha se insere em ambiente geológico de rochas ígneas e metamórficas dependendo apenas do fraturamento para obtenção de água subterrânea. O mapa da **Figura 6.16** mostra que esta região possui baixa densidade de fraturamento e metade da área (porção sudeste) não apresenta lineamentos em escala regional. Neste aspecto pode-se preliminarmente considerar que esta região apresenta baixo potencial para água subterrânea.

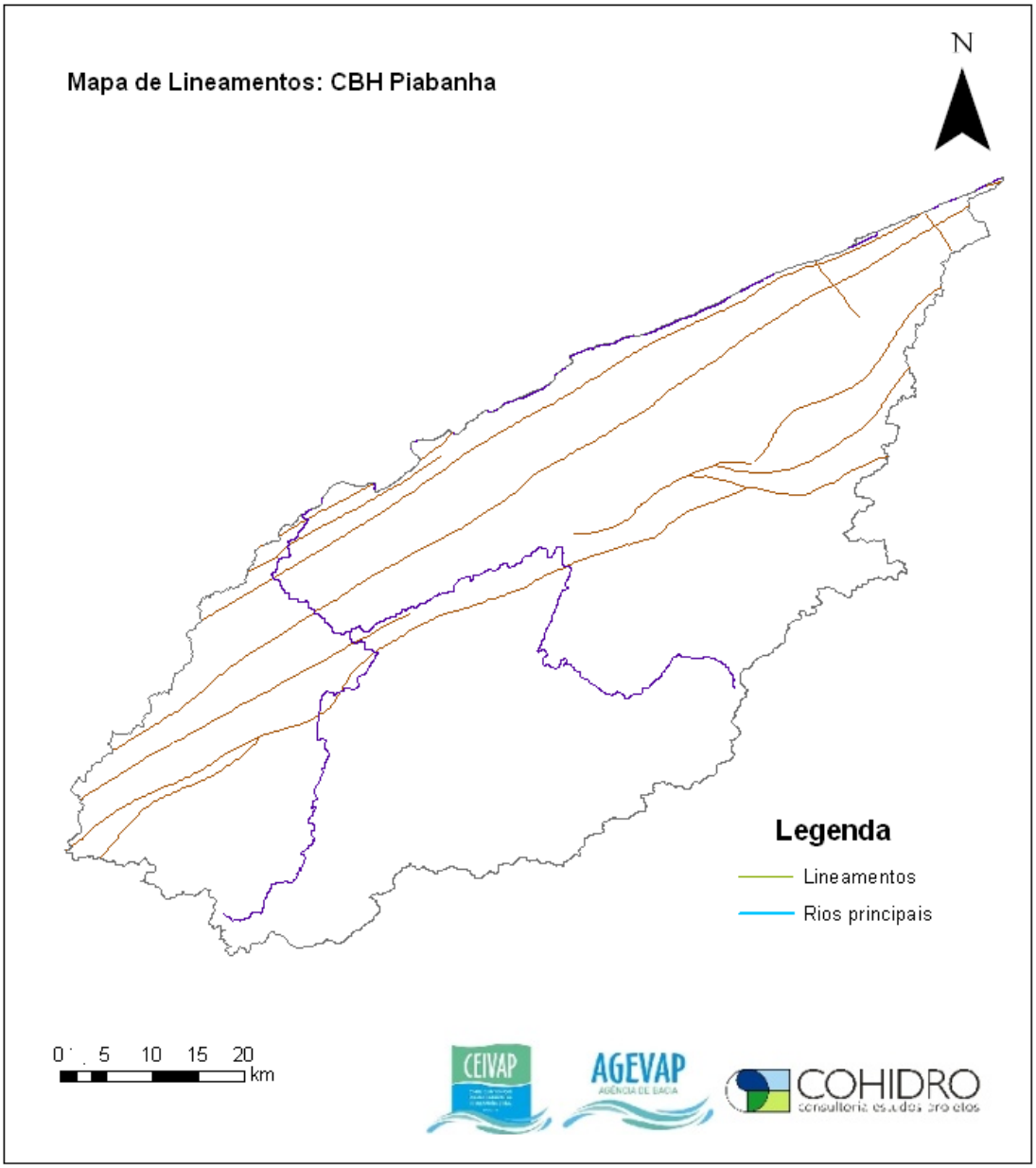


Figura 6.16 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo)

6.4.6 CBH COMPE (MG)

A região do CBH COMPE não possui bacias sedimentares estando completamente inserida em ambiente de rochas ígneas e metamórficas. Em escala regional (**Figura 6.17**), a área possui densidade de lineamentos relativamente elevada na direção NE-SW. Além dos lineamentos principais, esta região se distingue das demais por apresentar, de forma bem evidente, lineamentos com direção aproximada NW-SE. Este aspecto é importante pois o

potencial de recursos hídricos subterrâneos aumenta na presença de “famílias” de lineamentos com orientações diversas pois contribui para melhorar a conectividade e a percolação da água no interior do meio fraturado. A base da CRPM-SIAGAS possui significativa quantidade de poços nesta região e, em uma primeira análise, possuem vazões em média maiores do que as regiões circunvizinhas. Entretanto, necessitaria um estudo estatístico mais detalhado destes poços para avaliar, comparativamente, o volume de água produzido por estes poços tabulares. Além disto necessitaria mapas de lineamentos em escala de maior detalhe no sentido de correlacionar a densidade e a diversidade de orientação das fraturas com os dados de vazões obtidos.

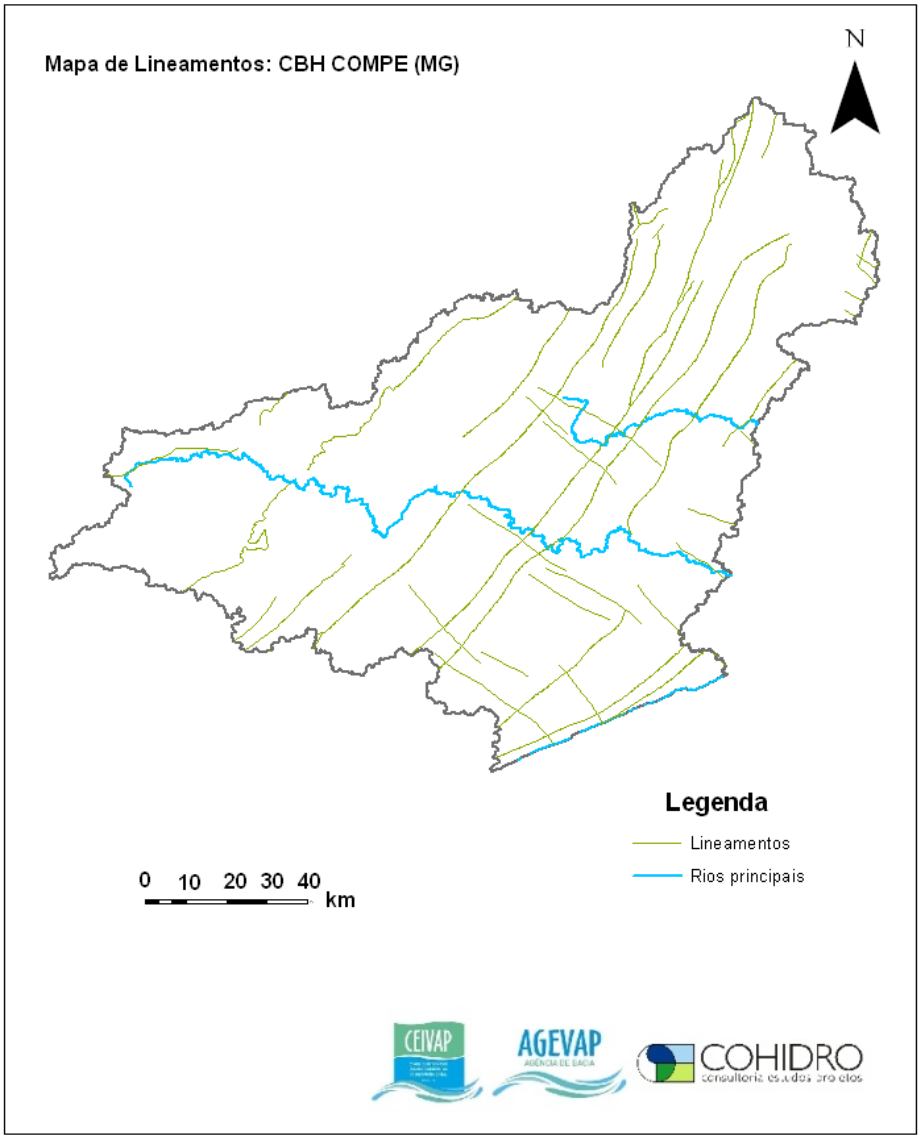


Figura 6.17 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo)

6.4.7 CBH RIO DOIS RIOS

A região do Comitê Rio Dois Rios está inserida em ambiente geológico constituído de rochas ígneas e metamórficas não tendo alternativa de se obter água subterrânea a partir de porosidade granular. Por outro lado, a região foi afetada pela tectônica regional possuindo uma densidade relativamente alta de lineamentos NE-SW (**Figura 6.18**). Os poços tabulares da base de dados da CPRM-SIAGAS mostram uma grande variação na produtividade destes poços mas alguns chegam a alcançar vazões com mais de 45 m^3/h.

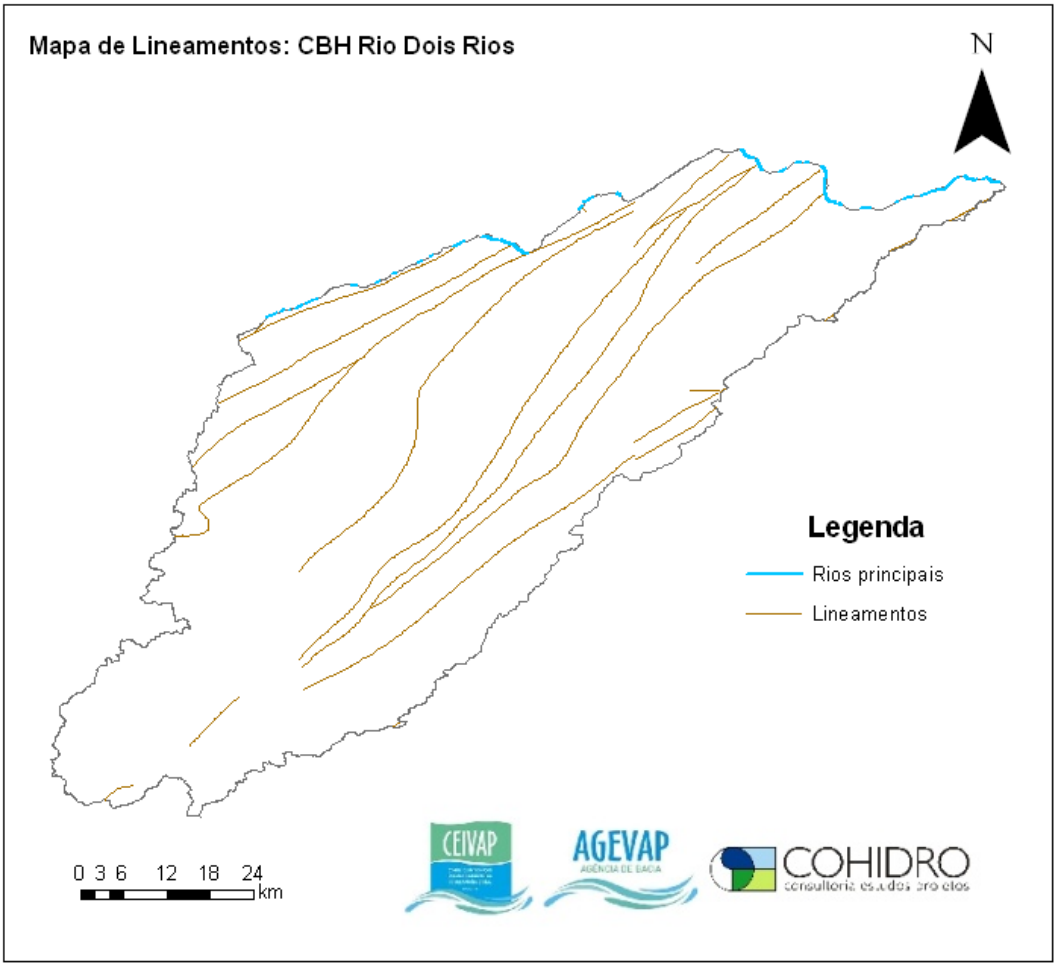


Figura 6.18 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo)

6.4.8 CBH BAIXO PARAÍBA DO SUL

Diferentemente das regiões circunvizinhas, a região correspondente ao Comitê Baixo Paraíba do Sul possui uma diversidade geológica que permite um potencial para água

subterrânea significativo. A região leste possui elevada densidade de fraturamento com direções predominantes NE-SW e NW-SE (**Figura 6.19**) obtendo vazões que podem alcançar mais de 50 m^3/h ainda que as vazões médias possam ser bem menores. Entretanto é na porção oeste, onde ocorrem as seqüências sedimentares, que se encontra o maior potencial aqüífero conforme já discutido anteriormente. As vazões mais significativas foram obtidas nas seqüências sedimentares aluvionares e podem alcançar em torno de 150 m^3/h.

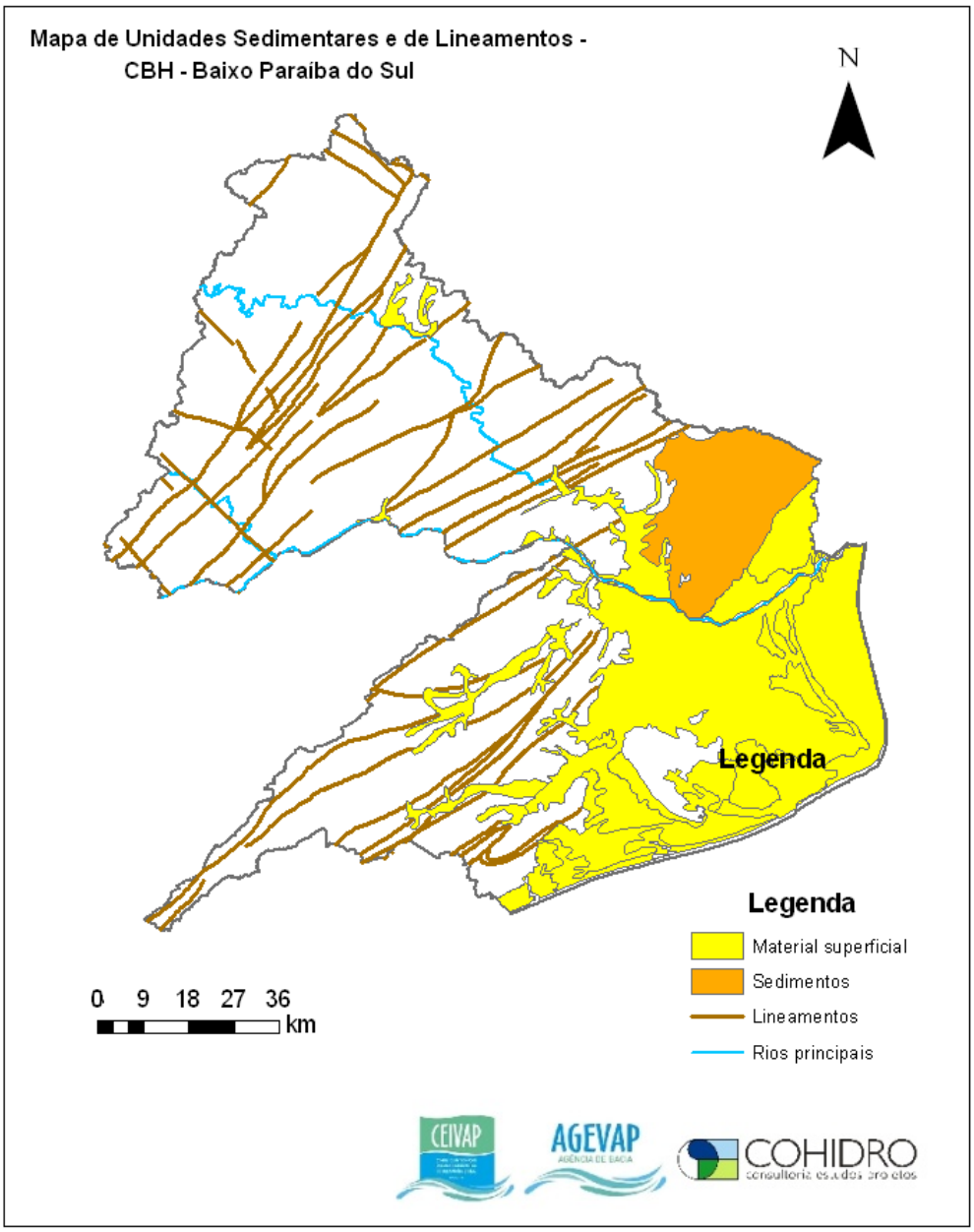


Figura 6.19 Mapa de lineamentos (CPRM – Carta Geológica do Brasil a Milionésimo)

6.5 CONCLUSÕES

No que concerne aos recursos hídricos subterrâneos, a bacia do rio Paraíba do Sul é bastante heterogênea quanto ao seu potencial e não tem ainda um conhecimento a altura de sua importância como alternativa para os recursos hídricos da região.

As bacias sedimentares de Taubaté e de Campos possuem setores constituídos de sequências arenosas espessas que apresentam elevado potencial com vazões máximas superiores a 150 m^3/h. Com base nos dados disponíveis, a bacia de Resende possui vazões máximas com valores inferiores (em torno de 50 m^3/h) as bacias de Taubaté e de Campos. Os aquíferos fissurais possuem importância local e, como era de se esperar, suas vazões são bem mais baixas que aquelas apresentadas pelos aquíferos sedimentares com valores raramente excedendo 15 m^3/h. Entretanto, este tipo de aquífero assume importância visto que 75% dos municípios da bacia encontram-se em ambiente relacionado a aquíferos fraturados.

De qualquer forma é de se esperar um significativo crescimento da busca por água subterrânea nos próximos anos até porque os aquíferos apresentam algumas vantagens em relação as águas superficiais como dispensa de tratamento químico, ausência de desapropriação de grandes áreas para construção de barragens além de ser menos afetado pela variabilidade climática e períodos longos de estiagem.

Para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneo além da subdivisão em bacias hidrográficas, necessita-se estabelecer a compartimentação geológica-tectônica que possibilite compreender melhor a interconexão entre os diferentes aquíferos.

Finalmente deve-se ressaltar que o conhecimento dos aquíferos ainda é muito restrito e necessita-se esforços para uma maior integração e disponibilização das informações particularmente aquelas que tratam da qualidade das águas.

CBH Paraiba do Sul (São Paulo)

Esta região possui potencial elevado para recursos hídricos subterrâneos tendo como principal aqüífero, os sedimentos predominante arenosos da Formação Caçapava, Grupo Taubaté. Ainda que estes aqüíferos não sejam muito homogêneos e com grande

variabilidade vertical – devido à presença de intercalações de lentes predominantemente argilosas - pode-se obter vazões bem elevadas nas regiões correspondendo a São José dos Campos e Guaratinguetá. A qualidade destes aqüíferos, conforme CETESB (2012) é comprometida pela elevada concentração de ferro, além da desconformidade para bário e parâmetros microbiológicos. Os dados brutos de água subterrânea nesta porção da bacia do Rio Paraíba do Sul estão dispersos e não facilmente acessíveis, o que torna difícil a análise detalhada e estatística destes dados. Neste sentido recomenda-se a disponibilização dos dados quantitativos e qualitativos relacionados à água subterrânea, além da necessidade de mais estudos que levem ao melhor conhecimento dos parâmetros hidráulicos e das interconexões entre os diferentes aqüíferos da região. Estes são aspectos importantes, pois cada vez mais a água subterrânea será uma alternativa importante para complementação dos recursos hídricos superficiais nesta parte da bacia.

CBH Médio Paraiba do Sul

O principal potencial para recursos hídricos subterrâneos está relacionado ao aqüífero Resende cuja bacia sedimentar heterogênea apresenta grande intercalação entre sedimentos argilosos e arenosos. Os aqüíferos confinados a livres podem alcançar espessuras 220 metros e as vazões destes poços são relativamente baixas. A base de dados de água subterrânea da CPRM (SIAGAS) possui poucos dados na região correspondendo ao Comitê do Médio Paraíba do Sul o que compromete uma análise estatística para se avaliar as vazões médias e máximas. A qualidade da água de uma maneira geral segundo nascimento (2012) é boa ainda que possam ser ferruginosas. Da mesma forma que para a porção paulista da bacia recomenda-se a disponibilização dos dados quantitativos e qualitativos assim como mais estudos que levem ao melhor conhecimento dos parâmetros hidráulicos e das interconexões entre os diferentes aqüíferos da região. Como a bacia sedimentar possui pequena extensão no contexto da região do Comitê Médio Paraíba do Sul, a exploração de água subterrânea do meio fraturado é opção para aquelas áreas que não possuem armazenamento de água em meio poroso. Para isto existe a necessidade de estudos para delimitar melhor as unidades litológicas e as estruturas tectônicas correlacionando-as com os parâmetros hidráulicos das águas subterrâneas.

CBH Guandu – Sub-bacia Rio Piraí

Esta região se insere em um contexto geológico de rochas ígneas e metamórficas dependendo do fraturamento para obtenção de água subterrânea. Em escala regional a região não foi possível avaliar a densidade de lineamentos devido ao pequeno tamanho da área. Para caracterizar melhor o potencial de água subterrânea e estabelecer as melhores áreas de exploração, se necessita levantamentos detalhados das estruturas e das unidades geológicas.

CBH Preto Paraibuna

Esta região se insere em um contexto geológico de rochas ígneas e metamórficas dependendo do fraturamento para obtenção de água subterrânea. Com base no mapa de estruturas produzido pela CPRM (escala 1:1.000.000) a região possui boa densidade relativa de lineamentos. Da mesma forma que em outras regiões, para caracterizar melhor o potencial de água subterrânea e estabelecer as melhores áreas de exploração, se necessita estudos estruturais mais detalhados e o estabelecimento de domínios geológicos-tectônicos que possam ser correlacionados coma produtividade dos poços tabulares disponíveis.

CBH Piabanha

Dentre todas as regiões estudadas, aquela do CBH Piabanha é a que possui menor potencial para água subterrânea considerando a análise preliminar dos lineamentos regionais que possuem na área uma menor densidade relativa. Da mesma forma que para as outras áreas, para caracterizar melhor o potencial de água subterrânea e estabelecer as melhores áreas de exploração se necessita estudos estruturais mais detalhados - com base em sensoriamento remoto - e uma análise que considere a correlação entre os domínios geológicos-tectônicos regionais e as vazões obtidas dos poços tabulares das bases de dados existentes em órgãos federais ou estaduais.

CBH COMPE (MG)

Esta região se insere em um contexto geológico de rochas ígneas e metamórficas dependendo da conectividade do fraturamento para obtenção de água subterrânea. Com

base no mapa de estruturas produzido pela CPRM (escala 1:1.000.000), a região possui boa densidade relativa de lineamentos e, pelo menos, duas orientações principais regionais. Da mesma forma que em outras áreas, a avaliação do potencial de água subterrânea e a identificação das melhores áreas de produção, se necessita estudos estruturais em escala de detalhe a semi-detalhe e o estabelecimento de domínios geológicos-tectônicos que possam ser correlacionados com a produtividade dos poços tabulares disponíveis.

CBH Rio Dois Rios

Esta região também se insere em um contexto geológico de rochas ígneas e metamórficas dependendo da conectividade do fraturamento para obtenção de água subterrânea. Com base no mapa de estruturas produzido pela CPRM (escala 1:1.000.000), a região possui boa densidade relativa de lineamentos paraleos (orientação NE-SW) considerando uma abordagem preliminar. A identificação das áreas com maior potencial produtivo depende de estudos tectônicos utilizando técnicas de campo e de sensoriamento remoto que possibilitem identificar (em escala aproximada 1:50.000) a maior densidade e conectividade do fraturamento.

CBH Baixo Paraiba do Sul

Diferente das regiões de entorno, esta região possui potencial elevado para recursos hídricos subterrâneos provenientes de porosidade granular proveniente principalmente das extensas faixas de sedimentos de origem deltaica e aluvionar. Nesta região já foram mapeados diferentes aqüíferos livres ou confinados (Rocha et al., 2003). O aqüífero aluvionar de Campos é considerado o melhor aqüífero do estado Rio de Janeiro (Nascimento, 2012). As condições integradas de aqüífero livre e profundidade do freático normalmente variando de 1,5 a 3,0 m apontam para elevada vulnerabilidade para parte destes aqüíferos. O aqüífero fraturado que ocorre nesta região também parece ter bom potencial relativo considerando a elevada densidade de lineamentos regionais e os dados de vazão disponíveis. No tocante à qualidade, a água subterrânea proveniente do aqüíferos poroso apresenta concentrações elevadas de sais e de ferro acima dos padrões de potabilidade. De uma maneira geral o conhecimento de ambos os aqüíferos (sedimentar e fraturado) nesta região é disperso, necessitando-se esforços institucionais conjuntos para direcionar recursos para estudos e disponibilização de informações tanto de quantidade quanto de qualidade da água.

7 SOLOS DA BACIA DO RIO PARAIBA DO SUL

7.1 INTRODUÇÃO

A bacia do rio Paraíba do Sul, localizada no eixo econômico mais importante do país; há décadas vem sofrendo grande pressão ocupacional, seja pela expansão urbana crescente e desordenada, seja pelas atividades agrícolas incompatíveis com a capacidade de uso do solo; tudo isso impactando sobremaneira no equilíbrio ecológico-econômico do sistema como um todo. É uma extensa área que abriga grande amplitude de relevo, saindo das serras escarpadas ate as baixadas litorâneas, predominando porém, o relevo forte ondulado.

Considerando que o solo é a base de sustentação e desenvolvimento dos sistemas de produção agropecuários e ecossistemas terrestres, o conhecimento pedológico da região é essencial para planejamento do uso e fundamentação de propostas racionais para o manejo desse recurso.

Para isso, foi feita uma compilação e compatibilização dos dados a partir dos levantamentos de solos do Estado do Rio de Janeiro, elaborado pela EMBRAPA-CNPS (2003), na escala de 1:250.000; do levantamento de solos do Estado de Minas gerais, produzido pela UFV, FEAM e UFLA (2010), na escala de 1:400.000 e por fim pelo levantamento de solos do Estado de São Paulo, realizado pelo Instituto Agronômico de Campinas (Boletim 45, IAC, 1999), publicado na escala de 1:500.000.

Com a análise e interpretação dessas informações foi possível gerar a espacialização das diferentes propriedades dos solos e a geração dos mapas temáticos das unidades de solos predominantes e sua aptidão agrícola.

O objetivo principal desse estudo é fornecer subsídios técnicos para o planejamento dessa importante bacia a todas entidades, seja no âmbito estadual ou municipal envolvidas no processo de gestão territorial e fomento para o desenvolvimento sustentado dessa região.

7.2 RESULTADOS

Na Bacia do Rio Paraíba do sul, apenas 3 unidades de mapeamento respondem por mais de 70% da cobertura pedológica dessa região. São elas: LATOSSOLOS VERMELHO-

AMARELOS Distróficos, CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, ocupando 39,3%, 15,2% e 14,5% respectivamente.

Todas são unidades associadas, ou seja, compostas por mais de uma classe de solo, e/ou pela mesma classe, contudo, com atributos, nos níveis categóricos inferiores, que as diferenciam, como tipo de textura, tipo de horizonte A e até mesmo a classe de relevo dominante.

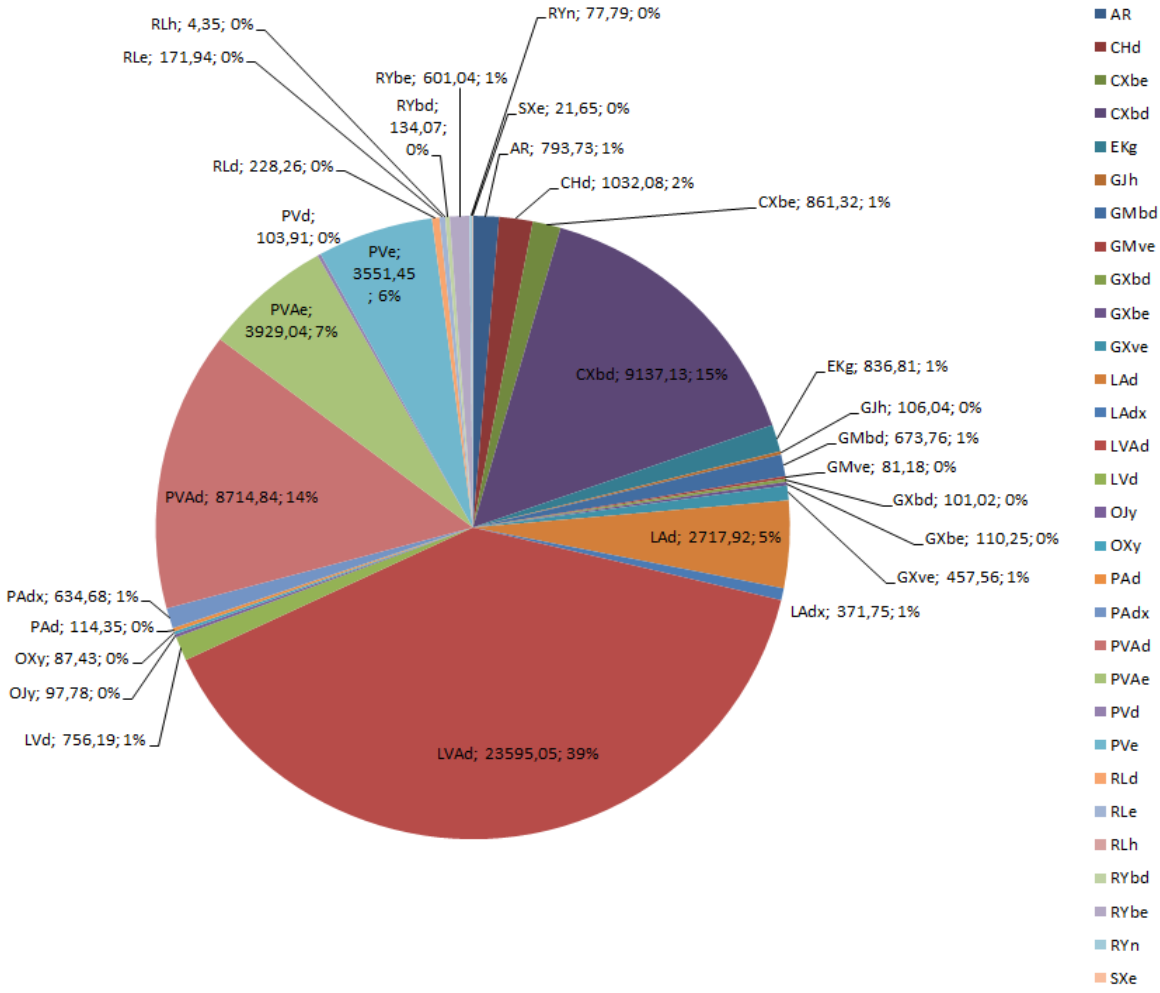


Gráfico 7.1 Distribuição das unidades de mapeamento na Bacia do Rio Paraíba do Sul até 3º nível categórico. (área km2, %).

O relevo, se apresenta bastante heterogêneo, variando desde o relevo plano a suave ondulado até o montanhoso a escarpado o que dificulta o estabelecimento de um padrão de comportamento dos solos em relação a paisagem. Contudo fica evidente que nas áreas de relevo com maior inclinação e pendentes curtas, características associadas a um desenvolvimento pedogenético intermediário, como por exemplo, pouca profundidade (lépticos ou líticos), horizonte incipiente (câmbico) e presença de rochosidade, são relativamente comuns na caracterização das unidades de mapeamento levantadas.

Tabela 7.1 Descrição das legendas representativas das unidades de mapeamento da Bacia do rio Paraíba do Sul.

Leg	Nome das Classes de solos (até 3º nível)	Área (km²)	Área (%)
AR	AFLORAMENTOS DE ROCHA	793,73	1,32
CHd	CAMBISSOLOS HÚMICO Distróficos	1.032,08	1,72
CXbe	CAMBISSOLOS HÁPLICO Eutróficos	861,32	1,43
CXbd	CAMBISSOLOS HÁPLICO Distróficos	9.137,13	15,20
EKg	ESPODOSSOLOS HUMILÚVICOS Hidromórficos	836,81	1,39
GJh	GLEISSOLOS TIOMÓFICOS húmicos	106,04	0,18
GMbd	GLEISSOLOS MELÂNICOS Tb Distróficos	673,76	1,12
GMve	GLEISSOLOS MELÂNICOS Ta Eutróficos	81,18	0,14
GXbd	GLEISSOLOS HÁPLICOS Distróficos	101,02	0,17
GXbe	GLEISSOLOS HÁPLICOS Tb Eutróficos	110,25	0,18
GXve	GLEISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos	457,56	0,76
LAd	LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos	2.717,92	4,52
LAdx	LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos coesos	371,75	0,62
LVAd	LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos	23.595,05	39,26
LVd	LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos	756,19	1,26
OJy	ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS Hêmicos	97,78	0,16
OXy	ORGANOSSOLOS HÁPLICOS Hêmicos	87,43	0,15
PAd	ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos	114,35	0,19
PAdx	ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos coesos	634,68	1,06
PVAd	ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos	8.714,84	14,50
PVAe	ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos	3.929,04	6,54
PVd	ARGISSOLOS VERMELHOS Distróficos	103,91	0,17
PVe	ARGISSOLOS VERMELHOS Eutróficos	3.551,45	5,91
RLd	NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Distróficos	228,26	0,38
RLe	NEOSSOLOS REGOLÍTICOS Eutróficos	171,94	0,29
RLh	NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos	4,35	0,01
RYbd	NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos	134,07	0,22
RYbe	NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos	601,04	1,00
RYn	NEOSSOLOS FLÚVICOS Sódicos	77,79	0,13
SXe	PLANOSSOLO HÁPLICO Eutróficos	21,65	0,04
		60104,37	**100**

7.3 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS

CBH PARAÍBA DO SUL – São Paulo

O comitê de São Paulo, em termos de unidades de solos, é o que apresenta o menor número de indivíduos em função do tamanho do comitê, mas principalmente da escala de execução desse levantamento. Já em termos de área, aproximadamente 90% do comitê é representado apenas por 3 unidades de solos sendo os CAMBISSOLOS HÁPLICOS, os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS e os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS os solos em destaques distribuídos na mesma proporção entre si.

Um aspecto muito importante a ser ressaltado aqui é que, do total de 6, as outras 3 unidades que compõem os solos desse comitê, ou seja, os 10% restantes, são compostos por solos que apresentam o relevo variando de plano a suave ondulado; fato este que refletirá forte e positivamente no potencial agrícola dessas terras.

CBH MÉDIO PARAIBA DO SUL

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos ocupam quase metade da área do comitê do médio Paraíba. Estão associados ao relevo ondulado a montanhoso e representam bem as características geomorfológicas dessa região, assim como os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e os CAMBISSOLOS HÁPLICOS que ocupam respectivamente 20%, 17% e pouco mais de 8%.

Uma característica desse comitê é apresentar um considerável número de classes de solos associados a um regime de drenagem deficiente, mas ao mesmo tempo apresentar uma pequena área ocupada por esses solos. Essas unidades são encontradas as margens do rio Paraíba do Sul e nas suas antigas planícies de inundação, onde podem ser encontrados os NEOSSOLOS FLÚVICOS com características cambissólicas, contudo não diagnóstica, em função do seu melhor desenvolvimento estrutural e drenagem.

CBH GUANDU – SUB-BACIA RIO PIRAÍ

No menor comitê da bacia, os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos ocupam aproximadamente 70%, seguido pelos CAMBISSOLOS HÁPLICOS com pouco mais de 14% da área. Todas as unidades levantadas se apresentam com distrofia, o que reflete negativamente no potencial de uso agrícola dessas terras.

Diferentemente do comitê do Médio Paraíba, no Guandu, não foi verificado a presença de solos hidromórficos, presentes em áreas planas e com má drenagem. Isso se deve ao fato de que nesse comitê, o rio Paraíba tem seu leito situado em vales encaixados.

CBH PRETO – PARAIBUNA –MG

Os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos sozinhos ocupam quase 60% dessa área, seguido pelos CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos com aproximados 18%. Para o domínio morfoclimático desse comitê, característico dos Mares de Morros, que apresentam um relevo mais suavizado a exemplo do relevo montanhoso do alto Paraíba, a presença da feição “meias-laranjas” é comum e comumente associada aos LATOSSOLOS, ARGISSOLOS e CAMBISSOLOS; o primeiro no terço superior; o segundo no terço médio e, os CAMBISSOLOS, no terço inferior da pendente.

CBH PIABANHA

Como em outros comitês, os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos também se apresentam com a unidade de solo mais representativa, contudo em menor proporção que outros comitês. Com valores próximos, os CAMBISSOLO HÁPLICOS Distróficos ocupam pouco mais de 26%, enquanto que o primeiro, pouco menos de 34%. Os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS respondem por mais 30% da área total.

Uma característica diferentemente de outros comitês, é que os AFLORAMENTOS DE ROCHA, proporcionalmente ocupam uma significativa área. Esse fato retrata as características peculiares e diferenciadas da pedogênese, principalmente influenciada pelo relevo movimentado, com relevo montanhoso e escarpado em boa parte dessa região; regulando e restringindo em diferentes graus essas áreas para o uso agrícola.

CBH COMPE – MG

Assim com no comitê Paraibuna, os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos sozinhos ocupam cerca de 62% desse território, seguido dos LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos e dos CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, ocupando aproximadamente 10% e 8% respectivamente. Para o restante das unidades verificadas, que ocupam os 20% restantes da área, os LATOSSOLOS VERMELHOS merecem evidência pelo fato de apenas ocorrer nessa sub-bacia essa importante classe de solo brasileiro.

Cabe destaque aqui a presença de solos com caráter eutrófico. Ocupando apenas 10% da área da bacia, número esse já expressivo quando comparado a outros comitês, assume grande relevância quando essa representatividade na bacia é traduzida em área; somados, os solos eutróficos perfazem mais de 1.317 km^2, ou seja, mais de 114 mil hectares – excluindo os NEOSSOLOS REGOLÍTICOS - com bom potencial de uso agrícola, contudo, levando-se em conta apenas a disponibilidade de nutrientes que esses solos dispõem.

CBH RIO DOIS RIOS

Como característica distinta desse comitê em relação aos demais da bacia do Rio Paraíba do Sul, o de Dois Rios possui cerca de 93% da sua cobertura pedológica representada por 5 classes de solos relativamente equitativos em termos proporcionais. Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS distróficos (16%), os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos (15%), os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos (22%), os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos (19%) e os ARGISSOLOS VERMELHOS Eutróficos (20%).

Essa bacia tem um importante destaque em relação as outras: cerca de 40% da área desse comitê é representados por solos eutróficos, ou seja, que podem apresentar um bom potencial para produção agrícola, contudo outros fatores devem ser considerados para isso, como é o caso do relevo.

CBH BAIXO PARAIBA DO SUL

Por suas dimensões, esse comitê apresenta o maior número de unidades de solos identificadas, sendo 24 no total, sendo que apenas 5 unidades representam juntas pouco mais de 50% da cobertura pedológica. Cabe destaque aí para os ARGISSOLOS VERMELHOS Eutróficos, ocupando aproximadamente 20% da área. Os CAMBISSOLOS HÁPLICOS Distróficos, os LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos e por fim os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos ocupam cerca de 10%, 11%, 12% e 10% respectivamente.

Assim como para a Sub-bacia de Dois Rios, a do Baixo Paraíba do Sul também se destaca pela proporção de unidades que apresentam o caráter eutrófico, avaliada em cerca de 30%

do total da área. Outras unidades de solos também apresentam esse caráter, ocupando pouco mais de 5 %; contudo são solos que apresentam sérios problemas de drenagem.

Um outro destaque, visto a proporção da área que ocupa, pode ser dado aos ESPODOSSOLOS. São solos comumente arenosos e muito mal drenados, associados ao acúmulo de ferro e ácidos orgânicos nos horizontes inferiores.

7.4 **CONCLUSÕES**

De forma geral, em relevos mais movimentados, característicos de regiões com topografia forte ondulada a montanhosa, a declividade controla os processos pedogenéticos principalmente devido a constante remoção de material superficial. Sendo assim, numa pendente comumente na porção da vertente onde há maior declividade, encontraremos solos rasos e/ou afloramentos rochosos, enquanto que em declive mais suaves, podem ser observados solos mais desenvolvidos e profundos.

Analisando a cobertura pedológica dos comitês, foi possível verificar que cada um apresenta um comportamento distinto em relação ao número de classes de classes de solos identificados e a proporção que cada classe representa dentro desses comitê. Um aspecto relevante é que concomitantemente esses comitês além de comporem fisiograficamente as sub bacias do complexo Paraíba do Sul, pedologicamente apresentam-se também como ambientes claramente diferenciados entre si, fato esse que se torna importante a medida que no processo de macro-planejamento de uso, ocupação e adequação dessas terras, cada comitê seja considerado um compartimento que possui suas peculiaridades.

Deve-se ter em mente que mesmo sendo compartimentos diferenciados na paisagem quando pensamos em sub-bacias, numa escala maior, os comitês apresentam algumas semelhanças, tanto no aspecto do relevo como das unidades de solos, que se não são iguais, mostram grande semelhança entre si. Um grande exemplo disso são as feições “meia-laranja” observados tanto nos comitês do Estado de Minas Gerais, como no Estado do Rio de Janeiro e São Paulo. Nesse mesmo enfoque, as regiões de relevo montanhoso a escarpado tanto em São Paulo, como no Rio de Janeiro.

Além disso, principalmente para o comitê do Baixo Paraíba do Sul, devido a extensão de sua área, há a possiblidade da divisão de sub compartimentos de relevo, variando do forte ondulado a montanhoso da região serrada; o de “mares de morro” num patamar mais

abaixo, com relevo ondulado a forte ondulado como transição para outro sub-compartimento: a baixada litorânea, com relevo plano a suave ondulado no topo dos tabuleiros costeiros e suave ondulado para os ambientes colinosos.

8 APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS

8.1 INTRODUÇÃO

A avaliação da aptidão agrícola das terras da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul terras foi elaborada segundo do Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (RAMALHO FILHO e BEEK, K. J., EMBRAPA-CNPS 1995, 3.ed. Rio de Janeiro). a partir da base de dados disponível.

A aptidão agrícola foi obtida pela avaliação do grau de restrição dos fatores de limitação do uso do solo, estabelecidos segundo a metodologia para avaliar as condições agrícolas das terras. São eles: Deficiência de Fertilidade (f); Deficiência de Água (h); Excesso de água ou deficiência de oxigênio (o); Suscetibilidade à erosão (e); e Impedimentos à mecanização (m).

Partindo-se das propriedades das classes de solos encontradas, avaliou-se os graus de limitação dos parâmetros edáficos selecionados pela metodologia, onde foram obtidas as classes de aptidão agrícola das terras para cada nível de manejo. Posteriormente, foram estabelecidos os grupos de aptidão agrícola, baseados na melhor classe de aptidão, em um dos três níveis de manejo, para cada unidade de mapeamento do solo. Finalmente, após o estabelecimento dos subgrupos de aptidão agrícola, elaborou-se a legenda do mapa de aptidão agrícola das terras. No caso em que as unidades de mapeamento de solos são constituídas por mais de um componente (o que ocorreu na maior parte dos casos), a aptidão agrícola é definida em função do solo dominante, sendo ponderada até o segundo componente da associação.

8.2 RESULTADOS

Com base nos resultados da avaliação da aptidão agrícola, verificou-se que a área da Bacia do Rio Paraíba do Sul apresentou-se com moderada a baixa potencialidade agrícola, onde apenas 17,99% (10.808,65 km^2) de suas terras são adequadas para o uso com lavouras. Essas terras basicamente estão localizadas nos terrenos planos nas antigas planícies de inundação do Rio Paraíba, concentradas principalmente junto ao seu leito no Estado de São Paulo, do município de Jacareí até Cachoeira Paulista; no Rio de Janeiro entre os municípios de Resende a Quatis e na baixada litorânea, próximo a sua foz. Para o Estado

de Minas Gerais, as áreas mais aptas estão situadas em estreitas áreas encaixadas no vale do Rio Paraíba.

Para uso com atividades menos intensivas em termos de preparo de solo, encontrou-se um total de 72,61% da área total da bacia, sendo que desses, 43,21% são representadas por terras aptas para pastagem plantada nas classes regular e restrita e 29,4% para as atividades de silvicultura e/ou pastagem natural também dentro das classes regular e restrita. As áreas sem aptidão agrosilvipastoril, devendo ser destinadas à preservação da fauna e da flora, representam 6,24%.

Em termos de nível tecnológico, o nível de manejo A se mostra pouco privilegiado no rol das terras que apresentam aptidão para lavouras, representando 26% do total de áreas aptas para o desenvolvimento de agricultura nesse nível de manejo, sendo que, agora falando em termos de área total da bacia, apenas pouco menos de 1% (582 km^2) é representada pela classe de aptidão regular e 6,33% da área da bacia é representada por terras com predominância de aptidão restrita para o nível de manejo A. Isto pode ser explicado, em grande parte, pela baixa fertilidade natural predominante dos solos, onde somente cerca de 10% da área total possuem fertilidade natural elevada (solos eutróficos). Logo, considerando apenas a fertilidade, para que esses solos distróficos possam ter um uso mais intensivo, obrigatoriamente necessitam da aplicação de insumos e tecnologias básicas de manejo, aspectos estes não suportados para o nível de manejo “A” a fim de possibilitar o uso agrícola.

Tabela 8.1 Descrição da aptidão agrícola e distribuição proporcional das classes na Bacia do Rio Paraíba do Sul.

Aptidão	Descrição	Área (km^2)	%
2abc	Terras com aptidão regular para lavoura nos níveis de manejo A, B, e C.	582,00	0,97
2(a)bc	Terras com aptidão regular para lavoura nos níveis de manejo B e C e restrita no nível de manejo A	83,48	0,14
2(b)c	Terras com aptidão regular para lavouras no nível de manejo C e restrito no nível B.	1.129,61	1,88
3(abc)	Terras com aptidão restrita para lavoura nos níveis de manejo A, B, e C.	1.544,90	2,57
3(abc)*	Terras com aptidão restrita para lavoura com aptidão especial para culturas de ciclo longo, nos níveis de manejo A, B, e C.	1.215,19	2,02
3(ab)	Terras com aptidão restrita para lavoura nos níveis de manejo A e B e inapta para o nível C.	958,85	1,60
3(bc)	Terras com aptidão restrita para lavoura nos níveis de manejo B e C e inapta para o nível A.	1.038,20	1,73
3(bc)*	Terras com aptidão restrita para lavoura com aptidão especial para culturas de ciclo longo nos níveis de manejo B e C e inapta para o nível A.	1.474,18	2,45
3(bc)*	Terras com aptidão restrita para lavoura com aptidão para dois cultivos por ano nos níveis de manejo B e C e inapta para o nível A.	1.806,64	3,01
3(c)*	Terras com aptidão restrita para lavoura com aptidão especial para culturas de ciclo longo no nível de manejo C e inapta para o nível A e B.	975,60	1,62
4P	Terras com aptidão boa para pastagem plantada.	412,18	0,69
4p	Terras com aptidão regular para pastagem plantada.	10.989,13	18,28
4(p)	Terras com aptidão restrita para pastagem plantada.	14.984,47	24,93
5n	Terras com aptidão regular para pastagem natural.	5.515,26	9,18
5s	Terras com aptidão regular para silvicultura.	832,69	1,39
5sn	Terras com aptidão regular para silvicultura e para pastagem natural.	9.462,01	15,74
5(n)	Terras com aptidão restrita para pastagem natural.	1.185,43	1,97
5(s)	Terras com aptidão restrita para silvicultura.	1.061,04	1,77
5(s)n	Terras com aptidão restrita para silvicultura e aptidão regular para pastagem natural.	1.511,77	2,52
6	Terras sem aptidão agrícola, indicado para preservação da flora e fauna.	3.753,91	6,24
		60.104,37	**100**

Por outro lado, considerando apenas o uso agrícola para o nível de manejo B e C, ocorre aproximadamente o inverso, ou seja, tem-se uma grande predominância das terras aptas para lavouras dentro das classes de aptidão regular e restrita para B, equivalente à pouco mais de 1,1% e 15,25% respectivamente, assim como para C, com valores de aproximadamente 3% para classe regular e 11,4% do total da bacia para a classe restrita ao uso agrícola. Nestes níveis de manejo, caracterizado pela adoção mais ou menos intensiva de tecnologia (B e C), capital e insumos, a maioria das limitações existentes podem ser contornadas, o que possibilita um aumento de áreas que podem ser incorporadas ao processo produtivo da região.

Diante dos valores apresentados não só para o quantitativo das áreas que apresentam aptidão para lavouras, como também para a classe de aptidão a que pertencem, verifica-se

que a maior parte dos solos da bacia impõem grandes restrições ao uso mais intensivo das suas terras.

Dentre os atributos diagnósticos referentes aos solos, observou-se que o relevo efetivamente está relacionado em maior ou menor intensidade com todos os outros atributos pedológicos considerados. Influencia desde a disponibilidade de água até à mecanização agrícola, referindo-se a aspectos vitais quanto ao uso das terras, como favorabilidade ao desenvolvimento do sistema radicular e profundidade do solo. Como ilustração, pode-se dizer que em dois solos igualmente férteis (saturação em bases, V%, iguais), aquele de menor declividade terá maior potencial de uso. O mesmo raciocínio, para efeito de qualidade entre dois ou mais solos, pode ser extrapolado para os casos de uso da mecanização agrícola, sensibilidade à erosão, dentre outros.

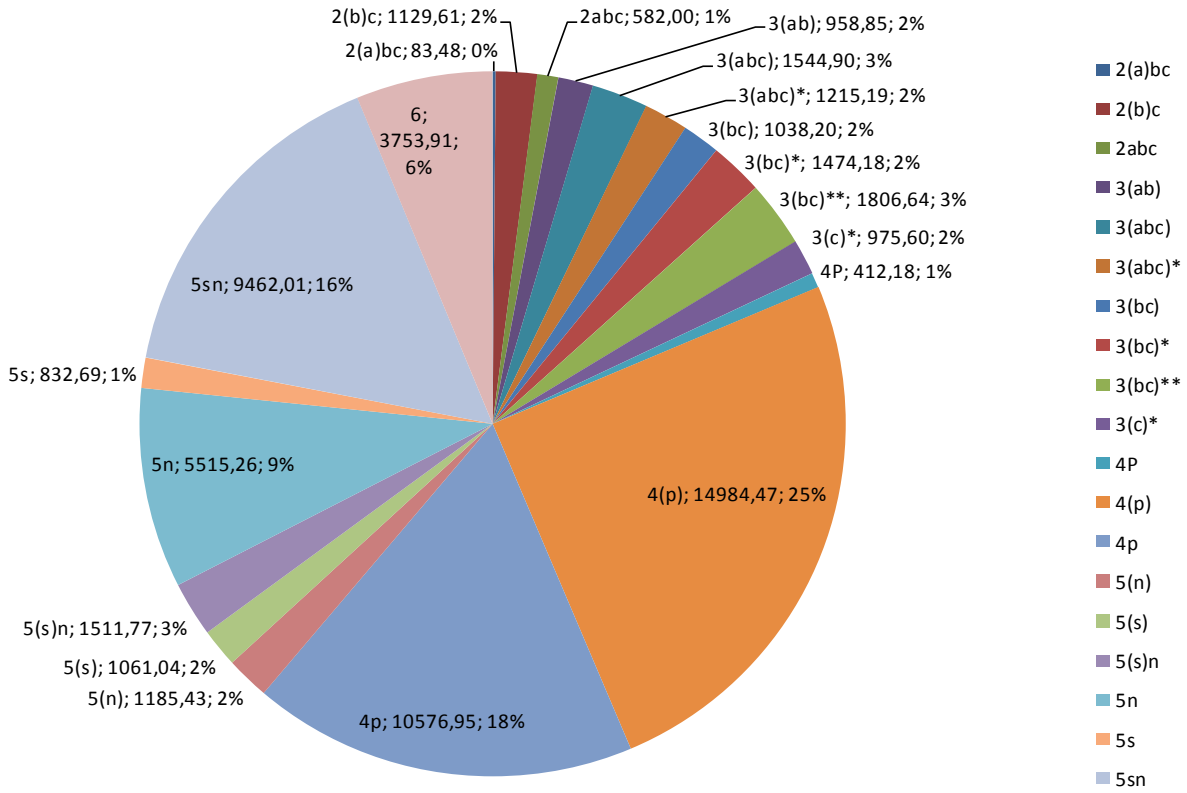


Gráfico 8.1 Distribuição das classes de aptidão agrícola na Bacia do Rio Paraíba do Sul (Área km^2, %).

8.3 DESCRIÇÃO DOS COMITÊS

CBH PARAÍBA DO SUL (SP)

Observa-se que a maior aptidão da bacia esta concentrada no seu uso com pastagem plantada com nível regular a restrito, ocupando cerca de 50% da área avaliada. Contudo, somando-se as áreas com aptidão para pastagem natural, tanto no nível regular e restrito, esses valores chegam a aproximadamente 80% do comitê. Isso mostra a forte restrição ao uso dessas terras impostas principalmente pelo relevo.

Esses valores demostram que o comitê avaliado tem grande aptidão para instalação e manutenção de um programa para desenvolvimento de atividades pecuárias, principalmente ligadas à produção leiteira.

Apenas 13% das terras avaliadas para esse comitê apresentam aptidão para agricultura, ainda sim, somente nos níveis restritos para o tipo de agricultor B e C. Mesmo sendo um número proporcionalmente baixo, essa área equivale a mais de 170.000 hectares, o que é relevante em termos de terras aptas para uso com agricultura para produção de bens de consumo direto.

É possível verificar que as terras com maior aptidão agrícola estão concentradas na calha do rio Paraíba do Sul, variando sua aptidão ente 3(bc) e 3(bc)**; enquanto que nas bordas nas extremidades da bacia desse comitê, justamente pelo relevo mais acidentado, a aptidão fica reservada para pastagem plantada, ainda sim numa classe regular a restrita; e pastagem natural e silvicultura, ambas também variando entre as classes regular e restrita.

Coincidentemente, as terras com melhor aptidão agrícola estão situadas na área de maior densidade populacional desse comitê; representado não mais de 13% dessas terras, a associação entre mercado consumidor e terras com potencial de produção, mesmo que numa classe restrita de uso, favorece a implantação de atividades de maior valor agregado, como olerícolas e fruticultura, logo, ainda que proporcionalmente pequena, as áreas com terras aptas para agricultura se tornam extremamente relevante nesse contexto.

CBH MÉDIO PARAIBA DO SUL

O comitê do Médio Paraíba do Sul apresenta cerca de 30% da sua área, ou seja, quase 193.000 hectares de terras aptas para o desenvolvimento de atividades agrícolas mais

intensivas de forma regular e restrita nos níveis de manejo A, B e C, prevalecendo os dois últimos.

Observa-se que mais de 60% das terras desse comitê apresentam terras aptas para pastagem, sendo que em números aproximados, 52% para pastagem plantada, seja regular e restrita e, 8% para pastagem natural.

Assim como para o comitê de São Paulo, esse possui características semelhantes em relação a localização das terras com maior aptidão agrícola: também se concentram na calha e adjacências do Rio Paraíba do Sul. Uma diferença básica entre ambos é que aqui, o rio Paraíba encontra-se um pouco mais encaixado, correndo por uma área predominantemente de relevo suave ondulado, enquanto que no comitê de São Paulo, as áreas aptas estão situadas ao da antiga planície de inundação do rio Paraíba, com relevo plano. Contudo, a medida que o Rio Paraíba do Sul se torna divisa entre os Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, as áreas com melhor aptidão, apresentam um desenho estreito e alongado, basicamente nas áreas adjacentes a calha principal.

CBH GUANDU

O comitê do Guandu apresenta 80% das suas terras com aptidão máxima para pastagem, sendo 73% para plantada e o restante para pastagem natural.

Replicando a característica geral da bacia, o fator limitante de maior relevância é o relevo; contudo, pode ser observado que esse relevo, comparado a exemplo do predominante no comitê do médio Paraíba, o comitê do Guandu é bem menos movimentado e ainda sim resultando numa aptidão semelhante ao seu par. Isso pode ser explicado, pois somado e atuando também como forte fator limitante, a baixa disponibilidade de nutrientes impõe um grau de limitação de uso mais restritivo.

De forma geral, as terras mais aptas para agricultura estão localizadas nas áreas associadas as planícies aluviais do rio Guandu, com aptidão restrita tanto para os níveis A, B e C de manejo. De qualquer forma esse é um aspecto importante, visto que mais da metade das terras com aptidão para lavoura o é para esses três níveis de manejo, com destaque para o agricultor com nível de manejo A, ou seja, que não dispõe de recursos financeiros para melhorias das terras e investimentos na produção.

Com mais de 70% da sua área classificada com aptidão regular (4p) para pastagem plantada, esse resultado mostra o grande potencial desse comitê para atividades relacionadas a pecuária, seja para gado leiteiro, seja para gado de corte. Contudo, mesmo apresentado aptidão para pastagem plantada, a sustentabilidade dessas terras estará intimamente relacionada com o manejo dos animais, principalmente no que e refere a pressão de pastejo.

CBH PRETO – PARAIBUNA

O comitê do rio Preto-Paraibuna é o único que, dentro da metodologia adotada, não apresenta terras com aptidão para agricultura, seja ela qual qualquer tipo de nível de manejo. É o comitê que apresenta o maior nível de restrição. Isso pode ser confirmado pela aptidão predominante das terras dessa sub-bacia que, segundo a metodologia, tem sua aptidão indicada para pastagens naturais e/ou atividades silvícolas ocupando uma área superior a 430.000 hectares, perfazendo aproximados 60% da área total desse comitê.

Terras aptas para pastagem plantada representam 32% do total de terras avaliado. Pela aptidão é possível verificar que essa região deve priorizar planos e programas para desenvolvimento de atividades pecuárias.

CBH PIABANHA

Um aspecto importante dessa bacia, diferentemente das outras é a elevada percentagem da classe 6 de aptidão, ou seja, terras sem aptidão agrícola e preferencialmente destinadas a preservação ambiental, representado mais de 15% da área total, fato esse relacionado ao relevo movimentado somado aos comuns afloramentos de rocha e a elevada pedrogosidade dos perfis modais que caracterizam essa área.

Mesmo apresentando um relevo mais acentuado, as terras aptas para o desenvolvimento de agricultura, seja no novel regular ou restrito, somam aproximadamente 20% da área desse comitê, o que pode ser considerado um valor proporcionalmente elevado, quando comparado aos outros comitês, mesmo que as áreas aptas para agricultura somadas alcancem pouco mais de 69.000 hectares.

Com aproximados 40% de áreas com aptidão para pastagem plantada, destaca-se o quantitativo de áreas aptas para pastagem natural e silvicultura com pouco menos de 25%.

CBH COMPE (MG)

Assim como sua limítrofe (Comitê Preto-Paraibuna) no estado de Minas Gerais, o comitê Compe apresenta mais de 80% das suas terras com aptidão para pastagem, sendo 45% para plantada e 35% para pastagem natural, sejam restritas ou regulares nos seus níveis de manejo. As terras aptas para agricultura ocupam apenas 2,5% da área total desse comitê, perfazendo o total de 34.600 hectares.

Diante das classes descritas para aptidão agrícola das terras, pode-se verificar que esse comitê eminentemente possui aptidão para atividades pecuárias.

CBH RIO DOIS RIOS

Proporcionalmente, uma área considerável possui terras aptas para o desenvolvimento de agricultura com aptidão regular ou restrita para os níveis tecnológicos A, B ou C, que somados ocupam pouco mais de 25% da área do comitê. Outros 40% são representados por terras com aptidão para pastagem plantada, seja no nível regular ou restrito e 15% por terras aptas para pastagem natural.

Nessa sub-bacia as terras aptas para a implantação e manutenção de sistemas silvícolas apresentam os maiores valores percentuais para tal atividade, mostrando sua vocação.

O comitê Dois Rios se mostra com boa distribuição das suas classes de aptidão, partindo de terras aptas para silvicultura, pastagem natural, plantada, ate atividades agrícolas que demandam manejo mais intensivo. Essa distribuição também se da no campo espacial, visto que as classes de aptidão distribuem-se de forma homogênea pela área do comitê.

CBH BAIXO PARAIBA DO SUL

O fato de estar situada na baixada litorânea e ser a foz do Rio Paraíba do Sul insere algumas características peculiares nessa bacia: a maior delas talvez seja a imensa planície aluvial associada a suaves colinas fazendo com seu relevo se apresenta de maneira bem mais suave quando comparado aos demais comitês; esse fato contribuiu sobremaneira para uma melhor classificação de sua aptidão agrícola.

Contudo é possível verificar que terras com alguma aptidão para lavoura são bem distribuídas por todo comitê. Aproximadamente 45% das terras do comitê Baixo Paraíba do

Sul se apresentam aptas para o desenvolvimento de atividades agrícolas intensivas, mesmo que sejam de forma regular ou restrita, principalmente para os níveis de manejo B e C.

Terras com aptidão para pastagem, natural e plantada, perfazem um total de 25%; caba destacar aqui a classe 6, ocupando aproximados 10% do total desse comitê. Diferentemente de todos outros comitês, a classe 6 aqui apresentada é basicamente plana, contudo sua textura extremamente arenosa impõe-se como maior fator de restrição de uso.

8.4 CONCLUSÕES

A avaliação da aptidão agrícola nos três níveis de manejo, mostrou que cerca de 43% das terras apresentam aptidão para pastagem, sendo que 18% para classe restrita e 25% para regular; para classe boa os valores se aproximaram de 0,5%. Já para pastagem natural, predominantemente com aptidão regular, sua representatividade esta em torno de pouco mais de 9%. Terras com aptidão regular a restrita para pastagem natural e/ou silvicultura (5sn, 5(s)n) somam 18%; e para silvicultura 3%. Para as terras com aptidão com lavouras na Bacia do Rio Paraíba do Sul, essas representam um total de 18%, sendo que 3% para classes de aptidão regular e 15% para classe de aptidão restrita para lavouras.

Para maior parte das classes, basicamente duas restrições foram responsáveis pela suas limitações ao uso agrícola/pecuários: o relevo e baixa disponibilidade de nutrientes, destacando-se o primeiro. Boa parte das restrições podem ser superadas com o melhor gerenciamento das terras, usando práticas adequadas, medidas contra a erosão, aumento do conteúdo de matéria orgânica, correção e melhoria da baixa fertilidade natural além, da irrigação por exemplo.

A bacia de forma geral apresenta aptidão agrícola para atividades que exijam baixa movimentação do solo, visto que o relevo foi o principal fator limitante, independente do nível de manejo e do tipo de uso recomendado, visto que, mesmo para lavouras, a classe de aptidão predominante é a restrita e basicamente inapta para o nível de manejo A.

Para classe 6, ainda que recomendada para preservação da fauna e flora, num levantamento mais detalhado, poderá ser possível a indicação de algum uso. Para isso é fundamental a discriminação dos atributos pedológicos e edáficos que levaram a tal classificação: se terras inaptas por limitação de fatores ligados a produção; ou se inaptas

por serem consideradas de real e relevante interesse ecológico. Essa mesma lógica deve ser aplicada para as demais classes de uso encontradas na bacia.

8.5 RECOMENDAÇÕES

É de suma importância que agora seja realizada a análise das classes de aptidão agrícola com o uso atual das terras; isso possibilitará verificação de possíveis distorções ou incompatibilidades entre o uso atual e o recomendado de acordo com o encontrado pelo sistema de aptidão agrícola, oferecendo a oportunidade para a readequação da cobertura vegetal e das atividades desenvolvidas nesses solos.

Com isso, será possível diagnosticar casos de sobre utilização ou usos incompatíveis com as classes de aptidão agrícola caracterizadas principalmente por atividades de pecuária intensiva em áreas com declives acentuados, morros ou escarpas. Tais áreas merecem especial atenção no que diz respeito ao estabelecimento de ações no manejo do solo – visando à conservação desse – e ao desenvolvimento de ações que venham limitar a atividade agropecuária nas mesmas, ou melhor, a inserção de novas técnicas que permitam agora de maneira sustentável, a continuação da exploração dessas áreas.

9 RECURSOS MINERAIS

9.1 INTRODUÇÃO

No tocante aos recursos minerais da bacia, foram consultadas informações da base de dados do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) do Ministério das Minas e Energia, referentes a um período de aproximadamente 75 anos (1935 a 2013), incluindo vários atributos como localização, área, número de processo, substância e uso. A base de dados também ressalta a fase em que se encontra o processo (Requerimento e Autorização de Pesquisa, Concessão de Lavra e Licenciamento).

A base de dados do DNPM consta de cerca de 6000 registros incluindo substâncias bem diversas. Em primeira aproximação, a maior (ou menor) presença de certas substâncias reflete as características e potencialidades geológicas de uma região. Com base no Decreto 62.934, a bacia do rio Paraíba do Sul possui substâncias da Classe I (jazidas de substâncias minerais metalíferas), Classe II (jazidas de substâncias minerais de emprego imediato na construção civil), Classe VII (jazidas de minerais industriais) e Classe VIII (jazidas de águas minerais).

No caso da bacia rio Paraíba do Sul, o principal interesse mineral está ligado as substâncias da Classe I (minerais metálicos) como os minerais de alumínio, substâncias da Classe II como argila, areia e saibro e substâncias da Classe VII como a exploração de rochas ígneas, metamórficas.

Neste sentido, os bens minerais mencionados acima são ressaltados durante este trabalho por duas razões: (a) a sua abundância e predominância entre todas as substâncias exploradas e (b), a relação e o impacto destas substâncias sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Outro aspecto que chama a atenção quando se analisa os registros de mineração na bacia do rio Paraíba do Sul é o significativo crescimento desta atividade particularmente nos últimos quinze anos. O mapa da **Figura 9.1** mostra a evolução das áreas comprometidas com esta atividade do período de 1960 a 2013. Durante a década de 1990 houve um aumento significativo da mineração na região que compreende a porção mineira da bacia particularmente no que se refere a extração de minerais com uso industrial como bauxita e e rochas ígneas e metamórficas. A partir dos anos 2000 este crescimento ocorreu de forma

mais intensa na Porção Paulista, no Baixo Paraíba e nas bacias da porção mineira envolvendosubstâncias das classes II, VII e VIII.

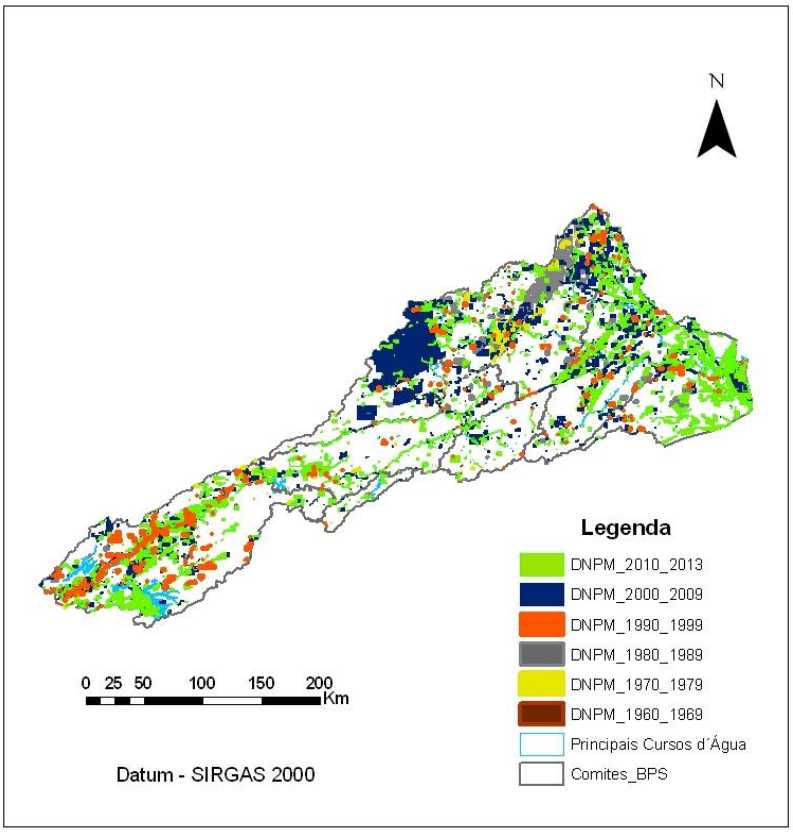


Figura 9.1 Evolução das áreas comprometidas com atividade mineraria no período entre 1969 e 2013

9.2 MINERAIS DE AGREGADOS

A extração de areia na várzea do rio Paraíba do Sul na porção paulista da bacia, corresponde a 5% de toda a produção nacional (Valverde, 2001) e cerca de 25% da areia extraída no Estado. Esta produção fornece areia principalmente para atender as necessidades da construção civil na Grande São Paulo consumindo em torno de 80% de sua produção (Reis et al., 2006).

A partir deste quadro não é exagero afirmar que a extração de areia ocupa lugar de destaque entre as atividades econômicas da região e tende a crescer em face de se constituir no principal insumo da habitação popular não tendo ainda substituto tecnológico que evite (ou reduza) esta extração. Aliás, como foi observado na figura 1, as áreas de extração de areia estão se expandindo na porção paulista. Estudos feitos por Reis et al.

(2006), com base em análise multitemporal de imagens Landsat (dados de 1993, 1997 e 2003) avaliaram um aumento de 30% nas cavas de areia entre o trecho Jacareí e Pindamonhangaba.

A **Figura 9.2** mostra a espacialização dos locais onde ocorre extração de areia com concentrações maiores nas bacias da Porção Paulista, Médio Paraíba do Sul (região de Resende) e no Baixo Paraíba do Sul perto da foz do rio. Geologicamente estas áreas correspondem a bacias sedimentares de idade Terciária e onde a dinâmica fluvial favoreceu a formação de meandros e extensas planícies inundacionais. Além do rio Paraíba do Sul a extração de areia ocorre nos principais afluentes tais como o Paraibuna e o Muriaé na porção mineira da bacia.

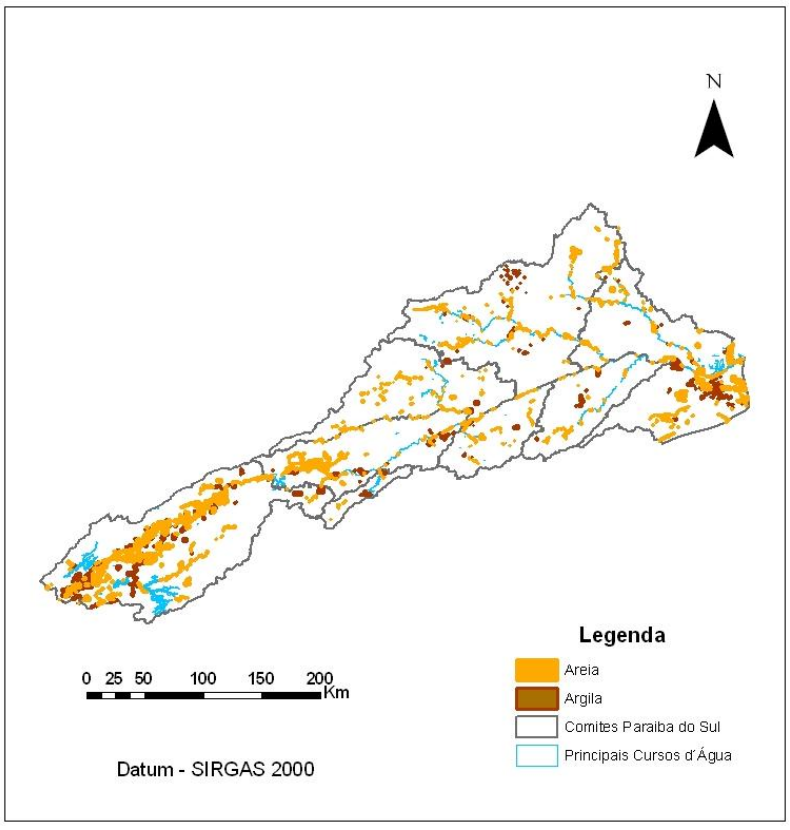


Figura 9.2 Localização das áreas de produção de agregados (areia e argila)

A extração em cavas é atualmente o método utilizado no Vale do Paraíba, onde os lagos resultantes do final da exploração de areia em cavas submersas têm se tornado um passivo ambiental muito grande. Desta forma, os impactos e o passivo ambiental desta atividade têm sido bem descritos e são relativamente conhecidos (Marcondes et al., 2007; Silva et al.,

2011). Na exploração em leito de rio ou em cava submersa, um dos danos é a turbidez das águas causada pelos sedimentos finos (argila e silte), por combustíveis e óleos lubrificantes derramados ou lançados e pelos efluentes sanitários das instalações administrativas. O método de extração em cavas, o mais utilizado no trecho paulista da bacia, apresenta impactos evidentes - perda de solo, erosão do material de decapagem quando estocado de forma inadequada, erosão da frente da lavra e abandono de grandes cavas ao término da atividade.

No que se refere a influência da atividade de mineração sobre a dinâmica dos rios e no cálculo do balanço hídrico na bacia do rio Paraíba do Sul estes estudos são ainda incipiente. Em um dos poucos estudos, Reis (2006), utilizaram imagens dos satélites Landsat e dados de uma estação climatológica para calcular áreas de lagos artificiais. Segundo estes autores, foi possível observar um crescimento na área de lagos formados pela extração de areia de 591 ha, em 1993 para 1.726 ha, em 2003 com a evaporação resultante aumentando em 203%. Mais estudos desta natureza necessitam ser feitos no sentido de entender melhor os efeitos da extração mineral sobre a quantificação do ciclo hidrológico.

9.3 MINERAIS INDUSTRIAIS (ROCHAS ORNAMENTAIS)

Poucos trabalhos existem sobre os impactos ambientais das pedreiras e sobre a relação desta atividade com os recursos hídricos na bacia do rio Paraíba do Sul. Ao contrário dos depósitos de extração de areia que acompanham os principais cursos d´águas nas regiões mais baixas, a exploração de rochas ornamentais ocorre em regiões de altitudes mais elevadas e relevos mais íngremes que são associados as rochas ígneas e metamórficas. A **Figura 9.3** mostra a localização das áreas de extração de rochas ígneas e metamórficas destacando a bacia do Baixo Paraíba e a bacia que constitui os afluentes dos rios Pomba e Muriaé que concentram grandes áreas comprometidas com esta atividade.

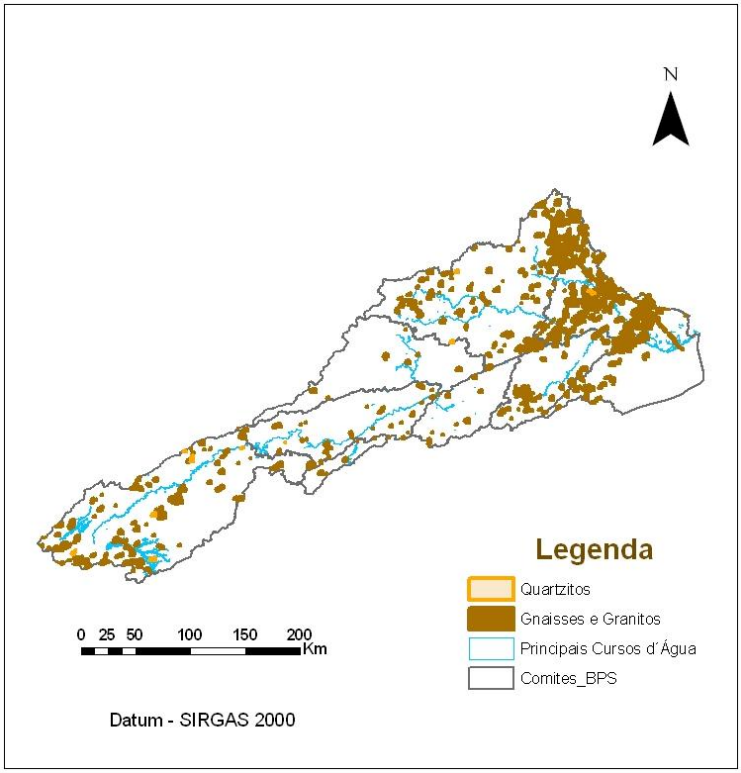


Figura 9.3 Localização das áreas com extração de rochas ígneas e metamórficas

Estas rochas englobam uma grande diversidade de litotipos como granitos, tonalitos, gnaisses, migmatitos, entre outros (Fonseca et al., 1979) que vão estabelecer diferentes tipos de brita e usos como revestimento assim como vão influenciar na sua qualidade e estética.

As pedreiras de modo geral apresentam variação da morfologia, devido à alteração dinâmica que sofre com a extração dos materiais. As frentes de lavra podem ser significativamente alteradas e o relevo pode ser substancialmente modificado para deixar expostas as porções de rocha que têm condições de aproveitamento econômico.

Os impactos ambientais são bastante diversos e incluem entre outros: aumento da quantidade de poeira em suspensão no ar; alteração dos recursos hídricos (assoreamento e entulhamento dos cursos d'água), alteração dos processos geológicos (erosão, voçorocas, hidrogeologia); alteração das feições geomorfológicas e das encostas (instabilidade de taludes) e alteração da fauna e da flora. Algumas áreas localizam-se próximo a cursos d´água (como na beira do rio Pomba) o que implica diretamente em redução da qualidade de água e aumento significativo do assoreamento.

Silva e Margueron (2002) apresentam um conjunto de sugestões para mitigar os impactos desta atividade na porção fluminense da bacia associado aos recursos hídricos como canaletas e degraus com caixa de passagem para frear a água de chuva e decantação para os finos resultantes da serragem dos materiais. Outro aspecto destacado por estes autores é a sugestão para que os órgãos fiscalizadores tomem uma postura mais orientativa em relação aos mineradores, propondo soluções para as questões legais, minerais, tecnológicas e ambientais através de convênios com entidades tecnológicas.

9.4 **BAUXITA**

A exploração de bauxita ao contrário das substâncias mencionadas acima, possui uma área mais específica de exploração comercial no interior da bacia do rio Paraíba do Sul. Ainda que exista exploração de bauxita na porção paulista (como no município de Lavrinhas) e espalhadas em pequenos áreas pelo estado do Rio de Janeiro é no estado de Minas Gerais que se concentra a imensa maioria das áreas produtoras envolvendo as bacias Preto/Paraibuna e Pomba/Muriaé conforme se vê na **Figura 9.4**.

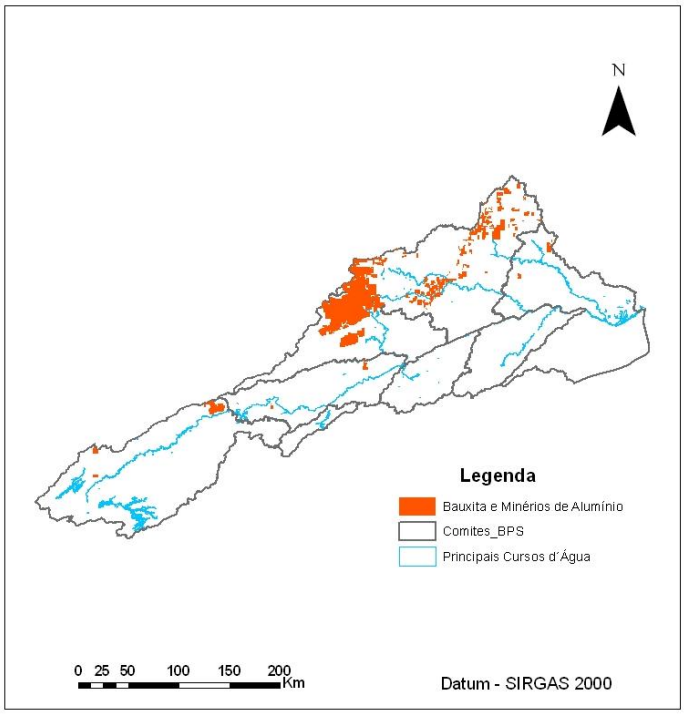


Figura 9.4 Localização das áreas de exploração de bauxita concentradas principalmente nas bacias da porção mineira da bacia

Da mesma forma que outras substâncias, houve uma grande expansão das áreas de exploração de bauxitas nos últimos anos. A **Figura 9.5** mostra as áreas de extração no período entre 1965 e 1999 e no período entre 2000 e 2013 mostrando que esta atividade se expandiu principalmente na região entre as duas bacias.

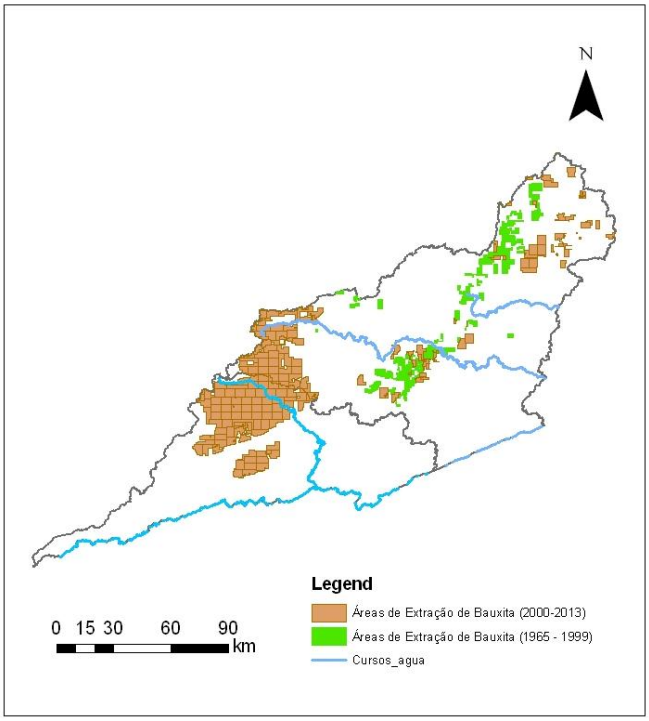


Figura 9.5 Evolução das áreas de bauxita de 1965 até o presente

Este crescimento das áreas mineradas tem conduzido ao aumento dos impactos no meio físico e sobre os recursos hídricos desta atividade como, por exemplo, o grande movimento de terra que acompanha a extração do minério provocando o assoreamento dos corpos d´água ou o entupimento de nascentes.

Outro grave problema é que esta atividade pode provocar desastre ambiental pelo rompimento das barragens de rejeito construídas para impedir que os sedimentos finos fossem carreados pelos cursos d´água. Rangel et al. (2007) descreve dois acidentes que ocorreram recentemente relacionados ao rompimento da barragem de rejeito. No primeiro, ocorrido em março de 2006, foi lançado cerca de 400 milhões de litros de efluentes de uma mineradora de bauxita na sub-bacia do rio Muriaé; no segundo, em janeiro de 2007, a ruptura da barragem de rejeitos da mesma empresa, provocou um lançamento 5 vezes superior primeiro.

Assim, tem-se que a extração e beneficiamento da bauxita podem representar riscos diretos para o meio ambiente e para os recursos hídricos da Bacia do Paraíba do Sul podendo, inclusive, comprometer o abastecimento de água das cidades a jusante.

9.5 **DESCRIÇÃO DOS COMITÊS**

9.5.1 CBH BACIA DO RIO PARAIBA DO SUL (SÃO PAULO)

A área correspondente ao Comitê do Rio Paraíba do Sul tem elevado potencial para exploração de minerais não metálicos incluindo agregados (areia e argila), rochas ornamentais (ígneas e metamórficas) e caulim tendo várias áreas requeridas e em exploração (**Figura 9.6**). Além disto possui uma pequena área na sua porção norte onde ocorrem depósitos de bauxita. Entretanto o que se destaca na região é a exploração de areia principalmente no trecho compreendido entre Jacareí e Pindamonhangaba sendo a principal região fornecedora pelo abastecimento da Grande São Paulo. Conforme mencionado anteriormente, a atividade mineral de agregados na planície aluvionar do rio Paraíba do Sul compete com outras formas de uso (agrícola e urbana) além de ter implicações diretas na qualidade dos recursos hídricos superficiais. Outro recurso mineral expressivo está associado as rochas ornamentais com grande variedade de litotipos de origem ígnea e metamórfica e possibilidade de usos diversos (principalmente industrial, revestimento e brita).

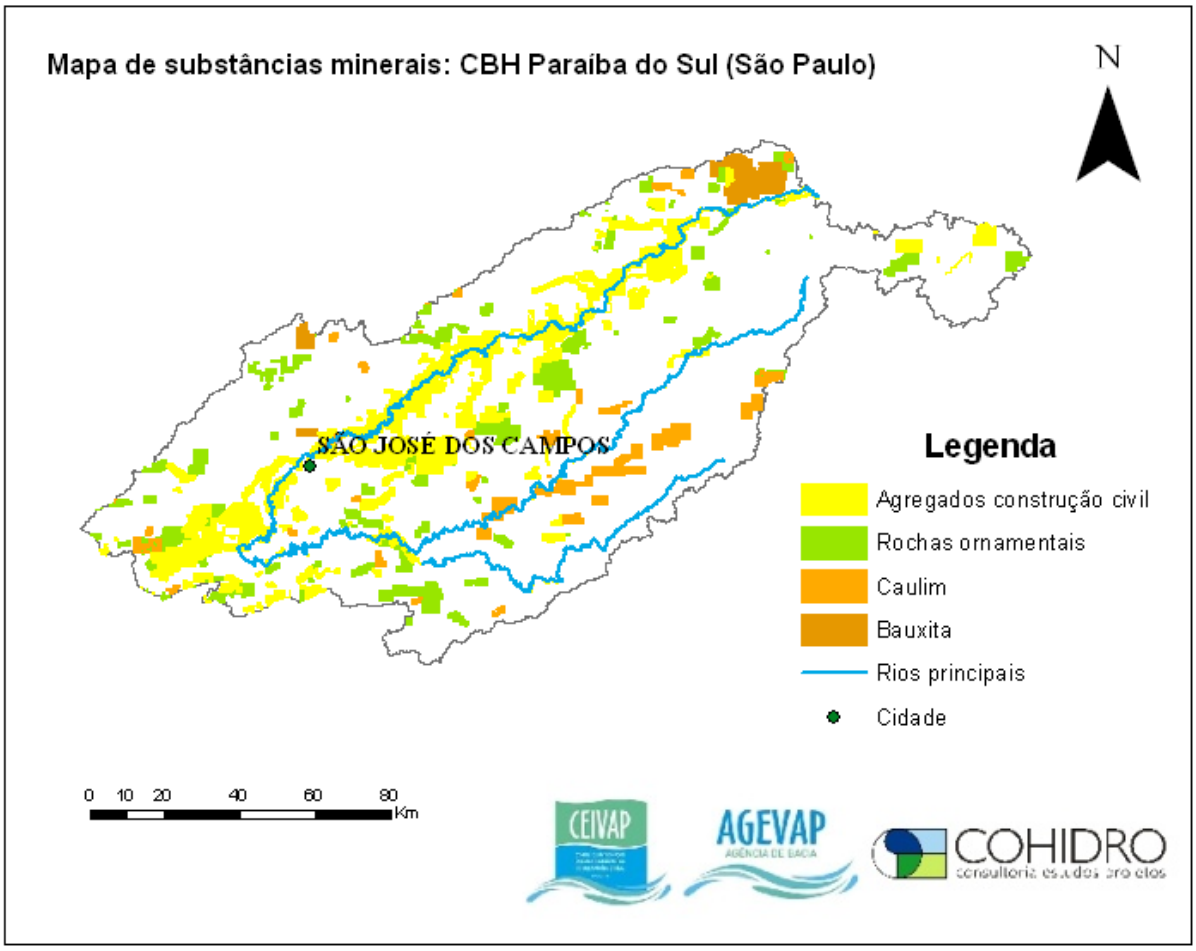


Figura 9.6 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013)

O potencial para mineração não-industrial na região deste comitê é significativamente menor do que na porção montante (comitê paulista) se considerarmos os registros do DNPM (**Figura 9.7**) ocorrendo agregados da construção civil e exploração de pedras ornamentais. A região de Resende corresponde a área com maior número de registros para agregados minerais e as solicitações de licenciamento e requerimento têm crescido muito nos últimos cinco anos. Entretanto, poucos estudos existem a respeito dos aspectos econômicos e ambientais destes depósitos.

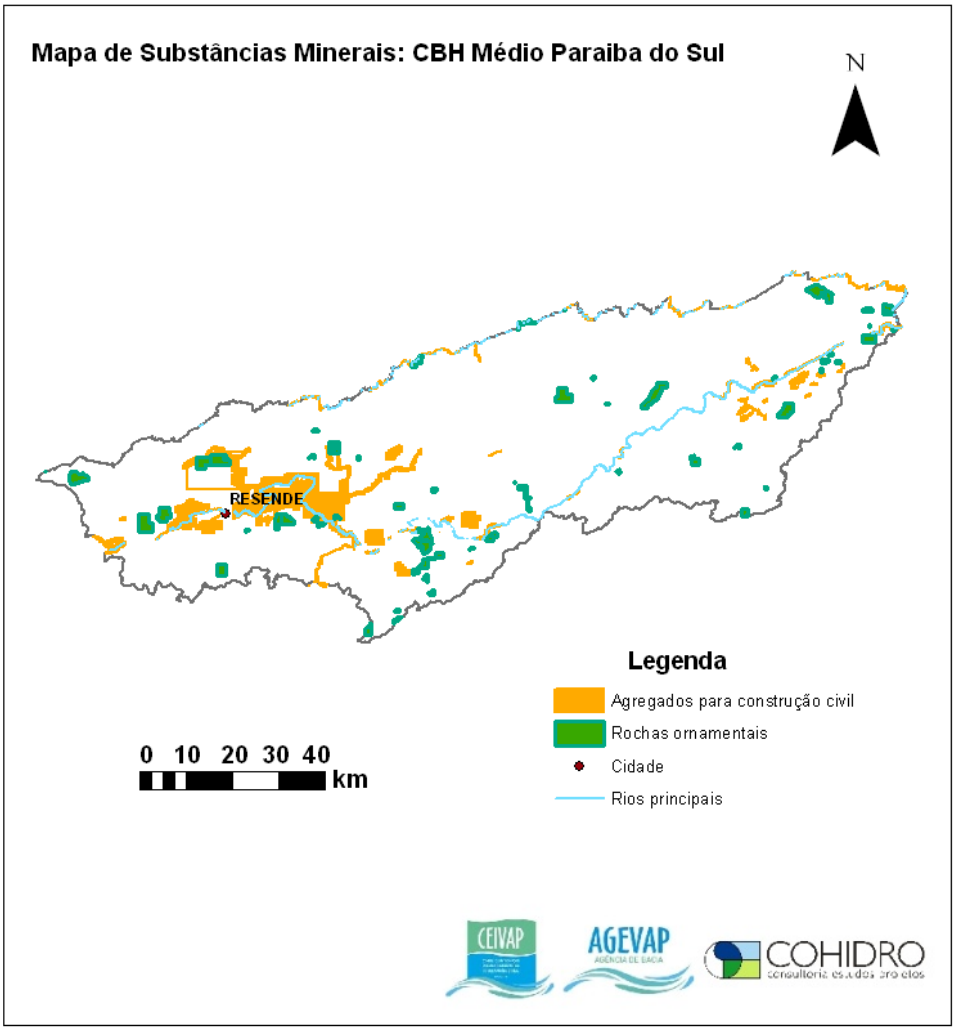


Figura 9.7 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013)

9.5.2 CBH GUANDU-SUB-BACIA RIO PIRAÍ

A região do Comitê Guandu tem poucos registros de recursos minerais junto ao DNPM (**Figura 9.8**) quando se compara com outras regiões da bacia do rio Paraíba do Sul. A região possui registros em diferentes fases de agregados para a construção civil e rochas ornamentais espaçados no interior da área.

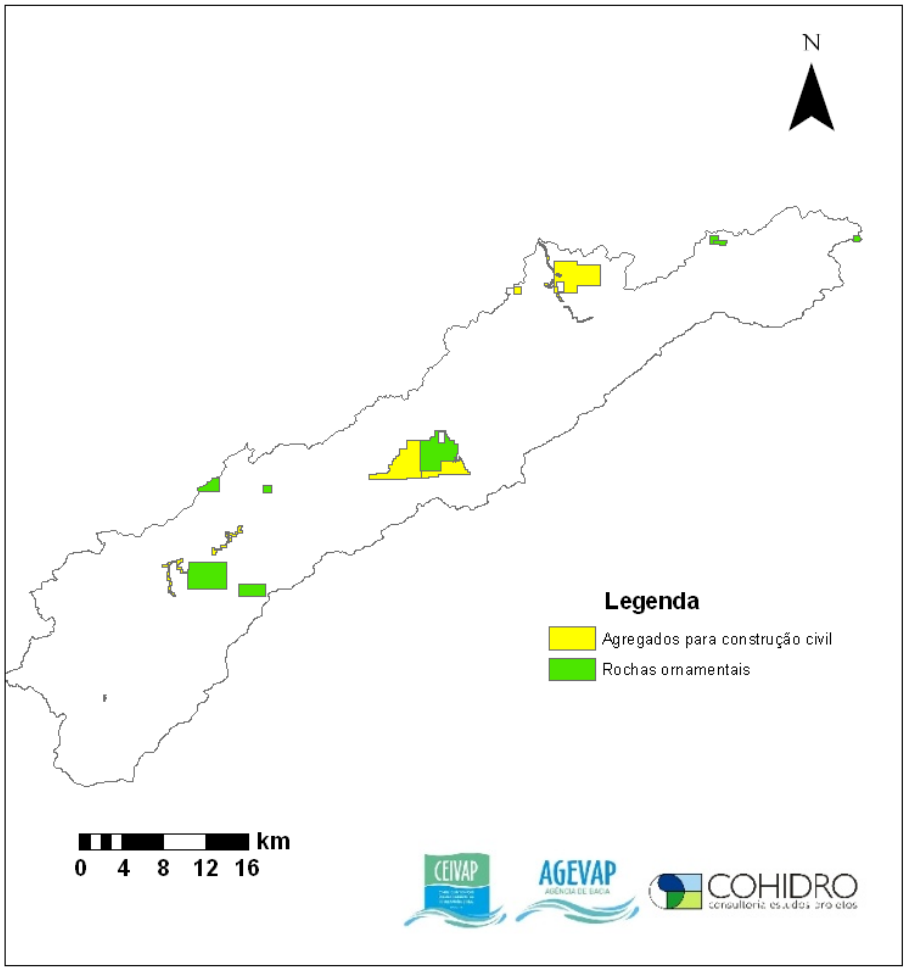


Figura 9.8 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013)

9.5.3 CBH PRETO – PARAIBUNA

A porção mineira da bacia se destaca das demais regiões por sua diversidade de substâncias minerais (incluindo metálicos) e pela presença de grande área requerida para exploração de bauxita (**Figura 9.9**). Em face da extensão da área de exploração não se pode ignorar os efeitos ambientais colaterais e suas implicações sobre os sistemas hídricos superficiais particularmente no que se refere ao assoreamento dos corpos d´água. Outras áreas requeridas que se pode destacar incluem minerais de agregados, rochas ornamentais e exploração de caulim.

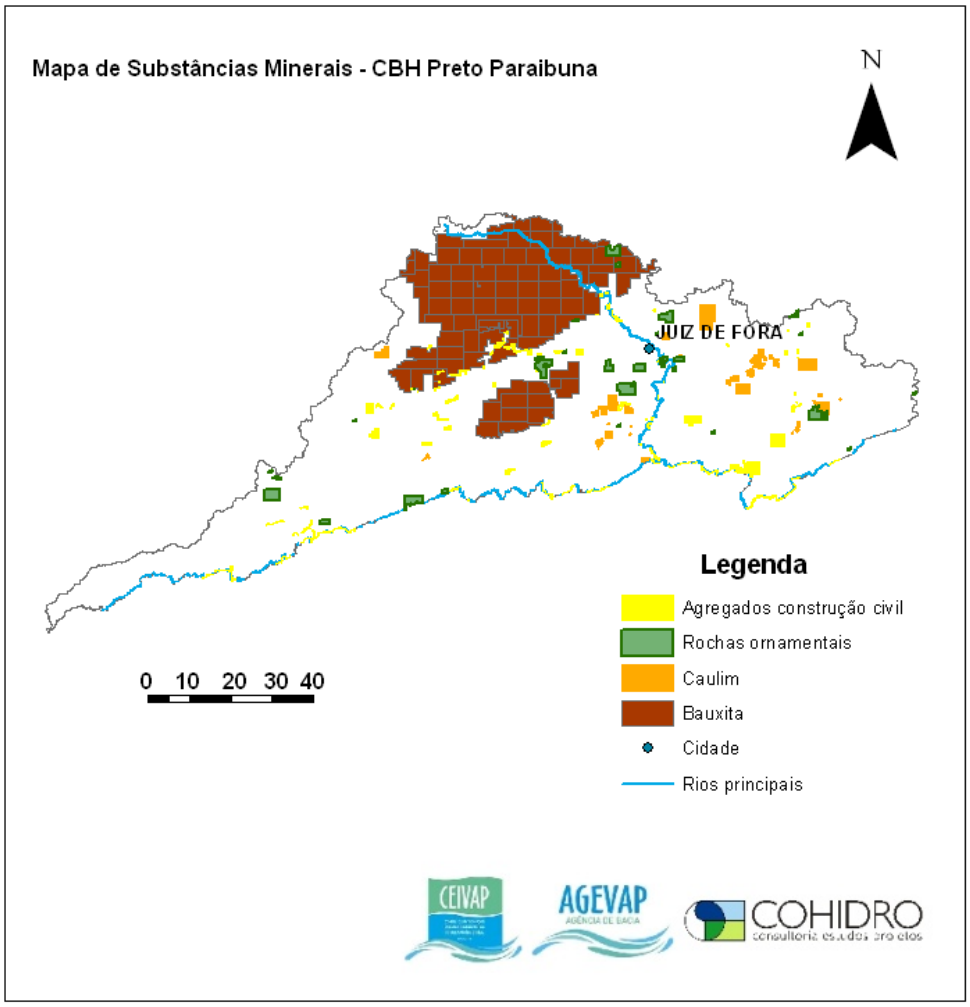


Figura 9.9 Localização das áreas das principais substâncias com registro no DNPM (2013)

9.5.4 CBH PIABANHA

A região do Comitê Piabanha não se destaca no potencial descoberto de recursos minerais tendo uma pequena quantidade de registros junto ao DNPM (Figura 8.10) quando se compara com outras regiões da bacia do rio Paraíba do Sul. Além de agregados para a construção civil e rochas ornamentais, comuns em outros setores da bacia do rio Paraíba do Sul, esta região também possui registros relacionados à turfa cujo uso principal é para cerâmica vermelha, segundo o cadastro do DNPM.

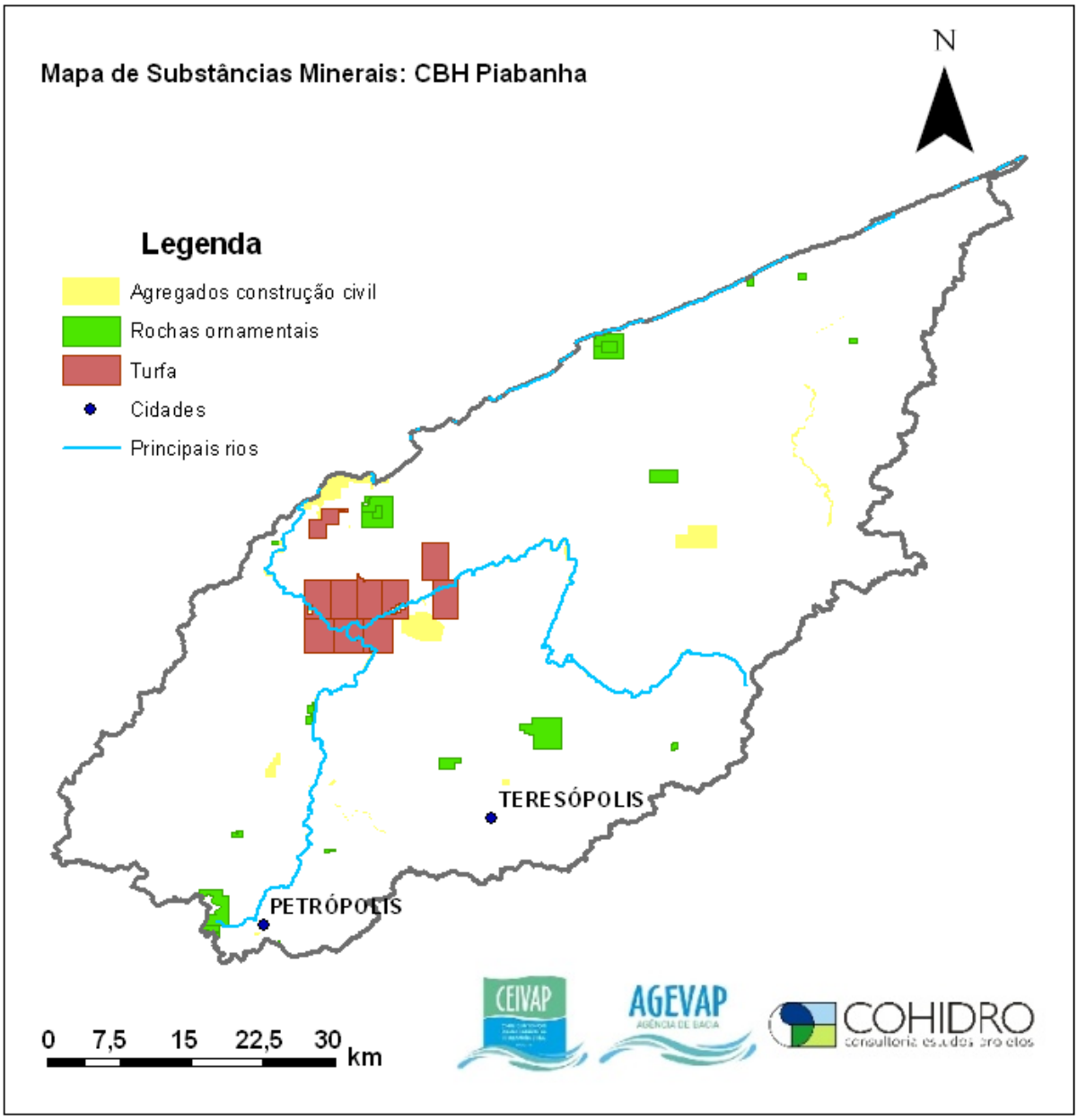


Figura 9.10 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013)

9.5.5 CBH COMPE (MG)

Da mesma forma que na região correspondente ao Comitê Preto – Paraibuna esta região se destaca por possuir diversos registros relacionados a exploração de minerais de alumínio como a bauxita (**Figura 9.11**). O interessante em parte destes depósitos é seu aspecto alongado com orientação NE-SW o que faz com que Romano e Castaneda (2006) considerem, além da composição favorável das rochas originais ricas em Al2O3, uma

influência tectônica para explicar a localização dos depósitos mineralizados. A exploração de rochas ornamentais, por outro lado, se distribuem por toda a região em pedreiras formadas por rochas predominantemente graníticas e gnáissicas. A exploração de agregados para construção ao contrário de outras regiões da bacia do rio Paraíba do Sul é quase irrelevante. Por outro lado, a exploração de caulim se faz presente com algumas dezenas de áreas requeridas ou com autorização para pesquisa.

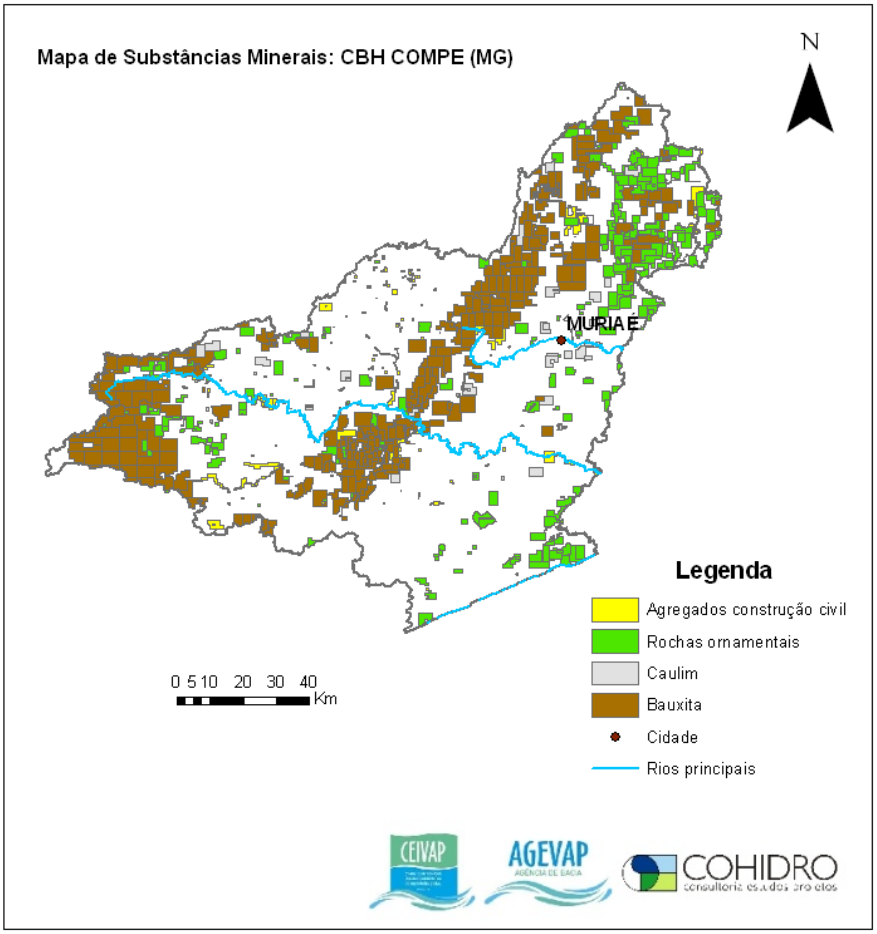


Figura 9.11 Localização das áreas das principais substâncias com registro no DNPM (2013)

9.5.6 CBH RIO DOIS RIOS

A região do CBH Rio dos Rios possui registros significativos de rochas ornamentais que ocorrem em uma estreita faixa de direção NE-SW associados a rochas de composição granítica (**Figura 9.12**). No centro da área ocorre outra faixa também de direção NE-SW com registros em fases distintas (requeridas, autorização de pesquisa ou concessão de lavras) de depósitos de calcário e mármore com usos para cimento, revestimento ou

fabricação de cal. As áreas com registro de agregados para construção civil (areia, argila e saibro) não tem grande expressividade como aquelas encontradas em outros setores da bacia do rio Paraiba do Sul.

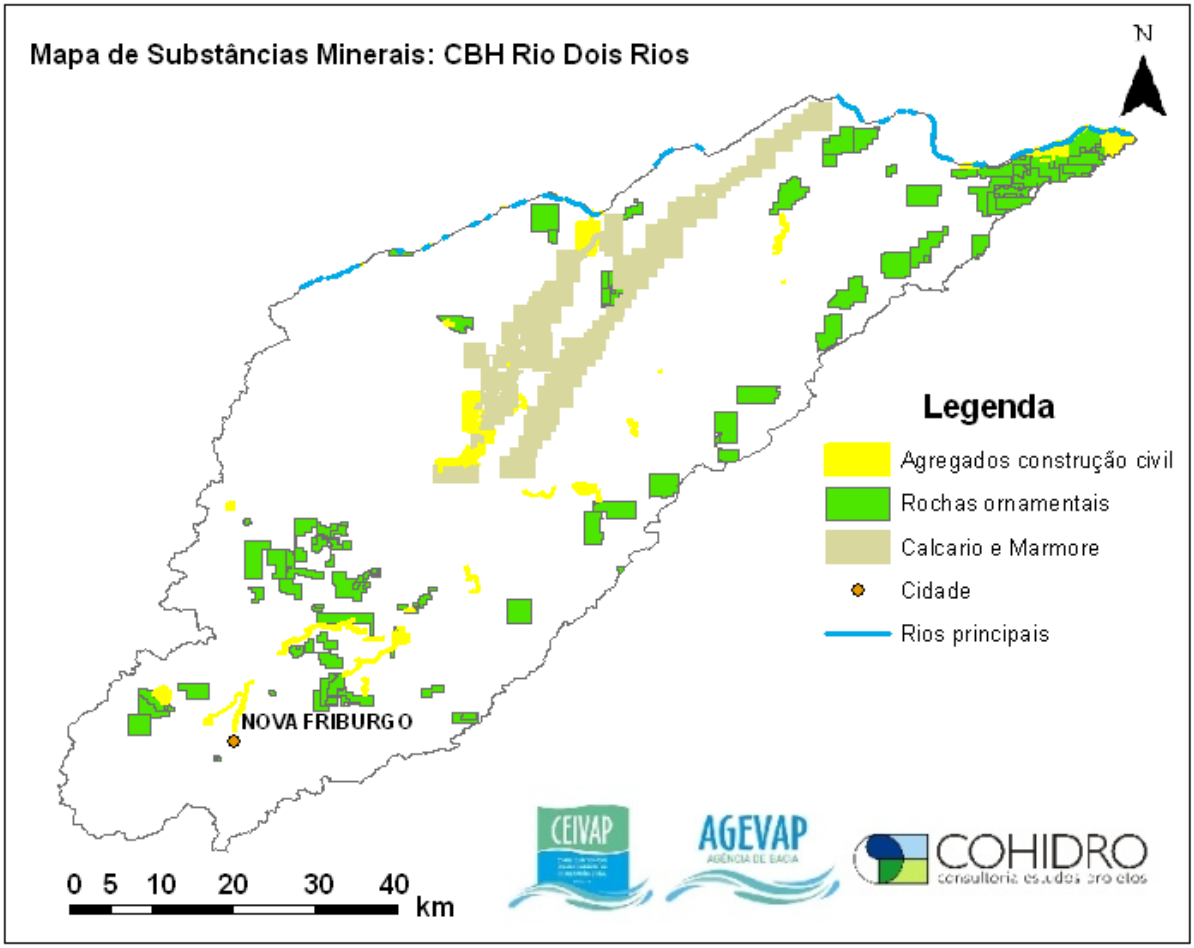


Figura 9.12 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013)

9.5.7 CBH Baixo Paraíba do Sul

A área correspondente ao Comitê do Baixo Paraíba do Sul possui uma grande extensão comprometida com solicitações para exploração mineral em diferentes fases junto ao DNPM (**Figura 9.13**). Outra coisa que diferencia em relação a outros setores da bacia do rio Paraiba do Sul é a grande variedade de substâncias exploradas destacando-se agregados da construção civil, rochas ornamentais, bauxita, calcário e ilmenita.

O interesse por rochas ornamentais se destaca na porção oeste da área com significativa extensa; situação semelhante ocorre na região leste onde predomina as áreas comprometidas com exploração de areia. Os registros referentes ao calcário/mármore e bauxita são em menor número e ocorrem na região oeste. A inclusão da ilmenita (um mineral metálico) se deve pela extensa área requerida deste mineral próximo a foz do rio Paraíba do Sul. A ilmenita é o principal minério de titânio sendo considerado um dos “minerais pesados” que se acumula nas regiões litorâneas (depósitos de placeres) tendo sua gênese associada aos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Segundo Silva (2000), nesta região ocorrem as maiores concentrações no país (teores de até 5% de pesados) situando-se em paleocanais ao longo do delta do rio Paraíba do Sul. Como o processo de exploração é feito por dragagem é de se esperar diferentes impactos ambientais sobre as espécies betônicas, mudanças na temperatura e salinidade e mudanças na morfologia de fundo com implicações na erosão litorânea (Silva, 2000).

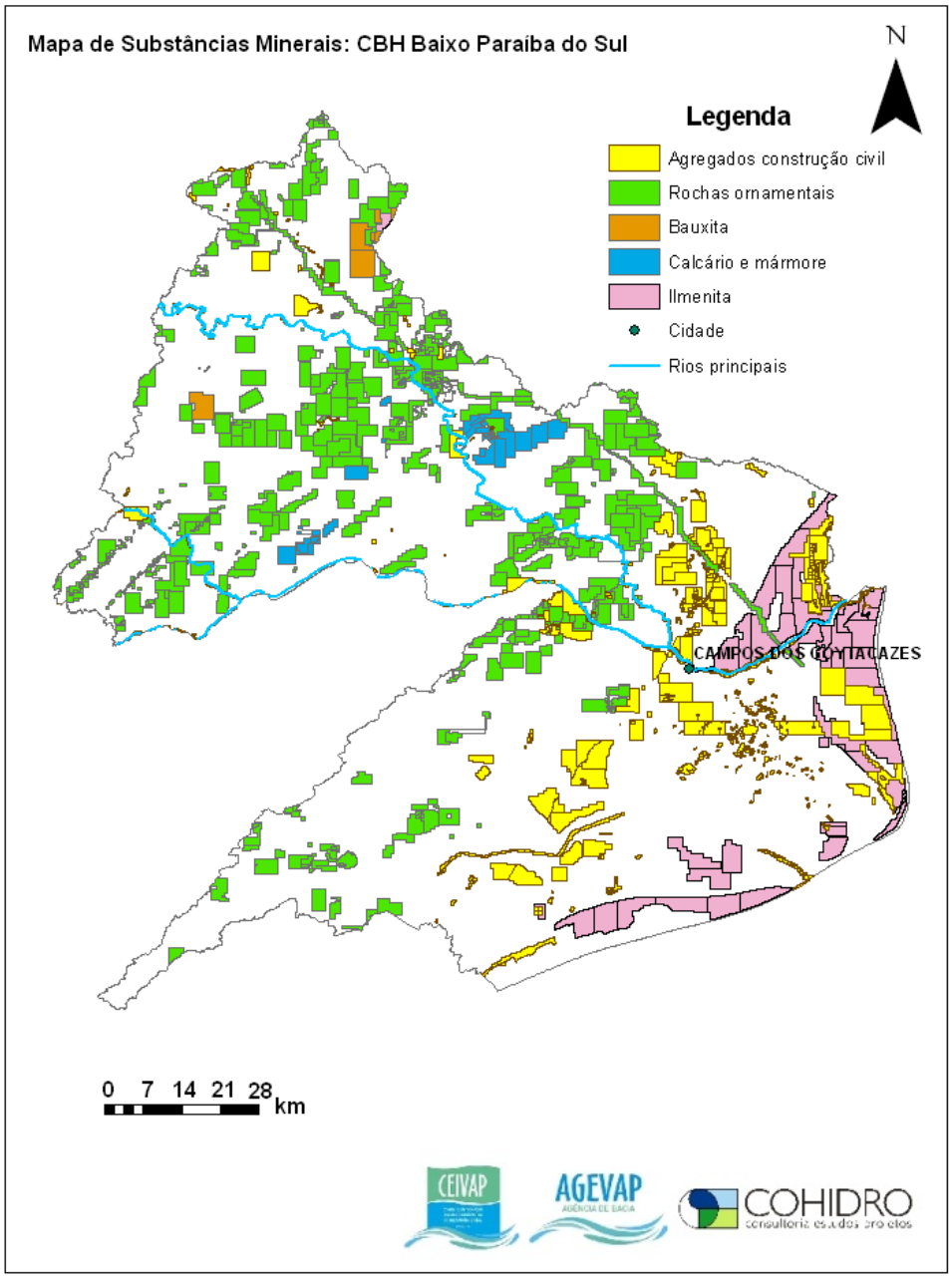


Figura 9.13 Localização das áreas de substâncias minerais não-metálicas com registro no DNPM (2013)

9.6 **CONCLUSÕES**

A atividade mineral na bacia do rio Paraíba do Sul, embora diversificada, está concentrada na exploração de agregados para construção civil “in natura” como areia e argila, rochas ígneas e metamórficas para uso industrial (revestimento e brita) e extração de bauxita.

A atividade minerária tem se expandido bastante em termos de área de exploração particularmente nos últimos quinze anos

Ainda que os impactos ambientais sejam relativamente bem descritos, pouco se conhece da relação entre a mineração e seus efeitos na quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos assim como o seu papel no ciclo hidrológico.

CBH Bacia do Paraíba do Sul (São Paulo)

A região correspondente ao Comitê Bacia do Paraíba do Sul (São Paulo) tem uma grande tradição na exploração mineral com registros desta atividade desde a década de 30 associadas à produção de areia. Neste sentido, a atividade relacionada a produção de agregados para a construção civil se destaca bem em relação as outras substâncias minerais tanto pela sua elevada produção quanto pela complexa relação com outras formas de uso como a rizicultura e a expansão urbana. Por outro lado, os impactos ambientais desta atividade são apenas parcialmente conhecidos. Em trabalho de avaliação da recuperação ambiental da mineração de areia na várzea do Paraíba do Sul, no trecho entre ão de areia a sua principal atividade mineral. Jacareí e Pindamonhangaba, a Secretaria do Meio Ambiente concluiu que a recuperação vegetal foi qualificada como ruim ou regular na maioria dos empreendimentos (São Paulo, 2008). As questões relacionadas por exemplo à qualidade das águas e dos sedimentos assim como as possibilidades de usos futuros não foram avaliados. A maioria das cavas de mineração abertas em várzeas para extração de areia ou argila resulta em lagoas que, apesar de destinadas ao uso de piscicultura ou pesque-pague na maioria dos planos de recuperação, acabam com frequência abandonadas e em processo de eutrofização. Conforme destacam Mechi e Sanchez (2010), geralmente, essas situações se repetem ao longo da mesma várzea, criando um adensamento de lagoas e alterando significativamente o ambiente original em razão dos impactos cumulativos. Recomenda-se para esta área a revisão do Zoneamento Minerário e o aprofundamento de estudos que não foram considerados como a caracterização do ecossistema de áreas ripárias e os impactos da atividade minerária sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

CBH Médio Paraiba do Sul

Da mesma forma que na região à montante, a região correspondente ao Comitê Médio Paraíba do Sul tem na produção de areia a sua principal atividade mineral. Desta forma a atividade relacionada a produção de agregados para a construção civil se destaca em relação as outras substâncias minerais. Apesar de sua importância relativa é difícil encontrar trabalhos que tratem dos impactos ambientais desta atividade associada à bacia sedimentar de Resende como aqueles já disponíveis para outras regiões do Estado do Rio de Janeiro como aquele existente para o "distrito areeiro" da bacia do rio São João (Oliveira e Mello, 2007). Neste sentido, recomenda-se o aprofundamento da análise da atividade mineral tanto em seus aspectos econômicos quanto ambientais da região de Resende no sentido de avaliar o volume disponível ainda a ser lavrado, as relações desta atividade com a urbanização, os seus impactos ambientais e as relações entre mineração e recursos hídricos. Também se recomenda o estabelecimento de um zoneamento ambiental local no sentido de se estabelecer as áreas que podem ser efetivamente mineradas e aquelas que deveriam ser preservadas.

CBH Guandu – Sub-bacia Rio Piraí

A região correspondendo ao Comitê Guandu possui poucos registros de atividade minerária tendo relativamente poucos registros no DNPM e pouca diversidade de substâncias com algum destaque para minerais de agregados e rochas ornamentais. Recomenda-se que esta região, juntamente com outras circunvizinhas, possa ser estudada mais detalhadamente no sentido de compreender melhor o seu potencial mineral considerando juntamente as questões de preservação ambiental e dos recursos hídricos.

CBH Preto Paibuna e CBH COMPE

A atividade minerária na região correspondente aos comitês Preto Paraibuna e COMPE são bem semelhante entre si e bem distinta do que ocorre nas regiões do Alto e Médio Paraíba do Sul. A atividade predominantemente de minerais não metálicos - com baixo processo transformador - é substituída pela atividade de minerais metálicos (no caso bauxita) com toda a complexidade que envolve este tipo de exploração. Um aspecto a ser ressaltada é a expansão das áreas requeridas para minerais de alumínio nas últimas duas décadas. Este crescimento das áreas mineradas tem conduzido ao aumento dos impactos no meio físico e

sobre os recursos hídricos destacando-se grandes movimentos de terra que acompanham a extração do minério provocando o assoreamento dos corpos d´água ou o entupimento de nascentes. Conforme ressaltam Guimarães et al. (2012), um dos problemas encontrados na região é a falta de dimensionamento adequado dos corpos de drenagem de águas pluviais onde muitas apresentam-se sub-dimensionados com o conseqüente carreamento de sedimentos para os cursos d´água. Neste sentido se recomenda estudos e análise acerca dos impactos desta atividade minerária sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos no sentido de conhecer não somente a lista de impactos mas também a interação entre eles.

CBH Piabanha

A região correspondendo ao Comitê Piabanha não se destaca por sua atividade minerária tendo relativamente poucos registros no DNPM e pouca diversidade de substâncias que estão com diferentes fases junto aquele órgão. A maior parte dos depósitos de turfa (uma das substâncias com maior área de exploração) está em disponibilidade junto ao DNPM. Recomenda-se que esta região, juntamente com outras circunvizinhas, possa ser estudada mais detalhadamente no sentido de compreender melhor o seu potencial mineral considerando juntamente as questões de natureza ambiental e a preservação dos recursos hídricos.

CBH Rio Dois Rios

A região correspondendo ao Comitê Rio Dois Rios da mesma forma que aquela região correspondendo ao Comitê Piabanha também não se destaca por sua atividade minerária com base nos registros disponibilizados pelo DNPM. Uma característica desta região é possuir uma quantidade significativa de áreas com atividade de calcário e mármore cujo uso principal é para a fabricação de cimento e secundariamente, para revestimento e fabricação de cal. Recomenda-se que esta região, juntamente com outras circunvizinhas, possa ser estudada mais detalhadamente no sentido de compreender melhor o seu potencial mineral juntamente com a sua vulnerabilidade ambiental e a preservação dos recursos hídricos..

CBH Baixo Paraíba do Sul

A região correspondente ao Comitê Baixo Paraíba do Sul possui uma grande quantidade de áreas requeridas para exploração mineral relacionado a diferentes substâncias o que

caracteriza impactos com diferentes graus de magnitude e intensidade. Chama atenção a grande quantidade de área requerida para pedras ornamentais aproveitando o potencial das rochas ígneas e metamórficas que podem gerar impactos significativos sobre os recursos hídricos superficiais durante o processo de extração. Por outro lado, esta região difere das demais por ter extensas áreas requeridas para ilmenita (mineral de titânio) associado aos sedimentos litorâneos. Recomenda-se estudos detalhados acerca do impacto destas substâncias sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos assim como os seus efeitos sobre o ciclo hidrológico e a dinâmica fluvial.

10 VULNERABILIDADE À EROSÃO

10.1 INTRODUÇÃO

Muitas regiões do Brasil apresentam elevada vulnerabilidade à erosão em face do regime de precipitação do país com chuvas concentradas e intensas em parte do ano que atuam diretamente para desagregar e deslocar as partículas do solo dando início ao processo de erosão. Além disto, este processo é favorecido por um conjunto diversificado de fatores que incluem, além do clima, condições naturais como geologia, geomorfologia e pedologia e condições antropogênicas como o uso da terra.

Em países tropicais como o Brasil é comuns o aparecimento de erosões lineares como ravinas e voçorocas que aceleram fortemente o processo erosivo.e contribuem para criar uma paisagem degradada dificultando a sua utilização para diferentes formas de uso. No caso das voçorocas, onde a ravina atinge o nível freático, este processo pode atingir proporções espaciais expressivas e alcançar, dependendo da fragilidade do físico, centenas de metros de extensão em poucas décadas.

No caso da bacia do rio Paraíba do Sul, o contexto geológico-geomorfológico favorece a morfodinâmica (evolução da paisagem) que se faz através de processos naturais como a erosão e outras formas de movimento de massa como os escorregamentos (Coelho Neto, 1997; Silva et al., 2003). Além disto, as atividades antrópicas têm sido outro grande fator de degradação dos solos. Por mais de trezentos anos, os "ciclos" da cana de açúcar, do café e da pastagem criaram condições de degradação e compactação do solo que contribuem diretamente para o desenvolvimento das erosões lineares que ocorrem em diversos setores das vertentes abrangendo praticamente todas as sub-bacias que compõem a bacia do rio Paraíba do Sul. Neste aspecto, estudos têm sido desenvolvidos para compreender e avaliar os fatores naturais e antropogênicos que atuam sobre os processos erosivos na região (Lessa et al.,1995; Lervolino, 1999).

Atividades relacionadas à construção de loteamentos urbanos e cortes de estradas vicinais, muitas vezes realizados sem os cuidados adequados e sem avaliar a fragilidade diferenciada dos condicionantes do meio físico, podem deflagrar erosões lineares com custos elevados de recuperação além de contribuírem significativamente para o aumento do assoreamento dos cursos d´água (Peixoto, 2000; Castro et al., 2002).

10.2 **METODOLOGIA**

Em face da diversidade do meio físico, os processos erosivos na bacia do Paraíba do Sul atuam de forma diferenciada dependendo dos fatores naturais e antropogênicos envolvidos necessitando de uma abordagem espacial. Diante disto, as técnicas de geoprocessamento (como os Sistemas de Informações Geográficas) apresentam um enorme potencial de utilização. O avanço das técnicas de geoprocessamento tem permitido extração de novas informações a partir da integração e do cruzamento de planos de informação oriundos de diferentes fontes com base no princípio da álgebra de mapas (DeMers, 1997). Trabalhos têm sido realizados por pesquisadores da região utilizando os princípios da álgebra de mapas para estabelecer as áreas com diferentes graus de vulnerabilidade para a erosão (Barbosa, 1997; Camarinha, 2011; Canavesi et al., 2013). Porém estes trabalhos analisam apenas áreas específicas e não consideram a bacia do rio Paraíba do Sul como um todo.

A partir de dados do meio físico natural (geologia e geomorfologia) e do mapa de uso da terra produzido neste projeto (**Figura 10.1**) foi possível elaborar um mapa que apontasse, mesmo que de forma indicativa, as áreas com maior vulnerabilidade aos processos erosivos.

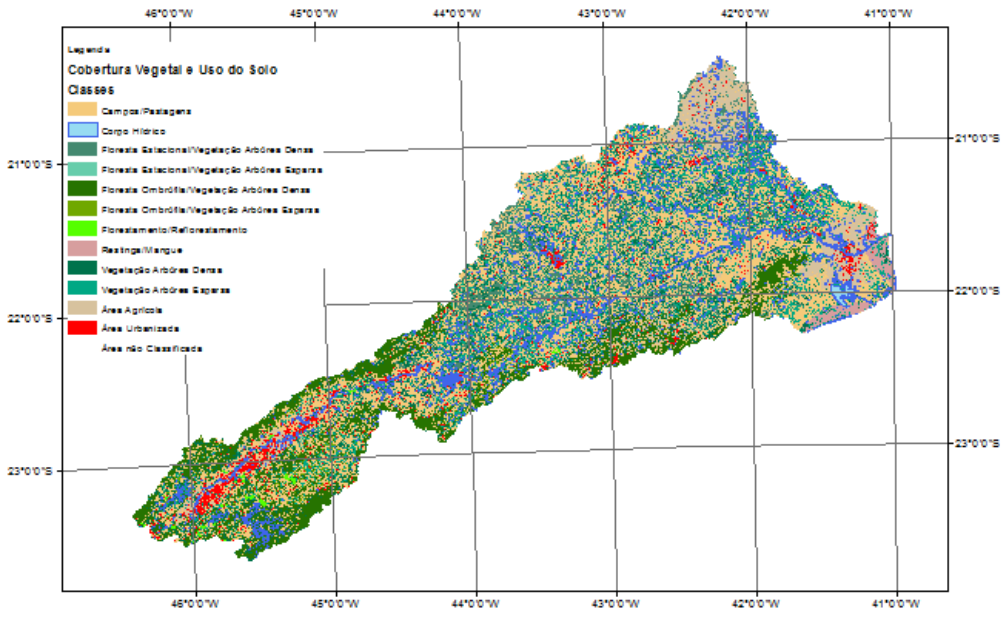


Figura 10.1 Mapa de Uso do Solo produzido neste projeto

Para cada parâmetro foram atribuídos pesos que variem de 0 a 100% (0-1) de maneira a diferenciar o grau de importância dos processos erosivos e notas de 1 a 5 para cada componente da legenda de considerando que, quanto maior a nota, maior a suscetibilidade aos processo erosivo. Como exemplo, tem-se abaixo os pesos para o uso e ocupação do solo depois de realizado o processo de reclassificação dos atributos.

Tabela 10.1 Tipos de uso da terra e o fator de ponderação atribuído

Tipo de uso e ocupação do solo	Fator de Ponderação
Vegetação densa	1
Vegetação esparsa	3
Campos e pastagens	5
Restinga e mangue	1
Área urbana	3

10.3 **RESULTADOS**

Utilizando ferramentas de geoprocessamento obteve-se um mapa que identifica, regionalmente, as áreas mais críticas aos processos erosivos (**Figura 10.2**).

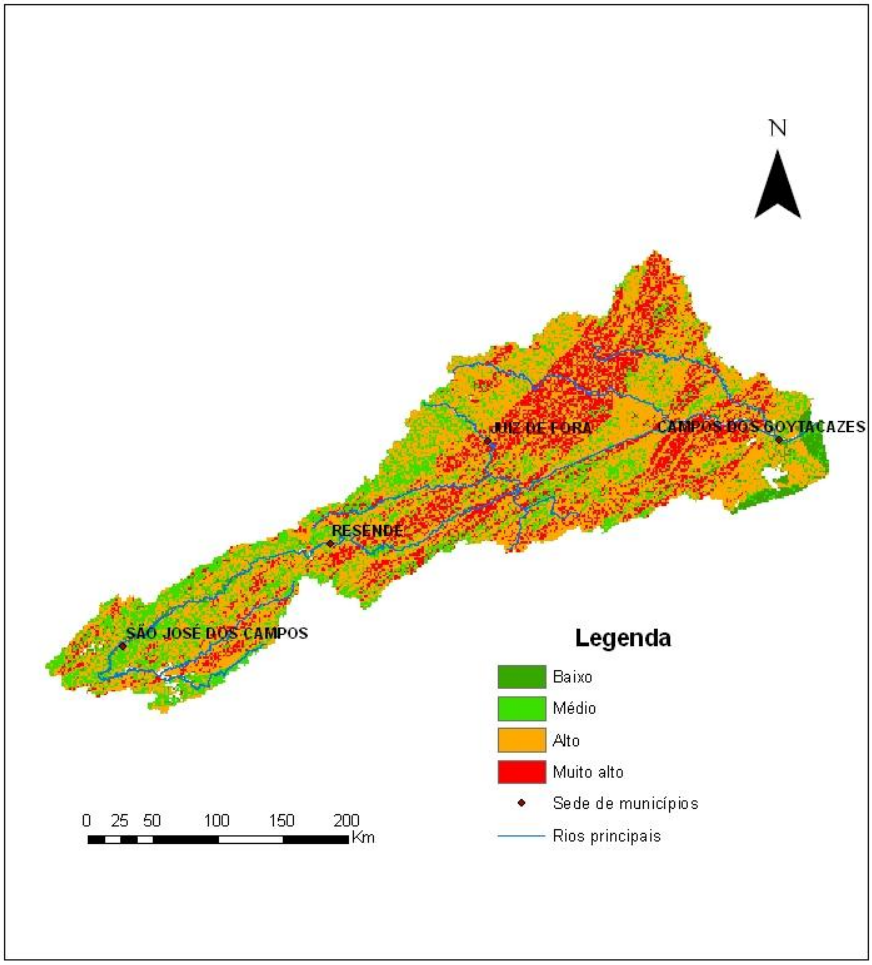


Figura 10.2 Mapa de Vulnerabilidade à Erosão

Conforme se pode observar pelo mapa da **Figura 10.2**, os setores que apresentam risco a erosão de muito alto a alto correspondem a praticamente todos os setores da bacia do rio Paraíba do Sul particularmente aqueles associados a relevos íngremes, rochas de composição granítica associada com solos superficiais com predomínio de areia e uso do solo com predomínio de pastagem. As áreas com menor risco de erosão correspondem a associação de relevos mais suaves, rochas com predomínio de minerais máficos (ricos em ferro e magnésio) e conseqüentemente solos mais argilosos e maior cobertura de áreas com vegetação natural.

De qualquer forma este mapa apenas estabelece uma perspectiva regional preliminar necessitando de estudos detalhados que considerem o fenômeno erosivo em sua totalidade.

10.4 **DESCRIÇÃO DOS COMITÊS**

10.4.1 COMITÊ DO RIO PARAIBA DO SUL (SÃO PAULO)

A região deste Comitê apresenta suas áreas mais críticas a erosão nas regiões com interação entre relevos de serras e rochas graníticas associadas com solos de composição predominante silto-arenosa (**Figura 10.3**). O predomínio de área de pastos (que ocorre praticamente em todas as regiões da bacia do rio Paraíba do Sul) também favorece os processos de erosão acelerada através do aparecimento de ravinas que ocorrem em setores distintos das vertentes (porções superiores e inferiores).

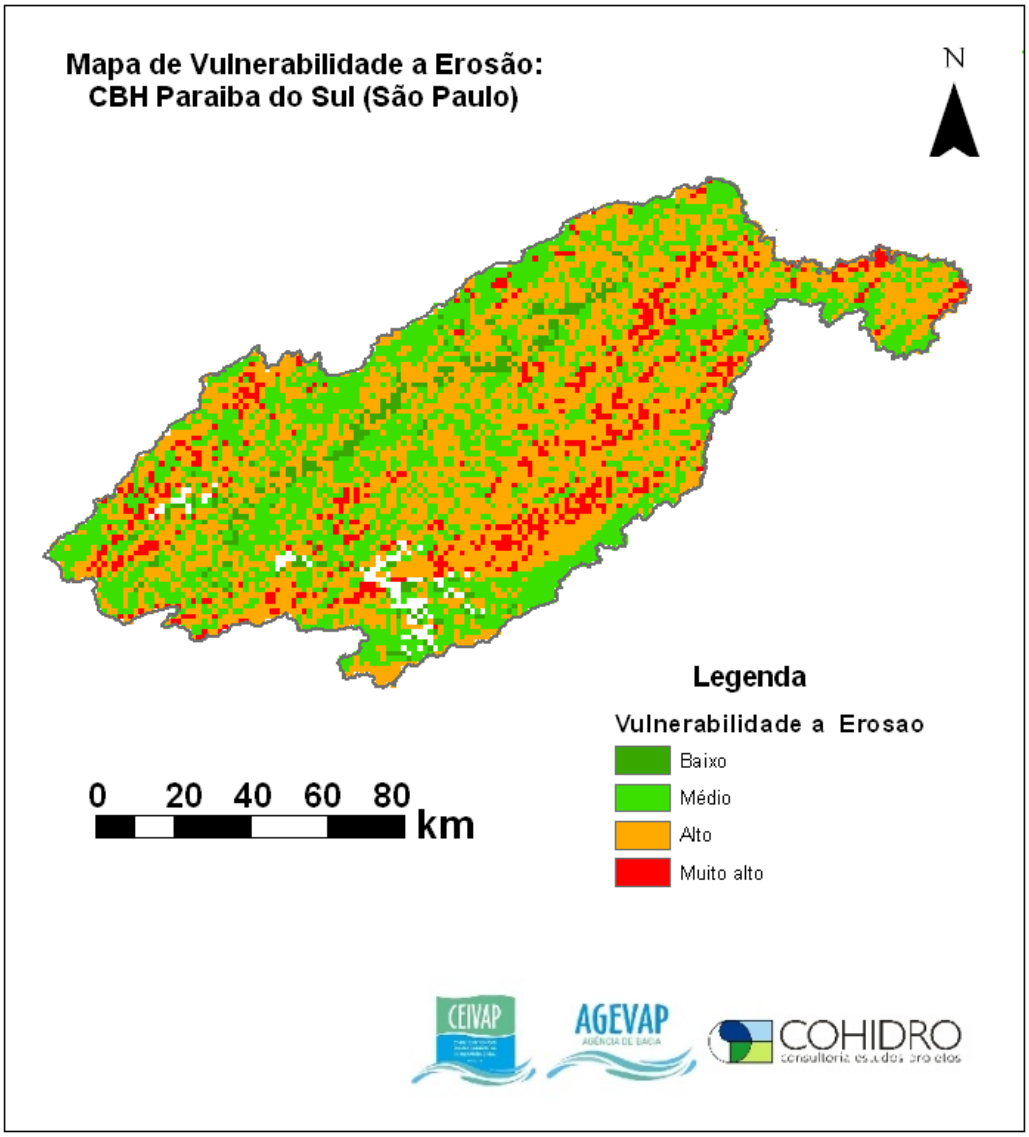


Figura 10.3 Mapa da região do Comitê – Rio Paraíba do Sul (São Paulo)

10.4.2 COMITÊ DO MÉDIO PARAÍBA DO SUL

As condições do meio físico que ocorrem nesta região - descrita em outras partes deste relatório – favorecem o aparecimento de grande densidade de ravinas em vários setores. Por outro lado o padrão de uso da terra – com predomínio de áreas de pastos mal manejados – também favorecem o escoamento superficial que está diretamente associado ao desenvolvimento dos processos erosivos. Neste contexto de fragilidade natural e atividades antropogênicas inadequadas, a maior parte da região possui vulnerabilidade a erosão de alto a muito alto

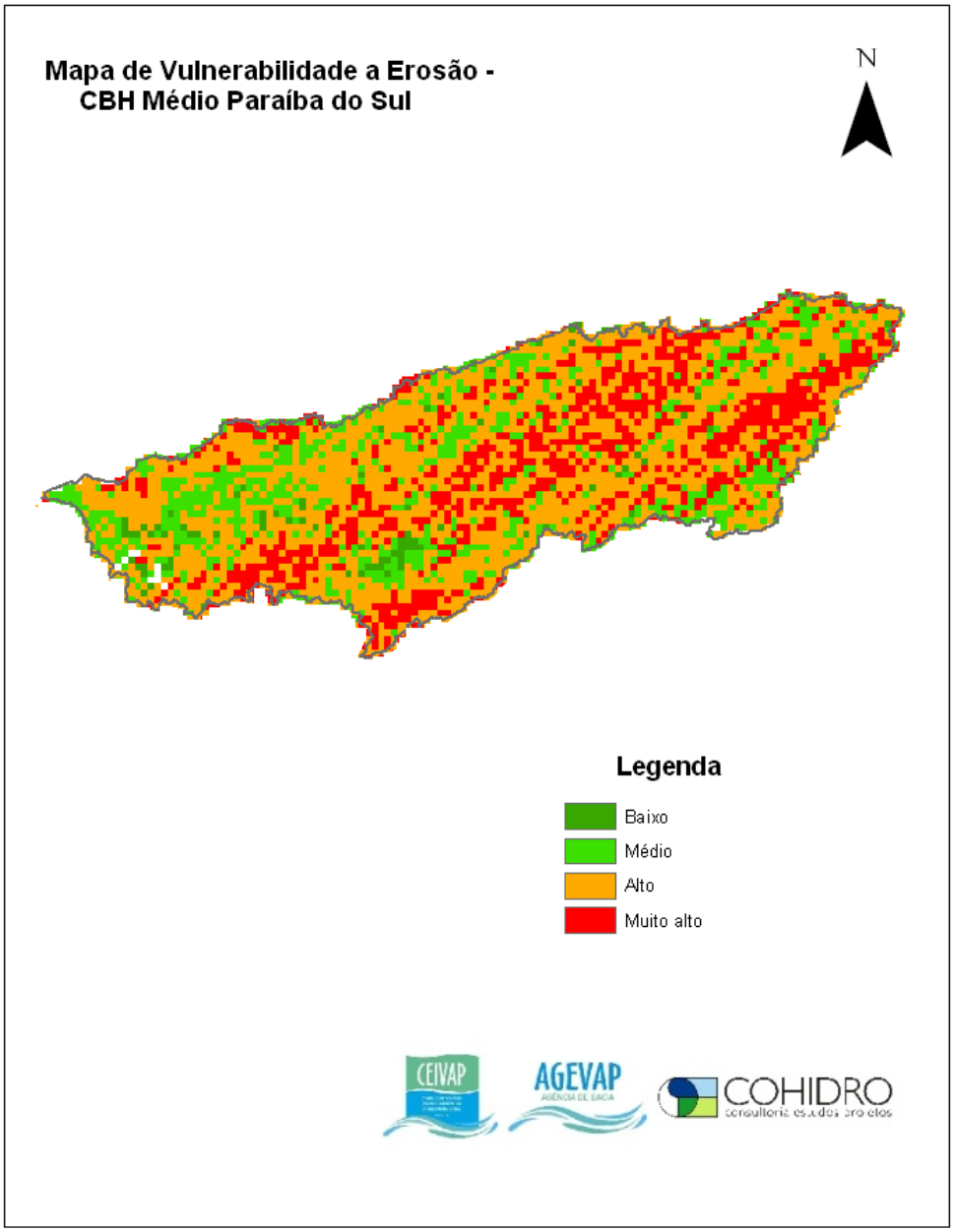


Figura 10.4 Mapa da região do Comitê Médio Paraíba do Sul

10.4.3 COMITÊ GUANDU – SUB-BACIA RIO PIRAÍ

Esta região possui, da mesma forma que a área contígua (Médio Vale do Paraiba do Sul), potencial elevado para o aparecimento da erosão em boa parte da região que se desenvolve principalmente nas encostas das vertentes sem cobertura vegetal associada. Com base na análise, a região a oeste apresenta vulnerabilidade relativamente maior do que a sua porção leste (**Figura 10.5**).

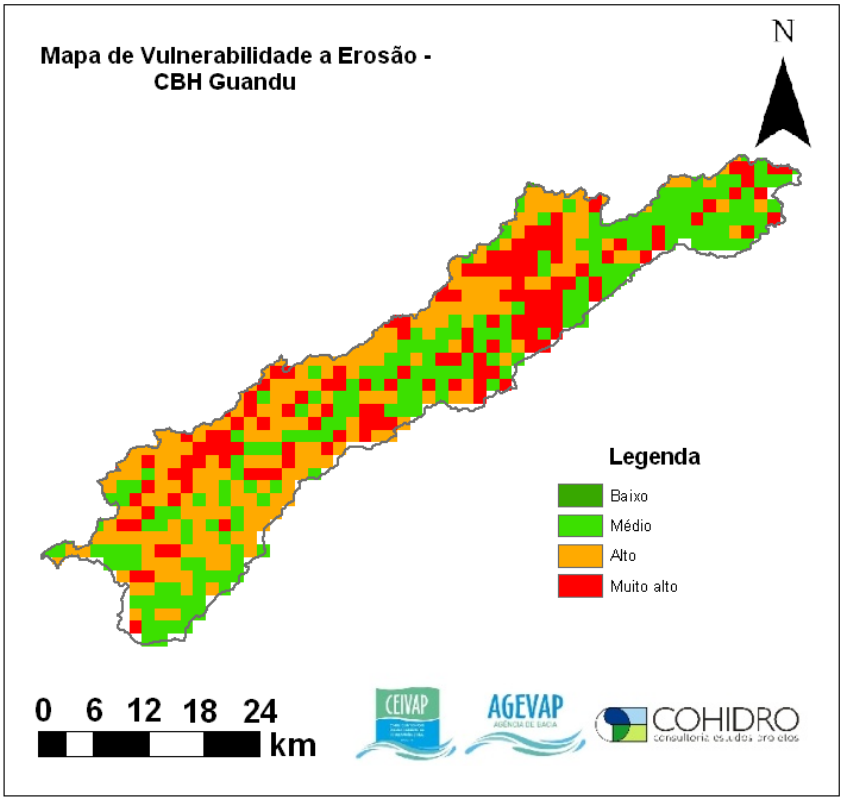


Figura 10.5 Mapa da região do Comitê Guandu I

10.4.4 COMITÊ PRETO PARAIBUNA

Esta região possui elevado potencial para a evolução dos processos erosivos particularmente na sua porção oeste (**Figura 10.6**). Além dos fatores naturais e antropogênicos que são comuns nas outras regiões da bacia do rio Paraíba do Sul (rochas associadas com solos areno-siltosos, vertentes íngremes e pastos dominantes), a erosão é intensificada pela presença de extensas áreas de atividade minerária (principalmente bauxita). Esta atividade conduz a alterações na forma das vertentes com carreamento de sedimentos que pode ser constatado pelo intenso assoreamento dos cursos d´água.

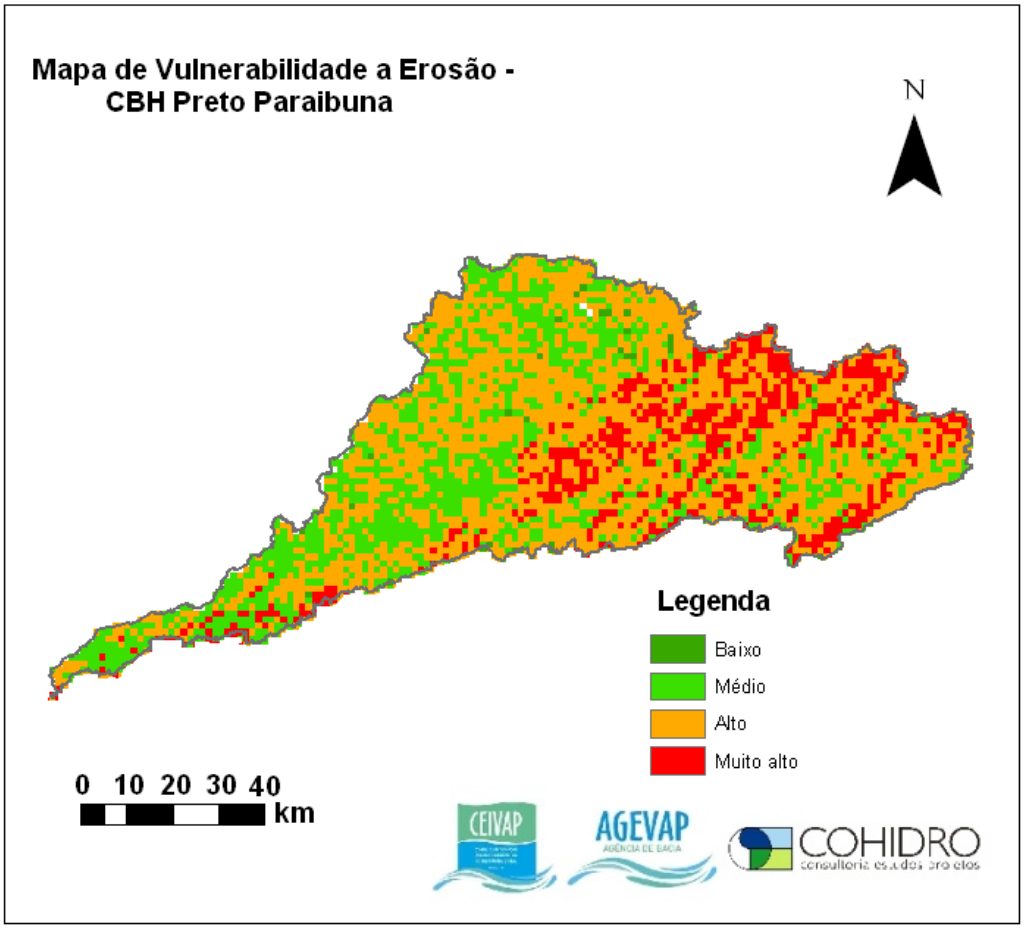


Figura 10.6 Mapa da região do Comitê Preto - Paraibuna

10.4.5 COMITE DO PIABANHA

Nesta região o potencial para atividade erosiva - alta e muito alta - ocorre de maneira disseminada por toda a região (**Figura 10.7**). A fragilidade do meio físico e as formas de uso da terra com o predomínio de pastagens mal manejadas contribuem para acelerar os processos erosivos e auxiliar no desenvolvimento de uma grande densidade de ravinas.

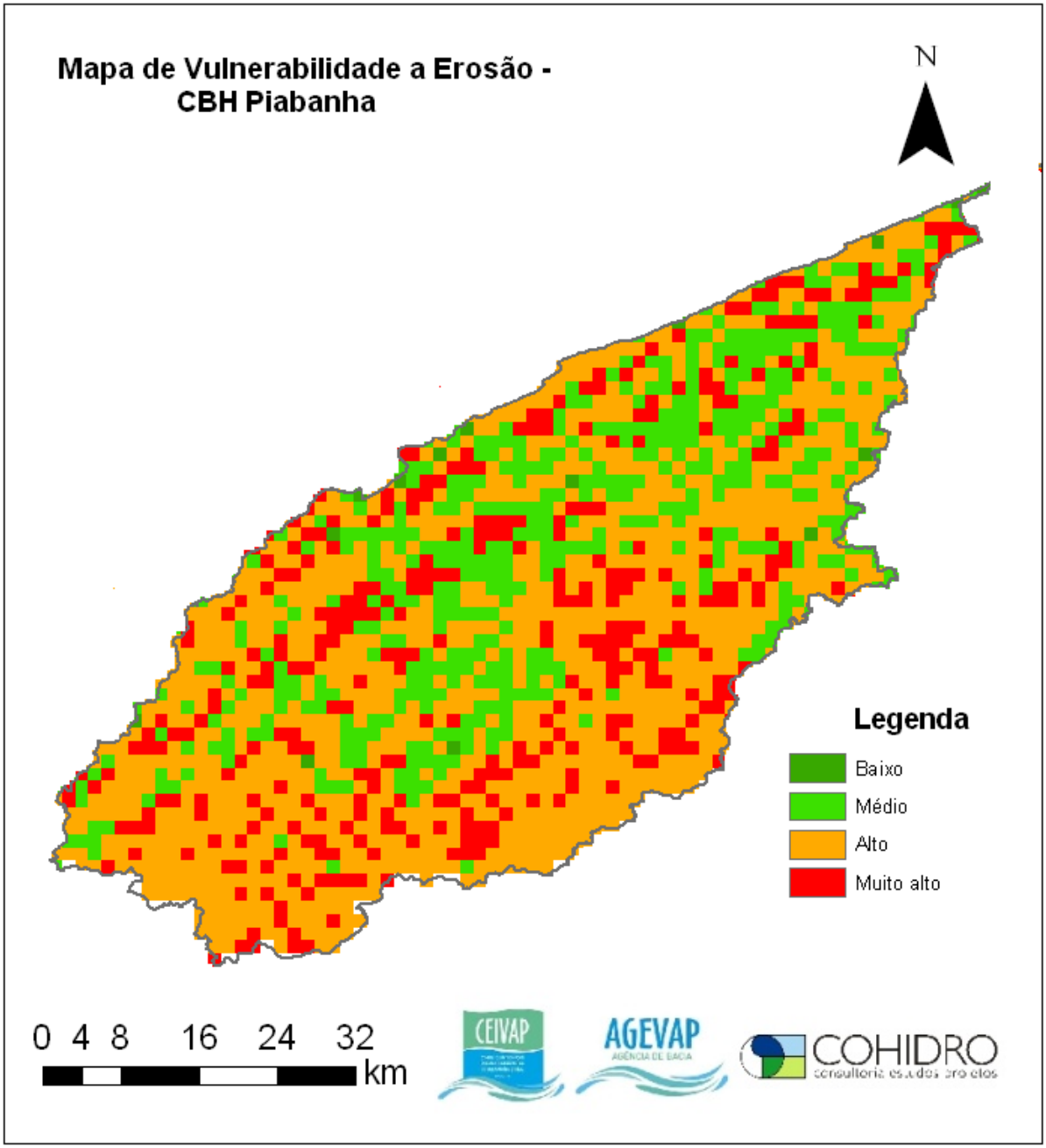


Figura 10.7 Mapa da região do Comitê Piabanha

10.4.6 COMITE COMPE (MG)

A evolução e o padrão espacial dos processos erosivos nesta região são relativamente semelhantes com aqueles encontrados na região do Comitê Preto Paraibuna conforme se observa na **Figura 10.8**. A fragilidade do meio físico, as extensas áreas de campos sujos e a atividade minerária intensiva contribuem para tornar boa parte desta área muito frágil aos

processos erosivos lineares com grande quantidade de ravinas em diferentes porções das encostas.

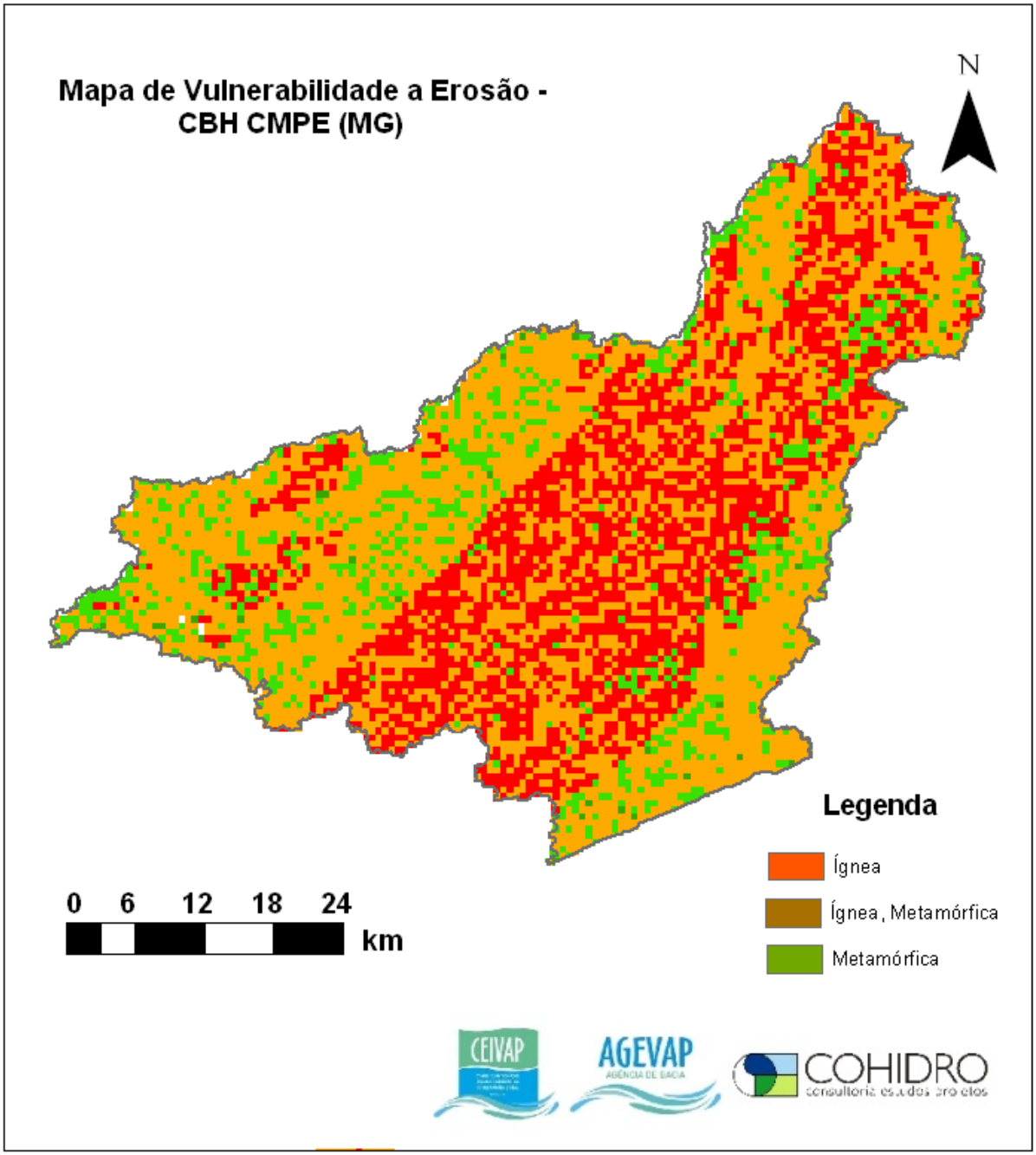


Figura 10.8 Mapa da região do Comitê COMPE (MG)

10.4.7 COMITE RIO DOIS RIOS

Esta região possui diversos setores com potencial de alto risco a erosão particularmente na porção central e norte da área (**Figura 10.9**). Os fatores deflagradores da erosão acelerada não são diferentes daqueles encontrados em outras porções da bacia do rio Paraíba do Sul. Ou seja, o maior potencial erosivo está associado a rochas ígneas com solos predominantemente silto-arenosos e áreas com predomínios de campos sujos.

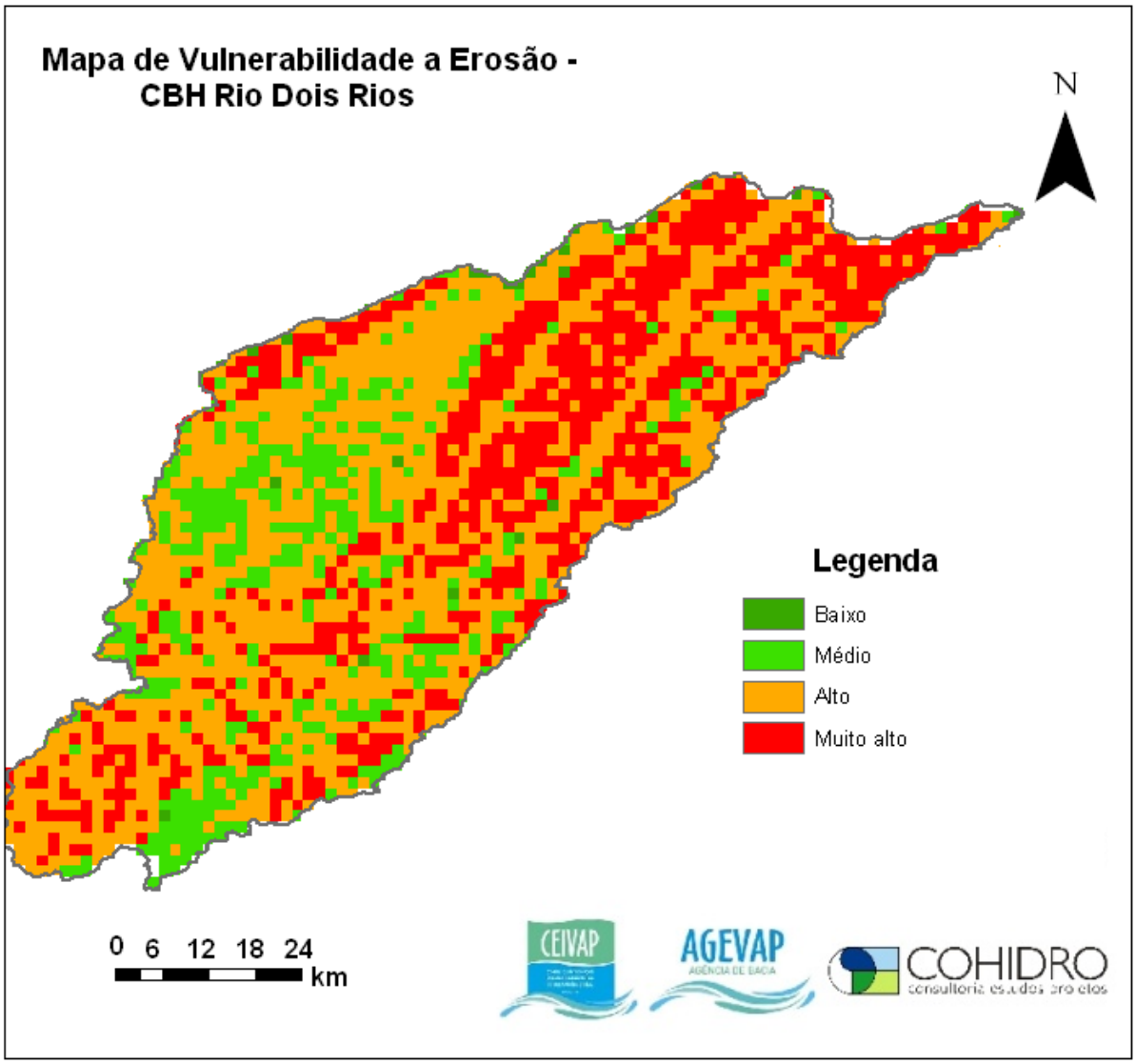


Figura 10.9 Mapa da região do Comitê Rio Dois Rios

10.4.8 COMITE BAIXO PARAIBA DO SUL

A diversidade geológica-geomorfológica desta região também reflete na evolução e desenvolvimento dos processos erosivos de vertente. Desta forma, as porções leste e central possuem diversos trechos com elevado potencial para erosão linear devido as condições inadequadas tanto do meio físico como relacionadas ao uso da terra. Por outro lado, a porção leste possui baixo potencial para erosão de vertente devido ao fato de ser formada por uma planície aluvionar com baixíssima declividade. Entretanto, processos erosivos ligados a dinâmica fluvial podem ocorrer nesta parte da área e não foram considerados nesta análise.

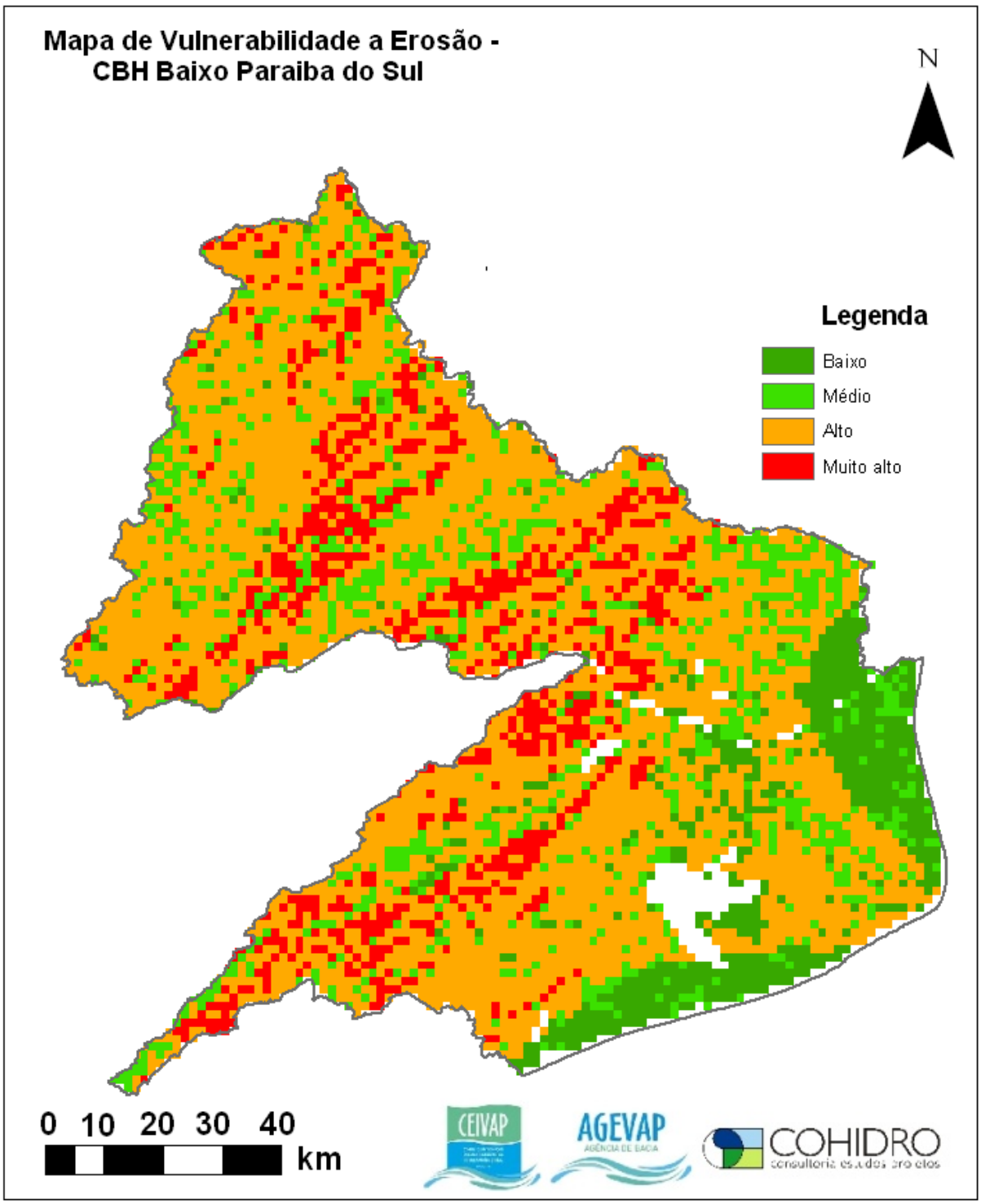


Figura 10.10 Mapa da região do Comitê Baixo Paraíba do Sul

10.5 **CONCLUSÕES**

A bacia do rio Paraíba do Sul apresenta uma elevada fragilidade natural aos processos erosivos em face das suas características geológicas, geomorfológicas e pedológicas. Entretanto, pouco ou nada se pode fazer para alterar estas condições naturais. Ao contrário, o fator uso do solo pode ser alterado ou manejado de forma a reduzir o impacto dos processos erosivos nas vertentes com o seu conseqüente transporte para os sistemas de drenagem.

Existe um consenso na literatura tecno-científica do papel da vegetação natural na redução do escoamento superficial e dos processos erosivos. Neste sentido algumas ações recentes na região, com o objetivo de recompor a mata natural com base em estudos de conectividade e a participação de produtores rurais, devem ser altamente estimuladas pois, entre seus benefícios, contribui para reduzir a erosão acelerada com a conseqüente melhoria da qualidade da drenagem superficial.

Outro fator que tende a produzir elevadas taxas de erosão e o desenvolvimento de grandes ravinas está relacionado à implantação de loteamentos urbanos e a construção de estradas vicinais em meio rural. Em ambos os casos, uma análise prévia do meio físico pode contribuir significativamente para a redução da erosão a partir de uma melhor adequação do projeto as fragilidades inerentes do meio físico.

Comitê do Rio Paraíba do Sul (São Paulo), Comitê Médio Paraíba do Sul, Comitê Guandu – Sub-bacia Rio Piraí

As regiões correspondentes a estes três comitês foram consideradas conjuntamente por sua semelhança em relação aos processos do meio físico e uso da terra onde os setores mais críticos estão relacionados às condições geológicas-geomofológicas que tornam restritivas diferentes atividades antrópicas de caráter urbano ou rural. Neste sentido recomenda-se a elaboração de cartas de fragilidade em escala mais detalhada que evidencie os processos erosivos. Por outro lado, intervenções antrópicas devem vir acompanhado de estudos específicos do meio físico no sentido de avaliar o potencial erosivo relacionados a modificação dos relevos.

Comitê Preto Paraibuna e Comitê COMPE (MG)

As regiões correspondentes a estes dois comitês possuem semelhança quando se avalia as causas dos processos erosivos. A paisagem frágil foi historicamente ocupada por diferentes atividades sem considerar a fragilidade natural do meio físico. Além disto a extensa atividade mineral na região pode ter efeitos significativos sobre a erosão laminar e acelerada com implicações sobre os recursos hídricos superficiais. Recomendam-se estudos que avaliem, as complexas causas dos processos erosivos e identificando, espacialmente, as áreas mais críticas em escala detalhada (1:50.000 ou maior). Com este conhecimento detalhado é possível estabelecer orientações específicas para a mitigação dos processos erosivos acelerados.

Comitê Piabanha e Comitê Rio Dois Rios

Estas duas regiões apresentam semelhanças geológicas-geomorfológicas e um processo de uso da terra relativamente parecido. As regiões destes dois comitês possuem muitos setores com alto e muito alto potencial erosivo e muitas feições de ravinamento nas encostas. Da mesma forma que as demais regiões da bacia do rio Paraíba do Sul recomendam-se estudos mais detalhados dos processos erosivos buscando identificar as suas causas mais locais e propondo medidas mitigadoras para as diferentes situações encontradas.

Comitê Baixo Paraiba do Sul

A região na qual está inserido o Comitê Baixo Paraíba do Sul possui características específicas necessitando que os processos erosivos sejam avaliados, detalhadamente, considerando tanto os processos erosivos que ocorrem em vertente (porção oeste) como os processos erosivos que estão associados a dinâmica fluvial (porção leste). Neste sentido recomendam-se estudos detalhados que possibilite compreender os mecanismos de erosão nos dois ambientes estabelecendo, a partir daí, medidas para a mitigação destes processos.

11 VEGETAÇÃO NATURAL DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

11.1 INTRODUÇÃO

O mapa da **Figura 11.1** destaca a localização da Bacia do Rio Paraíba do Sul no contexto dos remanescentes da Mata Atlântica.

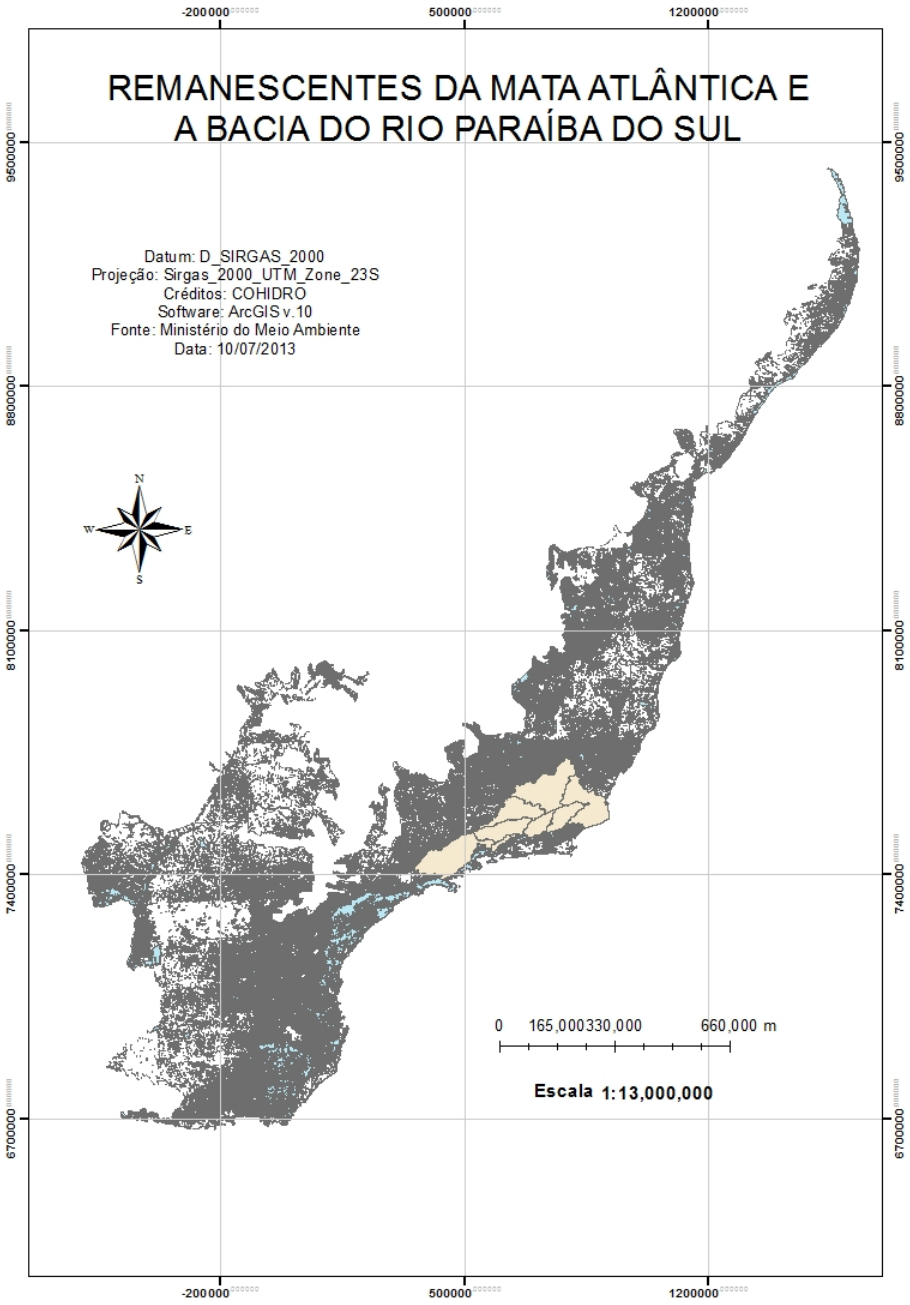


Figura 11.1 Bacia do Paraíba do Sul na Mata Atlântica

Essa floresta, que cobria a maior parte do litoral brasileiro quando os portugueses chegaram, no século XVI, começou a ser destruída já nos primeiros momentos da colonização, com a extração do pau-brasil. Foi nos domínios da Mata Atlântica que surgiram os primeiros núcleos populacionais e, depois, as grandes cidades, com destaque para o Rio de Janeiro e São Paulo que, embora não estejam localizadas na bacia do Paraíba do Sul, dela são os protagonistas principais.

Dos cerca de 1,2 milhão de km^2 iniciais, hoje, há apenas cerca de 7% da mata original, numa região onde vivem cerca de 60% da população do país e concentra a maior parte da produção industrial, agrícola e prestadora de serviços. O desmatamento e a destruição desse bioma teve um efeito devastador sobre as plantas e os animais da Mata Atlântica. Mais da metade das 633 espécies de animais ameaçados de extinção[12] vive na floresta, caso do muriqui, o maior primata das Américas e símbolo da mata. Ainda assim, o bioma é considerado um dos mais ricos em biodiversidade do mundo. Estimam-se 2.181 espécies de animais e mais de 20.000 de plantas, somente entre as catalogadas.

Em 1500, a Mata Atlântica cobria cerca de 15% do território brasileiro. Distribuída ao longo da costa atlântica, esse bioma é composto por ecossistemas, que incluem as faixas litorâneas do Atlântico, manguezais, restingas, florestas de baixada, entre outros.

A Mata Atlântica é considerada um hotspot[13], ou seja, uma região de biodiversidade abundante, alta taxa de endemismo (espécies que só ocorrem naquele determinado local) e alto grau de ameaça de extinção. A **Figura 11.2** mostra os hotspots do mundo e a Mata Atlântica aparece em primeiro lugar.

[12] MATA ATLÂNTICA, coleção Salve o Planeta, Infoglobo Comunicações e WWF-Brasil, Esdeva Indústria Gráfica, pág.7, 2007

[13] www.veracel.com.br/default.aspx?tabid=231 (visitado em 10/07/2013).

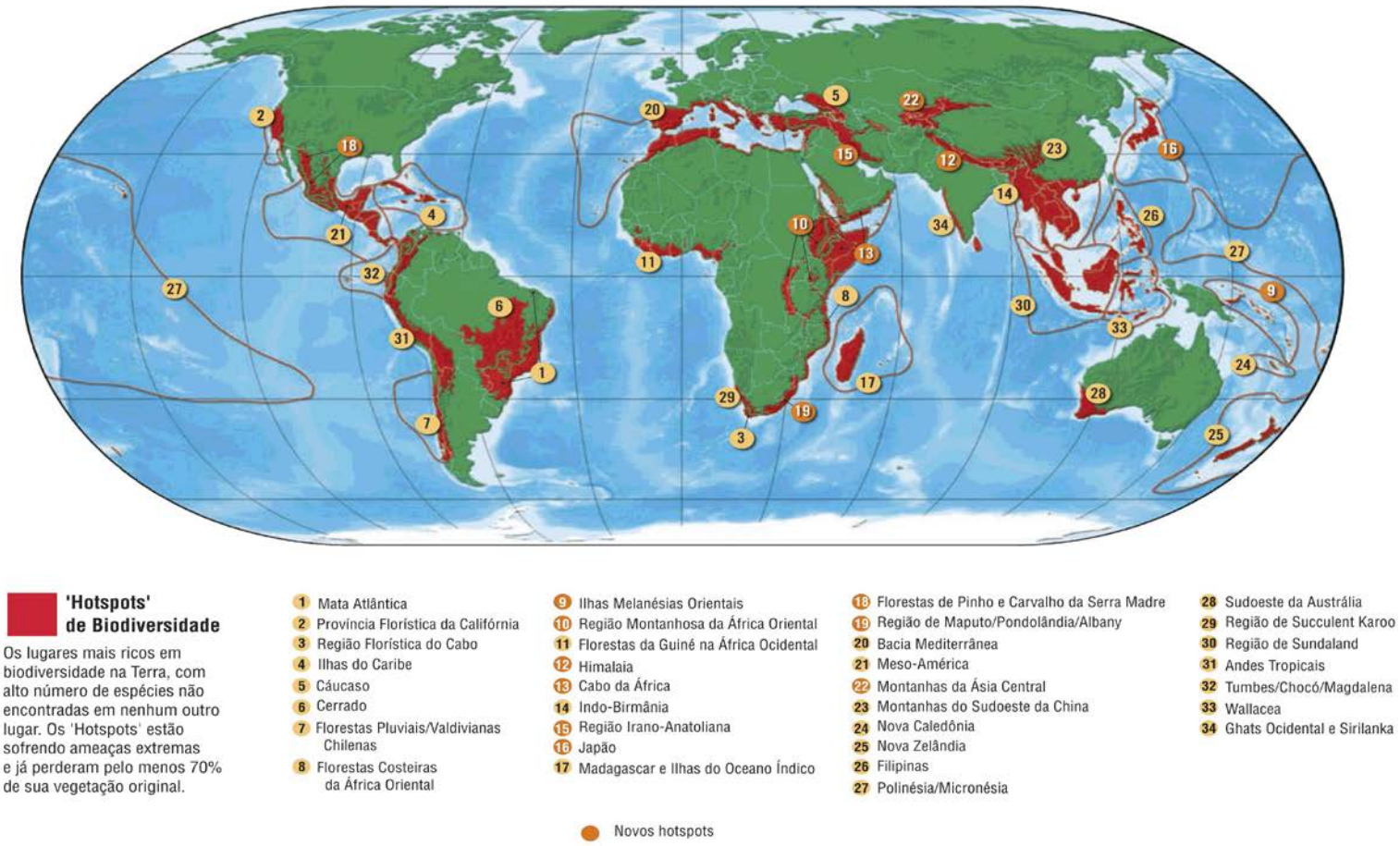


Figura 11.2 Mapa dos Hotspots Mundiais

A destruição da Mata Atlântica em larga escala se iniciou com os ciclos econômicos da cana-de-açúcar, do café e do ouro, pouco depois da chegada dos colonizadores. A expansão da agricultura e da pecuária teve um forte impacto na floresta, bem como a exploração predatória da madeira. Por fim, a industrialização também se fixou em suas terras. A destruição da mata não ameaça apenas o patrimônio ambiental e genético do país, mas a sua própria história.

A Mata Atlântica abriga: 383 dos 633 animais ameaçados de extinção no Brasil; mais de 20 mil espécies de plantas, sendo 8 mil endêmicas; 270 espécies de mamíferos; 992 espécies de pássaros; 197 espécies de répteis; 372 espécies de anfíbios e 350 espécies de peixes.

Localizada na região Sudeste, uma das com maior densidade demográfica do Brasil, as cidades sede dos municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul sofrem com a pressão antrópica sobre os remanescentes da Mata Atlântica. Daí resultam os fragmentos florestais (ou fragmentos da paisagem, como em Barra Mansa – RJ, p.ex.), uma feição geográfica que há décadas vem merecendo toda a atenção dos especialistas nos países desenvolvidos (Europa, Estados Unidos, Canadá e Austrália, principalmente), seja pela perda da biodiversidade ou pelo risco de acidentes automobilísticos, com animais cruzando as pistas das rodovias.

A **Figura 11.3**, recortada de um trabalho sobre a importância das rodovias na fragmentação da paisagem na Europa, publicado na Internet, mostra em 5 quadros (cada qual com 1 km de lado), da esquerda para a direita, a evolução da densidade de rodovias, acompanhada de perto pela redução da biodiversidade.

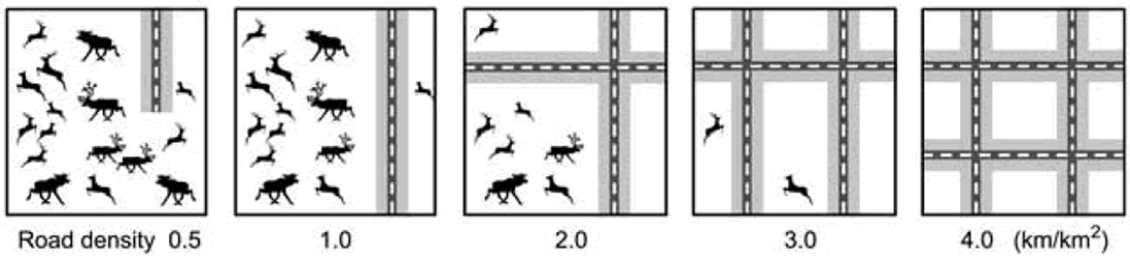


Figura 11.3 Relação da Fragmentação da Paisagem com a Biodiversidade

No Brasil, o tema é uma raridade. Teve destaque na imprensa, cerca de 3 anos atrás, quando os órgãos ambientais do Rio de Janeiro obrigaram as construtoras do Arco Rodoviário a interromperem os seus serviços, por conta da descoberta do nicho ecológico

de uma perereca no seu traçado, em localidade próxima a Seropédica – RJ, até que se encontrasse uma solução, que veio com a elevação das pistas, no trecho onde foram encontradas as espécies.

11.2 REMANESCENTES FLORESTAIS NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

A distribuição da área gerenciada pelo CEIVAP, de 61.307 km^2, pelos CBHs afluentes, é ilustrada pela **Tabela 11.1** e a **Figura 11.4**. Pode-se observar que a maior área gerenciada por um CBH é o CBH-SP, com 13.934 Km², seguida pelo COMPÉ-MG, com 13.515 Km². Porém a distribuição por estado é de 26.673 Km² para o Rio de Janeiro, 20.699 Km² para Minas Gerais e 13.934 Km² para São Paulo, o que equilibra bastante a influência dos estados e CBHs. O menor de todos é o do Rio Guandu – Sub-bacia Rio Piraí, com 1017 Km², embora as águas transpostas do Rio Paraíba, que são tratadas pela ETA do Guandu (a maior do mundo), atenda à segunda maior população do Brasil: a Metropolitana do Rio de Janeiro.

Tabela 11.1 Áreas ocupadas pelos Comitês de Bacia

COMITÊS DE BACIA	ÁREA (km^2)	%
CBH - Paraíba do Sul (SP)	13.934	22,7
CBH - Médio Paraíba do Sul	6.426	10,5
Comitê Guandu-Sub bacia Piraí	1.017	1,7
CBH - Preto Paraibuna	7.184	11,7
Comite Piabanha	3.460	5,6
COMPÉ (MG)	13.515	22,0
CBH - Rio Dois Rios	4.425	7,2
CBH - Baixo Paraiba do Sul	11.346	18,5
Total:	61.307	100,0

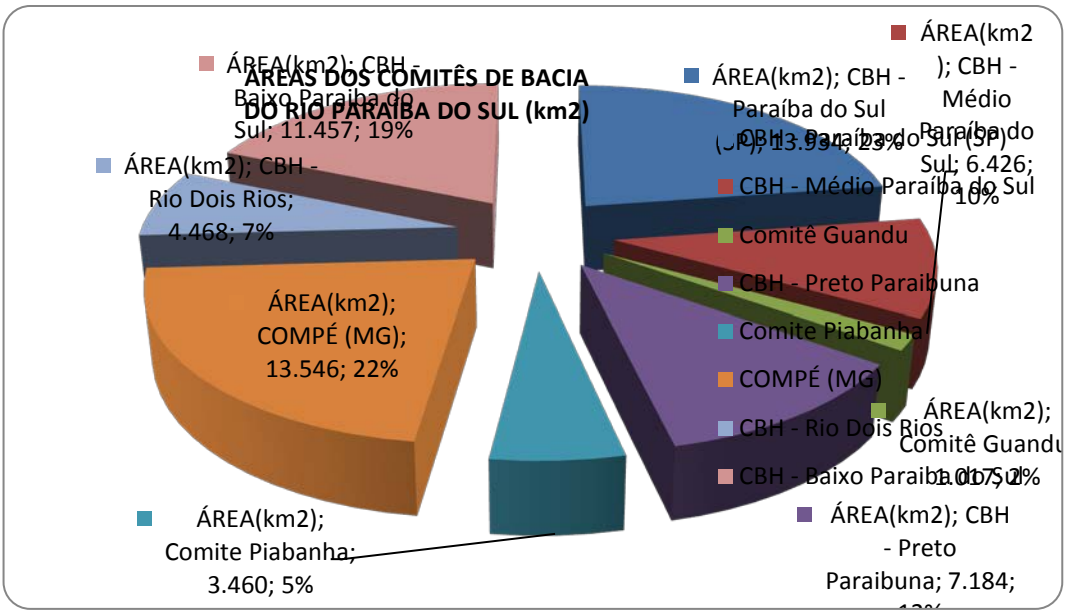


Figura 11.4 Distribuição percentual das áreas dos Comitês de Bacia

A **Figura 11.5** Remanescentes Florestais na Bacia do Paraíba do Sul mostra os remanescentes florestais da Mata Atlântica na Bacia do Rio Paraíba do Sul (manchas verdes). Observa-se que elas são visíveis apenas em alguns trechos do perímetro e, assim mesmo, em faixas de largura reduzida.

Da **Figura 11.6** a **Figura 11.13** são referidas ao recorte dos remanescentes da Mata Atlântica na região de cada Comitê de Bacia do Rio Paraíba do Sul.

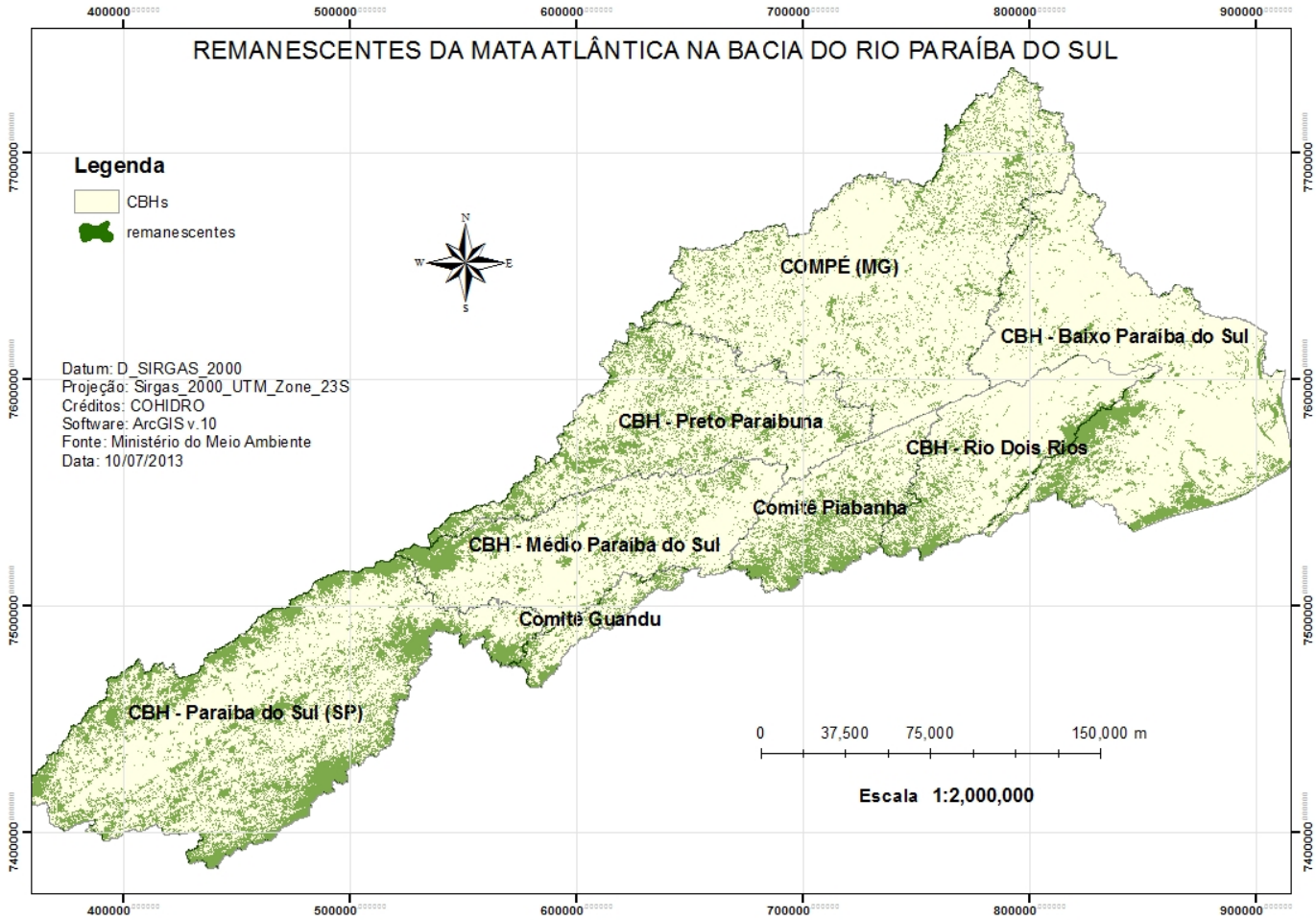


Figura 11.5 Remanescentes Florestais na Bacia do Paraíba do Sul

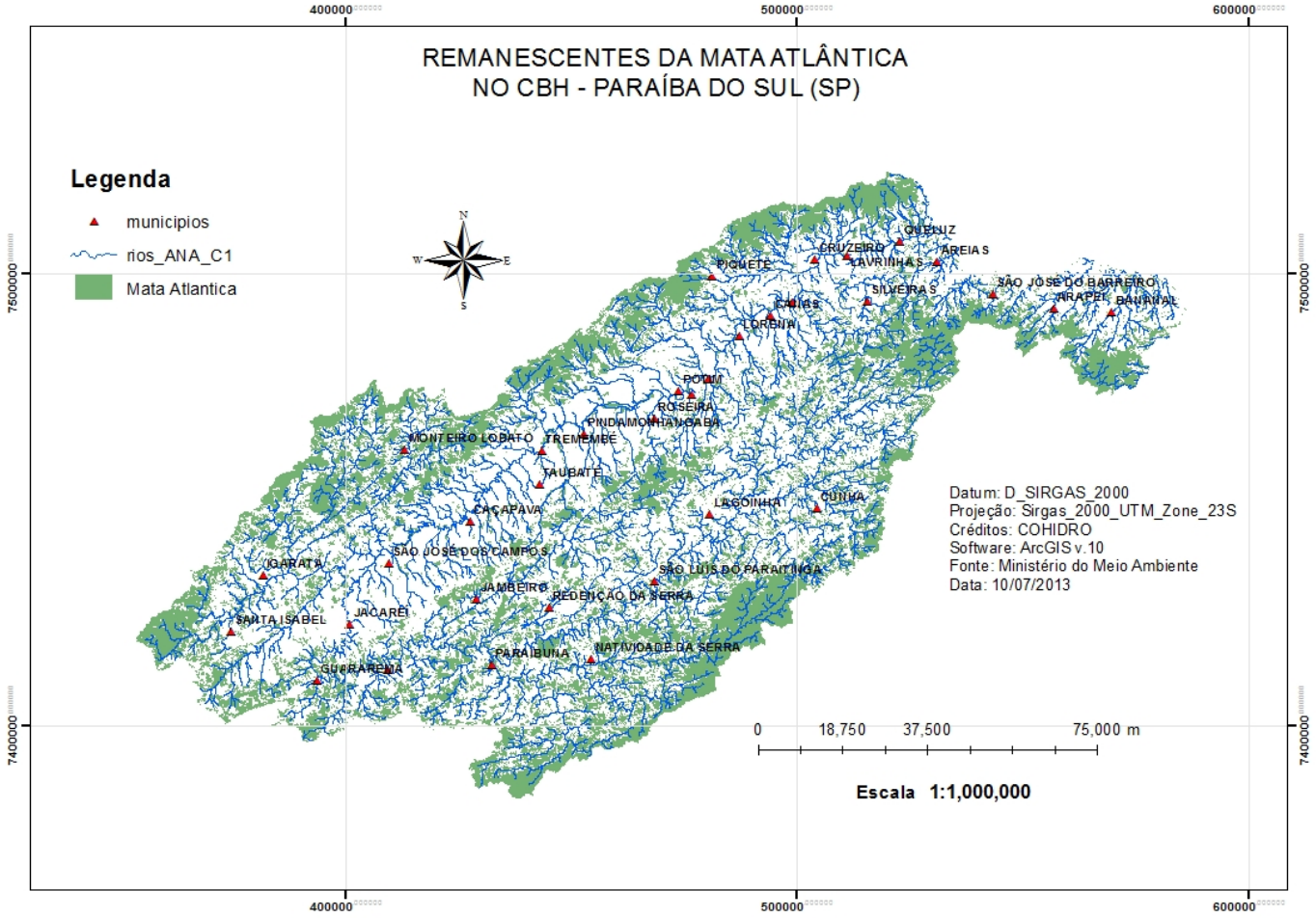


Figura 11.6 CBH – Paraíba do Sul (SP)

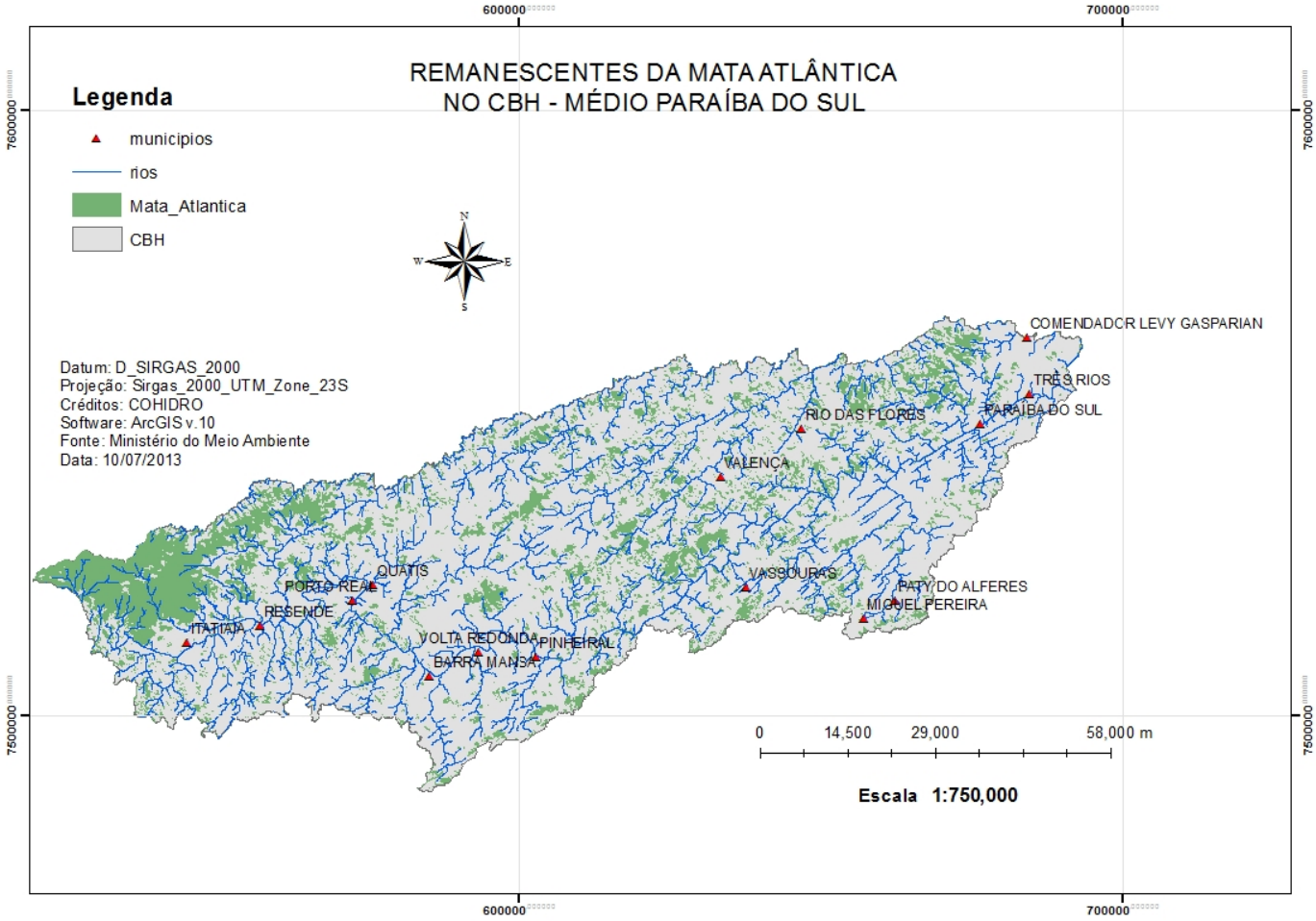


Figura 11.7 CBH – Médio Paraíba do Sul

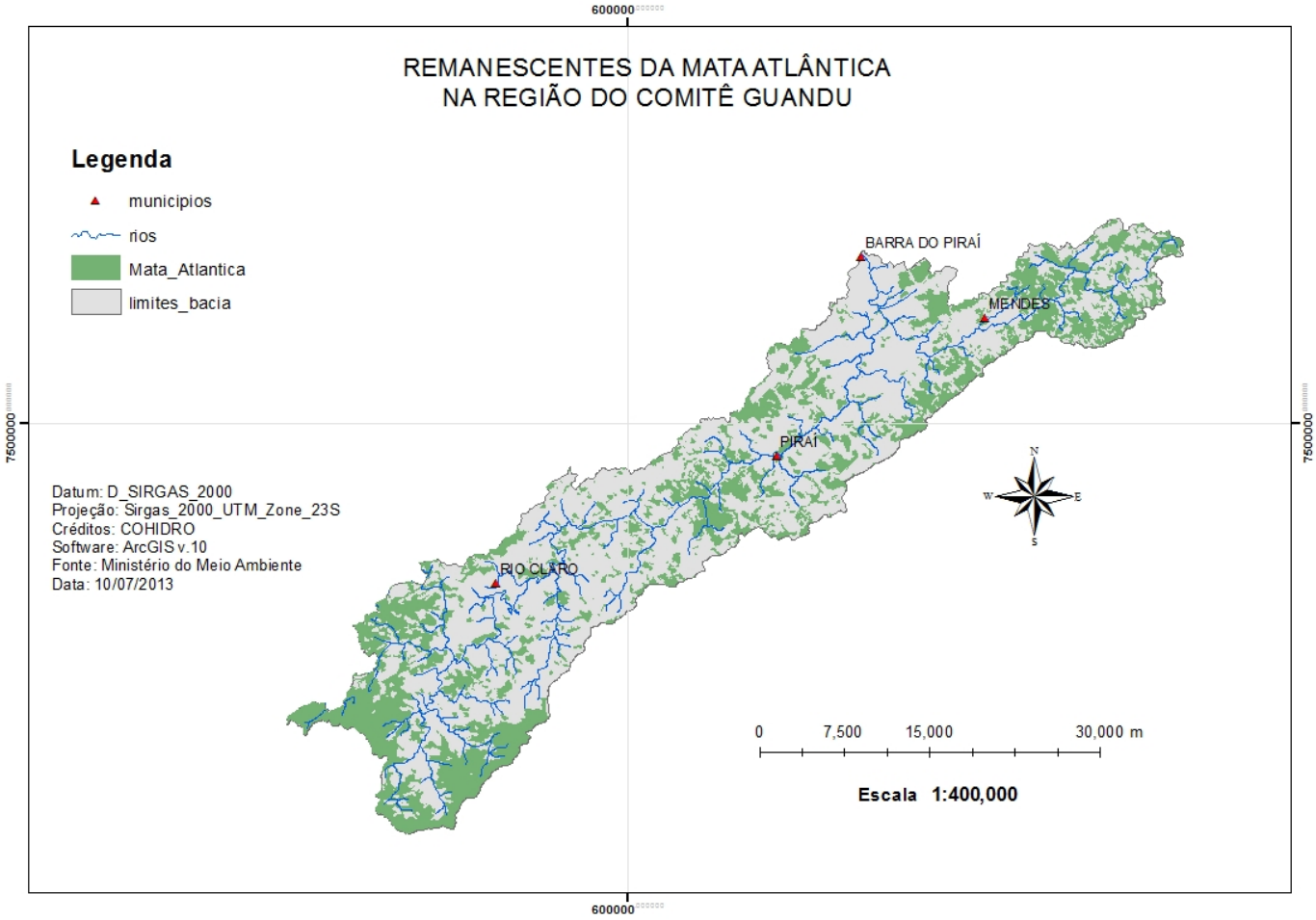


Figura 11.8 COMITÊ GUANDU – SUB-BACIA RIO PIRAÍ

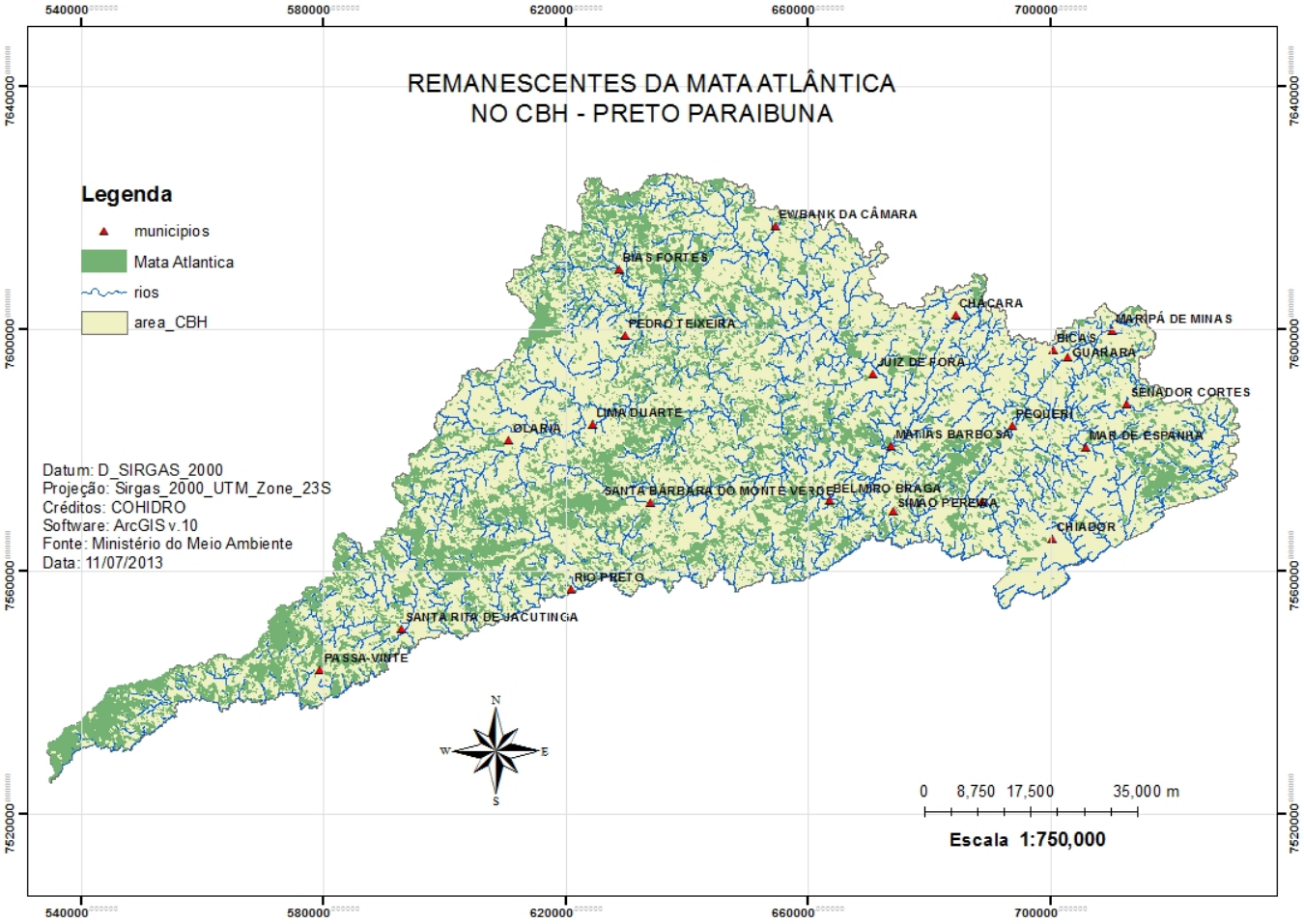


Figura 11.9 CBH – PRETO PARAIBUNA

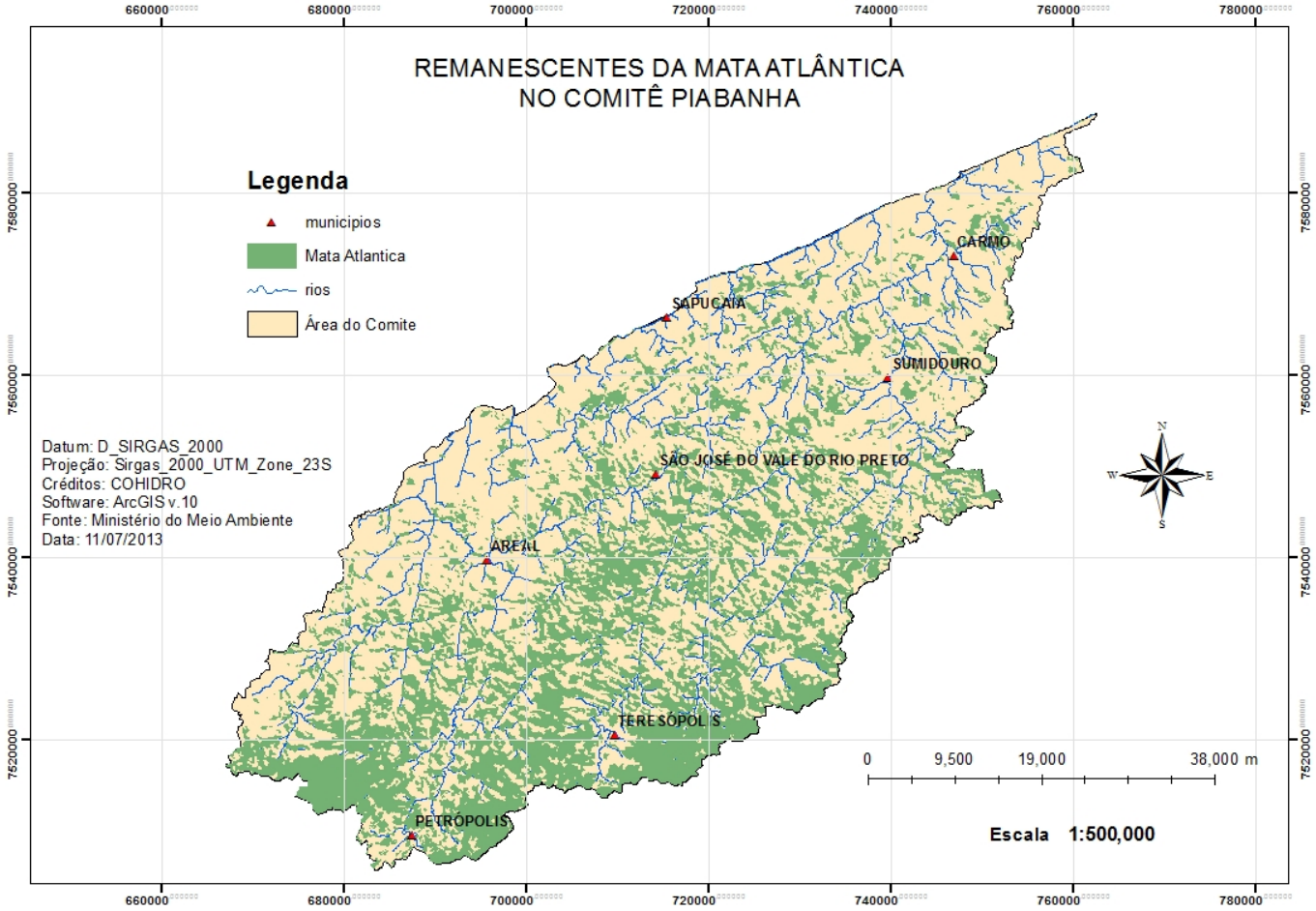


Figura 11.10 COMITÊ PIABANHA

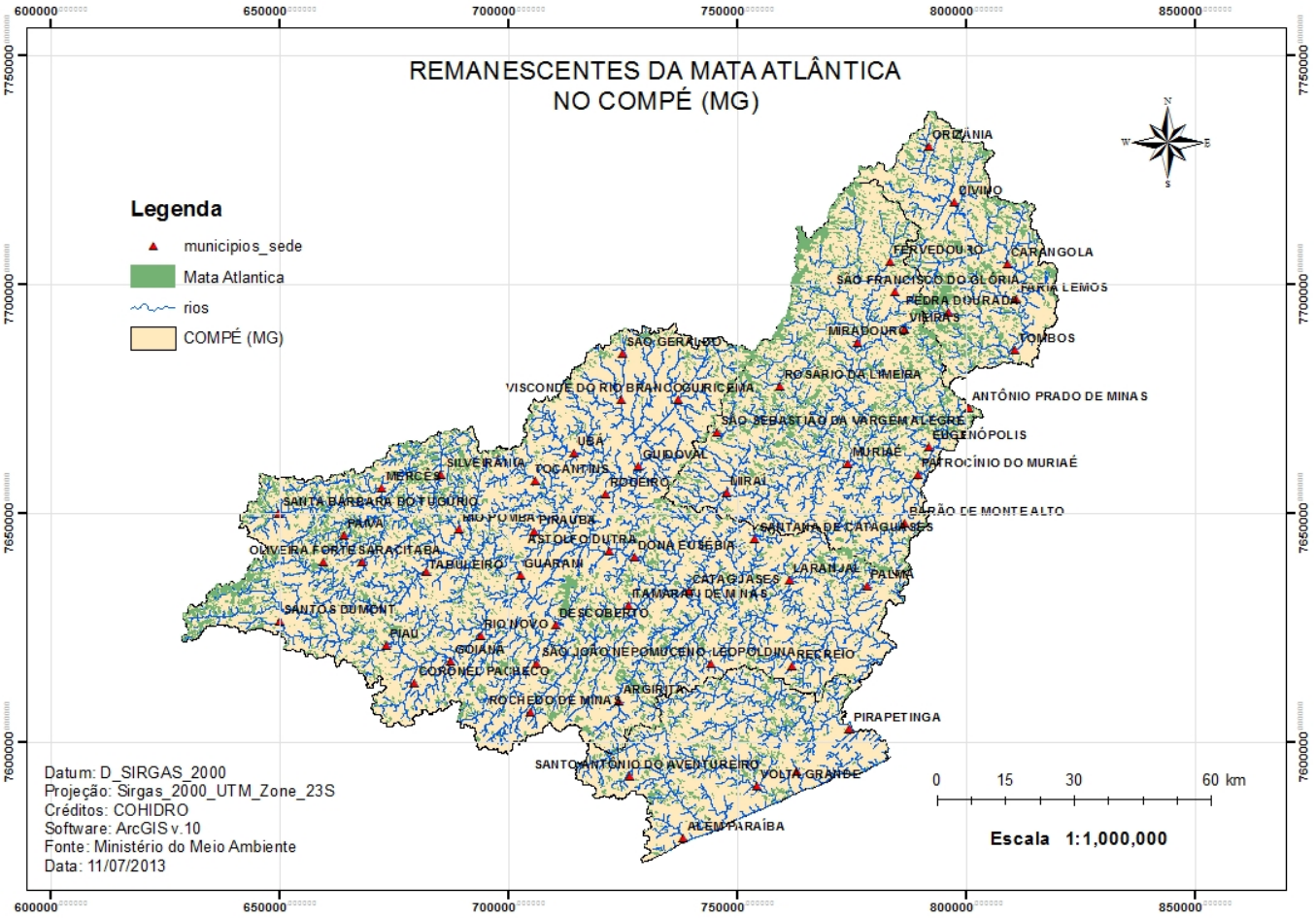


Figura 11.11 COMPÉ (MG)

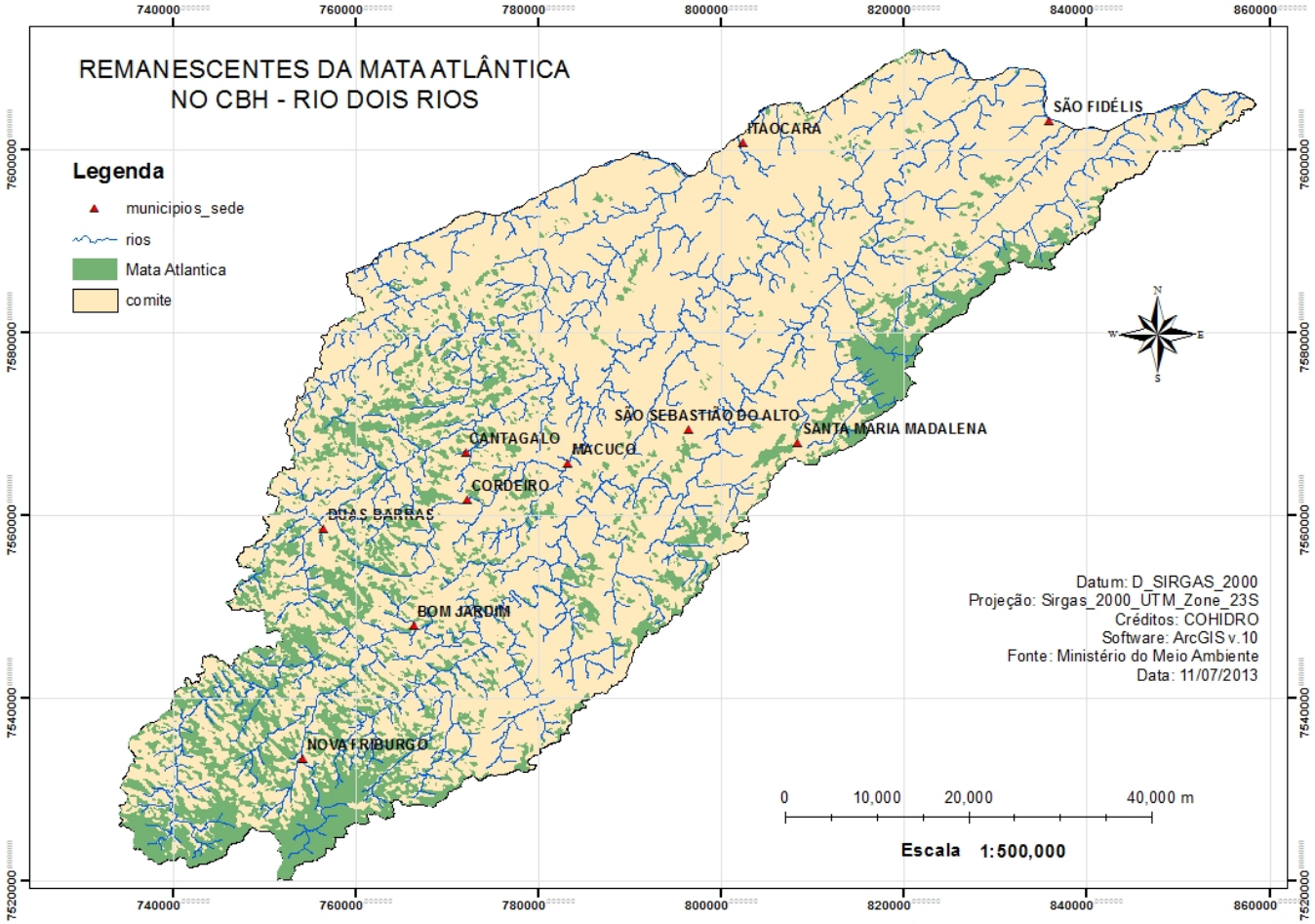


Figura 11.12 CBH – RIO DOIS RIOS

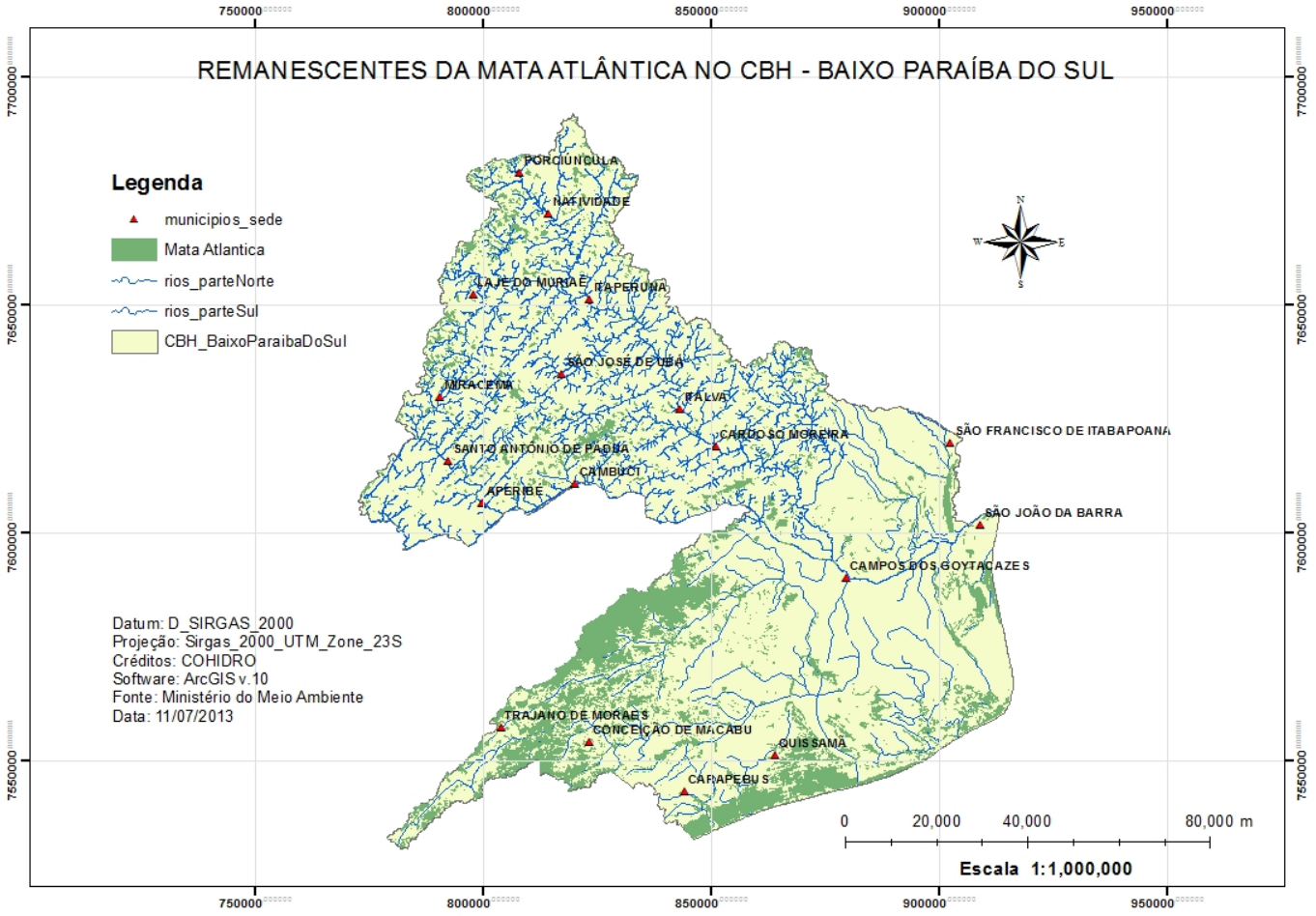


Figura 11.13 CBH – BAIXO PARAÍBA DO SUL

12 ECOSSISTEMA AQUÁTICO

O diagnóstico dos ecossistemas aquáticos foi realizado tendo como base as demandas apresentadas no Termo de Referência emitido pelo CEIVAP e, posteriormente detalhadas no Plano de trabalho apresentado pela COHIDRO.

Desta forma, foram analisados os seguintes aspectos:

- Compartimentação Ambiental
- Fitoplancton
- Macrófitas
- Vegetação Escandente
- Ictiofauna
- Fauna Ameaçada

A análise da compartimentação ambiental foi realizada visando retratar a heterogeneidade da bacia do rio Paraíba do Sul e reconhecer unidades ambientais homogêneas que possam ser tratadas como zonas naturais de estudo e manejo.

Assim, por se tratar de uma bacia que exibe notáveis diferenças naturais ao longo de seu curso e em face do estado atual de fragmentação do sistema fluvial, uma forma de viabilizar a definição mais precisa de ações é trabalhar com zonas atualmente homogêneas.

Para o reconhecimento e a caracterização de zonas homogêneas foram considerados aspectos geomorfológicos que apresentam rebatimento direto com a estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos.

O fitoplancton foi incluido dentro do elenco de variáveis avaliadas haja vista, principalmente, a influência de alguns de seus componentes sobre o abastecimento das comunidades urbanas e rurais que se uilizam das águas do rio Paraíba do Sul e de sua rede de drenagem. Foi ainda empregado como um indicador de eutrofização.

As macrófitas foram estudadas principalmente como indicadores de processos de eutorifização. Outros aspectos abordados são destacados no diagnóstico.

A análise da vegetação escandente concentrou-se no diagnóstico das formações de matas ciliares. Foi objetivo do estudo descrever a estrutura geral das matas ciliares associando a mesma ao enquadramento fitofisiológico e as particularidades biogeográficas registradas na bacia em estudo.

A ictiofauna foi selecionado como um grupo de destaque por ser com frequência utilizada como indicadora de qualidade ou integridade ambiental, dentro de modelos de bioindicação.

A escolha deste grupo é usualmente justificada por aspectos como:

- Trata-se de um grupo dotado de alto conteúdo sistêmico (cf. CARNEIRO & BIZERRIL, 1996);
- Consiste em um conjunto de organismos de grande representatividade dentro dos ecossistemas aquáticos;
- Representa um conjunto de organismo que desempenha importante papel dentro do contexto econômico de muitas regiões;
- O emprego da ictiofauna facilita a passagem de informações entre os órgãos ou instituições empenhadas em monitoramentos por bioindicação e a população, tendo em vista a importância cultural do pescado em várias regiões.

Assim sendo, para este conjunto de organismos, foram reunidas e analisadas todas as informações disponíveis para a bacia do rio Paraíba do Sul. Os dados foram espacializados considerando os compartimentos ambientais reconhecidos.

Para este grupo os dados foram trabalhados com vistas a apresentar as informações a seguir:

- Síntese do conhecimento acerca da composição taxonômica e aspectos ecológicos da ictiofauna do baixo curso do rio Paraíba do Sul
- Análise de processos de deslocamento na bacia

- Descrição do evento de invasão biológica em curso

Dentro do tema “Fauna Ameaçada” são discutidos e avaliados os status conservacionistas das espécies locais que vivem no ecossistema aquático, identificando áreas prioritárias à conservação.

Para a elaboração deste documento foram empregadas fontes secundárias, considerando todas as fontes de dados consistentes, não se limitando, portanto, a estudos acadêmicos ou disponíveis na literatura científica.

Foram analisados todos os relatórios e pareceres a que tivemos acesso e que tratavam da questão em enfoque.

12.1 EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E COMPARTIMENTAÇÃO AMBIENTAL

A bacia do rio Paraíba do Sul possui uma história geológica complexa, que se encontra impressa na afirmação de RUELLAN (143) de que “*do ponto de vista geomorfológico, é difícil que o Paraíba seja apenas um vale*”.

No seu processo de gênese pode-se considerar como marco primeiro o evento tectônico iniciado no Paleoceno, que causou a deformação por flexuras e falhamentos da superfície Japi dando origem às bacias tafrogênicas do sudeste e a Serra da Mantiqueira, e que também determinou o surgimento da Serra do Mar na área da atual plataforma continental, por soerguimento do bloco ocidental da Falha de Santos e abatimento do oriental, que se cobriu com sedimentos marinhos cenozoicos.

A ação neotectônica na área de estudo vem ocorrendo desde o Mioceno, quando ocorreu o soerguimento da Cordilheira dos Andes e o regime de tensões passou a ser do tipo compressivo (ETCHEBEHERE **et al**.,2007).

Ao longo de sua evolução geológica, eventos de capturas fluviais e redirecionamento de drenagem foram relativamente comuns. Como descrito SILVA **et al** (2006), por os eventos de reativação tectônica durante o Holoceno, que estão associados à movimentação e basculamentos de blocos, foram os principais mecanismos de rebaixamento dos divisores entre bacias de drenagem adjacentes.

LAMEGO (1950) assim resume as transformações passadas pela bacia:

“Em síntese final, vemos pois ter sido complexa a formação do vale do Paraíba. Embora ainda nos faltem muitos elementos para uma elucidação complete do problema, os já existentes permitem esboçar, em linhas gerais, a origem da bacia, à qual se integram hoje três bacias outrora independentes, sendo uma que delas, a central, desapareceu remodelada, integrando-se ao vale atual.”

LAMEGO (1950) hipotetizou uma primeira bacia, na zona paulista, com escoamento para oeste tendo como coletor o Tietê, uma dinâmica evolutiva já hipotetizada no final do século XIX.

A partir da derivação do Paraibuna e do Paraitinga (ocorrida na Mioceno), estes passam a correr para o *garben* do Paraíba, alterando a dinâmica lacustre característicos da formação do Tremembé e fluindo dentro os falhamentos existentes. Assim “o *rio passou a circular (…) através de um rasgão tectônico entre Cachoeira Paulista e a localidade de Itatiaia*.”

LAMEGO (op. cit.) destacou ainda, em relação aos ambientes lacustres que “o que se dera na zona paulista parece repetir-se na fluminense onde em torno do grande lago de Resende outros menores teriam existido, barrando as águas dos afluentes do Paraíba”.

Ainda no Mioceno modificou-se o regime de esforços na área do médio curso do Paraíba do Sul, ocorrendo extensão NW-SE e compressão local NE-SW, relacionados a um binário transcorrente sinistral, orientado segundo a direção E-W.

Nesta fase foram geradas as soleiras ou altos estruturais de Arujá e Queluz, entre outros.

A transcorrência sinistral teria conduzido à formação da soleira de Arujá, alto que separa as bacias de São Paulo e Taubaté, pela tectônica transpressional ao longo das falhas NNW, soerguendo e erodindo os sedimentos e provocando a captura das cabeceiras do rio Tietê pelo rio Paraíba do Sul, com consequente mudança do nível de base e erosão na porção central da Bacia de Taubaté.

O cotovelo do rio Paraíba do Sul, com desvio da zona paulista de Alberto Lamego, seria consequência deste soerguimento (RICCOMINI **et al**., 1992; RICCOMINI e COIMBRA, 1992, **apud** OLIVEIRA, 2010).

A segunda bacia situava-se entre o maciço Itatiaia-Bocaina e o maciço de Petrópolis, com uma provável circulação para suleste.

Destaca ainda que "uma hipótese que nos induziria a supor aquela direção para o escoamento da velha bacia é a soleira de Barra do Piraí (…) onde entre o maciço do Tinguá e a serra das Araras há uma visível depressão no perfil da Serra do Mar, que desce 450 metros, na única passagem baixa para o interior de toda a cordilheira marítima."

Assim, o autor considerou possível que esta depressão ocupasse a zona central de uma antiga bacia, visto que em Barra do Piraí o Paraíba faz um ângulo como se o rio ali se adaptasse ao talvegue de uma antiga rede, com dois braços que nele se unissem (um procedente de Itatiaia e outro da zona dos Três Rios).

Desabamentos paralelos ao longo do médio curso fluminense abateram o que restava do "velho maciço de Petrópolis, de fraca altitude no interior devido a basculhagem, e já quase anulado por uma intensa dissecação".

Recentemente MODICA & BRUSH (2004) confirmaram as observações de Alberto Lamego.Como descrito pelos autores:

"The ancestral Paraiba do Sul tended to focus clastic influx into the northern and central Santos Basin during the Late Cretaceous and Paleogene.

Focused clastic influx forced massive shelf progradation and deep-water turbidite sedimentation despite globally high-standing sea level. The southern Santos Basin, at the same time, was relatively starved of clastic influx, and drowned shelf conditions prevailed.

These depositional patterns persisted until the Oligocene, when the Paraiba do Sul was captured and diverted into the Campos Basin to the north into which it currently empties.

After the capture and diversion of the Paraiba do Sul, the north-central Santos Shelf was starved and drowned, and the shelf edge backstepped more than 50 km (30 mi)".

A terceira bacia, originalmente isolada das demais tinha como coletores os rios Pomba e Muriaé. Desta forma, o trecho do rio Paraíba de Sapucaia para jusante até a foz do rio Pirapetinga, por ser "*jovem, retilíneo e de forte declive não pode ser admitido como um*

baixo curso de rio extenso e caudaloso que tenha tão longa existência", devendo ser tratado como um afluente do rio Pomba, indoascabeceiras até a localidade de Sapucaia.

De fato, como descrito por PETRI & FULFARO (1988) as perturbações estruturais do Brasil sudeste com o consequente esfacelamento do rift da Guanabara e o rio que ali corria e o assoreamento do lago Tremembé do Eomioceno propiciou o estabelecimento da drenagem ancestral do rio Paraíba do Sul, responsável pelo desenvolvimento, no litoral campista, do Delta do Emboré.

De acordo com aos autores "a juventude do novo rio ocasionou o aumento da taxa de sedimentação na bacia de Campos com progradação dos sedimentos que mascarou o comportamento transgressivo da bacia nos tempos eomiocênicos."

De acordo como modelos recentes o amplamente distribuído sistema de *rifts* e outras descontinuidades da crosta presentes na margem divergente da América do Sul atuam como zonas de fragilidade mais susceptíveis a atividade tectônica e a deformações (SAADI, 1993; SAADI**etal**., 2002).

Diversos eventos fluviais associam-se a atividade tectônica, destacando-se as capturas fluviais (RIBEIRO, 2006). Estes eventos são bem documentados para a bacia do rio Preto que assim como o todo o sistema do rio Paraibuna apresenta origem geológica mista, sendo parte derivada de captura de cabeceiras da bacia do rio Grande e outra associada à evolução da calha do rio Paraíba do Sul.

Existem fortes indícios de que o Rio Preto tinha seu atual alto curso direcionado para o Rio Grande e, portanto, fazia parte da grande bacia interiorana do Rio Paraná. Essa ligação pretérita entre o Rio Preto e o Rio Grande foi rompida por uma captura fluvial que direcionou as águas da alta bacia do Rio Preto para a depressão tectônica do Rio Paraíba do Sul e consequentemente causou uma notável e imediata migração do divisor regional rumo ao interior continental. Como resultado deste evento formou-se, na retaguarda da borda de falha da Bacia de Resende, o vale suspenso do alto Rio Preto.

Como destaca REZENDE (2013) Uma evidência desta captura é a presença de um *knickpoint* no Rio Preto que marca a transição brusca do seu alto curso localizado no vale suspenso para o seu médio curso já inserido na depressão do Rio Paraíba do Sul.

Nesta acentuada ruptura de declive o Rio Preto apresenta aspecto encachoeirado em uma imponente queda de quase 300 m. O limite oriental do vale suspenso encontra-se a 900 m de altitude e marca o início do trecho localmente conhecido como Cachoeira da Fumaça.

Na base do trecho encachoeirado, a 620 m de altitude, o rio apresenta um gradiente moderado, que já se mostra parcialmente adaptado ao nível de base da depressão tectônica (REZENDE, op. cit).

Evidencias biogeográficas indicam ainda a possibilidade de capturas envolvendo o rio Pomba e afluentes do rio Doce, o alto rio Grande e o alto rio Paquequer e sistemas afluentes à baía de Guanabara.

A região do curso inferior do rio Paraíba do Sul possui formação mais recente.

Como descrito por KOWSMANN **et al**.(1977) a regressão Wisconsianna expôs subaereamente quase toda a plataforma continental e, no recuo máximo desta regressão (16.000 anos A.P.) o nível do mar desceu para a cota batimétricas atual de 135 m.

Para a região de inserção do baixo Paraíba do Sul SCHREINER **et al** (2008) descreve que "A margem continental da Bacia de Campos apresenta uma geomorfologia em grande parte controlada pela tectônica salífera subjacente e pela geometria deposicional do Mioceno Superior. Sua construção resulta das variações do nível do mar , da atuação de correntes de contorno, da remobilização de sedimentos, da geologia estrutural e da implantação de sistemas turbidíticos associados a sistemas fluviais no continente. Por meio de uma sistemática de amostragem e datação do fundo marinho, através de piston cores, constatou-se que esta geomorfologia representa uma visão do final do Pleistoceno, e que a elevação do nível do mar durante o Holoceno interrompeu a quase totalidade dos processos atuantes na área"

O modelo digital apresentado por SCHREINER **et al** (2008) permite evidenciar aparentes paleoconexões dos sistemas do Itapemirim, Itabapoana e baixo Paraíba do Sul.

CASADO **et al**. (2011), estudando a estratigrafia e paleoambiente neoquaternárioda calha aluvial do rio Paraíba do Sul entre os municípios de São José dos Campos e Taubaté, SP verificou que entre 23.000 – 1.500 anos A.P.o rio Paraíba do Sul, encontrava-se, na área estudada pelo autores, implantado um amplo sistema paludal, que propiciou a formação dos

depósitos de turfa (“bacia orgânica”), com escassas incursões de material siliciclástico sobforma de intercalações argilosas.

A planície seria bastante úmida, mas não chegaria a formar um lago propriamente dito; não existiria um canal fluvial que drenasse o pântano.

Esta situação provavelmente deriva das alteraçõesclimáticas ocorridas durante o ultimo máximo glacial (23.000 A.P.).

Entre 800 e 1.500 anos A.P., ocorreu uma reativação neotectônica na área, que rupturou a área pantanosa e também os terrenos adjacentes, gerando canais que drenaram a área pantanosa, abaixando o lençol freático e definindo o término do ambiente paludial e da formação extensiva de turfa causando o ressurgimento do canal do Rio Paraíba do Sul, ou de seu antecessor.

Em período posterior a este, a cerca de 5.100 anos, deu-se o máximo transgressivo do mar, afogando a rede fluvial estabelecida na plataforma e adentrando a planície costeira até a base do cristalino.

Com a elevação do nível do mar até alcançar o ponto máximo em 5.100 anos antes do presente, a atividade marinha, após a invasão das partes baixas do tabuleiro erodiu a parte mais baixa do tabuleiro, deixando na linha de costa um cordão de ilhas formadas por partes mais resistentes do tabuleiro.

No processo a rede de meandros e eventuais canais alagadiços foi submersa, assim permanecendo até a transgressão que resultou no nível atual do mar, com pequenas oscilações ao longo do passado recente.

Criou-se, assim, uma grande semilaguna, com permanente comunicação com o mar. As ilhas mitigavam a energia oceânica, permitindo que o Rio Paraíba do Sul progradasse no interior da semilaguna.

Por uma sucessão de transgressões e regressões marinhas, bem como por uma sucessão de progradações e retrogradações, foi se formando uma planície aluvial entre duas unidades de tabuleiro que não submergiram com a grande transgressão.

A ela, foi se juntando uma nova unidade de restinga, entre o Cabo de São Tomé e o Rio Guaxindiba.

A linha de costa recuou em relação à costa primitiva. Esta extensíssima costa, entre a margem esquerda do Rio Macaé e a margem direita do Rio Itapemirim, é nova, baixa e instável.

Ao longo dela, encontram-se restingas, planícies aluviais e pequenos trechos de tabuleiro. Para fins de análise, SOFFIATI (s/d) denomina-a, juntamente com o planalto a sua retaguarda, de Ecorregião de São Tomé, em alusão à Capitania de São Tomé, primeira tentativa de implantar um núcleo de economia de mercado na região.

No interior das unidades de tabuleiro, das planícies aluviais e das restingas, formaram-se inúmeras e grandes lagoas, seja pelo barramento de antigos cursos d'água, seja pelo aprisionamento de água em terrenos baixos.

Formada a planície fluviomarinha, rios que apresentavam vazões grandes conseguiram romper a barreira que se lhes interpôs, levando-se em conta ainda a largura da barreira a ser rompida.

Outros rios, com pequena vazão, foram aprisionados pela planície. Entre os primeiros, figuram os Rios Itapemirim, Itabapoana, Guaxindiba, Paraíba do Sul e Macaé, todos desembocando no mar. No interior do complexo tabuleiro-planície aluvial e restinga, os Rios Imbé e Urubu foram colhidos pela Lagoa de Cima.

Esta passou a defluir pelo Rio Ururaí, que desemboca na Lagoa Feia. Esta colhe as águas do Rio Macabu. Da zona serrana, vem o Rio Muriaé, que passou a desaguar no Rio Paraíba do Sul pela margem esquerda, já na baixada.

Vários outros pequenos cursos d'água não conseguiram vencer o barramento natural. É o caso dos córregos D'Antas, Encantada, Funda, do Siri, Lagoinha, dos Cações, das Pitas, do Mangue, de Caculucage, da Tiririca, dos Quartéis, da Boa Vista e do Morobá, no sul do Espírito Santo.

Assim também os córregos Salgada, Doce, do Guriri, do Tatagiba, de Buena, da Ilha, de Manguinhos, da Saudade, de Santa Maria, de São Gregório, dos Bondes e do Brejo Grande, dentre vários outros, no norte do Estado do Rio de Janeiro.

No máximo, estes pequenos cursos d'água conseguiram manter suas barras abertas periodicamente. Atualmente, todos eles assumem a fisionomia de lagoas alongadas e perpendiculares à costa, algumas mais próximas dela, outras mais distantes.

Na planície fluviomarinha, as lagoas apresentam outro aspecto. A maioria delas dispõe-se em posição paralela à costa. Basta ver as Lagoas da Praia, do Meio, da Taboa, do Comércio, da Ribeira e o colar de lagoas entre Barra do Furado e Macaé.

O Delta do Paraíba do Sul também semeou uma infinidade de lagoas na planície, algumas alongadas por terem sido braços defluentes, como as Lagoas de Gruçaí e Iquipari.

Outras, no seio da planície, como a Feia (a maior de todas), a do Campelo, as do Taí Grande e Pequeno, do Mulaco, do Caboio, do Jesus, Grande, das Bananeiras, do Colomins, do Cacumanga, da Piabanha, do Sussunga, de Saquarema Grande e Pequena, da Aboboreira, das Conchas, dos Capões, dos Jacarés, dos Coqueiros, de Quitingute e tantas outras mais.

Pelas características de sua fauna aquática atual e pela estrutura geomorfológica do sistema hidrográfico em enfoque pode-se considerar válida uma analogia entre o funcionamento do ecossistema aquático da bacia em estudo com aquele usualmente modeladopara ambientes terrestres, no qual a manutenção da biodiversidade se dá através da relação entre fragmentos e corredores (FORMAN & GODRON, 1986).

Como descrito por FORMAN (1995) "The arrangement or structural pattern of patches,corridors, and a matrix that constitute a landscape is a major determinant of functional flows and movements through the landscape, and of changes in its pattern and process over time".

THORP **et al**. (2006), ao abordarem a biocomplexidade em redes hidrográficas ao longo do espaço e do tempo, associaram o modelo da dinâmica hierárquica de trechos derivado de ecossistemas terrestres (WU & LOUCKS, 1995) com a eco-geomorfologia (THOMS &

PARSONS, 2002) para propor o *Riverine Ecosystem Synthesis* (RES), que basicamente é uma síntese teórica do funcionamento de rios e riachos (SIQUEIRA, 2011).

Esta síntese se baseia na zonação das características hidrológicas e geomorfológicas, que seriam responsáveis por formar manchas hidrogeomórficas.

As condições climáticas, declividade e conectividade do ambiente influenciariam estas manchas devido a modificação do transporte de água, sedimento, matéria orgânica e nutrientes.

Estas manchas podem ser os canais anastomosados, braços de rios, lagoas conectadas ou não ao canal principal, baías, planícies alagadas, entre outros (FERREIRA **et al**, 2010).

As manchas hidrogeomórficas podem ser diferenciadas em relação as dinâmicas laterais, verticais, na produtividade do sistema, na velocidade em que ocorre a ciclagem de nutrientes e o transporte de matéria orgânica.

Estas manchas servem de suporte para a definição das Zonas de Processos Funcionais (*Functional Process Zones*), que estão relacionadas com os seus mecanismos ecológicos.

Na tentativa de compreender melhor o funcionamento e a estruturação dos ecossistemas lóticosTHORP **et al**(op. cit.) empregaram o Modelo de Dinâmica Hierárquica de Mancha (HPD), descrito por WU & LOUCKS (1995) e por WU (1999).

O detalhamento do HPD, como descrito a seguir, foi extraído de SIQUEIRA & HENRY-SILVA (2011).

De acordo como os autores este modelo integra uma teoria geral da heterogeneidade espacial (dinâmica de manchas) com a teoria da hierarquia, expressando relações entre padrão, processo e escala em um contexto de paisagem.

O termo "mancha" é definido como uma unidade espacial relativamente homogênea que difere em natureza e aparência de seus arredores. O tamanho da mancha é dependente da escala, dos organismos, e dos processos, podendo variar muito em tamanho e dimensão temporal (por exemplo, de uma única rocha a um segmento de rio ou uma área de várzea).

O modelo HPD é composto por cinco aspectos principais.

O primeiro refere-se aos sistemas ecológicos como “uma hierarquia descontínua em um mosaico de manchas". Esta característica permite identificar o papel das pequenas manchas (por exemplo, tipos de substrato) dentro de grandes manchas (como por exemplo, grandes Zonas de Processos Funcionais).

As pesquisas iniciais realizadas em manchas relativamente pequenas focavam nas interações bióticas, tais como predação, competição e herbivoria e nos aspectos relacionados com a sucessão (PECKARSKY, 1979; FISHER, 1983; GEORGIANO & THORP, 1992, **apud** SIQUEIRA & HENRY-SILVA, 2011).

Por outros lado, existem outros trabalhos que consideram os organismos aquáticos como sendo influenciados muito mais pelas interações entre o ambiente físico e os padrões de fluxo de corrente o que resultaria em um mosaico de manchas dinâmicas que variam em composição, tamanho e fase de recuperação.

O segundo aspecto ressalta que a dinâmica dos sistemas ecológicos é derivada de um composto da dinâmica intra-manchas e inter-manchas.

Essas interações entre as manchas produzem uma propriedade emergente dos ecossistemas lóticos que não é tão evidente quando se estuda as manchas de forma isolada.

É importante ressaltar, que a estrutura e o funcionamento de um ecossistema em um dado momento são a soma dos processos dinâmicos, determinísticos e estocásticos que ocorrem dentro e entre manchas de diferentes escalas espaço-temporais (Pickett & White, 1985).

O terceiro aspecto do Modelo de Dinâmica Hierárquica de Manchas ressalta que os padrões e processos são interligados e dependentes da escala.

Já o quarto aspecto ressalta que as condições de não-equilíbrio e processos estocásticos desempenham um papel dominante na chamada "estabilidade do ecossistema”.

Ao longo do último quarto de século, houve uma mudança, em geral, na percepção de que os ecossistemas lóticos são dirigidos principalmente por forças estocásticas relacionadas às enchentes ou secas. Alguns trabalhos mencionam que os processos estocásticos operam

em largas escalas espaciais e temporais em sistemas lóticos, mas os processos de pequena escala, geralmente tendem a ser mais estocásticos e menos previsíveis (WU, 1999).

Por outro lado, a importância dos fatores determinísticos tende a estar mais relacionada a escalas espaciais menores, onde operam as interações predador-presa, parasita-hospedeiro e competição interespecífica. A evidência atual sugere que os fatores determinísticos são relativamente mais proeminentes em áreas de águas calmas, enquanto fatores estocásticos alcançam a sua maior importância em canais de água corrente, onde o estresse hidráulico é maior (SIQUEIRA & HENRY-SILVA, 2011).

Os processos determinísticos ainda podem contribuir significativamente para a regulação da comunidade dentro de uma determinada mancha, mas em uma escala hierárquica, processos estocásticos são mais importantes entre as manchas.

O último aspecto do HPD refere-se a um estado metaestável de quase-equilíbrio dos ambientes lóticos (WU & LOUCKS, 1995; THORP **et al**., 2006).

É razoável questionar que estes ambientes podem nunca atingir o equilíbrio, pois são sistemas abertos sujeitos a grandes variações hidrológicas nas mais diversas escalas temporais, o que introduz uma substancial estocasticidade dentro e entre os as manchas (SIQUEIRA & HENRY-SILVA, 2011). No entanto, é teoricamente possível que um estado metaestável de quase-equilíbrio venha a desenvolver-se em um nível do ecossistema (PAINE & LEVIN, 1981; O'NEILL **et al**., 1989, **apud** SIQUEIRA & HENRY-SILVA, 2011).

Esta característica permite verificar semelhanças na riqueza de espécies, apesar da abundância relativa e densidade absoluta variarem de um período para o outro (SIQUEIRA &HENRY-SILVA, 2011).

Para o reconhecimento de zonas de processos funcionais dentro da escala de estudo, sugere-se o uso do estudo de BIZERRIL (1998) que compartimentou a bacia do rio Paraíba do Sul a partir do reconhecimento de elementos da paisagem de maior influencia sobre a estrutura dos ecossistemas aquáticos.

Assim, através da avaliação da paisagem e da integração das variações longitudinais com o aspecto dos diferentes trechos, o autor identificou a existência de subunidades ambientais inseridas dentro dos grandes domínios geográficos.

Tais unidades foramdenominados: (1) Domínio dos corpos fluviais – Dcf; (2) Domínio dos meandros com lagoas marginais – Dmlm; (3) Domínio de meandros com condicionamento estrutural – Dme; (4) Domínio das corredeiras – Dcor.; (5) Domínio das ilhas fluviais – Dif.; (6) Domínio dos depósitos fluviais Ddf.e (7) Domínio das lagoas – Dla.

A terminologia adotada para a denominação dos domínios reconhecidos expressa a dominância de determinados elementos da paisagem.

A descrição de cada domínio é apresentada abaixo.

Domínio dos Corpos Fluviais – Dcf– Entre a nascente do rio Paraitinga (= Paraíba) e Jacareí encontra-se o primeiro domínio geoambiental reconhecido. Nesta região, o elemento mais marcante é a forte e expressiva rede de drenagem. O aspecto geral dos sistemas é fortemente dendrítico, correspondendo a uma energia de relevo acentuada. Trata-se da área de alto curso do rio, onde as superfícies de aplainamento superiores do Brasil Tropical Atlântico estão muito bem representadas.

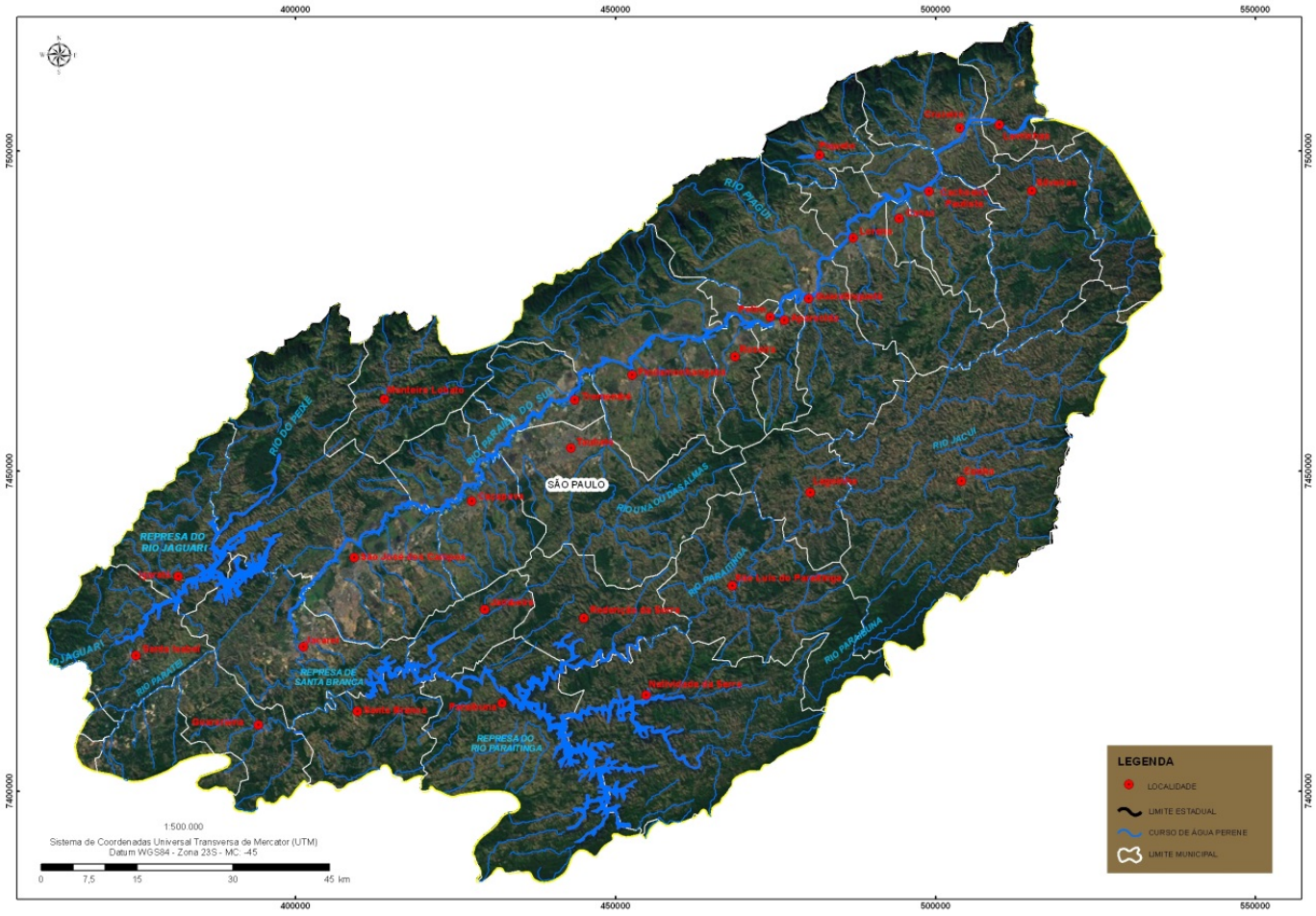


Figura 12.1 Limites do Domínio dos Corpos Fluviais

A variação de declividade é particularmente marcante e determina o caracter dinâmico do sistema fluvial neste setor. Tendo sua origem a 1800 metros, o Paraíba recebe, após 200 quilômetros de curso, a confluência do rio Paraibuna. A declividade do leito do rio em seu primeiro trecho, desde as nascentes até as proximidades da ponte da estrada de Cunha é de 700 metros em 65 quilômetros. Daí para a confluência com o Paraibuna, que ocorre a 620 metros de altitude, há um trecho de menor declive porém ainda acidentado.

Por fim o rio atinge o cotovelo de Guararema, onde gradualmente o leito do rio se livra dos travessões e das corredeiras. O regime fluvial é marcado pela presença de corredeiras. Sucessões entre rápidos e piscinas podem ser observados nos trechos mais elevados.

Domínio dos meandros - Dme- Na região entre Barra do Piraí e Jacareí, o elemento mais marcante dentro do contexto regional é a presença de inúmeros meandros, associados a ampla faixa juxtafluvial, na qual de localizam diversos braços mortos convertidos em lagoas marginais. A concentração de meandros é particularmente elevada nas cotas mais altas, perdendo densidade progressivamente e, em seguida, desaparecendo a proporção que os morros cristalinos tornam-se mais aproximados do canal fluvial.

Uma interrupção no aspecto meandrico do rio ocorre entre São José do Barreiro e Cruzeiro, onde o canal torna-se mais encaixado. Este fato favoreceu a construção da UHE Funil no local, com uma área inundada de 279,4 km^2.

O rio Paraíba do Sul, ao transpor as colinas tabulares suavizadas de Resende e penetrar no cristalino, forma uma extensa planície de inundação, na região de Floriano. A planície formada é ladeada de baixos terraços fluviais do Paraíba. De acordo com AB'SABER & BERNARDES (1958), três são os níveis de terraços mais nítidos existentes na bacia de Resende a partir do talvegue do rio Paraíba; um de 5 a 8 metros dotado de potentes cascalheiros de seixos miúdos, um 25-30 metros, cortando sedimentos terciários e para jusante e montante, terrenos cristalinos e, finalmente, um de 60 a 70 metros.

Domínio de meandros com condicionamento estrutural – Dmee - No trecho entre Barra do Piraí e Andrade Pinto estabelece-se o quinto domínio geoambiental, marcado pela presença de um canal fluvial fortemente sinuoso, com meandros pequenos e aproximados, condicionados estruturalmente e particularmente bem representados na região entre a foz do rio Monte Alegre e Sebastião Lacerda.

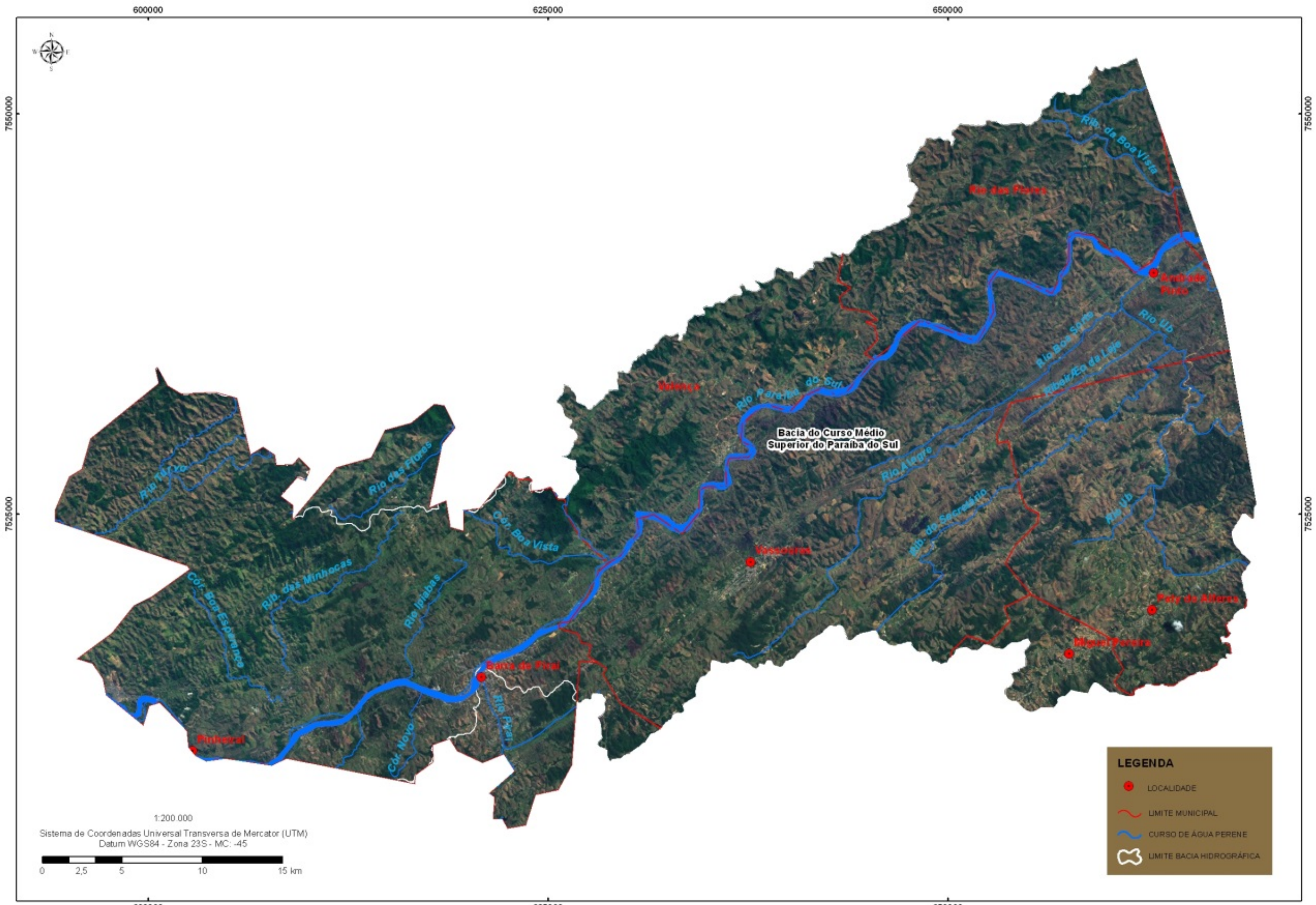


Figura 12.2 Limites do Domínio de Meandros com Condicionamento Estrutural

Nesta região, marcada por apresentar pequenos espaços alveolares e apertado entre os morros cristalinos, as áreas de deposição são comuns, o que torna os problemas de assoreamento e acúmulo de metais particularemente relevantes.

Domínio das corredeiras – Dcor - No trecho a jusante de Andrade Pinto e a montante de São Sebastião do Paraíba, o rio Paraíba passa as apresentar aspecto predominantemente retilíneo, sem formação de meandros na maior parte de seu traçado. Embora na região a partir de Três Rios ocorram algumas inflexões do canal fluvial, o padrão retiliniforme se prolonga de forma bastante homogênea até Três Pontes, próximo de Andrade Pinto.

Neste trecho, a altitude passa de 290 m até 80 m. Observa-se no domínio das corredeiras a comunicação do rio Paraíba com afluentes mais expressivos, dentre os quais os rios Paraibuna e Piabanha mostram-se os mais expressivos.

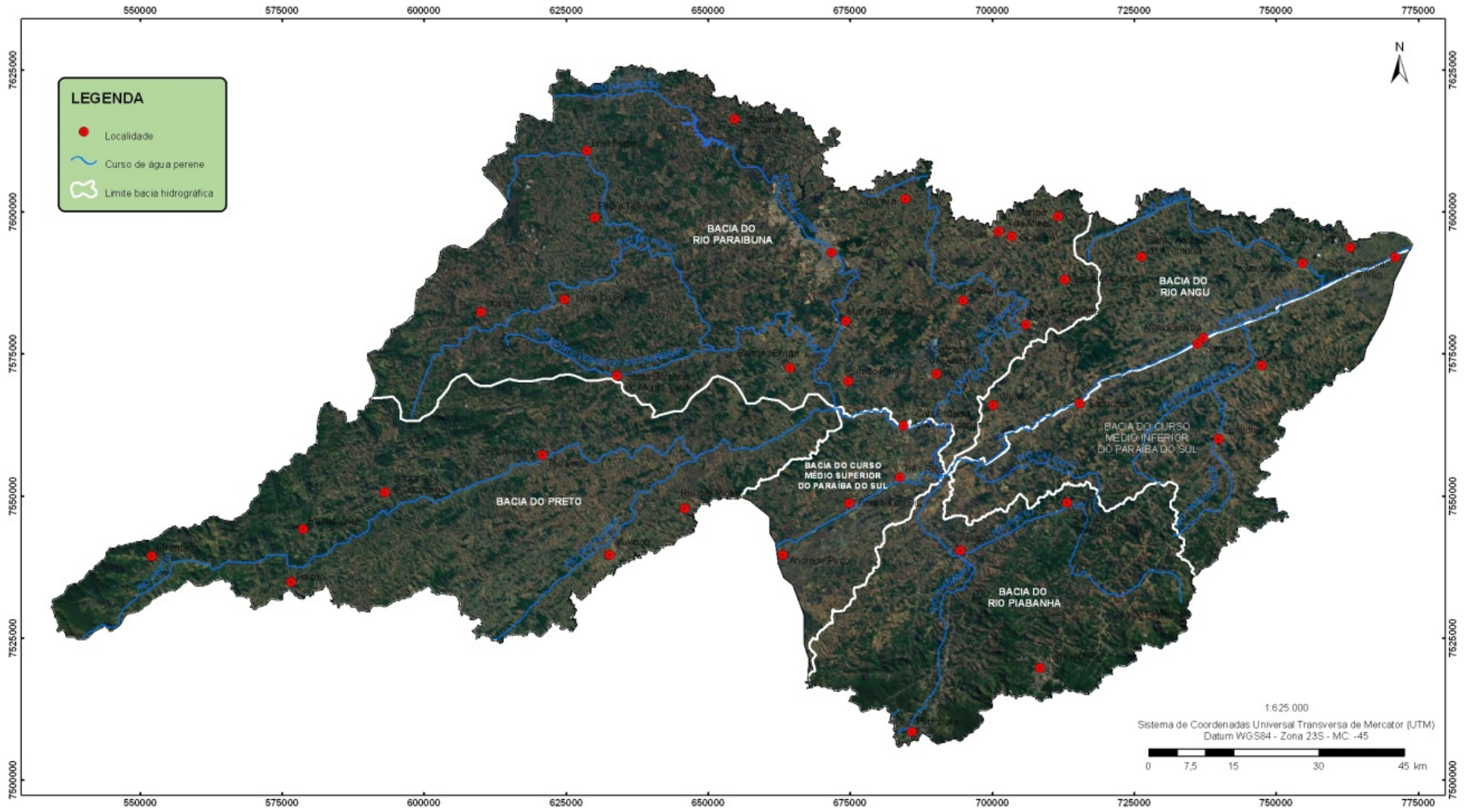


Figura 12.3 Detalhe das bacias integradas ao Domínio das Corredeiras

Domínio das ilhas fluviais – Dif - No trecho entre a cidade de São Sebastião do Paraíba e a foz do rio Dois Rios, o rio Paraíba do Sul apresenta marcada dominância de ilhas fluviais, caracterizando um novo domínio que exibe alta diversificação ambiental.

A presença de ilhas gera situações diferenciadas de hidrodinamismo e de batimetria, favorecendo a ocorrência de inúmeras espécies ícticas, dotadas de tamanhos diferenciados, englobando tanto táxons de pequeno porte como grandes peixes de valor comercial.

Nesta região, o rio apresenta formato sinuoso com inflexões mais marcadas na região de Coronel Teixeira, Cambuci em áreas próximas a Itaocara. Além das ilhas, ocorrem afloramentos e corredeiras, notadamente no trecho entre Porto Marinho e Portela. A variação altimétrica é de 60 metros, passando da cota 80 para a cota 20, o que gera pequena declividade.

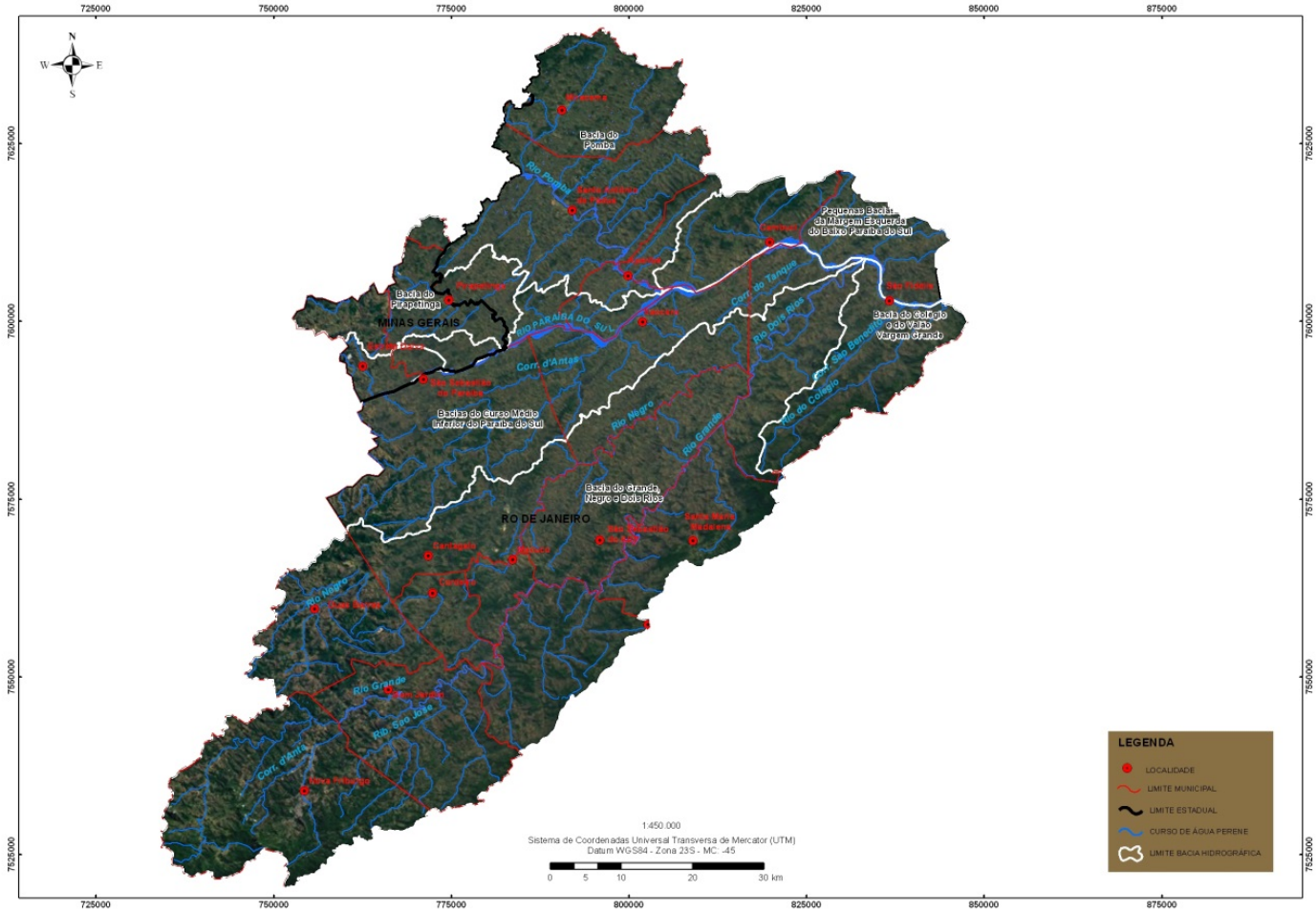


Figura 12.4 Detalhe das bacias integradas ao Domínio das Ilhas Fluviais

Assim como o evidenciado no domínio anterior. A maior parte da rede de drenagem é composta por bacias de pequena ordem. Dentre os fluviais da região, o rio Pomba é o único com dimensões elevadas, tornando-se, em termos de relevância ambiental relativa, o principal ambiente fluvial associado a este domínio.

Domínio dos depósitos fluviais -Ddf - A partir do encontro do rio Paraíba do Sul com o rio Muriaé observa-se a progressiva redução da planície aluvial, com a eliminação das grandes lagoas e brejais que marcavam o domínio anterior. A única lagoa remanescente é a lagoa do Mel, próxima ao rio Morto, já na bacia do rio Muriaé.

O canal fluvial, de aspecto sinuoso, com curvas alongadas e sem meandramentos bem marcados, corre em área de pequena declividade, exibindo profundidade elevada e possuindo algumas ilhas. O somatório destas condições e o efeito sinérgico gerado favorecem grandemente os processos de deposição, com a formação de inúmeros areais, muitos dos quais associados as ilhas.

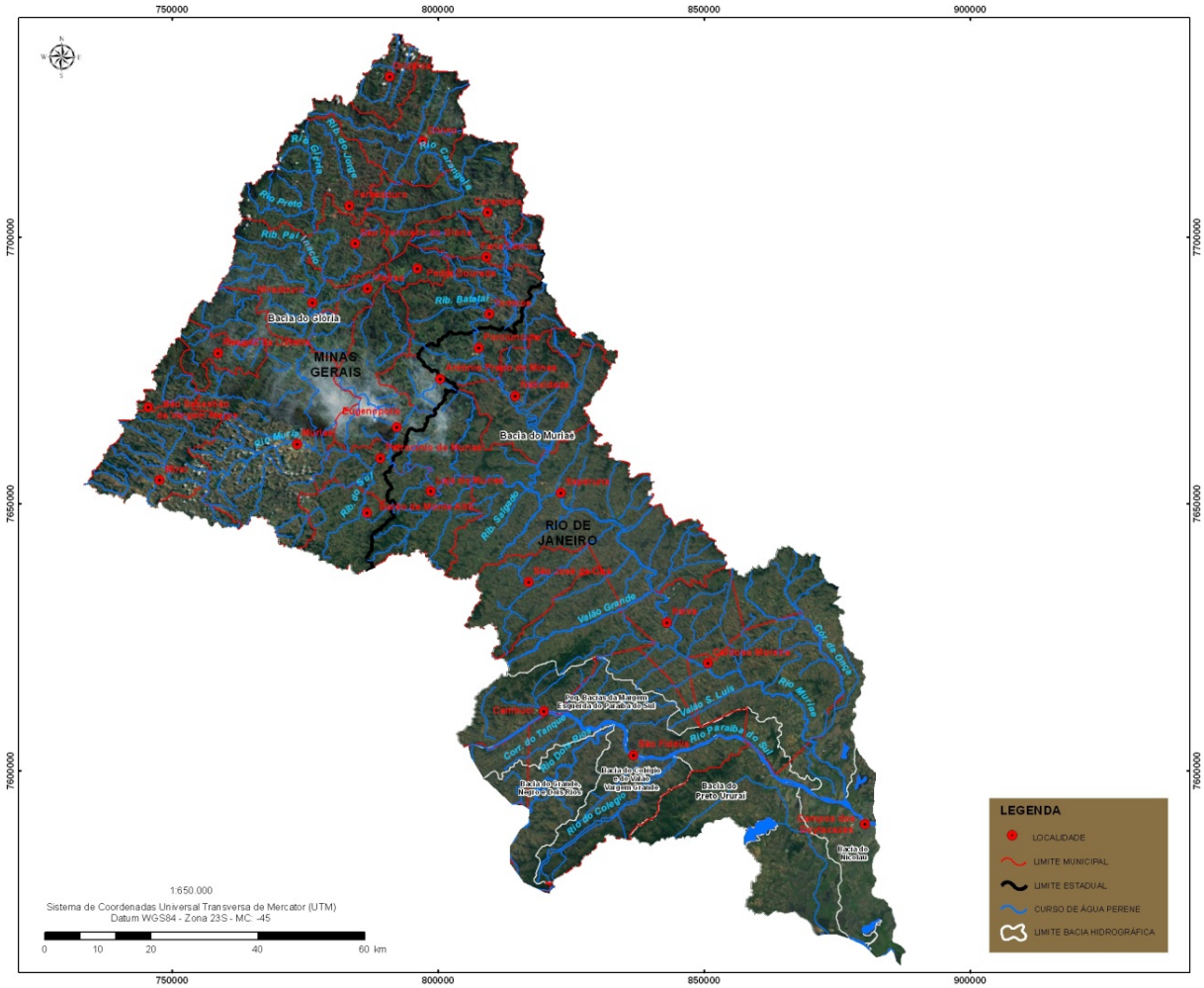


Figura 12.5 Detalhe das bacias integradas ao Domínio dos Depósitos Fluviais

É justamente a dominância expressiva dos processos de deposição que caracteriza esta área, delimitada a jusante pela foz do rio Muriaé e a montante pela foz do rio Dois Rios. As variações altimétricas são pequenas, consistindo na passagem da cota de 20 m, na região do rio Dois Rios para a cota 10, na foz do Muriaé. O curso como um todo apresenta extensão aproximada de 40 km.

A rede de drenagem torna-se gradualmente mais densa, ocorrendo diversas subbacias associadas a este trecho. Apesar de abundantes, os sistemas integrados à bacia do Paraíba do Sul no trecho dos domínios dos depósitos fluviais são, em sua maioria, de pequena ordem e, consequentemente, os nomes dos cursos d'água são conhecidos apenas pela população local.

Poucas são as bacias hidrográficas que, dentro do domínio considerado, apresentam uma hierarquia fluvial superior a 4, demonstrando a pequena complexidade da maior parte dos sistemas fluviais que ocorrem neste trecho. Este aspecto se traduz em uma reduzida oferta de espaço para espécies de maior porte, as quais tendem a se concentrar no canal principal e em rios maiores, no caso o rio Muriaé.

A área encontra-se mantida por um equilíbrio entre processos de deposição e transporte.

Domínio das Lagoas – Dla - Esta região, que se estende desde a foz do rio Paraíba do Sul até a confluência com o rio Muriaé, é marcada pelo alargamento expressivo da planície aluvial (planície dos Goytacazes). Nesta área destaca-se a presença de inúmeras lagoas, associadas direta ou indiretamente ao rio principal. Os limites do domínio situam-se entre as cotas 0 e 10 metros, exibindo extensão aproximada de 37 km. A declividade longitudinal é pouco expressiva.

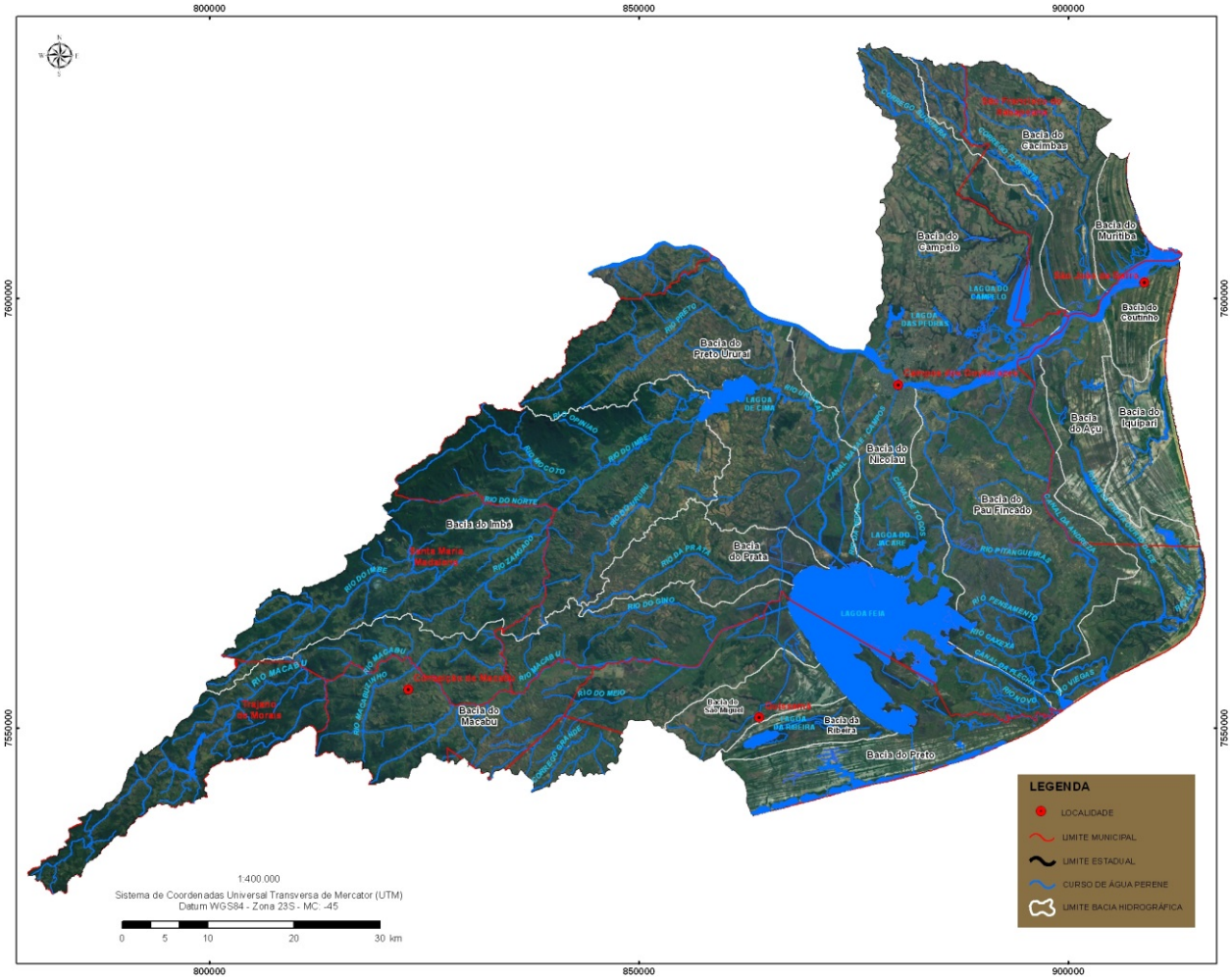


Figura 12.6 Detalhe das bacias integradas ao Domínio das Lagoas

A definição de uma área de influência do rio Paraíba do Sul sobre os complexos lacustres da região é um processo pouco preciso, visto que áreas aparentemente isoladas estabelecem comunicações múltiplas entre si e com o próprio rio durante o período das cheias. Assim sendo, foi identificada uma área de influência direta do Paraíba, representando aquelas regiões ligadas diretamente ao Paraíba durante a maior parte do ano, e uma área de influência indireta, englobando áreas que se comunicam com o rio Paraíba durante as épocas de maior pluviosidade e rios indiretamente ligados ao Paraíba, estando separado deste sistema por corpos lagunares.

Com relação aos ambientes fluviais associados a essa região e diretamente ligados ao rio Paraíba do Sul, todos mostram-se fortemente antropizados, refletindo os séculos de obras de drenagens e de retificações efetuadas no sentido de sanear a baixada campista e viabilizar as atividades agrícolas (notadamente o cultivo da cana) e a pecuária de bovinos na região. Alguns rios consistem apenas em canais de comunicação entre os corpos lagunares.

Destacam-se, dentre os sistemas fluviais associados a este domínio, alguns ambientes que assumem especial relevância por estabelecerem a comunicação das lagoas com o rio Paraíba do Sul, são eles: o canal Macaé-Campos (associado à Lagoa Feia), a vala do Pires, o córrego da Cataia e oValão da Ponte (associados à Lagoa do Campelo), o canal do Degredo (ligado à Lagoa do Taí) e a Vala Campo Novo (ligada à Lagoa da Figueira).

Uma vez que a Lagoa Feia passa a ser incluída no sistema do Paraíba do Sul por conta de sua comunicação com o canal principal por intermédio do canal Macaé-Campos e pelos extravasamentos naturais do rio Paraíba, toda uma séria de sistemas fluviais se tornam indiretamente ligados ao Paraíba.

Além dos corpos lacustres, a região conta, tanto em sua área de influência direta, como na região de influência indireta, com diversos setores nos quais o lençol freático rebaixado e o solo pouco permeável permitem a formação sazonal de pequenas lagoas, cujos nomes são conhecidos apenas por moradores locais. Invariavelmente, mais de uma designação é feita para o mesmo ambiente.

Os processos de extravasamento do rio Paraíba e as comunicações estabelecidas entre os corpos associados a este canal fluvial permitem a comunicação do complexo com outras áreas lacustres que durante a maior parte do ano se encontram isoladas.

Concomitantemente, lagoas que não se encontram diretamente associadas ao rio Paraíba do Sul passam a integrar o sistema por via de diversos canais de drenagem implantados na região.

Definir com precisão quais corpos efetivamente estabelecem comunicações com o rio Paraíba do Sul é uma tarefa particularmente difícil, se não forem acompanhadas as variações temporais nas áreas dos sistemas enfocados.

O que se verifica, portanto, ao longo do gradiente lótico, é que o rio Paraíba do Sul apresenta grande diferenciação no que se refere a amplitude das conecções lateriais, que compõem a quarta dimensão do ecossistema aquático.

Assim, em sua porção inicial (i.e., domínio dos corpos fluviais), o canal principal, antes de ser um sistema fortemente diferenciado, é parte integrante do mosaico de ambientes da rede de drenagem afluente, condição esta que gera uma tendência a baixa diferenciação dos aspectos funcionais de todo o conjunto.

Neste contexto, as comunidades aquáticas presentes no canal principal tendem a exibir alta similaridade com aquele que ocorre nos sistemas de drenagem, notadamente naqueles de maior porte.

Esta condição muda drasticamente no domínio ambiental seguinte (i.e., Domínio dos Meandros), no qual a rede afluente é pouco expressiva e a condição do leito do canal principal, pelo seus fluxo lento e características do substrato dominante, aproxima-se mais de uma condição lacustre do que fluvial.

A partir do domínio dos meandros estruturais, o rio Paraíba do Sul passa a se destacar pela força de transporte em setores localizados, criando, no canal principal alternâncias de corredeiras e remansos, com lajes expostas e afloramentos rochosos.

Esta condição, que favorece a varidade de espécies da fauna aquática, por criar novas manchas dentro da paisagem fluvial.

12.2 **FITOPLANCTON**

Apesar da proximidade da bacia do rio Paraíba do Sul dos principais centros de pesquisa limnológicas do sudeste e da grande quantidade de estudos existente acerca do ambiente

aquático desta bacia, as análises fitoplanctônicas se destacam pela pequena quantidade de estudos quando comparada com aquela disponível para outros segmentos da biota aquática.

Embora avaliações deste segmento da biota local façam parte de programas de monitoramento e de diagnóstico ambiental de diversos dos empreendimentos existentes na bacia, os resultados obtidos são de dificil integração, tendo em vista estarem voltados para a avaliação de recortes geográficos bem definidos e não da bacia como um todo.

Ademais, observa-se uma grande concentração de análises acerca das cianobactérias, em detrimento de outros grupos que integram o fitoplancton.

Este foco justifica-se haja vista que as cianobactérias destacam-se por crescerem aceleradamente em determinadas condições (particularmente quando há processo de eutrofização) tornando-se dominantes e causando problemas de qualidade de água.

Entre os problemas que podem ser causados por proliferações excessivas de cianobactérias também conhecidas como “florações”, incluem-se:

- Conferir gosto e odor desagradáveis à água;
- Produção decianotoxinas (hepato e neurotoxinas);
- Dificultar e encarecer o tratamento de água para abastecimento;
- Causar variações de oxigênio dissolvido com aumento das concentrações no período diurno e depleção no período noturno podendo resultar em mortandades de peixes;
- Interferir na paisagem e em atividades aquáticas; e
- Redisponibilizar fósforo sedimentado, com possíveis alterações do nutriente limitante.

Por terem necessidades fisiológicas semelhantes e ocuparem o mesmo tipo de ambiente as cianobactérias competem com macrófitas aquáticas pelos recursoslimitantes (luz, nutrientes) de modo que o manejo de uma das comunidades tem implicações na outra.

Assim,por exemplo, a exclusão de macrófitas aquáticas de determinado ambiente sem controle de fontes de nutrientes pode acabar tendo um efeito secundário com o favorecimentoda proliferação excessiva de cianobactérias. Na bacia do rio Paraíba do Sul ocorrem florações de cianobactérias em vários locais.

FIRME **et al**., (2008, apud AGEVAP/TECNOGEO, 2011) registraram dominância de cianobactérias (*Anabaena* sp.e *Cylindrospermosis raciborskii*, ambas potencialmente tóxicas,no rio Paraíba do Sul no período de agosto a outubro de 2002, mostrando as consequências da eutrofização deste corpo d"água.

Altas densidades de *Anabaena circinalis* foram registradas na ETA de Jacareí, na região da captação de água no rio Paraíba do Sul entre 2003 e 2004 quando houve redução da vazão do rio a fim de manter o armazenamento dos reservatórios (PRIANT **et al**, 2005). SOARES **et al**., (2007) registraram altas densidades de cianobactérias, incluindo *Cylindrospermopsis raciborskii* no rio Paraibuna. Registros de florações de cianobactérias (*Anabaena* sp., *Pseudanabaena* sp., *Microcystis* sp. e *Cylindrospermopsis raciborskii*) no Rio Guandu, principal manancial de abastecimentoda região metropolitana do Rio de Janeiro.

Nos reservatórios, onde a comunidade fitoplanctônica é favorecida pelo ambiente lêntico, a situação é pior, como no caso da represa do Funil.

Este sistema, serve como um decantador natural de sedimentos, sendo considerado uma verdadeira barragem à poluição recebida do Vale do Paraíba Paulista, melhorando a qualidade das águas do Rio Paraíba do Sul a jusante do reservatório (FERRÃO-FILHO **et al**., 2009).

As concentrações de nutrientes no Reservatório do Funil vêm aumentando com o passar dos anos. Em um estudo realizado no local no ano de 1995, ROCHA **et al**. (2002) mensuraram concentrações médias de nitrito e fosfato cerca de 10 vezes menores do que as atuais, já nitrato e amônia estavam em concentrações muito abaixo do valor encontrado em pesquisa mais recente (i.e., ROCHA, 2012).

Submetido ao aporte contínuo de nutrientes, o Reservatório do Funil possui as condições ambientais adequadas ao desenvolvimento de florações de cianobactérias e dentre elas as potencialmente produtoras de cianotoxinas. De acordo com o estudo de BOBEDA (1993) as

florações de cianobactérias já demonstravam toxicidade naquela época, sendo *Microcystis* o gênero dominante.

BRANCO **et al**. (2002) e ROCHA **et al**., (2002), em um estudo realizado na década de 90, analisaram a comunidade zooplanctônica e variáveis limnológicas do Reservatório do Funil, mostrando que algumas espécies de rotíferos apresentaram altas densidades durante a densa floração de *M. aeruginosa*. Além disso, sugeriram que a presença de certas espécies de rotíferos e cladóceros podem atuar como indicadores de trofia deste lago. Conseqüentemente, a ocorrência de florações de *Microcystis aeruginosa* em virtude do ambiente eutrófico, poderia alterar a estrutura da comunidade zooplanctônica.

Levantamentos mais recentes realizados pelo INEA (Instituto Estadual de Ambiente/RJ) demonstram que continua a haver uma significativa dominância de cianobactérias (AGEVAPA/TECNOGEO, 2011). Esse reservatório, no período de escassez de água (verão), chegou a atingir níveis de abundância relativa superior a 90%, quando se registraram florações intensas de *Microcystisaeruginosa*, *M.flos-aquae*, *Mycrocystis* sp. e *Oscillatoria* sp.

Análises comprovaram a toxicidade destas florações. Em novembro e dezembro de 2002 foram observadas concentrações da hepatotoxina microcistina respectivamente de 1,16 µg/L e 4,47 µg/L, excedendo o padrão estabelecido pelo Ministério da Saúde (Portaria MS n. 518, de 2004) (OLIVEIRA **et al.,** 2003).

ROCHA (2007) observou durante o período de estudo, observou-se a de cianobactérias em todos os meses. Além destas, estiveram presentes algumas espécies de Clorofíceas, Criptofíceas e Diatomáceas.

As diatomáceas variaram pouco em composição de espécies e tiveram maior representatividade na comunidade fitoplanctônica total em julho/04. Porém, atingiram maior densidade populacional em outubro/05, com 5.088.000 ind.L^{-1}. Dentre as diatomáceas presentes no Reservatório do Funil durante este estudo, o gênero *Cyclotella* teve grande representatividade na população deste grupo (dados não apresentados). Estes organismos sofrem forte ação de herbivoria, conforme observado por GONZÁLES **et al**. (2006, apud ROCHA, 2007). Sendo assim, as diatomáceas podem ter sido um importante recurso alimentar para a comunidade zooplanctônica (ROCHA, 2007).

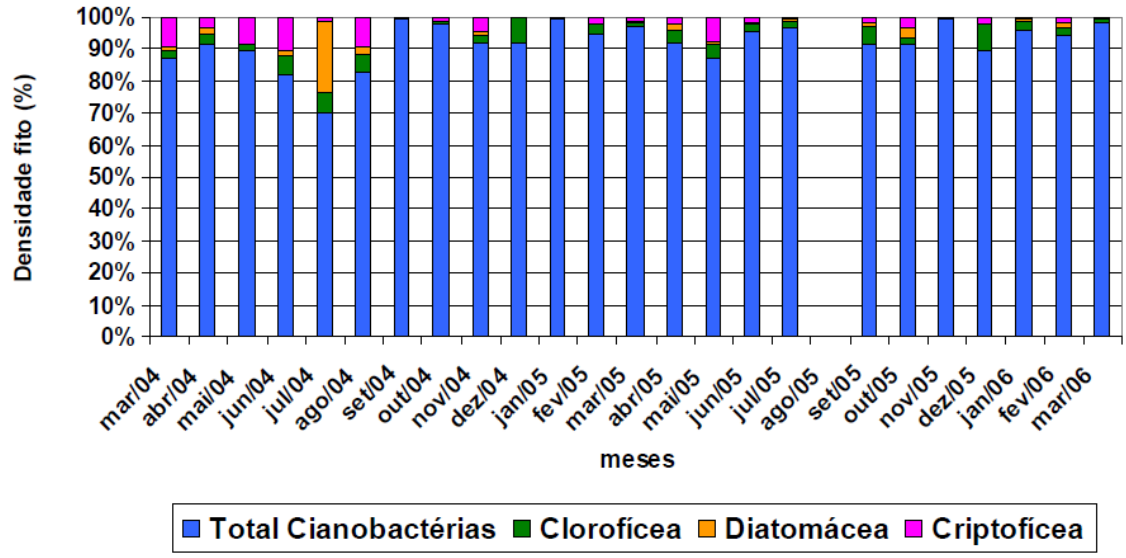


Figura 12.7 Densidade relativa da comunidade fitoplanctônica na UHE Funil

As Criptofíceas encontradas nas amostras normalmente estavam associadas às colônias de *Microcystis*, presas em sua mucilagem.

O grupo das cianobactérias foi constituído principalmente pelos gêneros *Microcystis, Pseudoanabaena, Cylindrospermopsis, Aphanizomenon* e *Anabaena*. Porém, *Microcystis* esteve presente em todos os meses, em elevadas densidades e sua população era constituída de formas coloniais e unicelulares.

Contudo, não se pode afirmar que a presença de formas unicelulares representava efetivamente o ambiente ou se era apenas um artifício de coleta, pelo qual ocorria a separação de células das colônias pequenas.

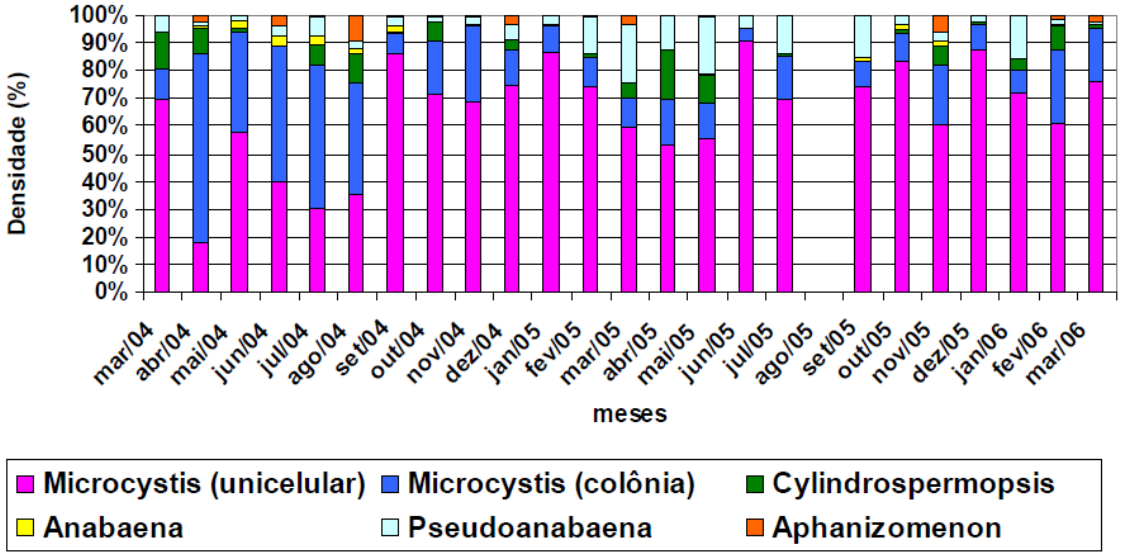


Figura 12.8 Densidade relativa de cianobactérias na UHE Funil

Um estudo anterior neste ambiente (FUNASA, 2005) demonstrou a substituição na dominância de *Microcystis* por *C. raciborskii*, em dois dos doze meses analisados. Esta substituição parece ocorrer com grande freqüência em reservatórios brasileiros (COSTA **et al**, 2006; CHELLAPA & COSTA, 2003; MARINHO & HUSZAR, 2002; BRANCO & SENNA, 1994). Um dos mecanismos que pode estar envolvido nessa substituição é o fato de *C. raciborskii* ser fixadora de nitrogênio e, em condições limitantes, esta espécie pode se beneficiar competitivamente em relação ao gênero *Microcystis*.

No entanto, esta alternância, ou mesmo a codominância, não ocorreu durante a pesquisa de ROCHA (2007), sendo *Microcystis* dominante durante todos os meses. De acordo com o autor, isto pode ser explicado em virtude de ausência de limitação por nutrientes já observada no Reservatório do Funil.

Além das condições favoráveis neste ambiente, espécies de *Microcystis* têm vantagem adaptativa por possuírem mucilagem, melhorando a capacidade de flutuarem na coluna d'água e possibilitando melhor aproveitamento da disponibilidade de luz (ROCHA, 2007) .

Outro fator que contribui para a dominância das *Microcystis* é a capacidade de formação de colônias, cujo tamanho pode contribuir para redução da herbivoria, conforme demonstrado por FERRÃO-FILHO & AZEVEDO (2003**, apud** ROCHA, 2007).

ROCHA (2007) verificou ainda que uma grande oscilação nas concentrações de microcistinas na comunidade zooplanctônica. Nos meses de março, junho, setembro, outubro, novembro e dezembro/04 e fevereiro, junho, agosto e dezembro/05 a comunidade zooplanctônica apresentou maior concentração de microcistinas. Esses meses coincidem com reduzida densidade nos organismos zooplanctônicos. Dessa forma, o zooplâncton do Reservatório do Funil parece ser afetado pelo aumento na concentração de microcistinas.

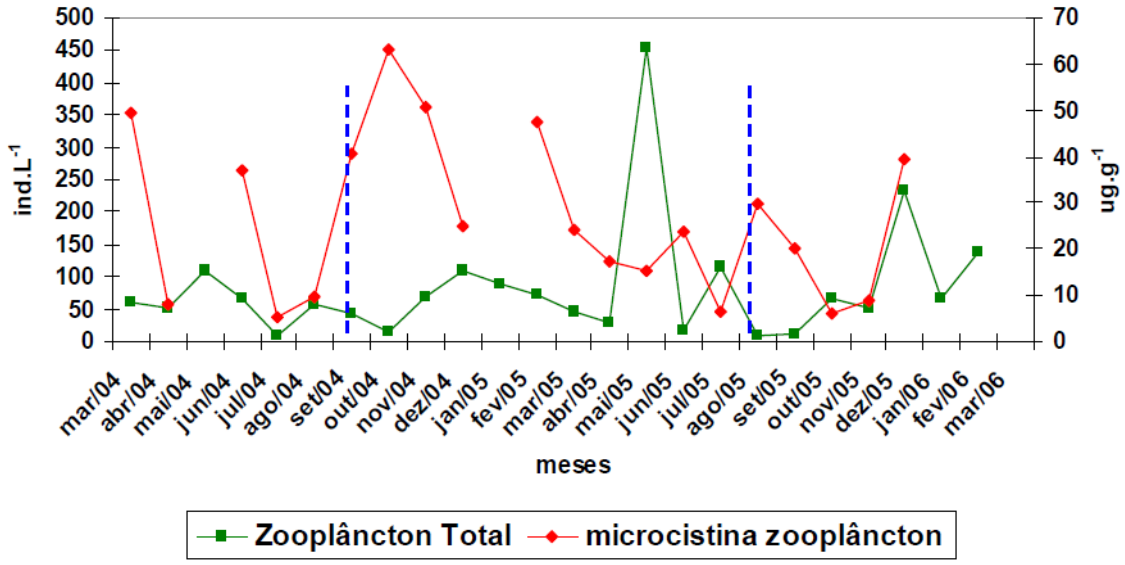


Figura 12.9 Variação na densidade total do zooplâncton e na concentração de microcistinas contida nesta fração

Observa-se que no mês de outubro/04, no qual foi detectada a maior concentração de microcistinas no zooplâncton, apresentou também uma densidade populacional muito reduzida.

Como destacado por ROCHA (2007) esta redução pode estar relacionada a efeitos destas toxinas, já que não houve grandes variações na densidade fitoplanctônica e nem nas variáveis limnológicas.

Considerando as três fases já descritas para as populações de *Microcystis* e as concentrações de microcistinas, observa-se que na primeira fase, na qual acredita-se que a população de *Microcystis* produziu mais toxina por célula, este zooplâncton acumulou grande concentração de microcistinas.

Na terceira fase, a densidade zooplanctônica aumentou, acompanhando a concentração de microcistinas, visto que nesta fase a população de Microcystis produziu menores concentrações desta toxina por indivíduo. Isto corrobora com a hipótese de que o zooplâncton do Reservatório do Funil, apesar de interagir com as cianobactérias, está sendo limitado por elevadas concentrações de microcistinas (ROCHA, 2007).

FERRÃO FILHO et al (2009) registraram concentrações elevadas de microcistinas e saxitoxinas no fitoplâncton e microcistinas no zooplâncton, sugerindo que pode haver transferência trófica destas toxinas na cadeia alimentar. Os testes de toxicidade revelaram que as florações de cianobactérias exerceram efeitos tóxicos para os cladóceros, como alta mortalidade, redução da taxa de crescimento populacional (r) e paralisia dos movimentos natatórios, que parecem estar relacionados ao mecanismo de ação das cianotoxinas presentes.

ROCHA (2012) concluiu que um sinergismo entre temperatura, nutrientes, intensidade luminosa e hidrodinâmica são os principais responsáveis pelas florações. A partir da integração dos resultados obtidos, a autora sugere que a renovação de um quarto do volume da água recebida pelo Reservatório do Funil por uma de melhor qualidade seria suficiente para ocorrer a alteração na comunidade fitoplanctônica, levando a uma redução na ocorrência de florações de cianobactérias.

Para o alto e médio cursos do rio Paraíba do Sul, o trabalho de referencia mais completo que permite um comparativo do fitoplancton da bacia é aquele elaborado por ROCHA (2012), cujos métodos de estudo e principais resultados são apresentados a seguir.

Este estudo permite uma análise da bacia de contribuição ao reservatório de Funil, visto ter considerado as unidades de amostragem demarcadas em diversos pontos a montante deste aproveitamento hidrelétrico, conforme descrita a seguir:

- PS-01 – Cidade de Paraibuna: Ponto amostral localizado no início da formação do Rio Paraíba do Sul, a 2 km de distância da jusante da barragem da UHE Paraibuna, da CESP – Companhia Energética de São Paulo.

- PS-02 – Santa Branca: Localizado à jusante do Reservatório da UHE Santa Branca, da LIGHT S/A, o ponto de coleta de água foi feito na saída do canal de fuga da

represa, onde a tomada de água é de fundo e onde ocorre um intenso turbilhonamento da água.

- PS-03 – Cidade de Jacareí: Situado na área central da cidade de Jacareí, onde o rio, após ter feito uma curva na cidade de Guararema, segue na direção sul-nordeste.

- PS-04 – Rio Jaguari - São José dos Campos: Esse é o único ponto localizado em um afluente do Paraíba do Sul, o Rio Jaguari. Está situado na zona rural de São José dos Campos e a 17 km a jusante da barragem da UHE Jaguari, com paisagem predominantemente rural, com pouquíssimas residências próximas ao rio.

- PS-05 – São José dos Campos: Situa-se na cidade de São José dos Campos, mais precisamente no bairro Altos de Santana, onde se localiza uma comunidade de baixa renda.

- PS-06 – Caçapava: Está localizado em uma área onde o rio é bastante encachoeirado e situado em área urbana da cidade, porém com poucas residências em seu entorno.

- PS-07 – Pindamonhangaba: Está situado na área rural da cidade de Pindamonhangaba.

- PS-08 – Guaratinguetá: Está localizado após a região mais densamente povoada da cidade de Guaratinguetá.

- PS-09 – Cachoeira Paulista: Situa-se na parte urbana do município.

- PS-10 – Lavrinhas: Nessa região, o Rio Paraíba do Sul é encachoeirado e o ponto amostral fica logo após um meandro.

- PS-11 – Itatiaia: Localizado a jusante do Reservatório do Funil, na tomada de água do canal de fuga da represa, onde ocorre a turbilhonamento da água que sai do reservatório para, novamente, dar segmento ao rio.

- FN-1 - Reservatório do Funil: Esse ponto está localizado à montante do reservatório, na cidade paulista de Queluz. Possui características de ambiente lótico, principalmente em períodos de seca.

- FN-2 - Reservatório do Funil: Situado próximo ao dique de Nhangapi, as margens da rodovia Presidente Dutra, em Itatiaia, esse ponto é considerado um local de transição entre ambiente lótico e lêntico. De acordo com ROCHA (2012) é comum se encontrar florações fitoplanctônicas visíveis nesse ponto.

- FN-3 e 4 – Reservatório do Funil: Esses pontos são localizados nos dois braços principais do reservatório.

- FN-5 - Reservatório do Funil: Ponto mais próximo à barragem da represa é também o ponto que pode atingir a máxima profundidade do reservatório (75 metros).

A distribuição dos pontos de amostragem é apresentada na figura a seguir.

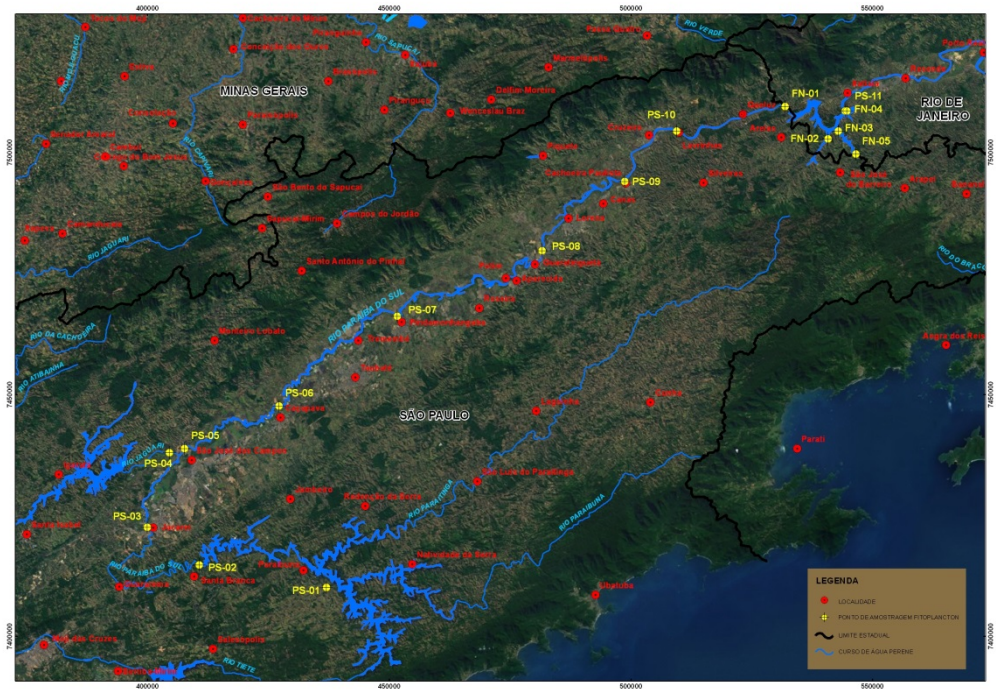


Figura 12.10 Unidades de amostragem

Com relação à densidade de organismos fitoplanctônicos, tanto o Rio Paraíba do Sul como o Reservatório do Funil apresentaram sempre quantidades de cianobactérias em números muito acima que os demais organismos fitoplanctônicos, sendo que, no reservatório, as cianobactérias chegaram a apresentar 98% de dominância.

Figura 12.11 Variação da densidade das classes fitoplanctônicas

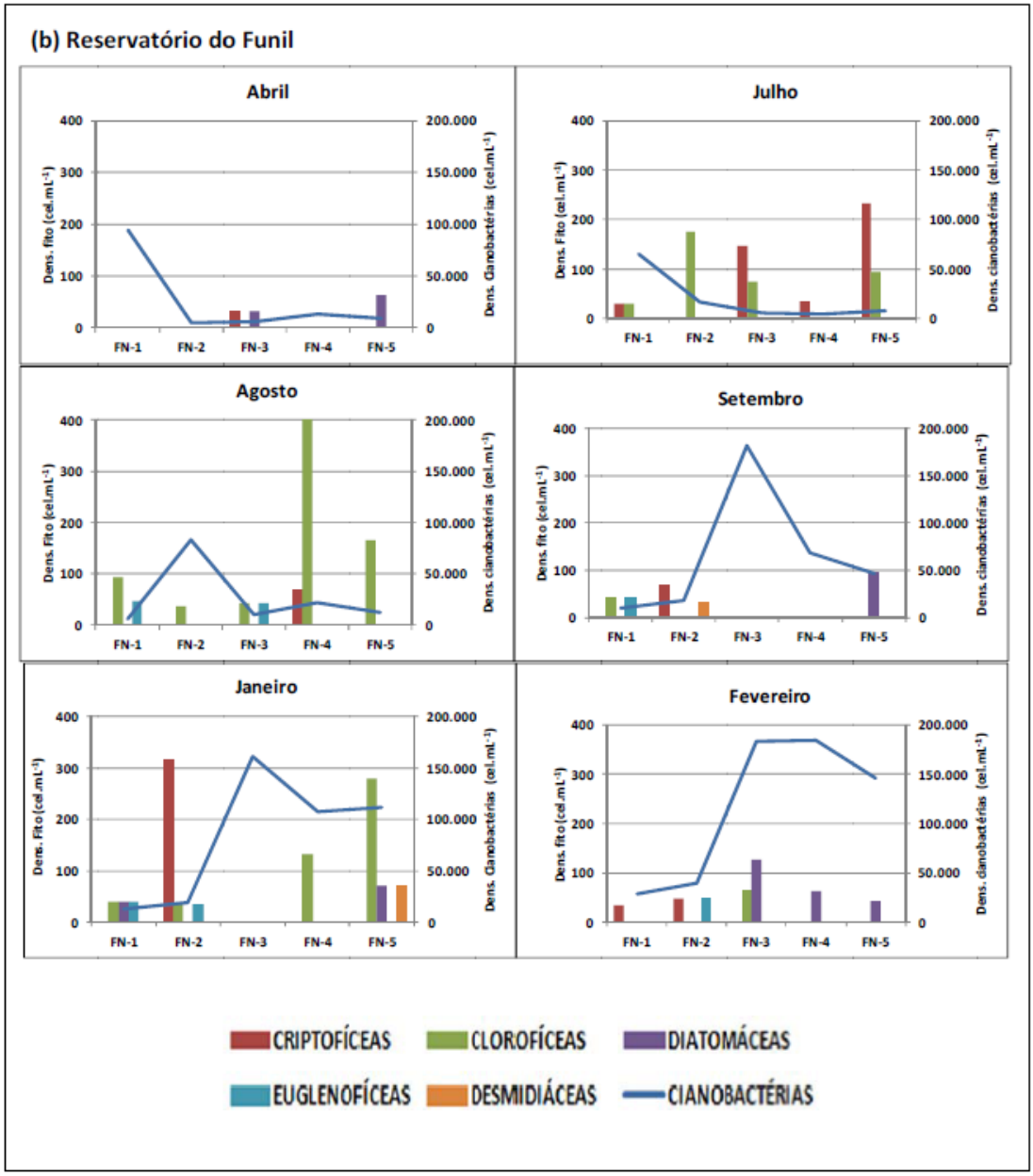


Figura 12.12 Variação da densidade das classes fitoplanctônicas

Porém, considerando em termos de biovolume, o rio apresentou uma proporção maior de diatomáceas e desmídeas, por serem microrganismos de tamanhos maiores, mesmo considerando que as cianobactérias estiveram sempre em maior quantidade em termos de células

Nos meses de verão (janeiro e fevereiro) houve um aumento nas densidades fitoplanctônicas, apesar de que em biovolume, apenas em fevereiro isso foi observado. Nesse período, também foi encontrada maior riqueza das espécies.

No rio Paraíba do Sul observou-se um eixo de sazonalidade com distribuição foi bem definida entre período de chuva e seca, com os meses de janeiro e fevereiro associados a elevadas temperaturas, turbidez, clorofila e associados a elevadas biomassas de clorofíceas, *Cyanogranis ferruginea* e outras cianobactérias (ROCHA, 2012).

Para o Reservatório do Funil essa distribuição sazonal não foi observada, estando o reservatório dividido mais espacialmente do que sazonalmente. O agrupando pontos com características próximas (ROCHA, 2012).

Os gêneros *Cyanogranis* e *Sphaerocavum* estiveram associados a elevados concentrações de oxigênio dissolvido e pH. O nitrato esteve em oposição ao grande grupo de cianobactérias, à *Cyclotella* sp., *Dolycospermum* e aos rotíferos, copépodos e cladóceros. Espécies de *Microcystis* estiveram em oposição ao ortofosfato, indicando que estas cianobactérias influenciam diretamente a dinâmica deste elemento. Nos meses de janeiro e fevereiro, de elevadas temperaturas e pluviosidade, este gênero praticamente desapareceu do reservatório, dando espaço a *Sphaerocavum brasiliensis* e *Dolicospermum* sp, sucessão ainda não observada em trabalhos anteriores neste ambiente (ROCHA, 2012).

Ficou demonstrado ainda que houve alteração da comunidade fitoplanctônica tanto espacial, quanto temporalmente. A composição do fitoplâncton presente no rio diferiu bastante daquela encontrada no reservatório, indicando que as espécies do rio não influenciaram as florações de cianobactérias no reservatório.

De acordo com os resultados apresentados e com as análises estatísticas realizadas, especialmente pela análise de agrupamento, considerou-se que os pontos PS-5, PS-7 e PS-10 foram os principais pontos críticos do Vale do Paraíba paulista. Este resultado indica que cidades industrializadas como Jacareí e São José dos Campos e cidades com extensas áreas de agricultura e pecuária, como Pindamonhangaba, Guaratinguetá e Lavrinhas são as principais responsáveis pela perda da qualidade da água no rio. Outra cidade que merece destaque é Cunha, que possui a maior área de pecuária na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul. Esse município localiza-se próxima ao Reservatório do Funil, nos pontos FN-3 e 4.

Nesses pontos observou-se que a dinâmica de variáveis limnológicas, nutrientes e biota foram diferentes dos demais pontos do reservatório, indicando que ocorria entrada de material alóctone nesses locais (ROCHA, 2012).

Para a rede de drenagem que aflui a jusante deste trecho estudado, destaca-se 0 estudo de SOARES et al. (2007), o qual foi baseados em 32 amostras coletadas nos rios Paraibuna e Pomba, em Minas Gerais, durante a estação seca (agosto, julho/2001) e chuvosa (fevereiro/2002). Foram identificados 48 táxons, sendo 20 no Rio Paraibuna e 28 no Rio Pomba. Destes, 38 são primeira citação para o Estado de Minas Gerais.

Aumentos sazonais de vazão representaram um importante tensor ecológico contribuindo para a redução na riqueza de espécies.

Em termos espaciais, o reservatório de Chapéu D'Uvas, no rio Paraibuna influenciou a composição das comunidades, favorecendo a occorrencia of espécies típicas de sistemas lênticos (cianobactéria – sete espécies) e desmídeas (sete espécies).

A composição do Rio Pomba foi tipicamente de ambientes lóticos, com maior número de diatomáceas e desmídias.

Ainda no rio Pomba destaca-se o estudo de FRANC & AGUIAR (2008) que verificaram no rio Xopotó (afluente da margem esquerda) a ocorrência de grande densidade de células (2x105 cel mL^{-1}), bem acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 o qual é 50.000 cel mL^{-1}.

Foram identificados os seguintes gêneros: *Nostoc* sp., *Synechococcus* sp., *Calothrix* sp., *Phormidium* sp., *Cylindropermum* sp., *Gloeocapsa* sp, dos quais *Nostoc* sp foi predominante com 5 espécies representativas. É importante ressaltar que dentre os gêneros isolados *Nostoc, Synechococcus* e *Phormidium* são potencialmente produtores de toxinas, sendo que *Phormidium* está associado à produção de MIB e Geosmina que alteram o gosto e odor da água.

Na bacia do rio Muriaé, amostragens conduzidas dentro do Âmbito do processo de licenciamento do Mineroduto (BIOAGRI, 2009) indicaram a presença de 382 táxons, distribuídas em 42 famílias.

A maior riqueza coube Bacillariophyceae com 97 táxons. A essa se soma Desmidiaceae com 58 e Euglenaceae com 49. As maiores densidades foram representadas pelas classes Cyanobacteria (*Chroococcus minutus*) Bacillariophyta (*Eunotia* sp.), Chlorophyceae (*Chlorococcum cf. infusionum, Chlorella vulgaris, Monoraphidium tortile*), Cryptophyceae (*Cryptomonas pyrenoidifera*), e Euglenophyceae (*Trachelomonas curta, Trachelomonas volvocina*).

No rio Grande, afluente da margem direita do baixo curso do rio paraíba do Sul, LEÃO (2011) verificaram a existência de comunidade fitoplanctônica marcada pelo predomínio de grupos inciadores de poluição ou com alta resistência à alterações ambientais.

12.3 **MACRÓFITAS**

Macrófitas aquáticas são definidas como plantas herbáceas que crescem na água, em solos cobertos por água ou em solos saturados com água. Estes organismos são importantes componentes estruturais e do metabolismo de sistemas aquáticos tropicais.

Possuem papel na ciclagem e estocagem de nutrientes, produção primária, controle da poluição, diversidade de habitats, proporcionando local de abrigo, desova e alimentação, entre outros.

AGEVAP/TECNOGEO (2011) destalharamm a importância das macrófitas como segue:

- Proporcionam locais para reprodução: nidificação de aves, desova de peixes e jacarés. A riqueza de espécies e a abundância de peixes são positivamente correlacionadas com a abundância de plantas aquáticas. Constituem “berçários” importantes para a sobrevivência dos peixes em suas fases iniciais de vida e habitat para peixes forrageadores e suas presas. Essa complexidade espacial é essencial na regulação da dinâmica da comunidade e é um importante componente na definição da qualidade do habitat aquático.

- As macrófitas promovem heterogeneidade espacial e temporal, pois entre os períodos de verão chuvoso e inverno seco há uma mudança nas importâncias relativas das populações;

- Constituem alimentação de pequenos mamíferos, peixes e aves;

- Protegem (locais de abrigo) da fauna aquática. Bancos com diversidade de plantas aquáticas oferecem substrato para a colonização de macroinvertebrados aquáticos, aumentando significativamente a diversidade e biomassa desses organismos. Plantas aquáticas são naturalmente diferentes em sua morfologia e arquitetura, resultando em diferentes complexidades estruturais nos habitats aquáticos;

- A vegetação alagável na interface água/terra ajuda a filtrar sedimentos retendo partículas em suspensão, reduzindo a entrada de sedimentos, nutrientes e substancias toxicas para os sistemas aquáticos. Mitigam o impacto da chuva no solo e retardam a intensidade do fluxo da agua diminuindo a transferência de sedimento e a erosão de solos superficiais;

- Favorecem a oxigenação da água circundante, no caso de submersas;

- Estocam nutrientes tanto para a cadeia de herbívora quanto para a cadeia de detritos, com casos em que representam a principal fonte autóctone de matéria orgânica das regiões litorâneas;

- Podem ser utilizadas como bioindicadoras da qualidade da água;

- Fornecem substrato para o estabelecimento da comunidade perifítica;

- A prevalência de vegetação aquática submersa e emergente pode mediar a magnitude na qual sistemas aquáticos são impactados por distúrbios no ambiente. Plantas aquáticas aumentam a qualidade de água por possuírem a capacidade de utilizar nutrientes livres e metais e por absorverem contaminantes. Estas propriedades são eventualmente utilizadas no tratamento auxiliar de esgoto e também na biomanipulação de recursos hídricos voltados para a produção de peixese

- Bancos diversos de plantas aquáticas nativas podem proteger os habitats aquáticos contra a introdução de espécies exóticas e o crescimento de invasoras, potencialmente prejudiciais para a estrutura do habitat aquático, por exemplo, em reservatórios. As margens dos reservatórios representam distúrbios antropogênicos e ecologicamente são regiões ideais para nova colonização de plantas. Como as áreas de águas rasas ao longo das margens representam zonas continuamente

perturbadas, tipicamente sem crescimento vegetativo, proporcionam um nicho aberto que possibilita espaço para uma nova colonização de plantas invasoras e/ou espécies exóticas.

- Como um campo recentemente arado, espécies daninhas (especialmente plantas exóticas) podem invadir mais facilmente zonas litorais, que representa um local perturbado sem competição de outras espécies. Como espécies daninhas terrestres, plantas aquáticas exóticas normalmente formam colonizações monofíticas ou pouco diversificadas, reduzindo criticamente a heterogeneidade do habitat.

Apesar destas importâncias no desenvolvimento das pesquisas dos ecossistemas aquáticos, as macrófitas demoraram a ser estudadas sistematicamente. Duas das razões para tal seria o não reconhecimento imediato destes organismos como importantes no funcionamento do sistema aquático e a dificuldade metodológica em sua amostragem (ESTEVES 1988). Porém, com o aprofundamento do conhecimento a cerca destes organismos, seu importante papel em ambientais aquáticos foi evidenciado.

Os estandes de macrófitas podem ser considerados como um compartimento complexo e distinto do corpo d'água adjacente. A presença física das macrófitas e as trocas metabólicas das plantas e dos organismos associados podem resultar em um ambiente com características físicas, químicas e biológicas diferenciadas (PÔMPEU **et al**. 1997 **apud** PÔMPEU 1999).

A importância da função fotossintetizante e de oxigenação da água das plantas aquáticas é indiscutível. Elas contribuem como fonte de alimento e refúgio para diversas espécies da fauna e, além disso, fornecem substrato para comunidade perifítica e protegem as margens dos ecossistemas aquáticos.

As macrófitas constituem a principal comunidade produtora de biomassa em ambientes aquáticos, podendo interferir de diferentes maneiras na dinâmica desses ecossistemas (ESTEVES 1988). Apresentam importante papel na troca de nutrientes podendo se tornar as principais controladoras da dinâmica de nutrientes no sistema (POMPEU 1999).

As plantas aquáticas apresentam diferentes mecanismos de adaptação para o seu desenvolvimento e sobrevivência nos mais diversos ambientes aquáticos. Podem ser encontradas tanto nas margens como dentro de rios e reservatórios (MARTINS **et al**. 2002

apud MARTINS **et al**. 2003), ocorrendo em locais que vão desde áreas de várzea até profundidades superiores a 10 m.

Levando em conta as diferentes formas de desenvolvimento das plantas aquáticas, as mesmas possuem uma classificação ecológica, independente de sua taxonomia: a) emersa, quando são enraizadas no sedimento com as folhas acima da lâmina d'água; b) flutuantes, quando flutuam livremente no espelho d'água; c) submersas enraizadas, quando são enraizadas e crescem submersas; d) submersas livres, quando flutuam submersas e e) com folhas flutuantes, quando são enraizadas e se desenvolvem com folhas flutuantes na lâmina d'água (ESTEVES 1988).

A intensa proliferação destes organismos constitui um fenômeno conhecido que atinge diversos ambientes aquáticos e está, na maioria das vezes, relacionado com a quantidade de nutrientes no corpo hídrico, penetração de luz, profundidade, correnteza, entre outros. Ambientais manipulados ou criados artificialmente, como reservatórios, são propícios ao crescimento descontrolado de plantas aquáticas.

Estudos revelam que plantas aquáticas, com destaque para formas flutuantes, submersas e emersas, têm causado grandes prejuízos a empreendimentos hidrelétricos no Brasil devido principalmente a sua intensa proliferação.

Existe uma tendência ao aparecimento de um ambiente favorável ao desenvolvimento de macrófitas após a criação de um reservatório. Este favorecimento pode ser atribuído à redução da velocidade da água, aumento da estabilidade do sistema (redução das flutuações do nível da água), aumento da penetração de luz e enriquecimento do sedimento em nutrientes e matéria orgânica (THOMAZ & BINI 1998).

O grupo das macrófitas flutuantes, como *Eichhornia, Pistia* e *Salvinia* está bastante relacionado a alterações do metabolismo dos reservatórios. Este grupo apresenta produtividade bem mais alta quando comparado às macrófitas submersas.

A infestação de macrófitas em ambientes aquáticos, além de trazer prejuízos a empreendimentos hidrelétricos, pode causar outros transtornos como acúmulo de lixo, proliferação de vetores de doença, dificuldade de navegação e prejuízos ao turismo.

Picos de biomassa de plantas aquáticas estão comumente associados a alterações no nível da água (cheia e seca). No entanto, em alguns casos, principalmente em reservatórios de Pequenas Centrais Hidrelétricas, o grande aumento no fluxo da água e o vertimento tendem a reduzir a biomassa destes organismos na época de cheia.

O estudo sobre a ecologia destes organismos se mostra cada vez mais importante para auxiliar o manejo e controle de macrófitas aquáticas em reservatórios. Os prejuízos a este tipo de empreendimento ainda podem ser maiores no caso de interrupção da geração de energia elétrica devido à paralisação das turbinas. Estes aspectos reforçam a necessidade da aplicação de técnicas eficientes que permitam a rápida detecção da proliferação e crescimento de macrófitas e a proposição de formas de controle (POMPÊO & MOSCHINI-CARLOS 2003).

Conforme sintetizado por AGEVAP/TEGNOGEO (2011) o elenco de impactos negativos derivados da multiplicação excessiva de macrófitas inclui:

- Alteração das características da água, especialmente redução da disponibilidade de oxigênio dissolvido e o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), em consequência da morte e decomposição desses vegetais;
- Alteração das características de navegabilidade e de utilização do corpo hídrico para esportes náuticos;
- Prejuízos à produção de peixes e para a captura do pescado;
- Criação de condições adequadas para instalação e manutenção de populações de insetos e moluscos com implicações médico-sanitárias;
- Interferência na operação dos sistemas geradores de energia das usinas hidrelétricas, pela necessidade de remoção periódica de biomassa vegetal acumulada nas grades de proteção das tomadas d‟água, redução da capacidade de armazenamento e da durabilidade de reservatórios;
- Redução do fluxo d‟água e da vida útil de canais de irrigação e drenagem,
- Interferência na captação de água para irrigação e uso público;

- Prejuízos à edificações no corpo hídrico, especialmente pontes e
- Aumento das perdas d"água por evapotranspiração, dentre outros. .A compreensão do papel das plantas aquáticas nos ecossistemas e o conhecimento de características ecológicas de cada grupo é fundamental para implementação de ações de manejo efetivas e sustentáveis.

Na bacia do rio Paraíba do Sul os estudos acerca de macrófitas concentram-se principalmente na questão referente a condições de proliferação excessiva (infestações) e a relação entre macrófitas e poluição.

Neste contexto há uma grande lacuna de informações acerca de diversidade de espécies e a relação entre macrófitas de demais organismos aquáticos.

O foco na questão relativa a infestações acaba por eclipsar discussões acerca de aspectos conservacionistas. Um exemplo é a questão das Podostemaceae, família de macrófitas fortemente dependente da existência de corredeiras.

Como destacado por PHILLBRICK **et al** (2010), dez espécies ocorrem no leste brasileiro, unidade biogeográfica na qual se insere a bacia em estudo. Neste recorte, o rio Paraíba do Sul possui registro das espécies *Lophogyne* sp., *Podostemum ovatum; P. saldanhanum; P. scaturiginum* e *P. weddellianum*, cuja distribuição é apresentada na figura a seguir.

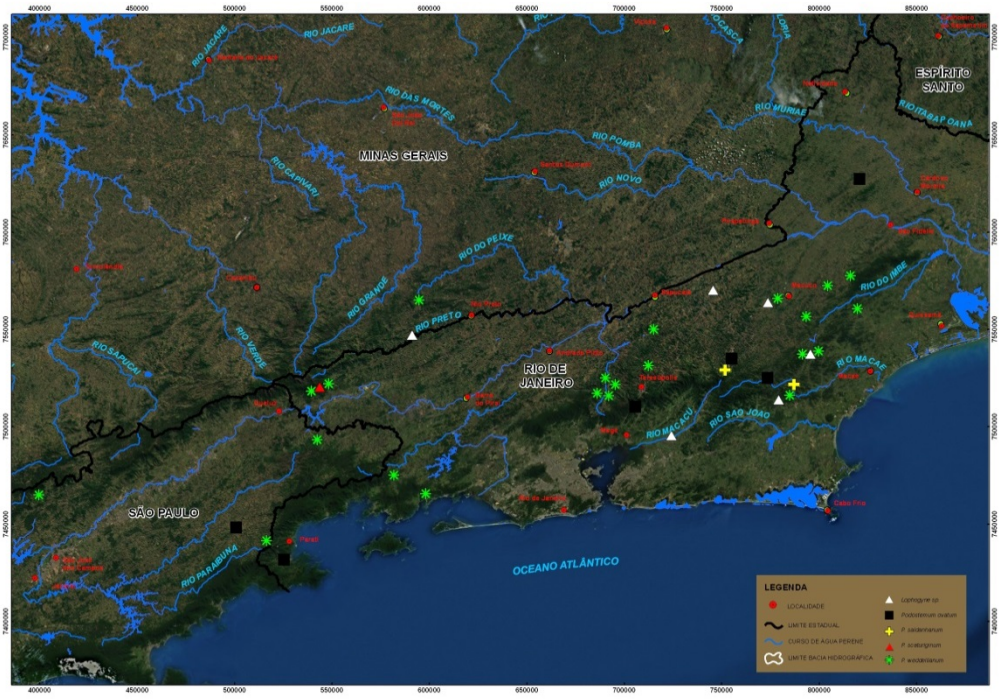


Figura 12.13 Ocorrência de espécies de Podostemaceae na bacia do rio Paraíba do Sul e sistemas vizinhos

Das espécies acima, *Lophogyne* sp. e *P. saldanhanum* são classificadas, pelos critérios da IUCN como Vulneráveis.

Embora os demais grupos sejam enquadardos na categoria de “Segura ou pouco preocupante (LC ou LR/lc)”, PHILBRICK **et al** (op cit.) destacam o impacto gerado por aproveitamentos hidrelétricos sobre a persistencia da espécie, o que pode alterar o quadro atual da bacia em estudo.

No que se refere a infestações por macrófitas estas devem-se principalmente as proliferações de *Eichornia crassipes*, *Pistia stratiodies, Salvinia auriculata* e *Echinochloa polystachya*:

Quanto a ultima espécie sua expansão tem se intensificado e se desenvolvido, nos últimos anos, devido aos nutrientes lançados pelos esgotos domésticos, à alta incidência de radiação solar e às elevadas temperaturas, associados às baixas vazões resultantes da operação das Usinas hidrelétricas de Santa Branca e Jaguarí, que favorecem a fixação das raízes dessas plantas a calha do rio Paraíba do Sul. Embora seja uma planta nativa, sua colonização também tem sido favorecida pela redução da biodiversidade da região com a

menor presença de outras espécies competidoras (mais sensíveis à ação das alterações antrópicas) e a baixa diversidade e densidade de inimigos naturais que poderiam atuar no seu crescimento populacional (AGEVAP/TEGNOGEO, 2011).

De acordo com AGEVAP/TEGNOGEO (2011), as infestações mostram-se mais expressivas nos seguintes locais:

- na calha do rio entre Jacareí, São José dos Campos, Caçapava, Tremembé, Pindamonhangaba, Potim, Guaratinguetá e Lorena (estado de São Paulo), nos rios Paraibuna e Preto e rio Paraitinga, em Minas Gerais (MATOS, 2010)
- no reservatório de Santana e na região de Barra do Piraí, embora em colonizações pequenas.
- no Rio Paraíba do Sul, em Barra do Piraí (PITELLI, 2007)
- nos reservatórios de Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca, Jaguari, Funil, Santana e de Vigário no Complexo Hidrelétrico de Lajes/Paraíba do Sul pertencentes, respectivamente, à Light Energia, CESP e FURNAS; os reservatórios das usinas hidrelétricas Glória e Nova Maurício de propriedade da empresa Valesul Alumínio, nas bacias dos rios Muriaé e Pomba; e na represa Dr. João Penido da CESAMA, em Juiz de Fora, na bacia do rio Paraibuna.

Eichornia crassipes, *Pistia stratiodies* e *Salvinia auriculata* também ocorrem em altas densidades em cavas originadas de extração de areia na região da várzea do Paraíba do sul (entre Jacareí-Tremembé), sendo favorecidas pelo alto teor de matéria em suspensão e turbidez destes ambientes que impedem a ocorrência de outras plantas aquáticas como algas e macrófitas aquáticas não emergentes (BEYRUTH **et al**., 1998)

Aspectos relacionados à qualidade da água que favorecem a proliferação de macrófitas incluem turbidez, concentração de nutrientes (séries de nitrogênio e fósforo), pH e temperatura da água.

Conforme destacado pelo estudo de AGEVAPA/TECNOGEO (2011) as plantas aquáticas quando se proliferam excessivamente também provocam mudanças na qualidade da água,

como, por exemplo, depleção de oxigênio dissolvido no período noturno, que pode causar mortandade de peixes.

A intensa proliferação de macrófitas aquáticas produz elevada quantidade de matéria orgânica que, quando se decompõe, libera nutrientes para o ambiente (CUNHA-SANTINO& BIANCHINI (2006) e deste modo, incrementam temporalmente a velocidade da fertilização das águas e criam condições para novas populações de plantas aquáticas.

As características do leito do rio têm influência principalmente sobre macrófitas submersas que dependem da composição dos sedimentos, de leitos de rio com pouca declividade (têm o desenvolvimento restrito às zonas litorâneas) e utilizam os nutrientes do sedimento mais do que os da coluna d‟água.

O curso médio superior do rio, se considerados apenas esses parâmetros, é o que apresenta características mais favoráveis às macrófitas, tais como baixa declividade, áreas terrestres adjacentes de topografia plana como planícies de inundação com lâmina de água de cobertura espacial e temporal variáveis com fluxos biogeoquímicos próprios e solos com acentuado hidromorfismo (AGEVAP/TEGNOGEO, 2011).

No entanto condições mais localizadas podem gerar diferentes núcleos de proliferação de macrófitas, notadamente em pontos com formação de reservatórios, grande carga orgânica, alto aporte de sedimentos (que favorece a formação de bancos de areia) e em trechos de vazão reduzida à jusante de reservatórios.

AGEVAP/TEGNOGEO (2011) destacaram que o grande desenvolvimento inicial das espécies flutuantes está associado ao aumento de aportes de nutrientes a partir de solo inundado, formação de ilhas (antigos meandros de rios) e da própria vegetação alagada (ESTEVES & CAMARGO, 1986), assim como a formação de represas.

No caso do Paraíba do Sul os reservatórios eutrofizados fornecem ambiente para o crescimento de macrófitas e constituem fonte de exportação para rios e outros corpos d‟água. Da mesma forma lagoas marginais e cavas originadas de extração de areia que ocorrem no Vale do Paraíba do Sul em seu trecho meandroso, próximo aos municípios de Jacareí, São José dos Campos, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba.

Nesses ambientes são favorecidas as macrófitas flutuantes emersas que suportam melhor alta turbidez e que funcionam como filtros tanto para poluentes orgânicos como para metais e outros contaminantes.

Projetos de remoção e controle de macrófitas na bacia do Paraíba do Sul tem sido desenvolvidos há muitos anos, destacando-se:

- Projeto para “Controle Biológico de Macrófitas Aquáticas na Represa do Vigário, RJ, da LIGHT”, desenvolvido entre 1993 e 1994;

- Ecologia e dinâmica de populações de macrófitas aquáticas no reservatório de Volta Grande, SP/MG**.** Projeto conduzido pelo convênio CESP - FUNEP, como parte das condicionantes de licenciamento ambiental pelo IBAMA e atualmente incluído no Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do convênio UNESP, ANEEL, CEMIG e FUNDEP, Belo Horizonte (Concluído);

- Projeto de Otimização da colheita mecânica e plano de manejo de macrófitas aquáticas nos reservatórios de Santana e Vigário da Light Energia SA **-** Projeto de pesquisas e desenvolvimento aprovado pela ANEEL e financiado pelo convênio Light Energia, UNESP e FUNEP (Em andamento);

- CESP – Programa de manejo de macrófitas aquáticas - Levantamento de infestações; Identificação e dimensionamento das áreas infestadas (sensoreamento remoto);

- Elaboração de modelo hidrodinâmico para simulação dos deslocamentos de macrófitas (marcação com bóias e monitoramento do aporte à usina) e Definição das áreas de controle;

- Controle Biológico de Macrófitas Aquáticas na Represa do Vigário, RJ, da LIGHT. Manejo Sustentado de Macrófitas Aquáticas nos Reservatórios do Sistema da Light Energia S.A. - Fase II, executado pelo NEPEAM/UNESP (SP).

- Manejo sustentado de macrófitas aquáticas nos reservatórios do sistema Light, em andamento, executado pelo NEPEAM/UNESP, em convênio ANEEL Light.

Além destes foram também realizados projetos de retirada de macrófitas (capituva) em São José dos Campos em 2006 (Secretari de Obras da Prefeitura) e de um trecho do rio compreendido entre a foz do rio Buquira e a foz do rio Jaguari (CEIVAP, CETESB, ANA). Atualmente há a retirada mecânica de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Barra do Braúna na cidade de Recreio, MG, com atividade diária e retirada em média de 15 caminhões/dia.

Um aspecto que deve ser considerado quando se avalia o controle de macrófitas é a concentração de metais pesados acumulados nestes organismos.

MOLISANI et al. (2006) avaliaram as concentrações de Hg em cinco espécies abundantes de macrófitas aquáticas (*Elodea densa, Sagittaria montevidensis, Salvinia auriculata, Pistia stratiotes* e *Eichhornia crassipes*) coletadas em duas represas que recebem águas da transposição do rio Paraíba do Sul, SE do Brasil.

Foram registradas maiores concentrações de Hg nas macrófitas flutuantes que nas enraizadas. Em geral, as raízes apresentaram maiores concentrações de Hg que as folhas para todas as espécies. As concentrações de Hg variaram de acordo com as espécies entre 46-246 ng.g-1 e 37-314 ng.g-1, respectivamente.

Estas concentrações são maiores que aquelas relatadas para macrófitas coletadas em lagos não contaminados no Brasil e em outras regiões tropicais, e similares àquelas relatadas para áreas moderadamente contaminadas.

As concentrações de Hg podem ser atribuídas ao transporte fluvial a partir da região industrializada do vale do rio Paraíba do Sul. Uma amostragem intensiva de Pistia stratiotes na represa do Vigário foi realizada para avaliar a capacidade de incorporação de Hg por esta macrófita.

Os resultados mostraram uma correlação negativa, significativa, entre as concentrações de Hg e o tamanho dos indivíduos, demonstrando a importância de juvenis desta espécie na absorção de Hg. A retirada periódica de macrófitas da represa, seguida por sua disposição em áreas adjacentes, pode afetar a dinâmica do Hg. Os resultados mostram uma mobilização de 0,52 a 1,3 kg Hg por ano, uma fração significativa da carga total de Hg presente nas águas da represa.

A disposição inadequada deste material poderá resultar em um aumento da mobilização de Hg na bacia.

12.4 **VEGETAÇÃO ESCANDENTE**

A bacia do Rio Paraíba do Sul está inserida no bioma Mata Atlântica, considerado um *hotspot* mundial e prioritário para conservação por concentrar alta diversidade e grande ocorrência de espécies endêmicas (MYERS **et al**, 2000). O termo Mata Atlântica *sensu lato,* engloba as Florestas Ombrófilas Densas e as Florestas Estacionais Semidecíduas do leste, com incursões interiores de cerca de 700 km (OLIVEIRA-FILHO & FONTES 2000), além de ecossistemas associados (SCARANO 2002).

A Mata Atlântica teve sua cobertura vegetal reduzida a 7,6% de sua área original devido as altas taxas de desmatamento que sofreu ao longo dos anos (MORELLATO E HADDAD, 2000).

Como consequência seus remanescentes estão distribuídos em pequenos fragmentos florestais (GASCON **et al**, 2000), restritos em sua maioria a áreas de difícil acesso como topos de morros e terrenos íngremes.

A fragmentação florestal provoca a perda e subdivisão do habitat, (FAHRIG 1997) modificando o grau de isolamento da mata (HARRIS 1984) e alterando seus processos ecológicos (LAURANCE **et al**. 1998[a,b]). Este cenário pode conduzir a degradação do fragmento (GASCON **et al**. 2002; LAURANCE **et al**. 2002) e consequente redução de sua diversidade.

Esta situação é preocupante, não só no que se refere a descaracterização da paisagem e perda de cobertura vegetal, mas também pelas funções ambientais que exercem, relacionadas ao ciclo hidrológico, qualidade da água dos mananciais hídricos, incidência de enchentes e inundações, controle da erosão dos solos e assoreamento dos rios e contribuição que pode dar ao clima tanto em escala regional como global.

Este cenário pode ser observado em toda região originalmente ocupada pela Mata Atlântica, onde se insere a bacia do Rio Paraíba do Sul. Quatro tipos principais de cobertura vegetal podem ser observados atualmente ao longo da bacia. São eles Campo/Pastagem, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa e Formações de Influência Fluvio-

Marinha (mangue e restinga). Originalmente a bacia apresentava em seus vales fisionomia aberta dos campos, muitos vezes entremeados por manchas de vegetação. Os campos eram limitados ao norte por densa vegetação até os primeiros setores da Mantiqueira e ao sul por colinas úmidas cobertas de matas (JUNIOR E MARSON 2007).

A forma de ocupação antrópica e os tipo de uso nas diferentes regiões se confundem com a história de degradação experimentada pelos ambientes naturais e suas formações vegetais originais e fauna associada. No caso da bacia do Paraíba do Sul, com o início da monocultura agrícola do café, que se expandia principalmente a partir dos núcleos de apoio às rotas de exploração de minérios do interior, entre o Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais, a bacia começou a experimentar intenso processo de desmatamento e substituição de sua cobertura vegetal.

Anteriormente, durante a cultura da cana-de-açúcar e a pecuária, as atividades concentravam-se na faixa litorânea do território brasileiro. Assim, a maior parte da bacia do Paraíba do Sul ainda era coberta de florestas. A extensão e a forte declividade da Serra do Mar constituíram, por muito tempo, importante obstáculo à expansão da economia colonial nas terras da bacia e em boa parte das regiões Sul e Sudeste (JUNIR E MARSON 2007).

As condições climáticas mais favoráveis das áreas altas do interior foram decisivas para que nelas houvesse a instalação da cultura. Temperaturas mais baixas, estação seca mais pronunciada e com início das chuvas induzindo a floração, favorecendo a colheita e secagem dos grãos, solos bem drenados e com boa fertilidade remanescente da biomassa da própria floresta, possibilitaria o desenvolvimento da cultura por certo tempo (MENEZES 2008).

A época cafeeira foi um período desastroso para a natureza na Vale do Paraíba. Grande parte das matas foi derrubada para dar lugar às plantações, que se estenderam por toda a região, ocupando quase todos os níveis do relevo, sendo que somente algumas poucas áreas (topos de morros e serranias de difícil acesso), foram poupadas do intenso processo de desmatamento (JUNIR & MARSON 2007). Acreditava-se que o café deveria ser plantado em solo antes ocupado por floresta primária. Esta crença acarretou no abandono sistemático de cultivos e implantação de novos cultivos em áreas florestadas, causando assim a derrubada da mata.

Eram escolhidas áreas onde espécies vegetais indicadoras de qualidade eram identificadas. A camada de matéria orgânica depositada sob a mata também era outro relevante indicador Dava-se preferência também para encostas voltadas para o norte. No período inicial de instalação dos cafezais o vale do Paraíba se tornou uma colcha de retalhos de cafezais e florestas primárias, já que inicialmente foram cultivadas preferencialmente nas encostas voltadas para o norte, pois as voltadas para sul eram muito frias.

As fazendas de café de Resende, que iniciaram na atividade por volta de 1790, foram às pioneiras no vale do Paraíba e as responsáveis pela distribuição de sementes e mudas por todo o vale já a partir de 1810. Resende, Piraí e Barra Mansa são citadas como importantes áreas de cafezais do vale do Paraíba do Sul nas primeiras décadas do século XIX. Destaca-se ainda a importância das fazendas das cidades de Vassouras, Valença e Paraíba do Sul que tiveram seus dias de “capitais” do café entre os anos de 1840 e 1850, mostrando rápida decadência logo após este período (DRUMMOND 1997 **apud** MENEZES 2008).

O modo inadequado de cultivo do café, em linhas ao longo das encostas em uma região de relevo predominantemente acidentado, levou a cafeicultura à decadência, reduzindo a extensão e a importância econômica do café em menos de um século de exploração. No entanto, o desenvolvimento da atividade cafeeira trouxe consigo o crescimento demográfico, a urbanização, a industrialização e a criação das ferrovias.

Com o declínio do café, a pecuária se desenvolvia, substituindo a agricultura como atividade econômica principal, até meados do século XX. Neste período o país entra na sua fase industrial, transformando a região essencialmente rural para uma condição predominantemente urbana, em menos de três décadas.

De acordo com JUNIR & MARSON (2007), até a segunda metade do século XX, ainda havia contato entre a vegetação da Serra do Mar e a vegetação da Serra da Mantiqueira, em uma área próxima do “cotovelo de Guararema”. No entanto, em uma década, de 1952 a 1962, esse corredor deixou de existir, bem como grande parte da vegetação de florestas remanescentes nas serranias interiores, “os contrafortes da Serra do Mar e nas baixadas da Mantiqueira”.

A partir da segunda metade do século XX a com a instalação de fábricas, o aumento da população nas áreas urbanas e o consequente desenvolvimento econômico selaram a

transformação ambiental ocorrida na região. Neste mesmo processo podemos citar a inauguração da rodovia Presidente Dutra (BR-116), que promoveu o crescimento acelerado de algumas cidades e atraiu ainda mais indústrias.

A Bacia, atualmente, apresenta atividade industrial significativa e uma alta taxa de urbanização. Apesar da tendência ao desenvolvimento da agropecuária, a proximidade com os centros, garantindo mercado consumidor, e a facilidade de escoamento por meio de transporte rodoviário e ferroviário favorecem o investimento industrial na região.

A partir deste cenário de drástica redução da cobertura vegetal original, não é difícil compreender as condições de preservação das matas ciliares da bacia do Rio Paraíba do Sul. Estas são atualmente muito raras, sendo comum os cursos d'água margeados por touceiras de capim e bambuzais. Áreas antes ocupadas pelos campos são hoje zonas urbanas, assim como muitos trechos de várzeas do rio Paraíba do Sul. É necessário também destacar o crescimento de áreas de silvicultura ao longo da bacia (pinus e eucalipto).

A regeneração da vegetação foi possível em alguns trechos que ficaram isolados de interferência antrópica, principalmente aqueles próximos a áreas com remanescentes florestais. Muitos projetos de reflorestamento da mata ciliar e recuperação de áreas também vêm sendo desenvolvido na bacia, porém ainda representam muito pouco perto do grau de degradação da região.

Os remanescentes florestais são mais expressivos atualmente apenas onde o relevo se torna montanhoso, como nas cristas da Serra do Mar e da Serra Mantiqueira, com destaque para região de Itatiaia. Fragmentos de floresta ombrófila densa ocorrem principalmente nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, sendo neste a parcela mais representativa. Enquanto Minas Gerais concentra a maior parte dos fragmentos de Floresta Estadual Semidecidual. As áreas representadas pelos reflorestamentos estão em sua maior parte no estado de São Paulo, seguido de Minas Gerais e por último o Rio de Janeiro. Neste contexto, destaca-se o Projeto de Recuperação de Mata Ciliares (PRMC) no Estado de São Paulo, idealizado para atingir 645 municípios, parte deles pertencentes a bacia do rio Paraíba do Sul.

De acordo com o mapeamento do uso e cobertura do solo, a maior parte da bacia (40%) é ocupada por Campos/Pastagens, em seguida temos 36,4% da área ocupada por tipologia Floresta Ombrófila Densa, sendo 14% referente a vegetação esparsa e 22,4% referente a vegetação densa. A Floresta Estacional Semidecidual ocupa 6,3% no total, sendo 5,7% da bacia referente à vegetação densa. A porção da bacia ocupada por Agricultura corresponde a 9,8% e a área urbanizada a 5,2%. Já as áreas de restinga e mangue ocupam 1,1% da bacia e o Reflorestamento é responsável por 0,3%.

Quadro 12.1 Quantitativo do uso e cobertura do solo na Bacia do Rio Paraíba do Sul

VEGETAÇÃO	ÁREA EM HA	%
Agricultura	592349,9	9,8
Área Urbanizada	311136,27	5,2
Floresta Estacional/Vegetação Arbórea Esparsa	35946,89	0,6
Floresta Estacional/Vegetação Arbórea Densa	341138,63	5,7
Floresta Ombrófila/Vegetação Arbórea Densa	1351435,44	22,4
Floresta Ombrófila/Vegetação Arbórea Esparsa	842750,24	14,0
Campos/Pastagens	2465861,73	40,9
Florestamento/Reflorestamento	17231,9	0,3
Restinga/Mangue	66252,03	1,1
Área não Classificada	805,3	0,0
	6024908,33	100,0

A região da nascente do rio Paraíba do Sul, nos estados de SP e MG, é dominada pela Floresta Ombrófila Densa, que se encontra nas encostas da Serra do Mar e da Mantiqueira, que um dia já se comunicaram. Próximo à divisa do estado de SP e RJ, destaca-se a presença de uma unidade de conservação de uso sustentável, a APA Silveiras, onde seus fragmentos se aproximam da margem do Paraíba do Sul. A partir da divisa com o estado do RJ, a Floresta Estacional Semidecidual começa a se expandir pela margem esquerda do rio, principalmente no estado de MG, de forma progressiva em direção a foz. A margem direita, no estado do RJ ainda conserva grande parte da formação Ombrófila Densa até o início da influência fluvio marinha onde começa a aparecer áreas de mangue e restinga.

Apesar da crescente consciência sobre a importância destes recursos florestais e sobre a urgência de conservá-los, pouco se sabe sobre a composição florística dos remanescentes florestais existentes no centro-sul e leste de Minas Gerais. E essa escassez de informação pode ser evidenciada quando se compara ao volume de informações acumulado sobre os remanescentes florestais do estado de São Paulo (OLIVEIRA-FILHO & MACHADO, 1993; apud ECOLOGY, 2009).

De acordo com VELOSO e colaboradores (1991), Floresta é definida como uma forma semelhante à mata no sentido popular, mas firmada cientificamente como conjunto de sinúsias (conjunto de plantas com estrutura semelhante) dominado por fanerófitos de alto porte, com quatro estratos bem definidos. Dominam duas subformas de fanerófitos: macro e mesofanerófitos. Já as formas não florestais seriam dominadas por micro e nanofanerófitos.

Ainda segundo os autores a Floresta Estacional Semidecidual ocorre na Região Florística Brasil Central e na Região Florística Sudeste. Na Região Florística Brasil Central também estão incorporadas a Savana e a Floresta Estacional Decidual. Esta é caracterizada por clima continental que frequentemente apresenta duas estações bem marcadas, seca e chuva. Os solos onde se desenvolvem as Florestas Estacionais Semidecidual e Decidual são mais férteis do que aqueles onde se desenvolve a Savana. E estes tipos vegetacionais são reconhecidos como de origem Amazônica, com ecótipos que se expandiram através da rede hidrográfica. A Região Florística Sudeste engloba as formações Decidual, Semidecidual, Ombrófila e Savana.

Do Escudo Atlântico foram formados e dispersados diversos ecótipos advindos de refúgios.

Os autores destacam a ocorrência de ecótipos do gênero *Stryphnodendron* dentro das formações semideciduais que se adaptaram muito bem ao ambiente savanícula, principalmente nos tabuleiros terciários da bacia do rio Paraíba do Sul e afluentes da bacia do rio Paraná.

As florestas ombrófilas, anteriormente denominada Floresta Pluvial Tropical, são caracterizadas pela presença de macro e mesofanerófitas, além de lianas e epífitas. O fator climático é seu principal condicionante, com temperatura média de 25°e alta pluviosidade bem distribuída ao longo do ano. Este tipo vegetacional apresenta cinco subdivisões de acordo com a altitude: Aluvial, Terras Baixas, Submontana, Montana e Alto-Montana (VELOSO **et al**. 1991; IBGE 1992).

A Floresta Estacional Semidecidual tem seu conceito ecológico condicionado a dupla estacionalidade. Uma tropical com época de intensas chuvas de verão seguida por estiagens acentuadas e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverso com temperatura média inferiores a 15°C. A caducifolia é observada em 20% a 50% do conjunto florestal. Há predominância de gêneros

amazônicos de distribuição barsileira: *Parapiptadenia, Peltophorium, Cariniana, Lecythis, Tabebuia* e *Astronium*.

Quatro formações forma determinadas para este tipo vegetacional: Aluvial, Terras Baixas, Submontana e Montana (VELOSO et al. 1991 e IBGE 1992).

Segundo os mesmos autores, ocorre nas encostas interioranas da Serra de Mantiqueira e dos Órgãos a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, que se distribui desde o sul da Bahia e Espírito Santo até Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, sudoeste do Paraná e sul do Mato Grosso do Sul. E os gêneros dominantes nas Serras marítimas são os mesmos que ocorrem na floresta ombrófila atlântica, como *Cedrela, Parapiptadenia* e *Cariniana*. Já a formação Montana é mais restrita, ocorrendo em áreas acima de 500 m de altitude na Serra da Mantiqueira no estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerias, no Itatiaia e Caparaó no Espírito Santo.

De acordo com OLIVEIRA-FILHO **et al**. (1994), a floresta estacional Semidecidual, foi reduzida a fragmentos espalhados, na maioria pequenos (com menos de 10 ha) e intensamente perturbados pelo corte seletivo, pastoreio do gado e fogo. Esta formação foi provavelmente mais desmatada e explorada em comparação com a Floresta Ombrófila e o Cerrrado (OLIVEIRA-FILHO, MELLO E SCOLFORO 1997).

OLIVEIRA-FILHO **et al.,** (2005) compararam a composição arbóreo de 60 áreas de floresta atlântica *sensu lato* (ombrófilas e semidecíduas) da região das Bacias do Leste, englobando o sul da Bahia, o Espírito Santo, o leste de Minas Gerais e o norte do Rio de Janeiro.

A listagem completa das 60 áreas conteve 2.324 espécies, das quais 1.849 foram registradas nas 28 áreas de floresta ombrófila e 1.375 nas 32 áreas de floresta semidecídua.

Estes números implicam em 900 espécies em comum, 949 espécies exclusivas das áreas de florestas ombrófilas e 475 espécies exclusivas das áreas de florestas semidecíduas. O que corresponde a, respectivamente, 38,7%, 40,8% e 20,4% do total de espécies, semelhante ao encontrado por OLIVEIRA-FILHO E FONTES (2000).

Estes números demonstram que a flora arbórea das florestas ombrófilas é consideravelmente mais rica e tem maior exclusividade de espécies que a das florestas semidecíduas. As matas ombrófilas se distribuem em áreas mais úmidas e de temperaturas

mais altas. Onde a seca se torna mais prolongada, as florestas semidecíduas sucedem as ombrófilas e boa parte da flora arbórea é composta simplesmente da fração da flora das próprias florestas ombrófilas que é capaz de resistir e competir com maior sucesso sob esta modalidade de estresse (OLIVEIRA-FILHO & FONTES 2000).

OLIVEIRA-FILHO **et al** (2005) observaram que as florestas ombrófilas formam um contínuo do Rio de Janeiro até as do sul da Bahia, não havendo assim a interrupção florística que esperava-se encontrar na altura do norte fluminense.

Este hipótese foi sugerida OLIVEIRA-FILHO E FONTES (2000) quando estes autores acreditavam haver dois blocos florísticos relativamente distintos e separados pela Falha de Campos dos Goytacazes, no norte fluminense, onde o clima estacional alcança o oceano e interrompe a distribuição das florestas ombrófilas.

O padrão de distribuição das matas ombrófilas e semidecíduas segue orientação norte-sul, associado a temperaturas médias anuais crescentes na direção norte. No entanto, para ambas as tipologias, os padrões associados à temperatura e latitude se misturam com aqueles associados à altitude e longitude.

Em grande parte, isto se deve certamente ao fato de as áreas de maior altitude (baixo-montanas e alto-montanas) ocorrerem principalmente no sul da região, no caso das florestas ombrófilas, e no oeste, no caso das florestas semidecíduas.

Num dos fragmentos, de Floresta Estacional Semideciadual, onde foi realizado levantamento, situado entre o córrego Barrinhas, o rio do Angu e o rio Paraíba do Sul, foram registradas espécies como: *Tabernaemontana laeta* (leiteira); *Cybistax antisyphilitica* (ipê-verde); *Jacaranda macrantha* (carobinha); *Sparattosperma leucanthum* (cinco-chagas); *Amburana cearensis* (cerejeira); *Apuleia leiocarpa* (garapa); *Machaerium brasiliense* (jacarandá), *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré); *Casearia sylvestris* (pau-lagarto); *Guarea guidonea* (carrapeta); *Trichilia elegans*, *pallida* e *hirta* (catiguá); *Guapira opposita* (joão-mole); *Allophylus edulis*; entre outras. Já a vegetação ciliar que resta é composta apenas de indivíduos de poucas espécies, dentre as quais se destacam principalmente *Inga vera* e *Croton urucurana*.

Outra região com grande importância conservacionista situada no complexo de serras da Mantiqueira, conhecida como Serra Negra, merece destaque.

A Serra Negra possui uma extensão de aproximadamente 15 km limitada a norte pelo município de Lima Duarte; ao sul pelo município de Rio Preto; a leste pelo município de Santa Bárbara do Monte Verde e a oeste pelo município de Bom Jardim de Minas. O gradiente altitudinal encontrado na Serra Negra varia entre 900 e 1.760 m, sendo as cotas mais baixas da região situadas junto ao leito à jusante do Rio Preto, entre 400-500 m de altitude (HEILBRON et al. 2000).

Valente e colaboradores (2011) realizaram um levantamento florístico e fitossociológico em três fragmentos da Serra Negra. As tipologias estudadas foram: Floresta Ombrófila Densa Aluvial, Floresta Ombrófila Densa Montana e Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana. Foram identificadas 194 espécies.

O índice de diversidade de Shannon e a equabilidade de Pielou para o conjunto das três áreas foram, respectivamente, de 4,11 e de 0,76. As famílias com maior riqueza foram, respectivamente Myrtaceae, Lauraceae, Melastomataceae e Fabaceae. As espécies mais abundantes foram *Myrciaria tenella*, *Alchornea triplinervia*, *Aparisthmium cordatum*, *Guapira venosa*, *Eugenia widgrenii*, *Psychotria vellosiana*, *Phyllostemonodaphne geminiflora*, *Maytenus salicifolia*, *Myrcia splendens*, *Psychotria stachyoides* e *Calyptranthes widgreniana*, correspondendo a 49% do total.

Considerando as áreas separadamente, na mata aluvial foram encontradas 26 espécies, na mata montana foram levantadas 127 e na mata alto-montana foram encontradas 84 espécies.

Segundo os autores, a análise da composição, estrutura e similaridade florística nos fragmentos estudados mostrou que, apesar da proximidade geográfica, os três tipos de vegetação são florística e estruturalmente distintos, o que configura alta diversidade beta para as florestas da região, com grande variação de ambientes pela altitude, posição topográfica e potenciais diferenças edáficas.

No Vale do Paraíba, um fragmento de vegetação secundária, anteriormente usado como área de agricultura e pastoreio, e atualmente utilizada para execução de um Plano de Manejo Florestal Sustentável foi estudado por GOMES **et al** (2004).

O referido PMFS vem sendo executado num trecho de 291 ha de floresta, com autorizações de corte seletivo de talhões anuais de 24,25 ha, com a intensidade de corte de 37,26 m^3/ha

de volume comercial. As amostragens foram realizadas na floresta explorada e num trecho não explorado para controle.

A área da floresta não-explorada apresentou 786 indivíduos por hectare, com diâmetro acima do peito (DAP) maior ou igual a 10 cm, em as cinco espécies de maiores densidades foram: *Xylopia sericea*, *Anadenanthera colubrina*, *Machaerium nyctitans*, *Apuleia leiocarpa* e *Platypodium elegans*. Na área da floresta explorada, a densidade total foi de 696 indivíduos por hectare. As cinco espécies de maior densidade foram: *Piptadenia gonoacantha*, *Solanum leucodendr*on, *Apuleia leiocarpa*, *Xylopia sericea* e *Sparattosperma leucanthum*.

O estudo concluiu que a exploração madeireira convencional alterou significativamente os estoques totais de área basal e de volume da área de floresta explorada, sendo as espécies de maior valor comercial madeireiro as mais atingidas. As espécies com esta característica foram: *Anadenanthera colubrina, Plathymenia foliolosa,Platypodium elegans, Xylopia sericea e Machaerium nyctitans*

Já a mata ciliar, ausente por extensas áreas, aparece como árvores isoladas ou em pequenos agrupamentos que ocasionalmente interrompem as pastagens amplamente distribuídas pelas margens dos rios. Alguns fragmentos remanescentes podem ser observados em poucos trechos, nas margens e ilhotas do rio. As espécies que compõe estas formações são principalmente ingás (*Inga vera* e *semialata*), figueiras, (*Ficcus glabra*, *clusiifolia* e *obtusiscula*) e velame (*Croton urucurana*).

A denominação vegetação ciliar independe da localização, composição florística, do tipo formação ou domínio que se encontra, representando àquela vegetação associada aos cursos e reservatórios de água, (AB'SABER, 2000). Exercem função biológica de extrema importância, estabilizando encostas, protegendo nascentes, evitando processos erosivo, servindo de corredor para fauna, mantendo as funções hidrológicas dos corpos hídrico, entre outras.

Destacam-se como importantes refúgios para a fauna terrestre e aquática, como corredores de fluxo gênico vegetal e animal e como meios essenciais para a proteção do solo e dos recursos hídricos.

Florestas aluviais, que sofrem inundações temporárias, podem permanecer alagadas por algumas horas ou poucos dias ou a inundação pode ate ser de maior duração nas áreas de

depressão. Diferentemente de florestas paludosas, nas quais os solos hidromórficos permanecem hidricamente saturados na maior parte do ano (LOBO e JOLY 2000 **apud** SILVA **et. al**. 2007).

As mudanças do padrão florístico e estrutural da vegetação de áreas inundáveis ocorrem em função da heterogeneidade ambiental associada ao regime de inundação como, por exemplo, diferentes níveis de oxigenação do solo e padrões de sedimentação. A eliminação do ar no solo limita as trocas gasosas entre as plantas e a atmosfera, criando, assim, um ambiente hipóxico ou anóxico, que exerce caráter fortemente seletivo no processo de evolução das espécies. Conforme salientaram (OLIVEIRA-FILHO et. al. 1994 apud MENEZES 2008), o regime de água é o principal fator ambiental associado à distribuição das espécies.

As matas ciliares do Rio Paraíba do Sul por ocuparem os solos aluvionais das margens, tipicamente de característica fértil, ou por ser uma das principais vias de desenvolvimento até o início da era industrial, as matas ciliares foram substituídas na bacia por agricultura, industrialização e urbanização. Esse padrão de ocupação levou a uma forte alteração do ecossistema ao longo da bacia, sendo observadas áreas com vegetação, somente em trechos de margens pedregosas ou inundáveis, algumas ilhas isoladas e pequenos fragmentos dispersos, sempre menores que 50 ha no canal principal e nos afluentes.

À exceção dos contínuos de vegetação que em geral estão abrigados em serras, freqüentemente em Unidades de Conservação, ou trechos de mata ombrófila marginais aos reservatórios, as matas ciliares apresentam o mesmo padrão de distribuição da fragmentação florestal atual da bacia, tendo sua formação nativa removida desde as nascentes até as confluências.

Em observação sistemática ao longo de todo canal principal somente foram identificadas formações consideráveis de mata ciliar em trechos do Vale do Paraíba próximos às margens dos reservatórios de Santa Branca e Paraibuna (SP), não caracterizados floristicamente como matas ciliares.

Os principais representantes desse ecossistema ao longo do rio Paraíba do Sul foram observados no trecho do Vale do Paraíba, ilustrado para os meandros entre Cachoeira

Paulista e Caçapava. Menos significantes são os trechos isolados de encosta e ilhas entre Cantagalo e Itaocara (RJ), na divisa com Minas Gerais (EPE, 2007).

Durante os estudos de flora para o EIA/RIMA da AHE Simplício (Engevix 2000), verificou-se que quase 70% da área do empreendimento eram ocupados por atividades agropastoris e a maior parte da cobertura vegetal nativa corresponde a vegetação secundária em diversos estágios de regeneração, denominada no estudo como Floresta Estacional Semidecidual em Regeneração. Esta corresponde a 8,0% da AID do empreendimento, que possui 3.550,7 ha, e ocorre de forma esparsa, restrita a topos de morro e locais de difícil acesso.

A mata ciliar (Floresta Estacional Semidecidual Ripariana), nas margens e ilhas do rio Paraíba do Sul, encontra-se intensamente fragmentada e distribuída de forma irregular, e corresponde a 3% da AID da AHE Simplício.

As pastagens amplamente distribuídas na área de estudo, eram dominadas por *Brachiaria* sp, *Hyparrhenya rufa, Panicum Maximo* e *Melinis minutiflora*. Em algumas áreas, as gramíneas são acompanhadas por espécies ruderais como *Urena lobata*, *Leonotis nepetifolia*, *Andropogon bicornis* e *Sidastrum* sp.

Nas áreas de pasto abandonado percebe-se a colonização por arbustos como dos gêneros *Vernonia* e *Epatorium*, além de *Clidemia bullosa* e *hirta*, *Sidastrum* sp., *Lantana camara*, entre outras, formado as chamadas capoeirinhas. Já em manchas em estágio de regeneração um pouco mais avançado (macegas e capoeiras) observam-se árvores como *Casearia sylvestris*, *Anadenathera peregrina* (angico), *Trema micrantha* (crindiúva), *Cecropia lyratiloba* (embaúba), *Sparattosperma leucanthum* (cinco-folhas), *Guarea guidonia* (carrapeta), *Piptadenia gonacantha*, entre outras.

Durante os estudos de flora para o EIA/RIMA da UHE Itaocara (ECOLOGY 2000), foi relatado para AII do empreendimento a quase inexistência da mata ciliar ao longo do rio Paraíba do Sul.

E quando observada, esta se apresentava na forma de uma fina cortina arbórea ao longo do leito do rio, com ocorrência predominante de espécies típicas deste ambiente como *Inga affinis* (ingá-dobrejo) ou *Croton urucurana* (sangra-d'água), consorciadas ou não com outras espécies típicas.

Em áreas de vegetação secundária foi relatado: “Essas áreas comumente apresentam espécies herbáceo-arbustivas: *Baccharis dracunculifolia* (alecrim-do-campo), *Vernonia sp. Eupatorium sp.*, *Vernonia polyanthes* (assa-peixe), *Leonotis nepetifolia*, e *Lantana camara* (chumbinho), *Mimosa sp*, *Hyptis sp.,* entre outras. Dentre as espécies arbóreas, podem ser observadas exemplares jovens de *Peltophorum dubium* (tamboril) *Tabebuia chrysotricha* (ipê-tabaco), *Cecropia sp.*, *Casearia sylvestris, Celtis iguanea* (grão-degalo), *Albizia polycephala* (albizia), *Machaerium hirtum* (borrachudo) e *Anadenanthera macrocarpa* (angico-vermelho). Não raramente, é observada também a ocorrência de espécies de trepadeiras, representadas principalmente pelas famílias Bignoniaceae (*Cuspidaria octoptera* e *Adenocalymma marginatum*), Sapindaceae (*Serjania spp.*), Fabaceae e Malpighiaceae.”

Já na AID do empreendimento, região representada pela Floresta Estacional Semidecidual, 84% da área e utilizada para fins agropastoris, enquanto as mata ciliares e a vegetação secundária correspondiam a 6% da área.

Em estudo realizado em mata ciliar do Rio Paraíba do Sul no município de Tremembé –SP (PINHEIRO e FISCH, 2004), foram observadas as espécies *Guarea guidonea*, *Alchornia triplinervea* e *Prunus sellowii*.

A estrutura da vegetação apresentou altura média de 5,93 metros; e distribuição diamétrica com predominância de pequenos diâmetros; a presença e a diversidade de epífitas vasculares foram raras; a presença e a diversidade de cipós foi abundante, prevalecendo herbáceos; e a diversidade arbórea foi baixa.

Com isso, pode-se dizer que a vegetação da mata ciliar estudada encontra-se em estágio inicial de sucessão ecológica, provavelmente sendo formado por local de regeneração natural.

O mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas realizado por MAGALHÃES **et al.** (2009) que divide os municípios de Barra do Piraí e Pinheiral, estado do Rio de Janeiro, compreendeu uma área de aproximadamente 305 ha.

Os resultados mostraram que o uso da terra predominante foi a pastagem, cobrindo cerca de 54% dessa área. A mata ciliar representou cerca 40% da APP. O restante da área encontrou-se ocupado por edificações, com exceção das ilhas fluviais, onde não foi

encontrado esse tipo de ocupação. A pastagem também foi predominante nas ilhas fluviais. urbanização às margens de cursos d'água causam mais impacto no ambiente em comparação com a cobertura por pastagem, pois a pavimentação de ruas e as edificações impedem a infiltração de água no solo, prejudicando o abastecimento do lençol freático, além de favorecer processos erosivos nas margens causando o assoreamento.

Aproximadamente 94% da APP apresentou algum tipo de cobertura vegetal (arbórea ou gramínea). Os valores encontrados nesse trecho do rio Paraíba do Sul são elevados quando comparados a outros estudos semelhantes sobre vegetação em APP's.

No âmbito dos impactos antrópicos a que está sujeita a bacia do rio Paraíba do Sul é importante destacar a atividade mineradora, que por sua vez é de grande impacto ambiental. A extração de areia no Vale do Paraíba desenvolve-se a partir da década de 50. Através de processo manual com extração exclusivamente nos bancos de areia situados no leito do rio, a atividade era realizada em municípios próximos a cidade de São Paulo, facilitada pela inauguração da Rodovia Presidente Dutra, por onde a areia era escoada para São Paulo.

Na década de 60, a extração de areia começou a ser mecanizada e avançou para outros municípios. Já na década de 70, a construção de reservatórios acarretou na redução do aporte de sedimentos ao rio Paraíba do sul, sendo então a extração em leito substituída gradativamente pelo sistema de cava submersa.

O método de extração por cava submersa já era predominante no Vale do Paraíba na década de 90, quando chegou a possuir mais de 120 empreendimentos mineradores de areia e a produção, durante vários anos, chegou a mais de um milhão de metros cúbicos mensais. Dentro deste contexto também é importante destacar a importância econômica da atividade para região (CEIVAP, 2009).

Tendo em vista tal cenário, tem-se reconhecido a importância da recuperação das áreas degradas, recomposição da paisagem e da mitigação dos impactos gerados por atividades de mineração, além de configurar uma obrigação legal. A revegetação é reconhecidamente uma ação de grande importância para recomposição da mata ciliar e de seus atributos ecológicos, como a proteção do corpo hídrico.

O rio Paraíba do Sul vem recebendo a implantação de alguns projetos de recuperação em área de mineração. Na Lumajo Mineração e Extração de Areia Ltda, na margem esquerda do rio Paraíba do Sul, no município de Caçapava, SP, foi desenvolvido projeto de reflorestamento entre 1994 e 1998 que objetivou recuperar a mata ciliar no entorno do lago de extração. A área mais degradada, próxima ao lago, onde ocorreu a revegetação com espaçamento de 4 m x 5 m, foi colonizada, após 10 anos do plantio, por novas espécies e observou-se a presença de *Leucaena leucaena*.

A altura média da árvores foi de 3 metros, a camada de serrapilheira era escassa, o dossel aberto e a predominância de fustes com pequeno diâmetro. Na porção mais afastada do lago verificou-se maior diversidade de espécies e maior desenvolvimento estrutural do plantio. Já na área próxima um fragmento de mata nativa existente na propriedade vizinha foi observado um vigoroso processo sucessional, com o aparecimento de espécies como: *Trema micrantha*, *Cecropia pachystachya*, *Baccharis dracunculifolia* e *Alchornea triplinervea*.

Já a região do Médio Paraíba, apesar de sua importância ambiental, é floristicamente pouco estudado, havendo lacunas nos dados referentes à composição, estrutura e dinâmica da vegetação. A região é altamente industrializada pela proximidade com a capitais Rio de Janeiro e São Paulo e a facilidade de escoamento.

GOLFARI e MOOSMAYER (1980) consideram o setor médio da bacia do rio Paraíba do Sul como uma região diferenciada sob os aspectos de reflorestamento, denominando-a de a Região Bioclimática 2 do Estado do Rio de Janeiro. De acordo com CRONEMBERGER **et al**. (2011), que realizaram o mapeamento bioclimático do estado do Rio de Janeiro, o Vale do Paraíba do Sul, seu trecho fluminense encontra-se na região bioclimática Subtropical Sub-úmido a Úmido e coberta por Floresta Estacional Semidecidual. Já os maciços do Vale do Paraíba encontram-se na região biclimática Subtropical-Úmido ocupada pela Floresta Ombrófila Densa.

Silva (2002) desenvolveu um estudo sobre a vulnerabilidade dos fragmentos florestais nos municípios de Barra do Piraí, Barra Mansa, Pinheral, Piraí,Porto Real, Quatis e Volta Redonda, inseridos na região do Médio Vale do Paraíba do Sul. Verificou-se que os fragmentos estão distribuídos de forma irregular. A paisagem encontra-se altamente fragmentada apresentando vegetação secundária em diversos estágios sucessionais.

Municípios situadas em áreas de depressão da Bacia, ocorrem menor número de fragmentos florestais.

Ainda segundo a autora, os fragmentos com área igual ou superior a 10 ha nos municípios estudados correspondem a 56,1% do total. Predominam na área fragmentos em estágio intermediário de sucessão.Os fragmentos de maior área são os menos frequentes e que mais apresentam forma irregular, sujeitos a novas fragmentações.

O trabalho realizado no Campo Experimental Fazenda Santa Mônica (CEFSM), situado às margens do Rio Paraíba do Sul, em Barão de Juparanã, município de Marquês de Valença, por Spolidoro (2001), verificou que a vegetação da CEFSM encontra-se em diferentes fases de regeneração, refletindo uma fitofisionomia em mosaico.

O CESM possui aproximadamente 1000 ha de florestas nas encostas de maior declividade da Serra da Concórdia, formando um fragmento importante na margem esquerda do rio Paraíba do Sul em seu setor médio. As formações mais preservadas encontram-se nas encostas em forma de anfiteatro da Serra da Concórdia de maior declividade em diferentes posicionamentos altimétricos, onde o acesso é dificultado, assim como em algumas linhas naturais de drenagem que guardam maior umidade.

Foram instaladas parcelas em matas com 60, 80 e 120 anos. As dez familias com maior valor de importância (VI) foram Fabaceae, Flacourtiaceae, Sapindaceae, Bignoniaceae, Monimiaceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae, Melastomataceae, Lauraceae e Moraceae. A familia Fabaceae apresentou um elevado valor de importância, que representou praticamente três vezes mais que a segunda colocada.

Na parcela de 60 anos, entre as espécies com maior valor de importância destacaram se Piptadenia gonoacantha, Miconia cinnamomifolia, Myrcia rostrata, Dalbergia nigra, Cupania oblongifolia, Guapira opposiata, Casearia sp, Casearia sylvestris, Erythroxylon pulchrum e Mabea fistulifera. Nesta parcela 14 espécies foram amostradas com apenas 1 individuo.

Na parcela de 80 anos, entre as espécies com maior valor de importância destacaram-se Siparuna guianensis, Piptadenia gonoacantha, Apuleia leiocarpa, Sparatosperma leucanthum, Machaerium nictitans, Cupania oblongifolia, Casearia sylvestris, Guapira opposiata, Brosimum guianense e Casearia arborea. Nesta parcela 10 espécies foram amostradas com apenas 1 individuo.

Na parcela de 120 anos (Tabela 14), entre as espécies com maior valor de importância destacaram-se Vochysia oppugnata, Lauraceae sp, Guapira opposiata, Inga capitata, Roupala longipetiolata, Cupania oblongifolia, Bauhinia forficata, Ocotea laxa, Vochysia rectiflora e Cordia sellowiana. Estas espécies representam 37 indivíduos e perfazem 125,20 do VI total. Nesta parcela 28 espécies foram amostradas com apenas 1 individuo.

As parcelas de 60 e 80 anos apresentam 16 espécies em comum, sendo elas: Albizia polycephala, Brosimum guianense, Campomanesia guaviroba, Cariniana legalis, Casearia arborea, Casearia sp., Caseari sylvestris, Cupania oblongifolia, Guapira opposita, Ilex microdonta, Miconia elegans, Myrcia rostrata, Piptadenia gonoacantha, Siparuna guianensis, Sparattosperma leucanthum, Xylopia sericea.

As espécies comuns entre as parcelas de 60 e 120 anos foram: Caseari sylvestris, Cupania oblongifolia, Gomidesia sp., Guapira opposita, Myrcia rostrata, Piptadenia gonoacantha, Solanum flexuosum.

Enquanto que as parcelas de 80 e 120 anos apresentaram 10 espécies em comum: Annona cacans, Casearia sylvestris, Cupania oblongifolia, Guapira opposita, Jacaranda micrantha, Lecytis pisonis, Machaerium nyctitans, Myrcia rostrata, Piptadenia. gonoacantha, Sorocea bonplandii.

DAN **et al**. (2010) realizaram um estudo na bacia hidrográfica do rio São Domingos (BHRSD) ocupada pelo município de São José de Ubá, que faz parte do complexo hidrográfico da bacia do rio Paraíba do Sul, onde o rio São Domingos é afluente de segunda ordem.

A região estudada está inserida no domínio geoambiental do norte-noroeste Fluminense. Estacional semidecidual submontana, altamente fragmentados, praticamente todos localizados em topo de morros. Todos estes fragmentos são florestas secundárias e estão localizados em propriedades particulares. Foram alocadas 25 parcelas de 20 m x 20 m, onde foram amostradas 198 espécies, pertencentes a 52 famílias botânicas, sendo duas novas espécies, uma do gênero *Protium* (Burseraceae) e a outra de *Pseudopiptadenia* (Fabaceae), que estão em processo de descrição por especialistas.

As famílias mais ricas em espécies foram, respectivamente, Fabaceae, Euphorbiaceae, Meliaceae, Nyctaginaceae e Rubiaceae, Myrtaceae, Lauraceae e Sapotaceae, Annonaceae,

Moraceae, e Rutaceae. Entre as espécies mais abundantes tiveram destaque *Gallesia integrifolia*, *Apuleia leiocarpa*, *Piptadenia gonoacantha*, *Guarea guidonia*, *Dalbergia nigra.*, *Parapiptadenia pterosperma, Sebastiania commersoniana* .

Um total de 69 espécies (34,7%) foi representado por um único indivíduo, considerando-se a amostragem total (1,0 ha), representando 6% do total de indivíduos, sendo estas consideradas raras na comunidade.

Foi observado que entre as 10 espécies de maior Valor de Cobertura nas cinco diferentes áreas amostrais, apenas três – *Gallesia integrifolia*, *Apuleia leiocarpa* e *Pseudobombax endecaphyllum* – estiveram presentes em três das áreas. Também entre as 10 primeiras e ocorrendo em duas áreas amostrais foram registradas quatro espécies, *Dalbergia nigra*, *Guarea guidonia*, *Sebastiania commersoniana* e *Parapiptadenia pterosperma.*

Com relação à área basal por hectare, verificou-se que a maioria dos fragmentos estudados estão com valores inferiores a 30 $m^2.ha^{-1}$, e assim dentro dos valores normalmente observados para fragmentos perturbados de Floresta Estacional Semidecidual. Como exceção, ocorreu o fragmento PRO1 que apresentou valor de 48,8 $m^2.ha^{-1}$.

MORELLI **et al** (2003) desenvolveram um estudo sobre a cobertura vegetal original no município de São José dos Campos, que por sua vez situa-se transversalmente ao Vale do Paraíba do Sul.

Fisicamente, compreende desde os Morros da Serra do Mar, a transição dos morros cristalinos desta Serra, até as Colinas Tabuliformes (terraços fluviais) e destas até a Várzea do Rio Paraíba do Sul e, novamente, a passagem por colinas e morros até encontrar as Escarpas da Serra da Mantiqueira, (com uma variação altitudinal de até 1500m).

Biologicamente, ocorrendo a Floresta Ombrófila Densa Montana e Alto-Montana e a Floresta Ombrófila Mista nas escarpas da Serra da Mantiqueira, a Floresta Estacional Semidecidual Montana, nos morros da Serra do Mar e da Mantiqueira, a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, nas várzeas do Rio Paraíba do Sul e de seus afluentes e enclaves típicos de Savana Arbórea Aberta nas colinas tabuliformes, constituindo ecótones com altíssima biodiversidade florística e faunística.

Os autores verificaram que a paisagem original do município de São José dos Campos, como encontrada no século XVI pelos primeiros colonizadores, era composta por sete tipos principais de formações vegetais, dos biomas da Mata Atlântica e do Cerrado.

As formações do bioma da Mata Atlântica dominavam a maior parte da paisagem original, sendo que a Floresta Estacional Semidecidual Montana dos Morros da Mantiqueira era a mais extensa, seguida da Floresta Ombrófila Densa Montana dos Morros e Escarpas da Serra da Mantiqueira, da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e da Floresta Estacional Semidecidual dos Morros da Serra do Mar.

O bioma do Cerrado ocorria na forma de enclaves representados pela Savana Arbórea Aberta. Em menor extensão, ocorriam as formações do bioma da Mata Atlântica, a Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana e a Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana.

Das áreas florestadas presentes na Bacia cerca de 50% encontram-se em Unidades de Conservação, algumas de grande destaque nacional e internacional, como o Parque Nacional de Itatiaia, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos e a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. São cerca de 80 unidades de conservação, em diversas categorias com distintas formas de uso.

Dentre as áreas preservadas por lei na forma de Unidades de Conservação importantes áreas, na bacia do rio Paraíba do Sul, e que conservam importante cobertura vegetal podemos citar o Parque Nacional do Itatiaia (PNI). Este se situa a sudeste do Estado do Rio de Janeiro, em terras dos municípios de Resende e Itatiaia; e ao sul de Minas Gerais, abrangendo os municípios de Alagoa, Bocaina de Minas e Itamonte.

O maciço do Itatiaia é divisor de águas de duas bacias: a do rio Paraíba e a do rio Grande. A orografia é um dos principais fatores determinantes do clima do Parque Nacional do Itatiaia, pois compreende as superfícies mais elevadas da serra da Mantiqueira (IBDF, 1982).

A importância geológica da região é devida, em parte, às elevações do planalto do Itatiaia, onde o Pico das Agulhas Negras, com 2.787 m de altitude, é o sétimo ponto mais alto do Brasil. Outros picos, como a Pedra do Couto, com 2.682 m, e as Prateleiras, com 2.515 m, também se destacam no planalto. A Unidade de Conservação é caracterizada por relevos de montanhas e elevações rochosas.

As tipologias vegetais presentes no Parque são a Floresta Ombrófila Densa Montana, nas áreas onde a altitude varia de 650 a 1.500 m; Floresta Ombrófila Densa Alto Montana, acima de 1.500 m de altitude; Floresta Ombrófila Mista Montana em altitudes de cerca de 1.200 m com a presença de *Araucaria angustifolia* e Floresta Estacional Semidecidual Montana na vertente continental do parque, acima dos 500mde altitude. Na parte mais acidentada e elevada do planalto, acima de 1.600 m de altitude, começam a surgir os Campos de Altitude (IBDF, 1982; IBAMA, 1994). A região é interpretada como uma área de contacto ou transição de cobertura florestal, de floresta ombrófila densa a florestas ombrófila mista e semidecidual.

A Reserva Biológica (Rebio) do Tinguá encontra-se em parte inserida na bacia do rio Paraíba do Sul. A UC está inserida na Unidade Geomorfológica Serra dos Órgãos, onde o relevo varia do plano ao fortemente ondulado. A linha das serras é truncada devido ao sistema de falhas que bordeja a parte setentrional da Serra do Mar, sendo responsável por desnivelamentos acentuados que variam de 1.500 metros até cotas próximas ao nível da base (0 m) (MMA/IBAMA 2006). Representa um importante fragmento florestal, sendo um dos maiores remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro, e se insere no Corredor da Biodiversidade da Serra do Mar.

Em trabalho realizado na Rebio por JESUS (2009), que constitui um dos maiores e mais bem preservados remanescentes de Mata Atlântica do Estado do Rio de Janeiro foram encontradas 441 espécies em 1,7 ha de área amostral (245 espécies e 196 morfo-espécies) subordinadas a 158 gêneros e 64 famílias, isso de um total de 2378 indivíduos arbóreos identificados.

Neste trabalho as famílias mais ricas em espécies foram Myrtaceae (101), Lauraceae (38), Rubiaceae (35), Fabaceae (31), Sapotaceae (21) e Euphorbiaceae (18). Apesar da grande representatividade em abundância das famílias Arecaceae e Nyctaginaceae, estas apresentaram baixíssima riqueza devido à dominância das espécies *Euterpe edulis* (344 indivíduos), presente em todas as parcelas, e *Guapira opposita* (194 indivíduos).

As principais espécies (e morfo-espécies) com os maiores valores de importância (VI) foram: *Euterpe edulis*, *Guapira opposita*, *Malpighiaceae sp4*, *Cupania oblongifolia*, *Gomidesia spectabilis*, *Ocotea dispersa* e *Alchornea triplinervia*. Outras espécies também apresentaram destaque pelas altas densidades observadas como *Gomidesia spectabilis, Myrceugenia*

myrcioides, Psychotria glaziovii, Miconia cubatanensis, Bathysa gymnocarpa, *Duguetia microphylla* e *L*icania sp1.

O Parque Estadual de Ibitipoca (PEIB) está situado no sudeste do Estado de Minas Gerais, entre os municípios de Santa Rita de Ibitipoca e Lima Duarte e está inserido na Cadeia da Mantiqueira, cujo relevo caracteriza-se por escarpas altas ou colinas com altitudes variáveis entre 1.200 e 1.800 m. É classificado como de extrema importância biológica para a conservação, em razão de endemismos de espécies, da relevância e singularidade espeleológica e da diversidade de hábitats (Drummond et al. 2005). A vegetação do parque é formada por um mosaico de comunidades, que abriga diferentes fisionomias de florestas, Cerrado e campos rupestres.

Em estudo conduzido no Parque Estadual de Ibitipoca em que foram avaliadas áreas de floresta alto montana em ambientes de floresta madura e clareiras foram observadas avaliados 2534 indivíduos pertencentes a 118 espécies. Para as subcomunidades observadas foram encontradas as respectivas espécies com maiores valores de abundância: dossel de floresta madura - *Aspidosperma parvifolium, Alchornea triplinervea, Ocotea corymbosa, Ocotea Odorifera, Nectandra grandiflora;* sub-dossel de floresta madura: *Psychotria sessilis, Rudgea recurva, Guapira opposita, Alibertia myrciifolia, Eugenia tenuifolia;* sub-bosque de floresta madura: *Psychotria sessilis, Rudgea recurva, Guapira opposita, Alibertia myrciifolia, Eugenia tenuifolia*; clareiras: *Psychotria suterella, Nectandra membra- nacea, Guapira opposita, Mollinedia clavigera, Miconia latecrenata* (CARVALHO, et al. 2000).

RODELA (1998) conduziu um estudo sobre distribuição e florística por subfisionomias no PE Ibitipoca e verificou que as famílias que apresentavam maior quantidade de indivíduos em todas as fisionomias do Parque foram: Compositae, Orchidaceae, Melastomataceae e Bromeliaceae.

Já as fisionomias de campestre e cerrado tinham como principais famílias Graminae e Compositae.

As áreas de Floresta Estacional Semidecidual estão praticamente substituídas por pastagem, agricultura e vegetação secundária e as formações montanas (500 a 1500m) constituem os grupos mais representativos, conservando vegetação exuberante em alguns

trechos. Nestas áreas os principais gêneros são Aspidosperma, Cariniana, Piptadenia, Nectandra, Lecythis. As matas ciliares do Parque constituem uma transição entre cerrado de altitude e mata ombrófila, com fisionomia arbustiva arbórea, predominando muitas vezes a formação arbórea. As principais famílias ocorrentes nestas formações seriam: Orchidaceae, Myrsinaceae, Melastomataceae, Bromeliaceae, Labiataceae, Piperaceae, Rubiaceae, Araceae, entre outras.

O Parque Estadual do Desengano abrange área de 22.400 hectares e abrange terras dos municípios de Santa Maria Madalena (na região serrana), Campos e São Fidélis. O Parque tem grande importância conservacionista, numerosos cursos d'água têm nascentes no seu interior, sendo alguns responsáveis pelo abastecimento de núcleos povoados nos municípios que abrange. A cobertura vegetal é formada por floresta ombrófila densa montana e submontana e por campos de altitude.

Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB) está situado no extremo norte da Serra da Mantiqueira ocupando terrenos nos municípios de Araponga, Fervedouro, Miradouro, Ervália, Sericita, Pedra Bonita, Muriaé e Divino, e encontra-se totalmente inserido na Zona da Mata de Minas Gerais. Apresenta relevo acidentado por escarpas e maciços com grandes áreas de rocha aflorada. Possui inúmeras nascentes, que contribuem de maneira significativa para a formação de duas importantes bacias hidrográficas do Estado: a do rio Doce e a do Paraíba do Sul (http://www.ief.mg.gov.br). A vegetação é composta por fragmentos secundários de floresta estacional semidecídua, da formação altimontana, com campos de altitude ocupando os platôs e as escarpas isoladas, em algumas áreas acima da cota de 1.600 m (CAIAFA E SILVA, 2005).

No estudo desenvolvido por CAIAFA E SILVA (2005) sobre a composição florística de um campo de altitude no PESB foram coletadas 81espécies, distribuídas por 60 gêneros e 31 famílias.

As quatro famílias mais ricas foram Orchidaceae (14 spp.), Asteraceae (12 spp.), Melastomataceae (8 spp.) e Cyperaceae (7spp.). Três sinúsias foram identificadas no estudo, uma formada por formada por arbustos e arvoretas, outra por campos graminóides, onde predominam espécies de Poaceae, formando um mosaico com a terceira tipologia que compreende o afloramento rochoso. Apenas uma espécie ocorreu nas três sinúsias: *Croton migrans* (Euphorbiaceae).

No que se refere a formações pioneiras (restinga e mangue), concentradas no trecho inferior da bacia, próximo à foz, as restingas são caracterizadas por vegetação arbórea, árvores de pequeno porte, trepadeiras e epífitas que ocorrem nas planícies arenosas litorâneas.

Já as formações de mangue ocorrem apenas no ambiente halófilo da desembocadura do rio Paraíba do Sul. O manguezal apresenta poucas espécies vegetais que se adaptam às estressantes condições do meio – alta salinidade, solos lodosos, pouco aerados, fluxos e refluxos de marés doces e salgadas das regiões estuarinas, mas é um ecossistema de alta produtividade e apresenta a importante função de retenção e filtragem dos sedimentos carreados pelas águas interiores e costeiras (COPPETEC 2007).

Em estudo de estrutura e composição florística de ASSUNÇÃO & NASCIMENTO (2000) realizado próximo a foz do Rio Paraíba do sul foram descritas na restinga da região um total de 96 espécies.

Estas espécies encontraram-se distribuídas em 48 famílias, sendo as de maior riqueza: Myrtaceae (12 espécies), Leguminosae (7 espécies), Bromeliaceae (5 espécies), Cactaceae (5 espécies) e Rubiaceae (4 espécies). As espécies de maior IVC foram *Remirea marítima* (46,9), *Ipomoea imperati* (45,5), *Sporobolus virginicus* (41,7), *Chamaecyse thymifolia* (17,6) e *Panicum racemosum* (17). Entre as famílias, foi encontrada predominância de Gramineae com 28% das espécies, seguida por Amaranthaceae, com 18% das espécies e as demais famílias que apresentaram 9% de espécies cada.

Nesta formação de restinga foram observadas quatro unidades fisionômicas ocorrentes na área. Nas avaliações dentro destas unidades foram observadas através do Índice de Valor de Cobertura as espécies dominantes em cada formação: 1) Formação Praial Graminóide: *Remirea maritima*, *Ipomoea imperati*, *Sporobolus virginicus* e *Chamaecyse thymifolia*; 2) Formação Praial com Moitas: *Schinus terebinthifolius*, *Eugenia sulcata*, *Pilosocereus arrabidae* e *Cereus fernambucensis*; 3) Formação de Clusia: *Pera glabrata, Eugenia sulcata, Sideroxylon obtusifolium e Scutia arenicola*; 4) Formação Mata de Restinga: *Maytenus obtusifolia*, *Pera glabrata*, *Protium heptaphyllum* e *Coccoloba alnifolia* (ASSUNÇÃO & NASCIMENTO, 2000).

12.5 **ICTIOFAUNA**

A região neotropical possui fauna de peixes de água doce das mais diversificadas do mundo (VIEIRA, 2008). Apesar das disparidades entre as estimativas disponíveis na literatura em relação às espécies de água doce, a ordem de grandeza é superlativa: 2.400 – 4.000 para MCALLISTER **et al**. (1997), 4.475 para REIS **et al**. (2003) e até mesmo cerca de 8.000 (SCHAEFER, 1998).

Considerando apenas o Brasil, estimativas apresentadas por LEWINSOHN & PRADO (2002) demonstraram a ocorrência de 2.657 espécies de peixes ósseos, número atualizado para 3.261 (LEWINSOHN & PRADO, 2005).

BUCKUP & MENEZES (2003, **apud** Agostinho **et al**. 2005) apontam a ocorrência de 2.122 espécies, enquanto MCALLISTER **et al**. (1997) estimam em 3.000 espécies de peixes de água doce exclusivas do país.

Por sua proximidade de grandes centros urbanos e de alguns dos principais institutos brasileiros de pesquisa zoológica estabelecidos ao longo da história, a bacia do rio Paraíba do Sul foi alvo de diversas amostragens ictiológicas.

Embora permaneçam dúvidas e lacunas no conhecimento e ainda se registrem novas espécies de peixes ou novas ocorrências pode-se considerar que a bacia como um todo é bem conhecida.

Levantamentos pontuais tiveram início ainda no século XIX, com o advento das expedições naturalísticas, dentre as quais se destacam a expedição Thayer, iniciada em 1865 sob a coordenação de Louis Agassiz. Embora estruturada dentro dos princípios filosóficos da *Naturphilosophie*, esta expedição conferiu especial atenção aos estudos ictiofaunísticos, sendo um importante referencial histórico da ocorrência de espécies.

O catálogo "*Os Peixes de Água Doce do Brasil*" (FOWLER, 1948, 1950, 1951, 1954) pode ser considerado como a primeira compilação das espécies de peixes da bacia do rio Paraíba do Sul (VIEIRA, 2010). Neste documento foram relatadas mais de 90 espécies para o sistema.

O volume de trabalhos sobre a ictiofauna da bacia do rio Paraíba do Sul aumentou significativamente a partir da década de 70.

Embora muitos dos trabalhos produzidos a partir deste período ainda mantenham conotação eminentemente taxonômica (que tanto caracterizavam os trabalhos publicados nos séculos XIX e início e meados do século XX, enfocando esta bacia em particular) [e.g., LANGEANI (1990), CARAMASCHI & CARAMASCHI (1991),COSTA (1992), MAZZONI et al. (1993), MAZZONI & PERES-NETO (1994), BIZERRIL (1995a), BOCKMANN et al. (1996), OLIVEIRA (1997), PEREIRA (1997), MELO (2000), GAUGER & BUCKUP, 2005, LUCINDA (2008), OTTTONI & COSTA (2008), LIMA et al (2008)], muitos dos artigos e estudos efetuados assumem uma conotação ecológica.

Assim, além de consistirem em levantamentos taxonômicos, há a preocupação de descrever aspectos relativos a distribuição, reprodução e interação da ictiofauna com aspectos bióticos e abióticos da bacia.

Dentre os levantamentos gerais destacam-se os trabalhos de BRITSKI (1972) que, ao descrever a ictiofauna do estado de São Paulo, listou as espécies do rio Paraíba do Sul, com especial ênfase às presentes em território paulista, de NUNANN **et al**. (1983), que apresentaram um levantamento da ictiofauna do Paraíba do Sul entre a UHE de Funil e a cidade de Barra do Pirai, de ARAÚJO (1983), que ao coordenar o "Projeto de Biotetecção de Tóxicos em Sistemas Fluviais de Utilização em Captação de Água em Sistemas Públicos de Abastecimento", relacionou as espécies da bacia, de ARAÚJO (1985; 1996), que tratou da composição e da estrutura da comunidade de peixes do médio e baixo Paraíba do Sul, de ESPIRITO-SANTO **et al**. (1997), que relataram a ocorrência de 28 espécies de peixes em Pindamonhangaba, SP e LIMA (1997) que efetuou levantamento da ictiofauna do alto curso do rio Paraíba do Sul.

ARAÚJO **et al**., (1996) apresentaram trabalhos enfatizando aspectos de distribuição e abundância de peixes nos trechos médio e baixo da bacia.

BIZERRIL, (1997) fez coletas no rio Muriaé estabelecendo correlação entre a biodiversidade e algumas características físico-químicas da água. BIZERRIL & CAFFE (1997), dentro do escopo dos estudos de bioindicação desenvolvidos pela Cooperação Brasil França, apresentaram estudo acerca da ictiofauna do rio Grande.

MELO (2001), ao realizar revisão taxonômica das espécies de *Astyanax* da região da Serra dos Órgãos, relacionou as espécies presentes no rio Grande/Dois Rios .

LIMA **et al** (2002) realizaram levantamento da ictiofauna do rio Ururaí, afluente da bacia da Lagoa Feia. MELO **et al** (2006) caracterizaram a ictiofauna do curso médio superior do rio Carangola.

PEIXOTO (2003) descreveu as assembleias de peixes existentes no trecho entre Queluz e Além Paraíba.

TEIXEIRA **et al**. (2004), ao avaliar comunidades de peixes de trechos impactados no rio Paraíba do Sul realizou amostragens no período seco e chuvoso entre 2000 e 2003 também no baixo curso do rio Paraíba.

ESTILIANO (2006) para avaliar as influências da geomorfologia sobre a distribuição da ictiofauna da bacia, incluiu em sua malha de amostragem as localidades de São Fidélis, Italva, Campos dos Goytacazes e São João da Barra.

BRAGA (2007) estudou aspectos taxonômicos e ecológicos das comunidades de peixes do rio Pomba. MENEZES& CARAMASCHI (2007) descreveram a distribuição do sairú (*Cyphocharax gilbert*) no baixo curso do rio Paraíba do Sul.

OYAKAWA & MENEZES (2010) listaram as espécies presentes na porção paulista da bacia.

Aspectos relacionados à pesca na bacia do Paraíba do Sul e em ambientes periféricos foram sintetizados nos trabalhos de BARROSO (1989) e BARROSO & BERNARDES (1995).

Somam-se aos trabalhos técnicos de divulgação dentro do universo acadêmico, diversos estudos de avaliação ambiental elaborados por instituições diversas. Destas, destacam-se os trabalhos da FEEMA, sobre a ictiofauna de diversos setores da bacia situados dentro do território fluminense (cf. BARROS, 1989), o estudo da MONASA (1986), o convênio ENGEVIX/URFJ (1991), que enfocou a distribuição da ictiofauna no trecho entre Três Rios e Campos dos Goytacazes e a avaliação do trecho entre Funil e Santa Cecília realizada pelo INEA (2010).

BIZERRIL (1998, 1999) apresentou uma análise de toda a bacia do rio Paraíba do Sul, sintetizando informações existentes e apresentados novos dados obtidos ao longo de cinco

anos de coletas realizadas na bacia, dois dos quais estiveram integrados à Cooperação Brasil-França para o estudo da bacia do rio Paraíba do Sul.

Estes dados, acrescidos dos demais levantamentos produzidos até o final do século XX foram integrados em BIZERRIL & PRIMO (2001).

Posteriormente, ARAÚJO & NUNNAN (2005) discorreram sobre alterações sofridas pela ictiofauna da bacia devido a poluição e demais interferências antrópicas.

VIEIRA(2010) sintetizou as informações acerca da ictiofauna de trechos da bacia do rio Paraíba do Sul no estado de Minas Gerais.

No que se refere aos ambientes lacustres associados a bacia, A lagoa de Iquipari, situada no município de São João da Barra, foi alvo de estudo desenvolvido por LIMA **et al** (1996, 2001), os quais enfocaram especificamente a questão do impacto produzido pela abertura de barra sobre as ictiocenoses.

BIZERRIL & PRIMO (2001) apresentaram caracterização da ictiofauna das lagoas de Cima e Feia, bem como sua rede de drenagem associada. SOUZA **et al** (2009) descreveram a ecologia da traíra (*Hoplias malabaricus*) na lagoa do Campelo. NP CONSULTORIA AMBIENTAL (2011) realizou, dentro do âmbito do Projeto Ramsar, caracterização ictiofaunística da lagoa da Cataia, do Veiga e no Banhado Boa Vista.

Deve-se destacar ainda os diversos estudos de avaliação ambiental elaborados por instituições diversas, em especial aqueles realizados dentro do âmbito de processos de licenciamento das Pequenas Centrais Hidrelétricas e usinas previstas ou em operação neste setor.

O número de espécies de peixes da bacia do rio Paraíba do Sul como um todo foi calculado em 160 na síntese apresentada por BIZERRIL & PRIMO (2001).

Como afirma VIEIRA (2010), considerando que foi decorrida cerca de uma década desde a publicaçãodeste estudo e que neste período diversas espécies foram descritas, os valores finais de biodiversidade devem ser bem maiores.

Integrando todas as informações disponíveis até o presente chega-se a um quantitativo de 185 espécies, conforme quadro a seguir.

Quadro 12.2 Ictiofauna da bacia do rio Paraíba do Sul

Taxon	Nome Vulgar
ANGUILIFORMES	
OPHICHTHYIDAE	
Myrophis punctatus	Moreia
ELOPIFORMES	
ELOPIDAE	
Elops saurus	Tabarana
CLUPEIFORMES	
CLUPEIDAE	
Brevoortia aurea	Savelha
Platanichthys platana	Sardinha
ENGRAULIDIDAE	
Anchoa januaria	Manjuba
A. tricolor	Manjuba
Anchovia clupeoides	Manjuba
Anchoviella lepidentostole	Manjuba
Cetengraulis edentulus	Manjuba
Lycengraulis grossidens	Manjuba dentuça
CHARACIFORMES	
ERYTHRINIDAE	
Hoplias malabaricus	Traíra
Hoplerythrinus unitaeniatus	Morobá
PROCHILODONTIDAE	
Prochilodus lineatus	Curimbatá
P. vimboides	Curimbatá de lagoa
CURIMATIDAE	
Cyphocharax gilbert	Sairú
CRENUCHIDAE	
Characidium alipioi	Canivete
Characidium sp.1	Canivete
Characidium sp.2	Canivete

Taxon	Nome Vulgar
Characidium sp.3	Canivete
Characidium sp.4	Canivete
C. laroi	Canivete
C. interruptum	Canivete
ANOSTOMIDAE	
Leporinus copelandii	Piau vermelho
L. conirostris	Piau branco
L. cf. *steindachneri*	Piau
Hypomasticus thayeri	Piau
Leporinus mormyrops	Piau
PARODONTIDAE	
Apeirodon sp.	Chiquinha
CHARACIDAE	
Gen.nov.sp.nov	Lambari dentuço
Mimagoniates microlepis	Tetra azul
Oligosarcus hepsetus	Bocarra
Oligosarcus argenteus	Bocarra
Astyanax sp1	Lambari
Astyanax sp2	Lambari
A. bimaculatus	Lambari
A.parahybae	Lambari
A. giton	Lambari
A. intermedius	Lambari
A.janeiroensi	Lambari
A. aff. scabripinnis	Lambari
A. taeniatus	Lambari
Bryconamericus sp.1	Lambari
Bryconamericus sp.2	Lambari
Bryconamericus tenuis	Lambari
Piabina argentea	Lambari

Taxon	Nome Vulgar
Deuterodon sp.	Lambari
Deuterodon parahybae	Lambari
D. pedri	
Hasemania sp.	Lambari
Hyphessobrycon bifasciatus	Lambari
Hyphessobrycon duragenys	Lambari
Hyphessobrycon flammeus	Lambari
H. aff. luetkeni	Lambari
H.reticulatus	Lambari
Probolodus heterostomus	Lambari
Cheirodon parahybae	Lambari
Brycon opalinus	Pirapitinga
Brycon insignis	Piabanha
SILURIFORMES	
ARIIDAE	
Cathrosp spixii	Bagre
Genidens genidens	Bagre urutu
Netuma barba	Bagre-branco
Sciadeichthys luniscutis	Bagre
PIMELODIDAE	
Steindachneridion parahybae	Surubim
PSEUDOPIMELODIDAE	
Microglanis parahybae	Sem nome vulgar
HEPTAPTERIDAE	
Acentronichthys leptus	Sem nome vulgar
Imparfinis minutus	Sem nome vulgar
Pimelodella sp.	Mandi
P. brasileinsis	Mandi
P. eigenmanni	Mandi
P. hartti	Mandi
P. lateristriga	Mandi

Taxon	Nome Vulgar
Rhamdiopsis sp.	Sem nome vulgar
Rhamdioglanis frenatus	Mineiro branco
Rhamdia quelen	Jundiá
Taunaia bifasciata	Bagrinho
AUCHENIPTERIDAE	
Glanidium melanopterum	Cumbaca
Trachelyopteruus striatulus	Cumbaca
TRICHOMYCTERIDAE	
Microcambeva sp.	Cambeva
M. barbata	Cambeva
Trichomycterus albinotatus	Cambeva, maria mole, moreia
T. auroguttatus	Cambeva, maria mole, moreia
T. florensis	Cambeva, maria mole, moreia
T. goeldii	Cambeva, maria mole, moreia
T. immaculatus	Cambeva, maria mole, moreia
T. itatiayae	Cambeva, maria mole, moreia
T. mimonha	Cambeva, maria mole, moreia
T. mirissumba	Cambeva, maria mole, moreia
T. paquequerensis	Cambeva, maria mole, moreia
T. santae-ritae	Cambeva, maria mole, moreia
T. caipora	Cambeva, moréia
T. travassoi	Cambeva, maria mole, moreia
T. triguttatus	Cambeva, maria mole, moreia
T. vermiculatus	Cambeva, moréia
CALLICHTHYIDAE	
Callichthys aff. *callichthys*	Tamboatá
Hoplosternun litoralle	Sassá-mutema
Scleromystax barbatus	Limpa-fundo
S. prionotus	Limpa-fundo
Corydoras nattereri	Limpa-fundo
LORICARIIDAE	

Taxon	Nome Vulgar
Neoplecostomus microps	Cascudo
N. variipictus	Cascudo
Harttia carvalhoi	Caximbau
H. loricariformes	Caximbau
Loricariichthys castaneus	Caximbau
Rineloricaria sp1	Caximbau
Rineloricaria sp2	Caximbau
Rineloricaria sp3	Caximbau
Rineloricaria lima	Caximbau
Rineloricaria nigricauda	Caximbau
Rineloricaria steindachneri	Caximbau
Hemipsilichthys papilusus	Cascudinho
H. gobio	Cascudinho
Pseudotocinclus parahybae	Cascudinho
Hisonotus notatus	Cascudinho
Otocinclus affinis	Cascudinho
Otothyris lophophanes	Cascudinho
Parotocinclus maculicauda	Cascudinho
P. muriaensis	Cascudinho
Schizolecis guntheri	Cascudinho
Delturus parahybae	Cascudo
Pareioprhina rudolphi	Cascudinho
Pareiorhina hyptiorhachis	Cascudinho
Pareiorhina brachyrhyncha	Cascudinho
Hypostomus affinis	Cascudo
H. ancistroides	Cascudo
H. luetkeni	Cascudo
Hypostomus sp.	Cascudo
Pogonopoma parahybae	Cascudo
Rhinelepis aff. *aspera*	Cascudo
Ancistrus sp	Cascudo

Taxon	Nome Vulgar
GYMNOTIFORMES	
STERNOPYGIDAE	
Eigenmannia virescens	Sarapó
HYPOPOMIDAE	
Brachypopomus janeiroensis	Sarapó
GYMNOTIDAE	
Gymnotus carapo	Sarapó
G.sylvius	Tuvira
G. pantherinus	Sarapó
BELONIFORMES	
BELONIDAE	
Strongylura marina	Peixe agulha
S. timucu	Peixe agulha
CYPRINODONTIFORMES	
POECILIIDAE	
Poecilia vivipara	Barrigudinho
Phallopthychus januarius	Barrigudinho
Phallotorhynus fasciolatus	Barrigudinho
Phalloceros leptokeras	Barrigudinho
Phalloceros harpagos	Barrigudinho
ANABLEPIDAE	
Jenynsia multidentata	Barrigudinho
ATHERINIFORMES	
ATHERINIDAE	
Xenomelaniris brasiliensis	Peixe-rei
SYNGNATHIFORMES	
SYNGNATHIDAE	
Oostethus lineatus	Cachimbo
Pseudophalus mindi	Cachimbo
SYNBRANCHIFORMES	

Taxon	Nome Vulgar
SYNBRANCHIDAE	
Synbranchus marmoratus	Mussum
MUGILIFORMES	
MUGILIDAE	
Mugil curema	Parati
M. gaimardinus	Tainha
M. liza	Taínha
PERCIFORMES	
CENTROPOMIDAE	
Centropomus parallelus	Robalo
C. undecimalis	Robalo
CARANGIDAE	
Caranx bartholomei	Pampo
C. crysos	Xerelete
C. hippos	Pampo
C. latus	Pampo
Oligoplites saurus	Pampo
Trachinotus carolinus	Pampo
T. falcatus	Pampo
GERREIDAE	
Diapterus lineatus	Carapeba
D. rhombeus	Carapeba
Gerres aprion	Carapicu
SCIANIDAE	
Micropogonias furnieri	Corvina
Pachyurus adspersus	Corvina
Bairdiella ronchus	Corvina
CICHLIDAE	
Autraloherus aff. facetus	Acará-ferreirinha
Australoheros muriae	Acará-ferreirinha
Crenicichla lacustris	Jacundá

Taxon	Nome Vulgar
Geophagus brasiliensis	Acará
ELEOTRIDIDAE	
Dormitator maculatus	Moreia, emborê
Eleotris pisonis	Moreia, emborê
Guavina guavina	Moreia, emborê
GOBIIDAE	
Awaous tajasica	Peixe-flor
Bathygobius soporator	Maria da toca
Gobionellus boleosoma	Sem nome vulgar
G. oceanicus	Sem nome vulgar
Gobionelus sp.	Sem nome vulgar
PLEURONECTIFORMES	
ACHIRIDAE	
Achirus lineatus	Linguado
PARALICHTHYIDAE	Linguado
Paralichyhys sp.	Linguado
Paralichthys brasiliensis	Linguado
P. isoscelles	Linguado
P. orbignyana	Linguado
P. triocellatus	Linguado
TETRAODONTIFORMES	
TETRAODONTIDAE	
Sphoeroides greeleyi	Baiacu
S. spengleri	Baiacu
S. testudineus	Baiacu

Deve-se destacar que revisões taxonômicas ainda se fazem necessárias para confirmar a correta designação de alguns grupos, especialmente no que se refere aos gêneros *Astyanax, Deuterodon, Rineloricaria, Trichomycterus* e *Characidium*.

Estes grupos, que compreendem espécies de pequeno porte, demandam ampla revisão taxonômica para melhor diagnose de espécies e mesmo para a descrição de formas ainda desconhecidas pela Ciência.

Por exemplo, OYAKAWA & MENEZES (2011) destacam a questão de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758), cuja localidade-tipo seria provavelmente no Suriname. Análises preliminares indicariam que formas de *Astyanax* do grupo *bimaculatus*, portadoras de determinadas características como nesta espécie, ocorreriam somente na bacia Amazônica e ao norte desta; não ocorrendo, portanto na bacia em estudo. Portanto grupos atualmente designados por este epíteto deverão ser desmembradas em várias espécies quando se realizarem análises mais criteriosas das mesmas.

Como outro exemplo pode-se citar o banco de dados apresentado em http://biodiversidade.uenf.br/ que considera a existência de mais de 7 espécies ainda não descritas de *Trichomycterus* e 9 de *Characidium* apenas nas bacias do rio Imbé (integrado a bacia da lagoa Feia) e do rio Muriaé, número este muito superior ao listado no presente documento.

Assim é provável que o aprofundamento no estudo destes grupos venha a aumentar a riqueza de espécies da área em estudo.

Em paralelo, faz-se necessário definir a real ocorrência de outros grupos de pequeno porte, como *Piabina argentea*, que provavelmente refere-se à *Bryconamericus*, assim como o status taxonômico de pequenos lambaris como *Cheirodon parahybae*, considerado sinônimo de *C. ibichuensis* e não presente na área em estudo por MALABARBA (1994, 1998), porém mencionado em outros estudos e avaliações (BIZERRIL & PRIMO, 2001; ICMBio, 2012).

Para alguns grupos de ampla distribuição no Brasil estudos de revisão vêm revelando que espécies outrora consideradas únicas compreendiam, em verdade, complexos de espécies.

Este fato é bem característico dos gêneros *Hoplias*, *Astyanax* (notadamente os complexos *bimaculatus, scabripinnis* e *fasciatus*) e de aplicaria a espécie *Hyphessobrycon luetkeni*, listada neste documento.

Não necessariamente estes estudos tendem a aumentar o número de espécies da bacia, mas podem resultar em revisões nomeclaturais.

Há ainda uma indefinição derivada da possibilidade de que algumas das espécies consideradas como nativas sejam, em verdade, introduzidas. Nesta categoria destaca-se o registro de *Hoplias intermedius*, na bacia do rio Glória, afluente do rio Muriaé.

A espécie foi descrita principalmente a partir de espécimes das bacias dos rios Doce, Paraná e São Francisco, sendo em que muitas localidades o autor (OYAKAWA & MATTOX, 2009) hipotetizam que a espécie foi introduzida.

Sendo o rio Glória justamente uma área onde ocorre um número elevado de invasões biológicas, não possível afirmar com certeza que se tratar de um grupo autóctone da área em estudo.

O mesmo é válido para a forma tratada como *Hypostomus* sp. no presente estudo, como abordado em item específico.

Por outro lado, algumas espécies descritas recentemente, notadamente aquelas pertencentes aos gêneros *Australoheros* e *Phalloceros* foram diagnosticadas com base em algumas características altamente variáveis e, não raro, com forte influência epigenética.

Caso se confirma a inconsistência dos caracteres empregados, ocorreria uma redução no numero de espécies atualmente reconhecido para estes gêneros.

Cerca de 20% das espécies identificadas na bacia são marinhas. Destas, robalos (*Centropomus* spp.), tainhas (*Mugil* spp.), peixe flor (*Awaous tajasica*) e cachimbos (Syngnathidae) são aquelas que apresenta maior amplitude de distribuição, ocorrendo em grande parte do baixo curso do rio Paraíba do Sul.

Espécies de Synghnathidae e principalmente o gobiideo *Awaous tajasica* foram coletados em diferentes estágios de desenvolvimento no interior da bacia, incluindo as fases de juvenil, imaturo e de adulto com gônadas bem desenvolvidos, aspectos estes que sugerem se tratar de táxons que fecham o seu ciclo vital no interior da bacia (BIZERRIL & PRIMO, 2001).

Para outros grupos marinhos a distribuição no interior da bacia pode ser ampliada ou reduzida de acordo com o comportamento da cunha salina.

Este comportamento, além de influenciado por eventos naturais de cheia e estiagem está intimamente relacionado com o histórico da implantação da transposição para o sistema Guandu.

Os marcos legais têm sofrido revisões e mudanças, que certamente se refletem não apenas na expansão e retração das espécies marinhas eurialinas como em evento inverso para os grupos dulcícolas estenoalinos.

Muitas espécies, notadamente de Mugilidae, Atherinidae, Clupeidae e Eleotrididae são também encontradas em lagoas marginais, mesmo em situações em que as mesmas encontrem-se totalmente isoladas de corpos fluviais adjacentes e mesmo distantes da linha de costa.

Este padrão ilustra a interconexão ainda existente entre estes sistemas, em especial durante grandes cheias, que permite o fluxo populacional.

Nos lagos costeiros mais próximos da linha do Atlântico, como por exemplo a Lagoa de Iquipari estuda por LIMA **et al** (1999, 2001), a presença destas espécies é explicada pelas aberturas de barra, naturais ou antrópicas.

A origem das linhagens evolutivas nas quais se inserem as espécies de peixes de água doce atualmente registradas na bacia do rio Paraíba do Sul data de período anterior ao da formação da bacia em estudo.

Estudos desenvolvidos enfocando a biogeografia da unidade ictiogeográfica em que se insere o rio Paraíba do Sul (i.e., leste brasileiro; vide BIZERRIL, 1994, BIZERRIL & PRIMO, 2001, RIBEIRO, 2006), permitem concluir que ictiofauna de água doce do baixo curso do Rio Paraíba do Sul, e do sistema do Paraíba do Sul como um todo, possui origem temporal mista que remonta principalmente o Mioceno, embora períodos anteriores (i.e., Cretáceo) não sejam descartados (cf. RIBEIRO, 2006), e que se somam a eventos derivados dos movimentos de transgressão e regressão marítima, ocorridos no quaternários.

BIZERRIL & PRIMO (2001) já destacaram, enfocando a região leste-brasileira como um todo como uma área antiga que possui ictiofauna com identidade própria e uma alta taxa de espécies endêmicas (GERY, 1969, BOHLKE et al., 1978; BIZERRIL, 1994).

Esta unidade exibe duas grandes sub-regiões (cf. BRITSKI, 1994), que compreendem o trecho entre o extremo sul da Serra Geral (RS) e as bacias dos rios Reis Magos e Santa Maria (ES) (subunidade do sudeste; sensu BIZERRIL, 1994) e o setor entre o limite norte apresentado e o Rio São Francisco (subsistema do leste; **sensu** BIZERRIL, op.cit.).

Desta forma, pode-se enquadrar os ecossistemas em estudo na província ictiogeográfica do sudeste brasileiro.

A província sudeste, embora possua composição ictiofaunística bastante distinta do apresentado por outras zonas ictiogeográficas reconhecidas na região Neotropical, não representa uma unidade totalmente homogênea, sendo possível reconhecer subáreas agrupadas por exibirem maior nível de similaridade entre si.

Análise comparativa preliminar foi apresentada por BIZERRIL (1996) servindo de subsídios para BIZERRIL & LIMA (1997) reconhecerem os 8 subdomínios ictiogeográficos que integram a região sudeste brasileira.

Um padrão particularmente curioso é observado dentro da subprovíncia do sudeste (e na região leste brasileira, **sensu lato**), que pode ser resumido como segue:

- Muitas das taxas presentes nesta região consistem nos grupos mais basais dentro dos cladogramas (i.e., árvores filogenéticas) já elaborados. É o que se observa para o gênero *Steindachneridion, Glanidium, Simpsonichthys* e para espécies como *Otocinclus affinis*, por exemplo (cf. COSTA, 1996; SCHAEFER, 1997; MALABARBA et al., 1998, dentre outros). Este padrão inicial sugere se tratar de uma unidade geográfica com fauna antiga. Embora a taxa de endemismos seja alta, quando comparando a região leste como as demais unidades ictiogeográficas, ela é baixa quando comparando as diferentes bacias hidrográficas do leste. Em outras palavras, muitas das bacias locais exibem ictiofauna similar, o que sugere baixa especiação.

- Os sistemas fluviais da região são de pequeno porte e usualmente com baixa complexidade geral, o que acarreta dois processos:

- Inicialmente estes sistemas são particularmente susceptíveis a ocorrências de eventos catastróficos. Dado ao seu pequeno porte e sua simplicidade, em muitos dos complexos fluviais do sudeste brasileiro em especial eventos como fortes chuvas

podem conduzir alterações significativas na paisagem fluvial. HARVEY (1987), STARRETT (1951), dentre outros, mostram a ocorrência de mortandade de organismos em pequenos rios de outras áreas biogeográficas. Durante chuvas fortes é esperado que processo similar ocorra nos rios em enfoque.

- Rios pequenos e com baixa complexidade tendem a manter populações naturalmente pequenas, logo com menor capacidade de repor estoques e com maior tendência a reduções na variabilidade genética ao longo de períodos geológicos.

Integrando as premissas levantadas (i.e., uma região antiga, com baixa especiação e com alta instabilidade geral, seja dos ambientes seja do tamanho das populações) verifica-se, dentro da região leste e especialmente na subprovíncia do sudeste, um quadro no qual processos de extinção aparentemente dominam o panorama evolutivo local.

Neste sentido, impactos antrópicos tendem a apresentar uma magnitude e uma importância muito superior no sudeste do que nas demais áreas ictiogeográficas e, logo, o manejo destes sistemas requer ações específicas, enquadradas dentro da dinâmica evolutiva da região (BIZERRIL & PRIMO, 2001).

Mais recentemente RIBEIRO (2006), após detalhada análise integrada da evolução geológica do leste brasileiro e a histórica filogenética dos grupos de peixes locais verificou, a semelhança do previamente hipotetizado por BIZERRIL & PRIMO (2001) a presença nas drenagens costeiras do leste brasileiro de uma fauna antiga, grupo irmão de táxons presentes em outras bacias interiores e mais diversificados permite hipotetizar que os eventos iniciais cladogênese estiveram relacionados com a origem das primeiras bacias que fluíram para o oceano Atlântico.

STIASSNY & PINNA (1994) verificaram que taxa basais em suas linhagens filogenéticas são usualmente pobres em número de espécies quando comparadas com seus grupos irmãos e em geral possuem distribuição geográfica restritas. RIBEIRO (2006) transportou esta observação pra bacias costeiras do leste brasileiro, onde exemplos desta fato compuseram o padrão por ele denominado “Padrão A” de distribuição geográfica.

Exemplos citados foram os Trichomycteridae das subfamilias Trichogeninae (*Trichogenes*) and Copionodontinae (*Glaphyropoma* e *Copionodon*), além do doradideo *Werthmeria*.

Com base no Padrão A, RIBEIRO (2006) propôs o períodoMesozoico (Cretáceo) como a fase inicial de diversificação de fauna endêmica e ainda presente nesta região.

Utilizando o mesmo princípio empregado por RIBEIRO (2006), ou seja, a condição plesiomórfica e a baixa diversificação de determinado táxon, consideramos que o gênero ao qual pertence o surubim do Paraíba (*Steindachneridion*) também exiba esta origem remota.

Embora a posição de *Steindachneridion* dentro da filogenia de Pimelodidae ainda não esteja claramente definida, PINNA (1998) situa o gênero (juntamente com *Merodontotus, Piramutana, Goslinea, Brachyplatystoma* e *Platynematichthys* em cladograma não resolvido) como grupo irmão de *Hemisorubim, Zungaro, Sorubin. Pseudoplatystoma* e *Sorubinichthys*.

Mais recentemente posição basal de *Steindachneridion* foi sugerida por LUNDBERG & AKAMA (2005).

Neste contexto, o padrão de distribuição e a idade do grupo não se encaixa na hipótese de GARAVELLO (2005) que sugere que “the distribution of the remaining three species of the genus, S. parahybae, S. doceanum, and S. amblyurum, following PFLUG (1969), may reflect the Quaternary isolation of the Brazilian eastern coast. Steindachneridion doceanum is primarily found in the main channel of rio Doce that have become isolated from the rio Doce valley only during the Quaternary; this fact was also mentioned by MENEZES (1987) when studying isolated species of genus Oligosarcus from the eastern coast of Brazil. Due to this factor, S. doceanum might perhaps have become secondarily isolated from S. amblyurum which is endemic from rio Jequitinhonha and from S. parahybae, which is endemic to the rio Paraíba do Sul basin”.

Ademais, como descrito na sequencia do documento, o padrão biogeográfico do grupo não se encaixa no processo de interconexões fluviais associadas aos eventos transgressivos e regressivos do mar do Quaternário.

Na sequencia, reconhece-se um padrão de origem temporalmente intermediário (Padrão B – sensu RIBEIRO, 2006), datado do Terciário, notadamente do Oligoceno e Mioceno.

Um exemplo do Padrão B é o gênero *Scleromystax* (Siluriformes: Callichthyidae: Aspidoradini), com quatro espécies endêmicas de drenagens costeiras entre os Estados do

Espírito Santo e Santa Catarina, duas das quais – *S. barbatus* e*S. prionotus* – presentes no baixo curso do rio Paraíba do Sul e em sua rede de drenagem.

Scleromystax é o grupo irmão do gênero mais diversificado *Aspidoras* (BRITTO,2003) que, por sua vez contém 18 espécies, amplamente distribuídas em águas interiores e sistemas costeiros (REIS, 2003).

Outro exemplo é o gênero *Lignobrycon*, com duas espécies descritas, *L*. *myersi* do rio do Braço(Bahia) e *L*. *ligniticus,* espécie extinta representada no registro fóssil daformaçãoTremembé (Oligocene- Miocene, bacia do rio Paraíba do Sul em SãoPaulo) (RIBEIRO, 2006).

A hipótese atualmente aceita é de que *Lignobryconis*é o grupo irmão do amplamente distribuído gênero Cis-Andino *Triportheus* (MALABARBA, 1998) (Fig. 10b).

Cascudos do grupo *Rhinelepis* (ARMBRUSTER,1998) possuem padrões filogenéticos e biogeográficos similares.*Pogonopomawertheimeri*, do rioMucurí e SãoMateus, e *Pogonopomaparahybae*, do rioParaíbado Sul, são grupos irmãos.

Ambas as espécies são consideradas grupo irmão de *P. obscurum*, do alto rio Uruguai (QUEVEDO& REIS, 2002).

O gênero *Pogonopoma*, por sua vez, é hipotetizado como sendo o grupo irmão do gênero Rhinelepis (ARMBRUSTER, 1998; QUEVEDO& REIS, 2002), que ocorre tanto no rio Paraná como na bacia do rio São Francisco, no rioParaíba do Sul e nordeste Brasileiro, no ultimo caso se tratando provavelmente de introdução antrópica (ARMBRUSTER, 1998, **apud** RIBEIRO, 2006).

A presença de uma ictiofauna moderna na bacia do rio Paraíba do Sul durante o Oligoceno (35 a 23 milhões de anos A.P.) é confirmada pelos registros fósseis da formação Tremembé, SP.

Peixes são extremamente abundantes nos registros fósseis desta formação, incluindo representantes dos atuais bagres († *Steindachneridion inhering*), acarás († *Santosius antiqus; Tremembeichthys paulensis*) lambaris († *Megacheirodon unicus,* † *Lignobrycon*

ligniticus), piabanhas († *Brycon avus*) e sairus († *Cyphocharax mosesi*) (MALABARBA, 1998).

No Mioceno a ictiofauna da bacia mantinha-se em sistema bastante diferenciado do atual, conforme descrito no item acerca da evolução geológica deste sistema.

Pelos dados disponíveis em registro fóssil, observa-se que grupos atuais, como *Cyphocharax*, *Brycon* e *Steindachneridion* estavam presentes na bacia, em sua porção superior, correspondente a "zona paulista" de LAMEGO (1950).

Por fim, a composição da ictiofauna da área em estudo reflete também eventos vicariantes mais recentes entre as cabeceiras fluviais e entre as drenagens costeiras adjacentes.

De acordo como modelos recentes o amplamente distribuído sistema de *rifts* e outras descontinuidades da crosta presentes na margem divergente da América do Sul atuam como zonas de fragilidade mais susceptíveis a atividade tectônica e a deformações (SAADI, 1993; SAADI**etal**., 2002).

Diversos eventos fluviais associam-se a atividade tectônica, destacando-se as capturas fluviais (RIBEIRO, 2006). Este processo causou siginficativointercâmbio de espécies nos sistemas costeiros com início a cerca de 1.5 milhos de anos A.P. .

Na área em estudo a captura de cabeceiras do rio Grande (sistema da bacia do rio Paraná) pelo Paraibuna e do Paraibuna pelo rio Pomba em período geológico mais recente é uma explicação pela presença de representantes dos gêneros *Rhamdiopsis* e *Hasemannia* (vide BIZERRIL & BOCKMANN, 1997, NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2006, PUPO, 2007) neste sistema, bem como pode explicar a presença de *Piabina argentea* (se confirmadas) no baixo curso do rio Paraíba do Sul.

Mais recentemente, durante os eventos de transgressão marítima do Quaternário foram estabelecidas conexões, ao nível da plataforma continental, entre diversos sistemas fluviais vizinhos.

No caso do rio Paraíba do Sul podem ser evidenciadas antigas conexões entre este sistema e os rios costeiros do Espirito Santo. Estas paleocomunicações, que resultaram em intercâmbios ictiofaunísticos entre os sistemas acoplados explicam as semelhanças

atualmente observadas entre o Itabapoana, baixo curso do rio Paraíba do Sul (como atualmente definido) e Itapemirim.

Estas similaridades foram previamente relatadas por BIZERRIL & LIMA (1998), que reconheceram este complexo de rios como parte de uma ecorregião.

A distribuição de riqueza de espécies indica para um progressivo aumento ao longo do gradiente lótico, com os valores máximos concentrados na área correspondente aos domínios das ilhas fluviais e dos depósitos.

No conjunto de espécies da bacia algumas apresentam distribuição muito restrita, limitando-se a um ou dois domínios geoambientais em poucos ambientes, conforme listado abaixo.

Quadro 12.3 Espécies com distribuição restrita

Taxon	Nome Vulgar
Hyphessobrycon duragenys	Lambari
Cheirodon parahybae	Lambari
Rhamdiopsis sp.	Sem nome vulgar
Rhamdioglanis frenatus	Mineiro branco
Taunaia bifasciata	Bagrinho
Trichomycterus albinotatus	Cambeva, maria mole, moreia
T. auroguttatus	Cambeva, maria mole, moreia
T. florensis	Cambeva, maria mole, moreia
T. goeldii	Cambeva, maria mole, moreia
T. immaculatus	Cambeva, maria mole, moreia
T. itatiayae	Cambeva, maria mole, moreia
T. mimonha	Cambeva, maria mole, moreia
T. mirissumba	Cambeva, maria mole, moreia
T. paquequerensis	Cambeva, maria mole, moreia
T. santae-ritae	Cambeva, maria mole, moreia
T. caipora	Cambeva, moréia
T. travassoi	Cambeva, maria mole, moreia
T. triguttatus	Cambeva, maria mole, moreia
T. vermiculatus	Cambeva, moréia

Taxon	Nome Vulgar
N. variipictus	Cascudo
Hemipsilichthys papilusus	Cascudinho
H. gobio	Cascudinho
Pseudotocinclus parahybae	Cascudinho
Parotocinclus muriaensis	Cascudinho
Pareioprhina rudolphi	Cascudinho
Pareiorhina hyptiorhachis	Cascudinho
Pareiorhina brachyrhyncha	Cascudinho
Phallotorhynus fasciolatus	Barrigudinho

Considerando a fragmentação atual da bacia pela implantação de empreendimentos de geração hidrelétrica um aspecto que deve ser destacado acerca da ecologia da ictiofauna local é a atividade de migração.

Embora os deslocamentos mais relevantes sejam os reprodutivos, é possível reconhecer outras motivações. Assim, ocorrem também migrações de caráter térmico ou sazonal, trófico ou nutricional, e ontogenético ou de crescimento, quase todas, de alguma forma, associadas ao regime hidrológico (BONETTO & CASTELLO, 1985; AGOSTINHO, 2003).

Grupos marinhos que adentram o rio Paraíba do Sul, em especial centropomideos e mugilídeos o fazem como parte de estratégias tróficas e de crescimento, ou seja, esta atividade não é elemento fundamental para garantir a perpetuação das espécies sendo, entretanto um maximizador de sucesso de suas estratégias bionômicas.

VASQUEZ (1983), por exemplo, é taxativo ao demonstrar que não há reprodução de centopomídeos em ambientes de água doce. Todas as fêmeas estudadas pelo autor apresentaram ovários atrofiados, como resultado de choque osmótico. O mesmo padrão têm sido verificado por outros autores.

De fato, a desova e desenvolvimento das formas iniciais de robalos ocorre principalmente em regiões de mangue (TUCKER & CAMPBELL, 1998).

Na família Mugilidae (tainhas/paratis) por exemplo, a desova ocorre no mar, porém uma fase estuarial é obrigatória para os juvenis, à qual se segue o período de migração reprodutiva para o mar, geralmente associado a épocas de diminuição da temperatura e variações na salinidade (BIZERRIL & COSTA, 2002).

Por outro lado, alguns grupos necessitam efetuar migrações de curta ou longa distância para a reprodução.

O fator que desencadeia a desova pode variar entre as diferentes estratégias reprodutivas adotadas pelas espécies.

Para os grandes migradores da bacia do rio Paraná, por exemplo, o início das cheias, que ocorre entre final da primavera e verão, constitui o gatilho para a desova (GODOY, 1975, VAZZOLER, 1996, AGOSTINHO et al., 2003). Como a ocorrência dessas cheias pode variar de um ano para outro,podendo ser mais cedo, no final da primavera, ou mais tarde, no final do verão, o período da desova também pode variar de um ano para outro.

De acordo com GODOY (1975), as espécies migradoras jamais desovam com o nível do rio estável ou decrescendo. Dessa forma, se durante o período reprodutivo não houver cheia em volume suficiente para criar as condições de desova, as gônadas dessas espécies regridem sem que haja a reprodução.

A relação entre as cheias e a reprodução foi observada para diversas espécies presentes na área em estudo.

Há de se destacar que, como descrito por AGOSTINHO (2003)O período reprodutivo é uma das características mais flexíveis da estratégia reprodutiva, e está amplamente relacionado com as condições ambientais.

De acordo com LOWE-MCCONNELL (1999), a reprodução tende a ocorrer no período do ano em que seja mais favorável para a sobrevivência de seus jovens, ou seja, quando existe alimento abundante para o seu rápido crescimento e proteção contra predadores.

Foram feitas inferências acerca da estratégia reprodutiva das espécies nativas de peixes de água doce registradas na área em estudo. Estas inferências foram baseadas em

informações disponíveis na literatura especializada a nível específico ou genérico sendo, portanto, sujeita a comprovação local.

Para a análise foi foram adotadas categorias de estratégia reprodutiva extremamente amplas (i.e., sedentárias ou migradores), haja vista o desconhecimento acerca de detalhes adicionais da reprodução de muitas das espécies em estudo.

As espécies sedentárias são aquelas aptas a desenvolver todas as atividades vitais (alimentação, reprodução e crescimento) numa área restrita da bacia. Representam a maior parte das espécies da área em estudo, como representado no diagrama a seguir.

Esta categoria é mais frequente em ambientes lênticos, onde apresentam adaptações respiratórias a períodos de baixa oxigenação, tolerando grandes variações térmicas (AGOSTINHO, 2003).

Espécies dessa categoria são também frequentes em riachos e ribeirões, onde apresentam morfologia adaptada a uma existência em águas correntes, sendo neste caso sensíveis à baixas concentrações de oxigênio.

A reprodução ocorre, geralmente, durante período prolongado e está associada a desovas parceladas. Incluem-se nesta categoria as espécies com ovócitos grandes, baixa fecundidade e são menos dependentes do regime de cheias.

Alguns membros desta categoria são bem-sucedidos na ocupação dos novos ambientes formados pelos represamentos ou mesmo em rios de vazão controlada (AGOSTINHO, 2003).

Sete espécies sedentárias reconhecidamente possuem cuidados parental, a saber: *H. malabaricus, H. unitaeniatus, H. litoralle, Loricariichthys castaneus*, *C. lacustris,A. facetum* e *G. brasiliensis*. MAZZONI & CARAMASCHI (1997) hipotetizaram que as espécies de *Hypostomus* da bacia do rio Paraíba do Sul também apresentassem cuidados parentais, tendo como base um decréscimo observado na abundância de espécimes machos durante o período reprodutivo.

Espécies migradoras realizam deslocamentos que antecedem a reprodução. Estes deslocamentos podem se limitar a trechos reduzidos do canal principal ou de tributários, caracterizando pequenos migradores.

As grandes migradoras, também conhecidas como espécies potamódromas, requerem amplos trechos livres da bacia, onde se deslocam por grandes distâncias. Dentre as espécies usualmente classificadas como grandes migradoras na bacia do rio Paraíba do Sul está o ameaçado surubim doParaíba (*Steindachneridion parahybae*) (cf. GARAVELLO, 2005).

Quadro 12.4

Grandes Migradores	Pequenos migradores
Prochilodus lineatus	*Cyphocharax gilbert*
P. vimboides	*Leporinus copelandii*
Leporinus conirostris	*L. cf. steindachneri*
Brycon insignis	*Hypomasticus thayeri*
Steindachneridion parahybae	*Leporinus mormyrops*
	Pachyurus adspersus
	Brycon opalinus

Ressalta-se, entretanto que não há qualquer base de dados sistematicamente analisada para esta espécie que permita assegurar esta afirmação. Assim a inclusão da espécie na categoria de grande migrador no presente estudo foi efetuada assumindo uma postura conservativa.

Destaca-se que também não há unanimidade no enquadramento de algumas destas espécies na categoria “migratória”.

Este fato ocorre para *Brycon opalinus*, classificada como sedentária por GOMIERO & BRAGA (2007) e migratória por outros autores (e.g. ARAÚJO & NUNAN, 2005).

Em paralelo, nada se sabe sobre a reprodução de *H. tahyeri*, sendo a espécie usualmente classificada como migratória (ARAÚJO & NUNAN, 2005) provavelmente por ser este um comportamento comum ao gênero filogeneticamente mais próximo (i.e., *Leporinus*) (NOMURA, 1970). O mesmo de aplica para *Leporinus mormyrops*.

Quanto a reprodução das espécies migradoras é comum associar a necessidade de existência de lagoas marginais para a perpetuação das espécies. Neste processo, ovos fecundados durante as cheias derivam para as áreas alagadas marginais, juntamente com alevinos emseus primeiros estágios de evolução ontogenéticas.

Nestes locais protegidos ocorre o crescimento assegurando o recrutamento e as coortes reprodutivas que ingressam no rio após nova elevação dos níveis fluviais e interconexões com os corpos lagunares.

Alguns autores salientaram a relevância desse ambiente como viveiro natural de peixes reofílicos (GALETTI **et al**., 1990; CORDIVIOLADE YUAN, 1992; ESTEVES et al., 2000; OKADA et al., 2003) e sedentários (SANTOS &FORMAGIO, 2000), habitat preferencial para espécies de pequeno porte (PETRY et al.,2004; ARAUJO & LANGEANI, 2006) e para a manutenção das espécies e do estoque pesqueiro (DIONI & REARTES, 1975; NAKATANI**et al**., 2004) (**apud** ARAÚJO, 2008).

Este processo, bem estudado na bacia do rio Paraná, embora possa ocorrer na bacia do rio Paraíba do Sul não pode ser considerado evento essencial a manutenção dos peixes locais. Esta afirmativa se aplica principalmente para a região do baixo Paraíba do Sul na qual durante alguns milhares de anos do passado recente, no qual a ictiofauna já era a mesma da atualmente conhecida, os corpos marginais estiveram ausentes ou foram submersos durante os eventos de transgressão e regressão marítima.

Assim, é muito mais provável que ovos e larvas derivem ao longo do canal e desenvolvam-se no próprio sistema fluvial.

Atualmente, estudos conduzidos em outras bacias têm indicado a perpetuação de espécies migradoras, e outros grupos, em locais desprovidos de lagoas marginais.

Por exemplo, no curso superior do rio Uruguai e sistemas de drenagem, maiores concentrações de ovos e larvas foram verificadas nas confluências de rios (FIGUEIREDO, 2009; SILVA, 2003) notadamente entre os tributários e canal principal.

O mesmo padrão foi verificado por ENERGISA/NP CONSULTORIA AMBIENTAL (2013) no curso médio inferior do rio Grande, afluente da margem esquerda do baixo Paraíba do Sul,

local onde o trecho sob influência do rio Negro, concentrou a maior quantidade de representantes do ictioplancton ao longo de um ano de monitoramento.

Entretanto, a presença de lagoas e lagos marginais, embora não fundamental para a existência destas espécies, aumentam sobremaneira a abundância das mesmas, fato que deve ser considerado nas ações de manejo aplicadas ao uso sustentável dos recursos pesqueiros da região.

De forma similar, as grandes alterações geológicas que encurtaram e aumentaram as calhas fluviais provavelmente favoreceram estratégias migratórias mais flexíveis, nas quais as distâncias percorridas mesmo pelos grandes migradores podem ser menores do que as documentadas pelas espécies cogenéricas de outros sistemas fluviais.

Este fato pode se verificado atualmente pela simples presença de estoques explorados comercialmente de *Prochilodus* no sistema da Lagoa Feia, ao qual afluem rios com curta extensão adequada a migrações.

Nas bacias do leste brasileiro, as espécies migradoras parecem estar amplamente distribuídas ao longo dos rios, estando ausentes somente acima de grandes obstáculos naturais - cachoeiras ou de barramentos que não mantiveram trechos lóticos significativos à montante (F. Vieira e P. S. Pompeu obs. pes.).

Apenas o piau-vermelho (*Leporinus copelandii*) costuma ser encontrado a montante destes obstáculos, o que sugere que esta espécie é capaz de completar seu ciclo de vida em pequenos trechos de rio.

Estudos de captura, marcação e recaptura voltados ao mapeamento das rotas migratórias no rio Paraíba do Sul não são conclusivos, muitas vezes por problemas de inadequação metodológica.

Apesar desta carência de informações geradas a partir de metodologia amostral, outras observações permitem mapear as rotas de migração dentro da área em estudo, sendo a principal delas a conectividade.

A conectividade entre fragmentos ambientais que compõem o mosaico ambiental de uma bacia hidrográfica, conquanto se dê também em dimensão lateral (i.e., conectividade entre o

canal principal e sistemas afluentes ou entre o rio principal e ecossistemas periféricos), assume uma percepção óbvia dentro do eixo longitudinal, pela possibilidade de que acidentes geográficos venham a representar barreiras ao pleno deslocamento da ictiofauna.

A existência de irregularidades ao longo do canal fluvial, derivadas de erosão diferencial ou de processos de reativação geológica, quando associadas às condições hidráulicas do rio influenciam de forma direta o comportamento reprodutivo de peixes migradores, bem como podem vir a ocasionar vicariância de populações, potencialmente desencadeando, desta forma, processos de evolução alopátrica que poderão se refletir sobre a biodiversidade genética ou morfológica das ictiocenoses (STUART, 1964; KOTTELAT, 1998).

Cabe destacar que a análise de barreiras físicas deve sempre inserir, em seu conteúdo, a apreciação da escala temporal de longo prazo (i.e., superior a de uma geração humana). Assim, uma condição comumente verificada em rios brasileiros, na qual há a ocorrência de determinadas espécies tanto a montante como a jusante de acidentes geográficos intransponíveis pode indicar tanto a ocorrência de processos de dispersão (montante-jusante) como a eficácia momentânea do referido acidente como uma barreira ao deslocamento.

Esta observação encontra-se documentada, para rios brasileiros, na literatura científica desde estudos de HASEMAN (1911).

Partindo destas premissas, MONASA (1986), quando de revisão do inventário hidrelétrico da bacia, realizou um mapeamento primoroso das rotas de migração no baixo curso do rio Paraíba do Sul e seus tributários, assim como na bacia do rio Itabapoana.

Este mapeamento foi sistematicamente corroborado em estudos de monitoramento conduzidos nos últimos anos nas áreas analisadas pela Monasa.

As informações levantadas pela Monasa, associadas com os monitoramentos em curso ou concluídos e a presença de empreendimentos hidrelétricos permitem definir com bastante precisão as rotas migratórias atualmente disponíveis para os deslocamentos reprodutivos.

No canal principal do rio Paraíba do Sul há estirão de 193 km entre a confluência com Atlântico e a usina da Ilha dos Pombos, no qual ocorrem migrações.

Na área da UHE Ilha dos Pombos o mecanismo de transposição existente foi planejado com um objetivo distinto do de promover a conexão fluvial entre os setores de jusante e montante do empreendimento, sendo, em verdade, um mecanismo propositalmente seletivo, projetado para atender uma demanda da época voltada a redução de mortandade de peixes a jusante de barramento e de viabilizar a subida de espécies de valor comercial, notadamente o dourado (*Salminus maxilosus*) e o curimbatá (*Prochilodus* spp.).

Desta forma, pode-se considerar que, em face de seletividade do mecanismos de transposição, a migração (em seu sentido ecológico pleno) que ocorre na calha principal do rio termina no barramento da UHE Ilha dos Pombos.

ENERGISA/NP CONSULTORIA AMBIENTAL (2010) analisaram a questão das migrações no rio Grande/Dois Rios, rio que apresenta uma cascata de empreendimentos já implantados, sendo o mais extremo de jusante da PCH Caju.

No trecho final desta bacia, o ingresso do rio Negro gera condições bastante favoráveis ao uso do sistema como uma segunda rota de migração.

Embora o estudo da MONASA (1986) tenha considerado este sistema como utilizado pelas espécies migratórias até a PCH Euclidelândia, foi verificado que apenas o trecho situado a partir da cota 100m exibe condições plenamente favoráveis a maturação e reprodução das espécies migratórias, com incógnita apenas para *Steindachneridion parahybae*.

As migrações provenientes do rio Paraíba do Sul ocorrem em um estirão de cerca de 55km no rio Grande (até o eixo da PCH Boa Vista) e mais cerca de 140km no rio Negro até a cota 100m.

A montante da PCH São Sebastião do Alto e entre os eixos das PCHs Bonança e Sossego, os levantamento conduzidos identificaram um segunda rota migratório secundária utilizada por pequenos migradores no ribeirão dos passos.

No canal principal do rio Pomba, a implantação recente da UHE Barra do Braúna implicou na fragmentação de uma ambiente contínuo que, como destacado por VIEIRA (2010) limitou a ultima rota livre para peixes marinhos (no caso especialmente o robalo) chegarem até Minas Gerais.

Para outras espécies migratórias, esta fragmentação do *continuum* fluvial teve como potencial implicação imediata a reordenação das rotas migratórias que, a montante do remanso da UHE Barra do Braúna, passam a se dar entre o remanso da UHE Barra do Braúna e a casa de força da PCH Ivan Botelho III, pelo canal principal e ao longo do rio Xopotó.

Este tributário da margem esquerda do rio Pomba apresenta dimensões e características que indicam se tratar de importante rota migratória secundária. Outros afluentes associados a este trecho ou exibem pequenas dimensões ou, como no caso do rio Novo, já se encontram fragmentados por aproveitamentos em operação.

A jusante do barramento da UHE Barra do Braúna, o rio Pomba, até o presente, ainda atua como rota de migração de peixes do rio Paraíba do Sul, embora haja possibilidade de que o sucesso reprodutivo seja reduzido face a diminuição de área útil para deslocamentos reprodutivos, reprodução e desenvolvimento ontogenético das espécies, que atualmente é inferior a 65 km e não conta com nenhum afluente significativo que poderia atuar como rota secundária.

BRAGA (2007) destacou que “a montante do reservatório da PCH Ivan Botelho I ainda é encontrado um remanescente considerável de curso lótico do rio Pomba, que se estende até o ponto a jusante da barragem de Ituerê. Este remanescente parece manter, em parte, as assembleias que habitavam o rio no período anterior a construção da PCH Ivan Botelho I”.

Considerando que BRAGA (2007), analisando trecho similar em extensão e características gerais do rio Novo, não identificou mais espécies migradoras a montante do aproveitamento existente (Nova Maurício), é possível que, embora este trecho possa viabilizar a manutenção de muitas das espécies originais do rio Pomba, não seja capaz de garantir a conservação das espécies migradoras a longo prazo.

Dentre a rede de drenagem de maior porte que aflui ao baixo curso do rio Paraíba do Sul, o rio Muriaé mostra uma condição particularmente interessante.

Embora o canal principal tenha sido fragmentado a cerca de 125km após sua confluência com o rio Paraíba do Sul pela implantação da PCH Comendador Venâncio, MONASA (1986) reconheceu a ocorrência de migração a montante do barramento.

O registro de *Prochilodus vimboides* a montante deste barramento por VIEIRA (2010) pode ser interpretado como um indicador de sustentabilidade desta população isolada dos estoques de jusante a mais de 80 anos.

Este fato, somado a pequena queda bruta do empreendimento (7,5 metros) gera condições bastantes favoráveis ao sucesso de ações que visem o reestabelecimento da conectividade deste rio através da implantação de mecanismos de transposição.

Para outros setores do rio Paraíba do Sul os estudos existentes apontam para a redução contínua nos estoques de peixes migradores devido a perda de conectividade.

Para o trecho situado entre a UHE Funil e Santa Cecília, o estudo desenvolvido pelo INEA (2010) afirma que "Na década de 1940 iniciou-se a expansão industrial na região do Médio Paraíba fluminense, sendo a CSN a pioneira. Em 1952 entrou em operação a barragem de Santa Cecilia, quando foi interrompida a migração das espécies de peixes de piracema de jusante que se reproduziam na área de Floriano / Porto Real. Em 1969, foi inaugurada a Usina Hidrelétrica do Funil, condenando a decadência e eventual extinção populacional todas as espécies migratórias de longa distancia do Trecho Funil – Santa Cecilia, o que inventários recentes comprovam".

A região situada entre a UHE Simplício e Santa Cecília, tende a passar por processo similar, haja vista a segmentação de sua rede de drenagem por pequenos aproveitamentos hidrelétricos.

O isolomento atual dos domínios dos corpos fluviais e dos meandros em relação aos demais setores da bacia implicou na perda de sustentabilidade dos estoques de peixes migradores. OYAKAWA & MENEZES (2011) destacaram que a construção das PCHs Queluz e Lavrinhas "*vai comprometer seriamente um dos únicos trechos de corredeira e grandes poços de pedra do rio no Estado de São Paulo, habitat do surubim-do-paraíba (Steindachneridion parahybae*)".

Além das espécies nativas, a bacia do rio Paraíba do Sul apresenta diversas espécies introduzidas.

Considerando os impactos gerados por invasões bioticas sobre a biodiversidade e sobre a estrutura socieconômica (PIMENTEL et al., 2000), este fenômeno situa-se entre algumas das principais preocupações ambientais do presente (MOONEY, 1999).

Uma vez introduzidas e aclimatadas, formas exóticas ou alóctones tendem a se mostrar de difícil controle e, embora não haja uma quantificação precisa dos impactos que estes organismos causam direta ou indiretamente no ecossistema invadido, não restam dúvidas que sua atuação tende a se mostrar, em diferentes magnitudes, danosa a biota nativa (SANTOS et al., 1994, AGOSTINHO & JÚLIO, 1996).

BIZERRIL & LIMA (2001) registraram 37 espécies introduzidas em todo o Estado do Rio de Janeiro e 22 na bacia do rio Paraíba do Sul, número este que vem aumentando continuamente (cf. MAGALHÃES & JACOBI, 2008).

Seguindo uma tendência observada em outras regiões do País e no mundo (AGOSTINHO & JULIO, 1996), as últimas décadas têm se revelado particularmente importantes no que se refere a entrada de novas espécies em ecossistemas continentais.

Este fato deve-se, em especial, ao desenvolvimento da atividade de aquicultura, usualmente apontada como uma das atividades antrópicas que mais contribuem para o ingresso de espécies não nativas em sistemas naturais (WELCOMME, 1988, ALVES et al., 1999, ORSI & AGOSTINHO, 1999).

Soma-se a esta atividade o equivocado processo de "povoamento dos rios" que contou, em determinados momentos, inclusive, com apoio de instituições de ensino e pesquisa (BIZERRIL & PRIMO, 2001).

Foram registrados na área de estudo, até o presente, os grupos exóticos listados no quadro abaixo.

Quadro 12.5 Espécies de peixes introduzidas (ou exóticas) existentes na bacia do rio Paraíba do Sul

TAXON	VERNÁCULO	ORIGEM
CYPRINIFORMES		
Cobitidae		
Misgurnus anguillicaudatus	Dojô	Ásia

TAXON	VERNÁCULO	ORIGEM
Cyprinidae		
Cyprinus carpio	Carpa	Eurásia
Ctenopharyngodon idella	Carpa capim	Eurásia
Danio malabaricus	Dânio	Ásia
Danio rerio	Dânio	Ásia
Puntius conchonius	Barbo	Ásia
Puntius tetrazona	Barbo sumatrano	Ásia
CHARACIFORMES		
Serrasalmidae		
Piaractus mesopotamicus	Tambaqui	Bacia amazônica
Characidae		
Hyphessobrycon eques	Tetra	Bacia Amazônica
Metynnis maculatus	Pacuzinho	Bacia Amazônica
Gymnocorymbus ternetzi	Tetra preto	Bacia Amazônica
Salminus maxilosus	Dourado	Bacia do Paraná
Brycon sp.	Matinxã	Provavelmente Bacia do Paraná
Leporinus macrocephalus	Piau Açu	Bacia do Paraná
SILURIFORMES		
Clariidae		
Clarias gariepinnus	Bagre africano	África
Pseudopimelodidae		
Lophiossilurus alexandri	Pacamão	Bacia do São Francisco
Pimelodidae		
Pseudoplatystoma sp.	Cachara	Bacia do Paraná e Amazônica
P. corruscan	Cachara	Bacia do Paraná e Amazônica
Pimelodus maculatus	Bagre	Bacia do Paraná
Pimelodus fur	Bagre pintado	Bacia do Paraná

TAXON	VERNÁCULO	ORIGEM
CYPRINODONTIFORMES		
Poeciliidae		
Poecilia reticulata	Barrigudinho	Guianas
Poecilia velifera	Molinésia velifera	América Central
Xiphophorus maculatus	Plati	América Central
Xiphophorus helleri	Espada	América Central
PERCIFORMES		
Polycentridae		
Polycentrus schomburgkii	Falso peixe folha	Bacia Amazônica
Anabantidae		
Colisa lalia	Colisa	Ásia
Macropodus opercularis	Paraíso	Ásia
Trichogaster tricopterus	Tricogaster azul	Ásia
Cichlidae		
Cicha sp.	Tucunaré	Bacia Amazônica
Mikrogeophagus ramirezi	Ramirezi	Bacia Amazônica
Laetocara curviceps	Curviceps	Paraná Prata
Pterophyllum scalare	Acará bandeira	Bacia Amazônica
Hemichromis bimaculatus	Peixe joia	África
Tilapia rendalli	Tilapia	África
Oreochromis niloticus	Tilápia do Nilo	África

A ausência de dados precisos acerca da real distribuição geográfica de espécies de peixes de água doce da região neotropical pode conduzir a interpretações equivocadas quanto a eventuais introduções. OLIVEIRA (1991), por exemplo, considerou *Hoplosternum litoralle* uma espécie não nativa da bacia do rio Paraíba do Sul.

Considerando não se tratar de espécie criada em piscicultura que justificasse sua introdução acidental ou intencional e por possuir ampla distribuição em outros setores do estado e do

Leste do Brasil (BIZERRIL & PRIMO, 2002), a mesma foi considerada como nativa da área em estudo.

Na mesma categoria está a tão controversa origem de *Prochilodus lineatus*. Este taxon, que ocorre na bacia do alto rio Paraná e em alguns sistemas fluminenses, é usualmente apontado como um organismo introduzido no Estado do Rio de Janeiro (cf. . NOMURA, 1978).

De fato, introduções de *P. lineatus* procedentes da bacia do rio Paraná têm sido efetuadas, tanto acidentalmente quando de forma intencional. Contudo, é possível que esta espécie estivesse originalmente presente nas água interiores de nosso estado, exibindo, desta forma, um padrão de distribuição geográfica similar ao apresentado por *P. vimboides*, que também ocorre no alto rio Paraná, na bacia do rio Paraíba do Sul e em sistemas costeiros do Estado do Espirito Santo (RICARDO MACEDO C. CASTRO, USP/Ribeirão Preto, comunicação pessoal).

Este fato não atenua o impacto que o processo de introdução de espécimes procedentes de outras bacias hidrográficas, portanto com histórias evolutivas diferentes, pode potencialmente acarretar aos taxa nativos.

Embora a maior riqueza de espécies exóticas seja registrada no dominio dos depósitos sedimentares, a abundância destes grupos é particularmente elevada na região dos meandros com condiconamento estruturais e dos meandros. Esta condição deriva da degradação da qualidade ambiental destes setores, que conduzem a redução nos estoques de espécies nativas e aumento na representatividade de grupos com maior valência ecológica, categoria na qual se inserem a maior parte dos grupos exóticos.

As espécies com maior amplitude de distribuição são Cyprinus carpio, Piaractus mesopotamicus, Salminus maxilosus, Clarias gariepinus, Pimelodus maculatus, Pimelodus fur, Poecilia reticulata, Cicha sp., Tilapia rendalli e Oreochromis niloticus.

A falta de dados precisos sobre as conseqüências que estes eventos podem acarretar sobre a biota fluvial brasileira permite apenas que se especule quanto a possibilidade de introdução de patógenos, hibridizações e comprometimento da identidade genética das populações verdadeiramente nativas.

Das espécies listadas, algumas têm sido identificadas como importantes agentes de impacto em outras regiões. Destas, destaca-se as espécies de *Cichla, Cyprinus carpio, Clarias gariepinus* por seu impacto negativo sobre populações derivado da predação ou competição (COURTENAY & ROBINS, 1973; COURTENAY & STAUFER, 1984; AGOSTINHO & JÚLIO, 1996; BIZERRIL, 1999).

Ctenopharigodon idella é apontada como responsável, na América do Sul e no Sul do Brasil, pela introdução de patógenos e parasitas causando a infestação de espécies nativas e peixes em cultivo por *Bothriocephalus acheilognathi*, cestódeo endêmico da China (AGOSTINHO & JÚLIO, 1996.).

Taxa como *Xiphphorus helleri* e *P. reticulata* foram apontados como uma das causas de declínio de espécies de peixes norte americanas (COURTENAY & MEFFE, 1989). P. reticulata é tida como responsável pela redução na população de ciprinodontídeos nativos do Kenya e de Uganda (COURTENAY & MEFFE, op.cit.).

Peixes bentófagos, como *C. carpio, T. rendalli* e *O. niloticus* parecem atuar como catalisadores do processo de modificação ambiental (AGOSTINHO & JÚLIO, op. cit.).

No conjunto de espécies exóticas registrado, aquelas popularmente conhecidas como tilápias (gêneros *Tilapia*e *Oreochromis*) apresentam-se amplamente distribuídas na área estudada, sendo particularmente conspícuas nas lagoas costeiras e ambientes com menor circulação de água.

O pronunciado cuidado parental destas espécies, e em particular o da tilápia do Nilo, maximiza as taxas de recrutamento garantindo, portanto, acelerado crescimento populacional e uma alta capacidade competitiva.

Convém salientar que espécies generalistas, oportunistas e com ampla tolerância as variações ambientais como as tilápias também possuem vantagens competitivas em habitats perturbados pela poluição ou outras ações antrópicas.

Portanto, a tilápia pode atuar de maneira sinergística com outros impactos antrópicos, diminuindo os estoques ou mesmo eliminando espécies nativas dos ambientes onde são introduzidas.

Com base em uma longa série histórica MENESCAL (2002) observou mudanças na estrutura da comunidade de peixes após a introdução da tilápia do Nilo, com prejuízos para as espécies nativas *Prochilodus brevis*, *Leporinus*sp. e*Hoplias malabaricus* bem como para outra espécie introduzida *Plagioscion squamosissimus.*

Tais evidências não provam que a tilápia do Nilo causou as mudanças observadas no desembarque pesqueiro do açude, mas sugerem que ela possa ter sido ao menos parcialmente responsável por essas mudanças.

Os mecanismos pelos quais a tilápia pode afetar negativamente outras espécies de peixes não estão claros.

Peixes planctívoros onívoros como as tilápias podem produzir efeitos variados sobre a dinâmica das comunidades planctônicas dependendo da sua biomassa e preferência alimentar (ATTAYDE **et al**. 2007).

Desde que o controle descendente (*top-down*) de peixes planctívoros sobre a estrutura trófica de habitats pelágicos foi reconhecido pela primeira vez (HRBACEK **et al**. 1961, BROOKS & DODSON 1965, **apud** ATTAYDE & HANSSSON, 2002), inúmeros estudos vêm demonstrando os efeitos diretos e indiretos da predação por peixes planctívoros sobre as comunidades planctônicas e a transparência da água de lagos e reservatórios (CARPENTER &KITCHELL 1993).

Em um dos poucos estudos existente sobre os efeitos de tilápias em reservatórios brasileiros, STARLING & LAZZARO (1997) mostraram que altas densidades de *Tilapia rendalli* no Lago Paranoá provocaram um aumento considerável na biomassa fitoplanctônica e na abundância relativa de algas cianofíceas além de uma redução na transparência da água, causando efeitos negativos sobre a qualidade da água deste reservatório.

STARLING **et al**. (2002) ainda reportam que a qualidade da água do Lago Paranoá melhorou após a remoção de 150 toneladas de tilápias do reservatório devido à redução do aporte interno de fósforo com a redução do estoque de tilápias.

Outro mecanismo pelo qual a tilápia do Nilo pode afetar outras espécies de peixes é através da competição aparente. Competição aparente é uma interação indireta entre espécies que compartilham um mesmo predador (HOLT 1977).

O aumento na abundância de uma das presas pode promover um aumento na abundância do predador e assim aumentar a pressão de predação deste predador sobre a outra presa. dessa forma, uma espécie de presa pode afetar negativamente a abundância de outra espécie de presa por compartilhar predadores e não apenas recursos alimentares.

No caso da tilápia, sua alta taxa de reprodução pode aumentar a abundância de peixes piscívoros, aumentando também as taxas de predação sobre outras espécies de peixes forrageiros.

No conjunto de espécies exóticas registrado, o bagre africano (*Clarias gariepinus*) se destaca como agente de impacto negativo para os sistemas em estudo por suas características bionômicas.

Esta espécie possui hábitos alimentares tanto omnívoros (WELCOMME, 1988) quanto piscívoros (WINEMILLER & KELSO-WINEMILLER, 1996). Possui cuidado parental (TAYLOR **et al**., 1984) e em temperaturas ambientais constantemente altas (como ocorre nas áreas estudadas, pode eliminar a descontinuidade do ciclo ovariano, permitindo uma atividade reprodutiva quase contínua (HUISMAN & RICHTER, 1987).

Outras características, como a capacidade de se deslocar em ambiente terrestre (de onde deriva o vernáculo inglês usado para designar a espécie – *walking catfish*) e sua habilidade de viver em ambientes com baixas concentrações de oxigênio (WELCOMME, 1988), confere a espécie vantagens adaptativas sobre os táxons nativos.

Como consequência, a espécie considerada uma praga em qualquer local em que tenha sido introduzida (WELCOMME, op.cit). RABELO (2009), registrou o impacto da espécie sobre a pesca em rio do leste brasileiro (rio Itanhém – BA).

Tomando como base os relatos de moradores, pode-se estabelecer uma cronologia de algumas das introduções.

As mais antigas (i.e., já conhecidas desde os anos 70) incluem o dourado, as tilápias, mandis e as carpas.

O Bagre africano começou a ser registrado no início dos anos 90, juntamente com tambaquis e a forma híbrida tambaqui x pacu (popularmente tambacu).

No final desta década registrou-se a presença do Cachara (*Pseudoplatystoma*sp.), do piau Açu (*Leporinus macrocephalus*).

Mais recentemente (i.e., nos últimos 5 anos) vem sendo registrada a presença da matrinchã (*Brycon* sp.) e do pacamão (*Lophiossilurus alexandri*).

MAGALHÃES **et al**. (2002) descreveram com detalhes o ingresso de peixes ornamentais na bacia do rio Muriaé, cujo Polo de Piscicultura Ornamental foi classificado por MAGALHÃES (2007) como a maior fonte dispersora de espécies exóticas do Brasil.

A ictiofauna vem sendo empregada, na bacia em estudo, como indicadora de qualidade ambiental através do uso de índice de integridade biótica.

Este índice constitui uma das principais ferramentas para avaliacao do status da qualidade ambiental de segmentos de rios respondendo a uma grande variedade de alteracoes ambientais. De acordo com os criterios adotados, o indice serve como indicador das alteracoes na estrutura e funcionamento das comunidades ictiologicas, que sao parte integrante do ecossistema do rio Paraiba do Sul no trecho Funil Santa Cecilia (INEA, 2010), dentro da malha de amostragem descrita a seguir:

1) No trecho Funil - Resende foram selecionados 02 trechos do rio Paraiba do Sul para a amostragem: proximo ao local conhecido como estrada do Funil em Itatiaia e regiao da foz do rio Bonito proxima a Votorantim Siderurgia, Unidade de Resende.

Foram realizadas 74 amostragens quantitativas entre abril 2007 e abril de 2010:

- Região da estrada do Funil (37 amostragens) - Trecho com aproximadamente 3km localizado proximo da barragem do Funil tendo como referencia a estrada de Furnas que da acesso a UHE do Funil margeando o rio Paraiba do Sul.

- Região da foz do rio Bonito (37 amostragens) - Trecho com aproximadamente 2,5 km localizado entre as corredeiras proximas a Xerox e a curva do RPS em frente a sede administrativa da Votorantim Siderurgia, Unidade Resende e tendo como referencia a foz do rio Bonito.

2) No trecho Resende - Barra do Pirai foram selecionados 04 trechos do rio Paraíba do Sul para a amostragem: Bulhões, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre.

- Região de Bulhões (29 amostragens) – Polo Industrial de Resende / Porto Real: o trecho do rio tem aproximadamente 3,0 km de extensão e esta localizado entre a ponte ferroviária da MRS em Bulhões ate a montante da fabrica de ônibus e caminhões da Volkswagen, em local denominado Poço do Coqueiro.

- Região de Floriano (29 amostragens): o trecho tem aproximadamente 2,5 km de extensão e esta localizado entre a foz do rio Turvo e a localidade conhecida como Poço da Igrejinha.

- Região de Pinheiral (29 amostragens): trecho de aproximadamente 3,0 km de extensão, a contar da foz do rio Caximbau para montante.

- Região de Vargem Alegre (29 amostragens): : trecho de aproximadamente 3,0 km de extensão, a contar da ponte de Vargem Alegre para montante.

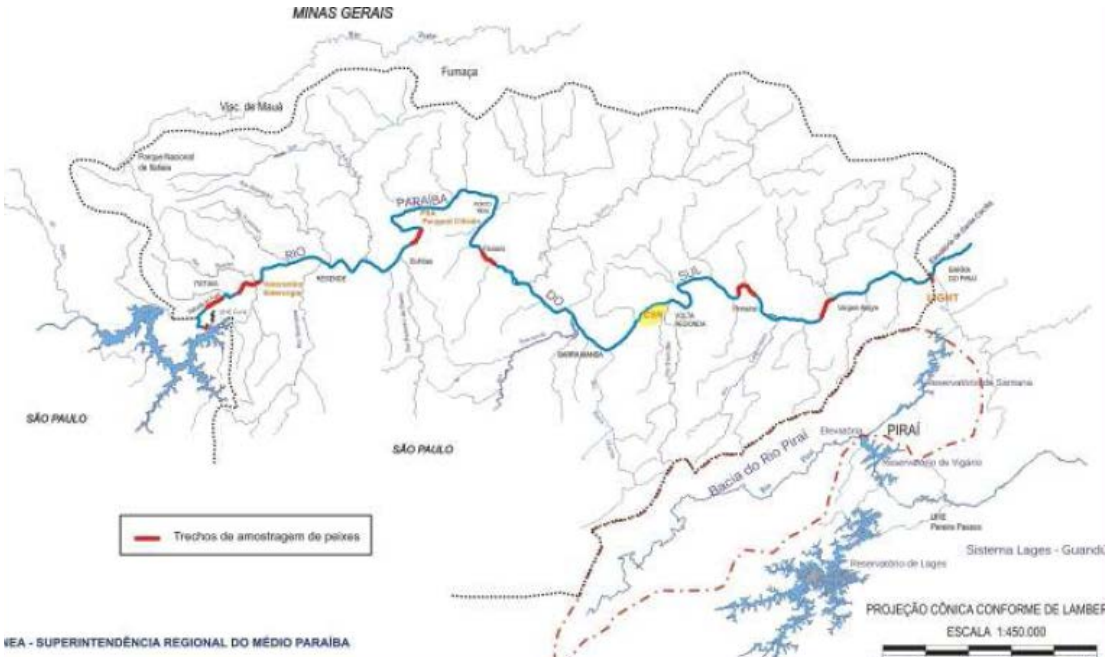


Figura 12.14 Malha de amostragem (INEA, 2010)

O IIBP e estimado utilizando-se métricas de avaliação biológica que medem atributos de determinada comunidade de peixes e estão associadas às métricas funcionais que medem a intensidade dos processos biológicos que ocorrem no ecossistema aquático.

Pressupõem que qualquer alteração física, química ou biológica (stress ecológico) atua sobre a estrutura e funcionamento das comunidades de peixes. A resposta das comunidades depende do tipo de stress que sao submetidas e das espécies que as compõem, podendo se manifestar com maior ou menor intensidade.

Os resultados indicam influencias e alteracoes na estruturas e funcao do ecossistema em questao, que podem ser biologicas, fisicas, químicas ou hidrologicas. Como as comunidades de peixes apresentam caracteristicas distintas, devem ser previstos diferentes processos de reacao e recuperacao diante da variedade de impactos agindo eventualmente sobre as mesmas. Processos esses que, em ultima analise, podem simplesmente estar refletindo impactos ambientais da regiao como um todo.

De acordo com INEA (2010) os trechos localizados na regiao da estrada do Funil e foz do rio Bonito vem apresentando variacoes no IIBP entre 20 e 30 e classificacao "ruim" e "regular", demonstrando a influencia de impactos diversos.

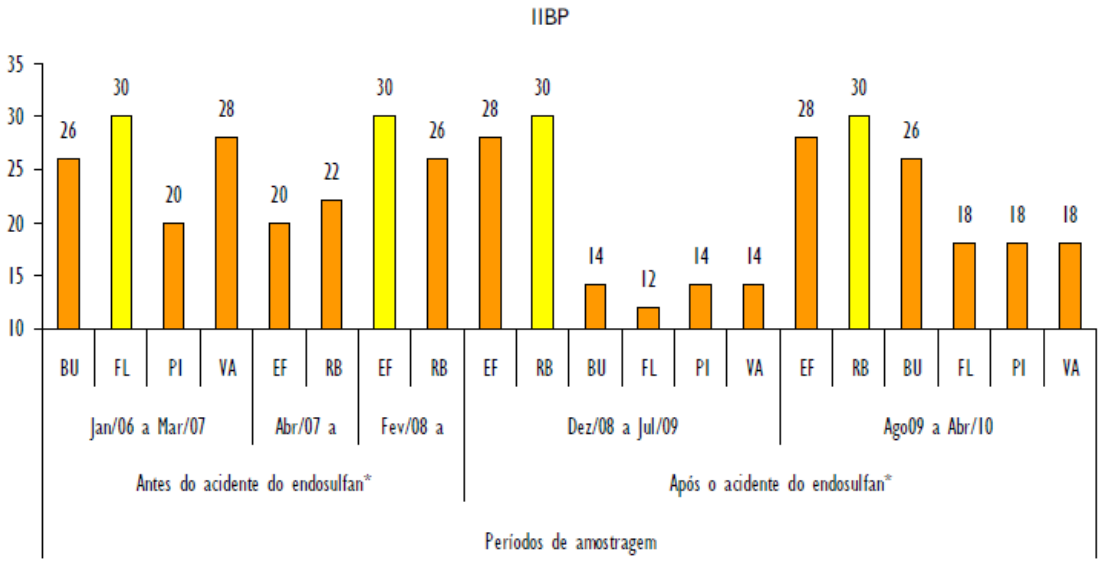


Figura 12.15 Valores do IIBP no trecho monitorado pelo INEA

Nos trechos localizados nas regioes de Bulhoes, Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre localizados a jusante de Resende e da foz do rio Pirapitinga onde ocorreu o vazamento do inseticida endosulfan, os valores do IIBP, que tambem ja classificavam os trechos estudados

como "regular" ou "ruim" foram reduzidos significativamente para no periodo de amostragem imediatamente apos o acidente com o vazamento de endosulfan.

Os resultados obtidos na regiao de Floriano demonstram o maior impacto devido a relativa proximidade e, provavelmente, a solucao do veneno (endosulfan) ter sofrido maior dispersao atingindo todos os setores do corpo d'agua. As regioes de Pinheiral e Vargem Alegre, apesar da maior distancia do vazamento tambem foram duramente afetadas.

A regiao de Bulhoes, proxima ao local do vazamento, tambem foi bastante impactada, entretanto tem chances de recuperacao mais acelerada devido a proximidade com locais nao atingidos a montante. Essas afirmacoes podem ser comprovadas com os resultados das amostragens mais recentes, realizadas no periodo de agosto de 2009 a abril de 2010. Essas amostragem mostraram recuperacoes mais lentas nas regioes de Floriano, Pinheiral e Vargem Alegre.

TERRA (2009) aplicando o mesmo método na análise da UHE Funil concluiu que em nenhum dos pontos monitorados o ambiente atingiu a condição de “aceitável’, estando sempre abaixo deste patamar.

12.6 **FAUNA AMEAÇADA DE EXTINÇÃO**

Em um grande número de revisões recentes há o consenso de que a biodiversidade existente em sistemas de água doce encontra-se altamente ameaçada, sendo que para alguns autores, mais que em qualquer outro ecossistema (ex.: ALLAN & FLECKER 1993; LEIDY & MOYLE, 1998; MCALLISTER et al., 1997; RICCIARDI & RASMUSSEN, 1999; MALMQVIST& RUNDLE, 2002; SAUNDERS **et al**., 2002).

As principais causas são amplamente conhecidas e estão relacionadas à perda e degradação de habitats, super-explotação das espécies, poluição, introdução de organismos exóticos e usos diversos da água - abastecimento, geração de energia, irrigação, etc. (e.g., MCALLISTER **et al**., 1997; REVENGA & KURA, 2003; AGOSTINHO **et al**., 2005, **apud** VIEIRA, 2008).

Este quadro, observado mundialmente, se repete dentro dos limites da bacia do rio Paraíba do Sul.

Como destacado por POLAZ **et al.** (2011) o processo de degradação ambiental da bacia do rio Paraíba do Sul foi desencadeado no século XVII, quando se iniciou a devastação da cobertura vegetal para implantação da cultura da cana de açúcar no vale do Paraíba paulista e região dos Campos dos Goitacazes, no estado do Rio de Janeiro.

O processo foi intensificado nos séculos XVIII e XIX, nas regiões do alto e médio Paraíba, com o ciclo do café.

No final do século XIX, houve o colapso da cultura cafeeira devido à abolição da escravatura. Por esta época, porém, a dramática redução da área original de cobertura vegetal do vale do Paraíba do Sul já se fazia sentir, com o surgimento de problemas originados pela erosão acelerada, assoreamento de rios e perda da fertilidade do solo

Em revisão de estudos que enfocam a relação entre vegetação florestal e disponibilidade e qualidade de água, BARCELAR (2005) destaca que:

- A presença de florestas tende a causar redução das vazões médias anuais e do fluxo de base em decorrência do aumento da evapotranspiração;

- O desmatamento causa um efeito contrário; todavia, quando o desmatamento é feito sem preceitos técnicos, o fluxo de base anual pode se reduzir, devido ao decréscimo da infiltração em consequência da compactação e hidrofobia do solo. Contudo, o efeito da compactação tende a desaparecer rapidamente com a regeneração natural;

- Em florestas que recebem muita precipitação por condensação de neblina e nas localizadas em regiões montanhosas, o fluxo total e de base pode diminuir com o desmatamento; o mesmo ocorre quando florestas antigas, com diminuta capacidade evapotranspirativa, quando substituídas por novas, com maior capacidade;

- O fluxo de chuva e os picos de cheia tendem a crescer com o desmatamento, seja pelo aumento do fluxo superficial hortoniano (FSH), quando o desmatamento é executado sem critérios técnicos, seja pelo aumento do fluxo superficial de saturação (FSSat), quando bem executado; No entanto, esta relação nem sempre é clara, pois os fluxos de chuva e os picos de cheia são muito afetados por eventos de chuva de grande intensidade, com longo tempo de recorrência;

- A floresta atua no sentido de conter a erosão hídrica e os movimentos de massa rasos. Em consequência, a floresta diminui a carga sedimentar nos rios e regula a temperatura de suas águas;

- A floresta ciliar pode sob certas circunstâncias auxiliar na contenção e eliminação de alguns elementos ou substâncias químicas, que de outra sorte atingiriam os rios, como o nitrato.

Desta forma, o saldo destas intervenções iniciadas ainda no século XVI na bacia do rio Paraíba do Sul embora não tenha alterado o balanço entre fragmentos e corredores do ambiente aquático, sinaliza para o início de transformação da matriz na qual se insere a rede fluvial.

Assim, passou-se de um ambiente florestado cortado por rios com baixa turbidez para um sistema fortemente desmatado, com elevada erosão e, por conseguinte, taxas mais altas de transporte de sedimento.

Sobre a bacia do rio Paraíba do Sul incidem diversos impactos de origem antrópica ou diretamente relacionados com a atividade de uso e ocupação do solo e dos recursos que, de forma diferenciada, influenciam o ecossistema em estudo.

Como previamente relatado, POLAZ (2011) relacionou como principais impactos aqueles listados abaixo:

- Desmatamento
- Lançamento de esgotos domésticos
- Lançamento de efluentes industriais
- Introdução de espécies
- Assoreamento
- Fragmentação do habitat
- Pesca sem respeito às capacidades suporte do ambiente.

- Desastres ambientais (i.e., derramamento de produtos químicos em grande escala)

A estes se soma a extração de areia, garimpos, ocupação irregular de áreas de preservação permanente e a alteração no regime de vazões e no processo de transporte de sedimentos.

Igualmente relevante foi a redução significativa da conectividade do rio Paraíba do Sul com o sistemas de lagoas marginais que caracterizam o Domínio das Lagoas Marginais do baixo curso do rio.

O rebatimento destas intervenções empreendidas sobre os sistemas paludiais e lagoas sobre a icitofauna potencialmente principalmente pela alteração no padrão do regime de pulsos.

De acordo com JUNK et al. (1989), o pulso de inundação se constitui na principal força responsável pela existência, produtividade e interações da maior parte da biota em sistemas lóticos de planícies de inundação.

Um conjunto de características geomorfológicas e hidrológicas da bacia hidrográfica produz os pulsos de inundação. Pulsos curtos e geralmente não previsíveis ocorrem em riachos de pequena ordem ou em sistemas altamente modificados por atividades antrópicas. Devido aos pulsos em riachos de baixa ordem serem breves e não previsíveis, os organismos apresentam adaptações que permitem aproveitar esta transição entre o ambiente aquático e terrestre.

Por outro lado, um pulso previsível e de longa duração gera nos organismos adaptações e estratégias para usar de maneira mais eficiente os atributos desta zona de transição aquática/terrestre.

As trocas laterais entre a planície de inundação e o canal do rio, e a ciclagem de nutrientes com a planície de inundação têm um maior impacto direto sobre a biota do que o espiralamento de nutrientes, sendo que o principal efeito do pulso de inundação sobre os organismos é hidrológico.

Em um sistema lótico com planície de inundação em climas temperados, subtropicais ou tropicais a maior parte da produtividade da biota advém diretamente ou indiretamente das

trocas laterais com a planície de inundação e não do transporte rio abaixo de matéria orgânica proveniente das partes mais altas da bacia (JUNK et al., 1989).

Como descrito por CARNEIRO (s/d) o período que vai do primeiro quartel da década de 1930 até meados da década de 1970 caracteriza-se "*pela implementação dos grandes projetos de drenagem na região da Baixada Campista, propiciando um salto qualitativo no processo de "controle" das águas, em função da conjunção de fatores político-institucionais, econômicos e sócio-culturais*".

Paralelamente às motivações sanitaristas (como a erradicação da malária e a febre amarela), as fontes históricas indicam que a gênese do DNOS esteve intimamente ligada à expansão das atividades econômicas da Baixada Fluminense.

Este conjunto de obras de engenharia reuniu grandes processos de dragagem e retificações, englobando área que GOES (1934), com todo o ufanismo que caracterizou este período, ressaltou ser equivalente a distância entre Washington e São Francisco (BIZERRIL & PRIMO, 2001).

De todas as planícies do Rio de Janeiro, era exatamente a Baixada de Goytacazes que se afigurava como a principal, no que tange ao aproveitamento agrícola. O efeito prático da atuação do órgão foi o amplo "dessecamento" da baixada outrora pantanosa e repleta de lagoas e lagunas perenes e temporárias, mediante a construção de uma complexa rede de canais de drenagem, de mais de 1.300 km de extensão, favorecendo nitidamente a expansão das atividades agrícolas locais (CARNEIRO op. cit).

Aos poucos, o canal Campos-Macaé foi aproveitado para drenagemda Planície dos Goitacazes e para despejo de esgoto. A partir de 1935, comas obras de drenagem efetuadas pela Comissão de Saneamento da Baixada Fluminense, criada pelo governo federal em 1933, ele integrou-se a uma vastarede de canais e comportas.

Como saldo final deste processo, "De terras úmidas, pantanosas, com inúmeras lagoas permanentes e temporárias, a Baixada Campista passou a ter terras ressecadas e em alguns locais salinizadas, sobretudo nos períodos de baixa pluviosidade"

A implantação das comportas pelo DNOS entre 1979 e o começo dos anos 80 e a forma de operação das mesmas, o abandono de canal e a destruição pretérita da integração das

planícies alagáveis ao sistema de pulsos do rio Paraíba do Sul. Além de alterar um processo natural de forma significativa, gerou um impasse social.

A partir da década de 70, passaram a ser somados aos impactos permanentes, eventos pontuais de grande magnitude, caracterizados como desastres ambientais.

Dentre estes se destaca a ocorrência de alguns de extrema gravidade conforme listado por ARAÚJO **et al**., (2009). A saber:

- 1977 – Rompimento do dique de contenção da lagoa da Companhia Paraibuna de Metais em Juiz de Fora/MG, contaminando os Rios Paraibuna e Paraíba do Sul com metais pesados;
- 1982 – Vazamento da Cia. Paraibuna de Metais, com o rompimento de um dique de contenção de rejeitos no Rio Paraibuna, que carreou resíduos de metais pesados (cromo e cádmio) e outras substâncias tóxicas, contaminando o Rio Paraíba do Sul desde a confluência com o Paraibuna até a foz;
- 1984 –Acidente rodoviário em que um caminhão despejou 30 mil litros de ácido sulfúrico no Rio Piabanha;
- 1988 – Vazamento de óleo ascarel diluído em 3000 litros de água utilizada para apagar o incêndio de transformadores na Thyssen Fundições;
- 1989 – Acidente com um caminhão tanque de metanol que despejou o produto no rio, na altura de Barra do Piraí;
- 2003 - Rompimento do dique de contenção da lagoa de rejeitos da Cia de Papel Cataguases, em Cataguases/MG, contaminando os Rios Pomba e Paraíba do Sul com o “licor negro” altamente alcalino proveniente dos processos de fabricação do papel. Estima-se que vazaram mais de 20 milhões de litros de soda cáustica no Rio Pomba. Acidentes de menores proporções ocorreram também em 2006 e 2007, sob a responsabilidade da mesma indústria.
- 2007 – Rompimento do dique de contenção de bauxita da mineradora rio Pomba em Miraí/MG, em 2007 contaminando os rios Fubá, Muriaé e Paraíba do Sul.

- 2008 –Em 18 de novembro, o rio Pirapetinga, afluente do rio Paraíba do Sul, foi atingido por um vazamento de cerca de oito mil litros do produto químico endosulfan, causando grande mortandade de peixe (Figura 8) ao longo de mais de 400 quilômetros na bacia. Desta vez a empresa Servatis S.A., localizada no município de Resende/RJ, foi a responsável pelo acidente.

Sobre o ultimo acidente, que foi alvo de maiores avaliações técnicas, SOUZA (2008) relatou que:

> *"Às 05 horas da manhã do dia 17 de novembro de 2008, na margem do rio Paraíba do Sul, em frente à Praça dos Quiosques, uma área contígua ao centro da cidade de Itaocara, na região Noroeste fluminense, os peixes começaram a apresentar um comportamento natatório errático, próximo à superfície da água. Segundo a pesquisadora da UNICAMP, Dra. Sara Aranha, a substância Endosulfan, ao atingir o Sistema Nervoso Central provoca inúmeras complicações, tais como a natação irregular e dificuldades no processo respiratório. Em função destes problemas, uma grande quantidade de peixes foi facilmente capturada manualmente pelos pescadores artesanais e pela comunidade. O comportamento natatório atípico dos peixes perdurou por, aproximadamente, sete horas. 22 horas antes do inicio da mortandade em Itaocara, as mesmas características também foram observadas pelos moradores de Porto Velho do Cunha, distrito do município de Carmo, localizado 70 km a montante. (…..)No dia 23 de novembro de 2008, o respectivo secretário, junto com funcionários da Usina Hidrelétrica Ilha dos Pombos, localizada entre os municípios de Carmo – RJ e Além Paraíba – MG, retiraram dez caminhões de peixes fresco e em processo avançado de deterioração das grades decontenção da referida usina, totalizando um valor aproximado de 50 toneladas de peixes que abrangiam diversas espécies".*

A análise realizada pelo autor em amostras coletadas durante o acidente permitiu evidenciar que houve grande afetação de planteis reprodutivos com mortandade de "*muitas toneladas*" (SOUZA, 2008).

Este ultimo acidente apresenta dois agravantes em relação aos demais desastres. Primeiramente diz respeito a natureza da substância, formulada justamente para causar a morte de organismos, haja vista que o endosulfan é usado na produção de pesticidas e inseticidas.

O segundo agravante refere-se ao período em que ocorreu a mortandade, que corresponde ao início da atividade reprodutiva de diversas espécies.

Com relação a fragmentação do canal principal observa-se em um intervalo de 100 anos de intervenção antrópica intensa o sistema de certa forma retornou a sua condição primordial, no qual quatro bacias fluíam para sentidos distintos antes que suas conecções derivadas dos eventos tectônicos e de capturas fluviais ocorressem.

O curso superior do rio Paraíba do Sul atualmente isola-se novamente do restante da bacia através dos barramentos de Paraibuna e Paraitinga que, concluídos em 1977, estão entre as barragens mais altas do País, com 104m de altura.

Se implementada a transposição em estudo de parte de vazão rio Paraíba do sul para abastecimento da região metropolitana de São Paulo, pelo menos parte do sistema fluirá novamente para bacia do rio Paraná.

O trecho que corresponde, em parte, aos antigos lagos da formação Tremembé hoje apresentam os lagos formados pelas PCHs Queluz e Lavrinhas e pela UHE Funil.

O que seria o segundo Paraíba do Sul (**sensu** MODICA & BRUSH, 2004) hoje corresponde a sua transposição para a bacia do rio Guandu, rio este que atualmente apresenta sua ictiofauna composta essencialmente por espécies do Paraíba (além das exóticas, vide BIZERRIL & PRIMO, 2001).

Neste mesmo cenário, as usinas de Simplício e, em sequência, de Ilhas dos Pombos, quase anulam a contribuição dos rios Piabanha e Paraibuna para jusante e os mesmos tornam-se, novamente, mais integrados ao setor de montante, que, por sua vez afluirá, por transposição, ao oceano através do rio Guandu.

E o baixo Paraíba do Sul, com seus afluentes (Pomba, Muriaé e Grande) encontra-se, de novo, em um quase isolamento, configurando um sistema fluvial de médio porte, dentro da realidade das bacias hidrográficas do leste brasileiro.

Contudo, neste cenário, que remontaria uma proto-condição do Terciário, reproduz-se novamente os eventos de redução de vazão e retração da cobertura florestal e a entrada de novas espécies já ocorridas durante o quaternário recente.

A perda da quarta dimensão do ambiente aquático pelo isolamento dos ecossistemas paludiais poderia ser ainda considerada como análoga (porém com menor magnitude) ao

ocorrido durante às transgressões marítimas que, ao invés de secarem as vias de comunicação lateral, as afogaram.

Devido ao somatório de alterações que o ambiente do rio Paraíba do Sul como um todo vem sofrendo, algumas das espécies locais se encontramem condições conservacionistas que permite classificá-las como ameaçadas de extinção.

Como principal referencia acerca da importância bioconservacionista dos grupos que integram a biota do rio Paraíba do Sul se destaca o Plano de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas - PAN.

O PAN é um importante instrumento de gestão que reúne um conjunto de medidas, articuladas e programadas para serem cumpridas por vários setores sociedade em prazos pré-estabelecidos, com o objetivo de proteger determinada espécie da fauna ou flora ou um ambiente de relevante interesse ecológico.

A Portaria ICMBIO Nº 131, de 14 de dezembro de 2010 aprovou o Plano de Ação Nacional para a Conservação das Espécies Aquáticas Ameaçadas de Extinção da Bacia do Rio Paraíba do Sul (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais), estabelecendo seu objetivo, metas, prazo, abrangência, formas de implementação, supervisão e institui o Grupo Estratégico para Conservação e Manejo.

Foram estabelecidas, na portaria de criação do PAN Paraíba do Sul, as metas listadas abaixo:

I. geração de informações para subsidiar o planejamento hidrelétrico da bacia do rio Paraíba do Sul, visando à conservação da biota aquática, com ênfase nas espécies ameaçadas e endêmicas, em um prazo de 5 (cinco) anos, com a adoção de 7 (sete) ações;

II. estabelecimento de instrumentos de gestão voltados à recuperação da integridade da biota aquática, com ênfase nas espécies ameaçadas e/ou endêmicas da bacia do rio Paraíba do Sul, impactadas por barragens, em um prazo de 10 (dez) anos, com a adoção de 9 (nove) ações;

III. aumento, nos próximos cinco anos, do conhecimento da biologia e composição das comunidades da biota aquática da bacia do rio Paraíba do Sul, com ênfase nas espécies ameaçadas e/ou endêmicas, para subsidiar políticas públicas de conservação dessas espécies, com a adoção de 8 (oito) ações;

IV. aumento dos estoques pesqueiros da bacia do rio Paraíba do Sul e incremento das populações de peixes e quelônios ameaçados em 25% (vinte e cinco por cento), em até 10 (dez) anos, com a adoção de 3 (três) ações;

V. manutenção da vazão mínima ecológica do rio Paraíba do Sul adequada à conservação da biota aquática, em um prazo de 10 (dez) anos, com a adoção de 7 (sete) ações;

VI. recuperação, em um prazo de 5 (cinco) anos, de pelo menos 20% (vinte por cento) das Áreas de Preservação Permanente - APPs da bacia do rio Paraíba do Sul, com ênfase nas áreas relevantes para conservação da biota aquática endêmica e/ou ameaçada de extinção, com a adoção de 4 (quatro) ações;

VII. estabelecimento de ordenamento pesqueiro para a bacia do rio Paraíba do Sul, com base nos princípios da gestão compartilhada, em um prazo de 5 (cinco) anos, com a adoção de 2 (duas) ações;

VIII. impedimento da introdução de espécies alóctones, exóticas ou híbridas em ambientes naturais da bacia do rio Paraíba do Sul, em um prazo de 10 (dez) anos, com a adoção de 7 (sete) ações;

IX. cientificação à sociedade e poder público da importância da bacia do rio Paraíba do Sul para a manutenção dos recursos naturais e da qualidade de vida das populações humanas, por meio de programas pilotos de educação ambiental implantados em pelo menos 1 (um) município de cada trecho do rio (alto, médio e baixo), em um prazo de 5 (cinco) anos, com a adoção de 13 (treze) ações;

X. capacitação e treinamento de gestores públicos e policiais ambientais de 25% dos municípios da bacia do rio Paraíba do Sul para a aplicação da legislação ambiental, considerando as áreas relevantes para conservação da biota aquática ameaçada de extinção, em um prazo de 5 (cinco) anos, com a adoção de 3 (três) ações;

XI. integração das organizações governamentais, não-governamentais e da iniciativa privada visando à implementação do PAN Paraíba do Sul, em um prazo de 10 (dez) anos, com a adoção de 8 (oito) ações.

XII. implantação de sistemas de saneamento ambiental em 25% (vinte e cinco por cento) dos municípios localizados nas áreas relevantes para a conservação da biota aquática ameaçada de extinção, em um prazo de 10 (dez) anos, com a adoção de 4 (quatro) ações.

XIII. ordenamento do uso e ocupação do solo nas áreas relevantes para a conservação da biota aquática ameaçada de extinção da bacia do rio Paraíba do Sul, em um prazo de 10 (dez) anos, com a adoção de 11 (onze) ações.

Com a promulgação da Portaria MMA Nº 107, de 11 de outubro de 2012, o PAN do rio Paraíba do Sul abrange 17 (dezessete) espécies aquáticas constantes da lista nacional de espécies ameaçadas de extinção e 02 (duas) constantes da lista de espécies ameaçadas do estado de São Paulo, as quais se encontram listadas abaixo.

Quadro 12. 6 Espécies ameaçadas de extinção integradas ao PAN Paraíba do Sul

TAXON	CATEGORIA
PEIXES	
Brycon insignis	Criticamente em Perigo
Brycon opalinus	Vulnerável
Hypomasticus thayeri	Vulnerável
Pseudotocinclus parahybae	Ameaçada
Hyphessobrycon duragenys	Criticamente em Perigo
Steindachneridion parahybae	Criticamente em Perigo
Taunaia bifaciata	Vulnerável
Prochilodus vimboides	Ameaçada de Extinção
Pogonopoma parahybae	Criticamente em Perigo
Phallotorhynus fasciolatus	Em perigo
Delturus parahybae	Criticamente em Perigo
Characidium lagosantensis	Vulnerável
QUELÔNIO	
Mesoclemmys hogei	Em perigo
CRUSTÁCEO	
Macrobrachium carcinus	Vulnerável
Atya gabonensis	Vulnerável
Atya scabra	Vulnerável
MOLUSCO	
Diplodon dunkerianus	Em perigo
Diplodon expansus	Vulnerável
Diplodon fontainianus	Em perigo

A distribuição destas espécies na bacia do rio Paraíba do Sul é apresentada na figura abaixo.

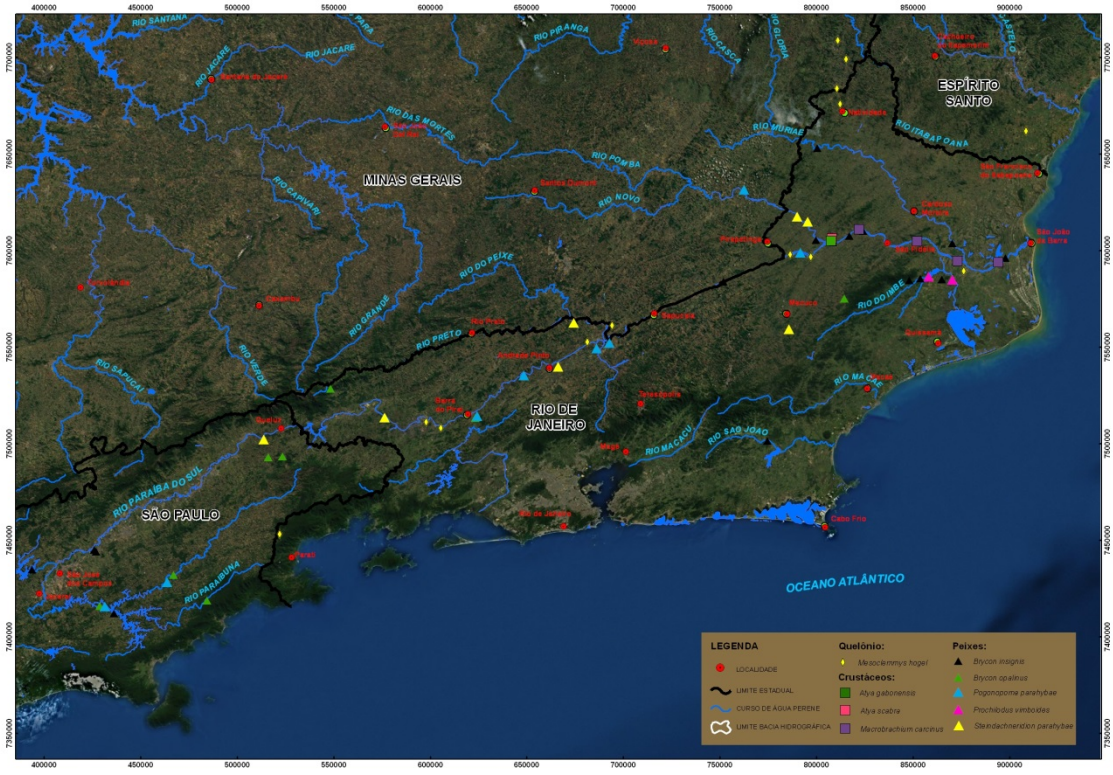


Figura 12.16 Distribuição das espécies ameaçadas de extinção incluídas no PAN Paraíba do Sul

Além destas espécies, incluem-se outros peixes ameaçados de extinção, conforme reconhecido em listas estaduais.

Quadro 12.7 Espécies de peixes ameaçadas de extinção e não incluídas no PAN Paraíba do Sul

Taxon	Categoria	Fonte
Rhamdioglanis transfaciatus	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Neoplecostomus variipictus	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Characidum alipioi	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Cheidrodon parahybae	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Hyphessobrycon flammeus	Em Perigo	Instrução Normativa MMA nº 5 de 21 de maio de 2004Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Acentronichthys leptos	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Rhineleps aspera	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Microcambeva barbata	Vulnerável	Instrução Normativa MMA nº 5 de 21 de maio de 2004
Pareiorhina rudolphi	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus albinotatus	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus auroguttatus	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus goeldi	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus mimonha	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus mirissumba	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus paquequerensis	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus trigutatus	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus vermiculatus	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Trichomycterus travassoi	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Hemipsilichthys gobio	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)
Kronichthys heylandi	Ameaçada de Extinção	Lista Estadual de Espécies Ameaçadas (D.O.RJ 5/06/98)

Grande parte das espécies acima são restritas ao alto curso de rios, como é o caso de *Acentronichthys leptos*, presente na bacia que aflui à Lagoa Feia, *Rhamdioglanis transfasciatus*, do alto rio Grande e alto Muriaé, *Pareiorhina rudolphi*, com registro no alto curso do rio Pomba, e *Neoplecostomus variipictus*, das cabeceiras do rio Grande e afluentes, assim como todas as espécies de *Trichomycterus*.

Characidium alipioi, embora também ocorra no curso superior de rios pode ser registrado também em rios de maior porte e mesmo na calha principal do Paraíba do Sul, Pomba e Muriaé, em áreas com substrato rochoso e corredeiras.

Microcambeva barbata, com registros no rio Imbé (além de sua localidade tipo – rio São João) ocupa pequenos tributários, usualmente em áreas com bancos de areia.

Hyphessobrycon flammeus possui curiosa distribuição geográfica, com registros nas áreas alagadas do fundo da baía de Guanabara (notadamente no município de Magé) e na lagoa Feia (WEITZMANN **et al**., 1988). LIMA **et al**. (2001) registraram a espécie também na lagoa de Iquipari.

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

13.1 GEOMORFOLOGIA

ALMEIDA, F.F.M. Os fundamentos do relevo paulista. *Boletim IGEOG-USP*, 41: 169-263. 1964.

BIZERRIL, C.R.S.; TOSIN, P.C.; PRIMO, P.B.S. – A Bacia do Rio Paraíba do Sul: Uma análise do meio físico e da paisagem fluvial. In: C.R.S.F. Bizerril; L.M.N. Araújo & P.C. Tosin (orgs.) *Contribuição ao Conhecimento da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Coletânea de Estudos.* Brasília, ANEEL. p. 1-13. 1998.

CEIVAP (Comitê para a Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul) – *Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica (PQA).* São Paulo, Relatório Executivo. 2000.

COPPETEC – *Gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Sistema de informações e de apoio a decisão de outorga para a bacia do rio Paraíba do Sul.* Brasília, COPPETEC/ANA. 2001.

CPRM (COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS) *Mapa de Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro* (www.cprm.org.br).

CPTI (COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS) *Plano das bacias hidrográficas. UGRHI-1 e UGRHI-2.* São Paulo, CBH-PS. 2011.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Org.) *Geomorfologia. Exercícios, Técnicas e Aplicações.* Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.1996.

EPE (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA) Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Paraíba do Sul. Relatório Final EPP-1-70-0001 RE RO. 2007.

FLOREZANO, T.G. (Org.) *Geomorfología. Conceitos e tecnologias atuais.* São Paulo, Editora Oficina de Textos. 2010.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO *Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano*, São Paulo, SHDU/Emplasa/IPT. 1990.

PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIRA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.* Escala 1:500.000, São Paulo: IPT, 1981

ROSS, J.L. *Geomorfologia – Ambiente e planejamento*. São Paulo Editora Contexto. 1991.

ROSS, J.L.S.; MUROZ, I.C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. São Paulo, USP/Fapesp. 1995.

Almeida, F.F.M. 1967 Origem e evolução da Plataforma Brasileira. *Boletim Divisão Geologia e Mineração*, Rio de Janeiro, DNPM, n. 241. p. 1-36.

Amador. E.S. Estratigrafia e sedimentação da bacia de Resende. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, Rio de Janeiro, 47. P. 181-182. 1975.

Amador, E.S.; Depósitos neo-cenozóicos da Bacia de Volta Redonda. In: *Anais Congresso Brasileiro de Geologia*, Ouro Preto, v.1, p. 306-327.

Carneiro, C.D.R.; Hasui, Y.; Giancursi, F.D. 1976 Estrutura da Bacia de Taubaté na região de São José dos Campos. In: *Anais Congresso Brasileiro Geologia*, 29. Ouro Preto. v.4, p. 247-256.

Fernandes, F.L.; Chang, H.K. Modelagem gravimétrica da Bacia do Taubaté – Vale do rio Paraíba do Sul, Leste do Estado de São Paulo. *Brazilian Journal of Research*, 19 (2). 2001.

Fonseca, M.J.G. 1998. *Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Jameiro, DNPM. 141 p.

Fúlfaro, V.; Bjomberg, J. Geologia. In: J.C. Cintra e J.H. Albiero (Eds.) *Solos do Interior de São Paulo*. São Carlos, EESC/USP e ABMS. p. 1-42. 1993.

Hasui, Y.; Ponçano, W.L. Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. In: *Anais Congresso Brasileiro Geologia*, 30. Recife. v.1, p.368-381. 1978.

Hasui, Y.; Fonseca, M.J.; Ramalho, R. A parte Central da região de dobramentos sudeste e o Maciço Mediano de Guaxupé . In C. Schobbenhaus, D. Campos, G. Derze, H. Asmus (Coord.) *Geologia do Brasil.* Brasilia, DNPM. p. 307-328. 1984.

Hasui, Y.; Bistrichi, C.A.; Carneiro, C.R.; Stein, D.; Melo, S.; Pires Neto, A.G.; Ponçano, W. *Geologia da Folha de São José dos Campos* – SP (SF-23-Y-D-II). São Paulo, IPT. p. 50. 1978.

IPT (Instituto Tecnológico do Estado de São Paulo, *Mapa Geológico do Estado de São Paulo.* Escala 1:500.000. Nota explicativa. IPT, São Paulo. n. 6, 126p. 1981.

IPT (Instituto Tecnológico do Estado de São Paulo) *Geologia das Folhas Jacareí, Tremembé, Taubaté e Pindamonhangaba,* escala 1:50.000, IPT, Estado de São Paulo. 1990.

Oliveira, J. B., Camargo, M. N., Rossi, M., Calderano Filho, B. *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo.* 1:500.000. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas (IAC).1999.

Ponçano, W. L.; Carneiro, C. D. R.; Bistrichi, C. A; Almeida, F. F. M.; Prandini, F. L., . *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:500.000. São Paulo, IPT. 94p. 1981.

Ricommini, C. *O rift continental do Sudeste do Brasil*. São Paulo. 256p. (Tese de Doutoramento). Inst. Geociências, USP. 1989.

Ross, J.L.S., Moroz, I. C., Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia,* FFLCH/USP, 10: 41-56. 1997.

Saad, A.R, Potencial econômico da Bacia de Taubaté (Cenozóico do Estado de São paulo, Brasil) nas regiões de Jacareí, Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba. IGCE/UNESP. Tese de Doutoramento. 173p. 1990.

13.3 **HIDROGEOLOGIA**

ALVES, M.G.; COSTA, A.; POLIVANOV, H.; SILVA JR., G.C.; COSTA, M.C. Qualidade das águas de poços provenientes de áreas urbanas e rurais de Campos dos Goytacazes (RJ). *Águas Subterrâneas*, 2010.

CABRAL, j.; LOIDE, S. SIMÕES, S.; MONTENEGRO, S. – Recursos hídricos subterrâneos. In: Paiva (Eds.) *Monitoramento de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre, ABRH. p... 237-277. 2001.

CASTRO, F.G.; JUNIOR, G.C.; PIZANI, T.C.; SILVA, D. .Caracterização hidrogeológica e hidrogeoquímica preliminarda bacia sedimentar de Resende – RJ, *1st Joint World Congresso on Groundwater* Fortaleza. 2000 (CD-ROM).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB *Relatório da qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo – 2004-2006.* São Paulo, CETESB, 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. *Relatório de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo - 2007*. São Paulo, CETESB, 2008.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE *Caracterização dos recursos hídricos no Estado de São Paulo.* São Paulo, DAEE. 175p. 1985.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA - DAEE Água subterrânea: reserva estratégica. *Revista Águas e Energia Elétrica*, SP, n.13, p.14-23. 1989.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT0 *Estudo das águas subterrâneas e elaboração de Carta Geotécnica.*. Relatório no. 37190/958. São Paulo. 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT *Plano da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul – Trecho do estado de São Paulo (UGRHI 02), 2011 – 2014.* Relatório Técnico 122-707-205. Comitê das Bacias Hidrográficas do Paraíba do Sul (CBH-PS). 2012.

IRITANI, M.A.. – *Modelagem matemática tridimensional para a proteção das captações de água subterrânea.* Instituto de Geociências, USP (Tese de Doutoramento). São Paulo, 1998.

NASCIMENTO, F.M. Aqüíferos do Estado do Rio de Janeiro. *Anais XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. Bonito – MS. 2012 (CD-ROM).

NASCIMENTO, F.M.; CARVALHO, J.E.; PEIXINHO, F.C. Sistema de informação de água subterrânea – SIAGAS. Histórico, desafios e perspectivas. Anais XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal, 2008 (CD-ROM).

RAMOS, M.L.; MENEZES, M.; PAIXÃO Gestão de águas subterrâneas: Experiência do Estado de Minas Gerais. *Anais I Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste.* Rio de Janeiro, p. 99-107. 2007.

ROCHA, S.F..; ALVES, M.G.; ALMEIDA, F.T. Estudo preliminar da vulnerabilidade dos aqüíferos em Campos do Goytacazes – Rio de Janeiro. *Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Belo Horizonte, p. 1439-1445. 2003.

13.4 SOLOS E APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS

AB'SÁBER, A.N. Megageomorfologia do território brasileiro In: CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T., orgs. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998. p.71-94.

ARAÚJO, A. G. de; LOPES ASSAD, M. L. Zoneamento pedoclimático por cultura a partir de levantamento de solos de baixa intensidade. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, 25:103-111, 2001.

BENNEMA, J.; BEEK, K. J.; CAMARGO, M. N. Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/FAO, 1964. 49p.

BOLETIM TÉCNICO 43, IAC - **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo** (4 cartas) com Legenda Expandida – escala: 1.500.000.

BOLETIM TÉCNICO 43, IAC. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico. **Autores:**João Bertoldo de Oliveira e outros, 1999, 108 páginas.

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JÚNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande, v. 6, p. 104-114, 2006.

CAMPOS, M.C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais V. 8 N. 3 Set./Dez. 2012.*

CASTRO, S.S. & COELHO NETTO, A.L. Evolução pedogenética em depressão de topo na

CASTRO, S.S. & SALOMÃO, F.X.T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. GEOUSP, 7:27-37, 2000.

COELHO, R.M.; LEPSCH, I.F. & MENK, J.F. Relações solo-relevo em uma encosta com transição arenito-basalto em Jaú (SP). R. Bras. Ci. Solo, 18:125-137. 1994.

EMBRAPA-CNPS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa -SPI, 2013. 353p.

EMBRAPA 2003. Carvalho filho, a. De; et ali. E. Mapa de aptidão agrícola das terras do estado do rio de janeiro. Rio de janeiro. 1 mapa, color. Escala 1:250.000. Disponível em: boletim de pesquisa e desenvolvimento, 30. No prelo. Http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/sigweb.html.

FAO (Roma, Italia). A framework for land evaluation, Rome, 1976. 72p. (FAO. Soil Bulletin, 32).

IBGE 2007. MANUAL TÉCNICO DE PEDOLOGIA. Rio de Janeiro: IBGE, [2007]. 300 p. (Manuais técnicos em geociências, n. 4).

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, Carlos Roberto. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4a aproximação. Campinas: SBCS, 1991. 175p.

MAPA DE SOLOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS: legenda expandida / Universidade Federal de Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras; Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A. R. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Hydological Processes, v.5, p.3–30, 1991.

OLIVEIRA, J.B. de; 2008. Pedologia aplicada. 3.ed. Piracicaba: FEALQ, 2008, 592 p.

OLIVEIRA, J. B. de; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201 p.

OLSZEVSKI, L. M. C. et. al. Paisagem e uso da terra em diferentes unidades geológicas em área sob influência do Rio Preto (MG-RJ). REVISTA DE BIOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA. Volume 8 - Número 2 - 2º Semestre 2008.

PINHEIRO, L. B. A; et al. Avaliação da aptidão agrícola para uso florestal. Revista Floresta e Ambiente, UFRRJ; v. 7, n.1, p.54 - 59, jan./dez. 2000.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

REICHERT, J. M. et. al. SOLOS FLORESTAIS. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de solos. Apostila 2009. 290p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. G. Pedologia: base para distinção de ambientes, 5.ed. Lavras:UFLA, 2007. 322 p.

THOMPSON, J.A.; PENA-YEWTUKHIW, E.M.; GROVE, J.H. Soil–landscape modeling across a physiographic region: Topographic patterns and model transportability. Geoderma, v.133, p.57–70, 2006.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I.F.; CASTRO, S.S. Conceitos e aplicações das relações Pedologia-Geomorfologia em regiões tropicais úmidas. Tópicos em Ciencia do Solo, 4:145-192, SBCS, 2005.

YOUNG, A. & YOUNG, D.M. Slope development. London, Publication Macmillan Education, 1976. 35p.

13.5 **RECURSOS MINERAIS**

Fonseca, M.J.G.; Silva, Z.C.G., Almeida Campos, D.; Tosatto, P. *Folhas Rio de Janeiro, Vitória, Iguape, SF 23, SF 24, SG 23. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo.* Texto Explicativo. DNPM, Brasília. 240 p. 1979.

Marcondes Filho, Batista, G.T.; Targa, M.; Soares, P.V. O uso futuro das áreas de mineração de areia no sub-trecho compreendido entre Jacareí e Pindamonhangaba, SP e sua inserção na dinâmica local e regional. *Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico*, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007, IPABHi, p. 139-146. 2007.

Rangel, T.P. Marques, J.S.; Maciel, M.S.; Brito. F.P.; Almeida, M.G.; Salomão, M.S.; Rezende, C.E. Metais pesados nos sedimentos da região da mineradora de Miraí/MG, após rompimento da barragem de rejeito de mineração de bauxita. *XI Congresso Brasileiro de Geoquímica,* 2007, Atibaia, SP. 2007.

Reis, B. N.; Batista, G. T.; Targa, M. S.; Catelani, C. S.. Influência das cavas de extração de areia no balanço hídrico do vale do Paraíba do Sul. *Revista Escola de Minas*. v.59, n.4 p. 391-396. 2006.

Silva, R.E.S.; Margueron, C. Estudo Ambiental de uma Pedreira de Rocha Ornamental no Município de Santo Antônio de Pádua – Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências,* v. 25, p. 151-171. 2002.

Silva, G.B.; Simi, R.; Rudorff, B.F.T. Monitoramento da extração de areia nos municípios não pertencentes ao Zoneamento Ambiental Minerário do trecho paulista da várzea do rio Paraíba do Sul. *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.6465. 2011.

Valverde, F. M. Agregados para a construção civil. *Balanço Mineral Brasileiro.* DNPM, 2001.

13.6 **VULNERABILIDADE À EROSÃO**

BARBOSA, C.C.F. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1997.

CAMARINHA, P. Mapeamento do potencial de infiltração de água do solo como subsídio ao planejamento de pequenas bacias hidrográficas. Uma proposta metodológica utilizando geotecnologias. Dissertação de Mestrado, Programa Multi-Campus de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Guaratinguetá. 2011.

CANAVESI, V.; CAMARINHA, P.I.; ALGARVE, V.; CARNEIRO, R.L.; ALVALÁ, R.C. Análise da suscetibilidade a deslizamentos de terra: estudo de caso de Paraibuna (SP). *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,* Foz do Iguaçu. p. 5251-5258. 2013.

CASTRO, C.M.; MELLO, E.V.; PEIXOTO, M.N. - Tipologia de Processos Erosivos Canalizados e Escorregamentos – Proposta Para Avaliação de Riscos Geomorfológicos Urbanos em Barra Mansa (RJ). *Anuário do Instituto de Geociências*. v. 25, p. 11-24. 2002.

COELHO NETTO, A.L. Mecanismos e condicionantes geo-hidroecológicos do voçorocamento em ambiente rural: implicações na estabilidade das encostas. In: *Congresso Brasileiro Ciência do Solo,* 26. Rio de Janeiro (RJ). Anais**...**, Rio de Janeiro, EMBRAPA-Solo. 1997.

DEMERS, M. *GIS modeling in raster.* New York, John Wiley. 2002.

IERVOLINO, P. Mapeamento do Potencial de Ocorrência de Feições Erosivas com Base em Geoprocessamento – Barra Mansa/RJ. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia – IGEO/UFRJ. Rio de Janeiro. 1999.

LESSA, L.A; PEIXOTO, M.N.O.; MOURA, J.R.S. Condicionantes morfométricos da erosão linear acelerada atual em compartimentos de colinas no Médio Vale do rio Paraíba do Sul – SP/RJ. In: *Simpósio de Geografia Aplicada*, 6, Goiânia (GO). Anais, v.1, p.228-235. 1995.

PEIXOTO, M.N.O.; MELLO, E.V.; CASTRO, C.M.; SILVA, F.L M.; MOURA, J. R.S. Cadastramento de Feições Erosivas e Movimentos Gravitacionais de em Barra Mansa (RJ) como suporte à cartografia de riscos urbanos In: *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Anais. Recife, p. 66. 2000.

SILVA, T.P.; SALGADO, C.M.; GONTIJO, A.; MOURA, J. A influência de aspectos geológicos na erosão linear – médio-baixo vale do ribeirão do Secretário, Paty do Alferes (RJ). *Geosul*, 18 (36): 131-150. 2003.

13.7 **ECOSSISTEMA AQUÁTICO**

AB'SABER, A, N. Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

ALBERT, J.S. & R. CAMPOS DA PAZ, 1998 - Phylogenetic systematics of Gymnotiformes with diagnoses of 58 clades: A review of available data. In: MALABARBA, L.R., R.E. REIS, R.P. VARI, Z.M.S. LUCENA & C.A. LUCENA - Phylogeny and classification of Neotropical fishes. Ed PUCRS, Porto Alegre. 419-446.

🕮ALEXANDER, R.McN., 1964 -The structure and function of the Weberian apparatus in the Siluri. Proc. Zool.Soc. London, 142: 419-440.

🕮 ALMEIDA A. C., SOARES J. V. 2003 - Comparação entre o uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. Ver. Arvore, 27 (2): 159-170.

🕮ANDRRÉASSIAN V. 2004 - Waters and forests:from historical controversy to scientificdebate. Journal of Hydrology, 291: 1-27.

🕮ALVES, C.B.M., V. VONO & F. VIEIRA, 1999 - Presence of the walking catfish Clarias gariepinus (Burchell) (Siluriformes, Clariidae) in Minas Gerais state hydrographic basins, Brazil. Revta bras. Zool., 16(1): 259-263.

🕮ANGENMEIER, P. L. & J.R. KARR, 1983 - Fish communities along envirommental gradients in a system of tropical streams. Env. Biol. Fish., 9(2): 117-135.

🕮ANGERMEIER, P.L. & SCHLOSSER, I.J., 1987 - Assessing biotic integrity of the fish communities in a small Illinois stream.North American Journal of Fisheries Managenment, 7: 331-338.

🕮ANGIER J.T., MCCARTY G.W., PRESTEGAARD K.L. 2005 - Hydrology of first-order riparianzone and stream mid-Atlantic coastal plain,Maryland. Journal of Hydrology, 309: 149-166

🕮AGOSTINHO, A.A. 1992. Manejo de recursos pesqueiros em reservatórios. In: AGOSTINHO, A.A.; ENEDITO-CECILIO, E. ISAACNAHUM. Situação Atual e Perspectivas da Ictiologia no Brasil. Maringá: EDUEM. p.106-121.

🕮AGOSTINHO, A. A., 1994. Pesquisas. Monitoramento e Manejo da Fauna Aquática em Empreendimentos Hidrelétricos. In: SEMINÁRIO SOBRE FAUNA AQUÁTICA E O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO. Caderno 1,p. 38-59.

🕮 AGOSTINHO, A.A., 1995 – Considerações sobre a atuação do setor elétrico na preservação da fauna aquática e dos recursos pesqueiros. In: COMASE, Seminário sobre fauna aquática e o setor elétrico brasileiro. ELETROBRÁS, Rio de Janeiro.

🕮 AGOSTINHO, 2003 – Ictiofauna do Rio das Antas. CERAN, Rio Grande do Sul.

🕮 AGOSTINHO, A.A.; VAZZOLER, A.E. A. DE M., GOMES, L.C.; OKADA, E.K. 1993. Estratificación espacial y comportamiento de Prochilodus scrofa em distintas fase del ciclo

de vida, en la planície de inundación del alto rio Paraná y embalse de Itaipu, Paraná, Brasil. Revue D´Hidrobiologie Tropicale, 26(1):79-90.

📖 AGOSTINHO, A.A.; VAZZOLER, A.E.A. de M.; THOMAZ, S.M. 1995. The High River Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI,J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). Limnology in Brazil. Rio de Janeiro: ABC/SBL. p.59-103

📖 AGOSTINHO, A.A.; ZALEWSKI, M. 1996. A planície alagável do alto rio Paraná: importância e preservação (Upper Paraná River floodplain: importance and preservation. Maringá, PR. EDUEM, 100 p.

📖 AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO JR., H.F. 1996. Ameaça ecológica: peixes de outras águas. Ciência Hoje, 21(124):36-44.

📖 AGOSTINHO, A.A.; FERRETTI, C.M.L.; GOMES, L.C.; HAHN, N.S.; SUZUKI, H.I.; FUGI, R; ABUJANRA, F. 1997. Ictiofauna de dois reservatórios do rio Iguaçú em diferentes fases de colonização: Segredo e Foz do Areia. In: AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. (Eds.). Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, 1997. p. 275-292.

📖 AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. 1997. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, 387p.

📖 AGOSTINHO, A.A.; JULIO JUNIOR, H.F. 1999. Peixes da bacia do alto rio Paraná. In: LOWE-MCCONNELL, Rosemary H. (Eds.). Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. São Paulo-SP, p. 374-400.

📖 AGOSTINHO, A. A. et al., 1999 - Patterns of colanization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J. G.: STRASKRABA, M. (Eds.). Theoretical reservoir ecoloy and its applications. São Carlos: International Institute of Ecology; Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers; Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences. 227-265.

📖 AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, S.M.; MINTE-VERA; C.V.; WINEMILLER. K.O. 2000.Biodiversity in the High Paraná River floodplain. In: GOPAL, B.;JUNK, W.J.; DAVIS, J.A. (Eds.). Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers, 2000.v.1, p.89-118.

📖 AGOSTINHO, A.A.; MIRANDA, L.E.; BINI, L.M.; GOMES, L.C.; THOMAZ, S.M.; SUZUKI, H.I. 1999. Patterns of colonization in neotropical reservoirs, and prognoses on aging. In: TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (Eds.) Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos-SP, p. 227-265.

📖 AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; ZALEWSKI, M. 2001 The importance of floodplains for the dynamics of fish communities of the upper River Paraná. Ecohydrology & Hydrobiology, v.1, no.1-2, p.209-217.

📖 AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; FERNANDES, D.R.; SUZUKI, H.I. 2002. Efficiency of fish ladders for neotropical ichthyofauna. River Research na Application, v. 18(3), P. 299-306.

📖 AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; SUZUKI, H.I.; JÚLIO JÚNIOR, H.F. 2003. Migratory fishes of the upper Paraná River Basin, Brazil. In: CAROLSFELD, J.; HARVEY, B., BAER, A.; ROSS, C. (Eds.). Migratory fishes of South American: biology, social importance and conservation status.

📖 AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., PELICICE, F. M., 2007 Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá : Eduem. 501 p.

📖 AGRAR, 2003 – PCH Rio Grandina. Relatório Ambiental Simplificado. Rio de Janeiro.

📖 AGRAR, 2003 – PCH Caju. Estudo de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro.

📖 AGRAR, 2003 – PCH São Sebastião do Alto. Estudo de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro.

📖 AGRAR, 2004 – Rio Grande. Estudo dos efeitos sinérgicos das PCHs. Rio de Janeiro. Não paginado.

📖 AGUIAR, K.D., 2008 – Influência de uma barragem sobre atributos ecológicos da comunidade e biologia reprodutiva de peixes do rio Paraíba do Sul, UHE Ilha dos Pombos, Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação de Mestrado, UFPAR, Curitiba. 107 pp.

📖 ALLAN, J.D., R. ABELL, Z. HOGAN, C. REVENGA, B.W. TAYLOR, R.L. WELCOMME & K. WINEMILLER. 2005. Overfishing of inland Waters. bioScience 55(12):1041-1051.

📖ALLAN, J. D.. 1997 - Stream ecology:structure and function of runningWaters. London, Chapman & Hall,

📖 ALVES, C.B.M., 2005 - Espécies Exóticas de Peixes em Minas Gerais – Situação atual e estudo de caso: Rio Glória (Bacia do Paraíba do sul). In: Seminário Nacional sobre Espécies Aquáticas Invasoras – CD-ROM.

📖 ALVES, C.M. et al.,2008 - Biodiversidade e conservação de peixes do Complexo do Espinhaço. Megadiversidade, volume 4 nº 1-2: 77-196.

📖 ANEEL. 2006. Formação de um Banco de Germoplasma da Ictiofauna Ameaçada da Bacia do Rio Paraíba do Sul.

📖ANGERMEIER, P.L. & SCHLOSSER, I.J., 1987 - Assessing biotic integrity of the fish communities in a small Illinois stream. North American Journal of Fisheries Managenment, 7: 331-338.

📖ANGERMEIER, P. L. 1987 - Spatiotemporalvariation in habitat selection by fish insmall Illinois stream, 52 - 60. IN:MATTHEWS, W. J.; HEINS, D. C.(eds.), Community and EvolutionaryEcology of North American streamfishes. Umiversity of Oklahoma Press,

Norman.

📖ANTONIO, R.R.; OKADA, E.K. DIAS, J.H.P. AGOSTINHO, A.A., JÚLIO Jr., H.F. 1999.Movimentos de peixes migradores da bacia do rio Paraná, a partir da barragem de

Porto Primavera, S.P. In: Encontro Brasileiro de Ictiologia, 13, 22-26 fev. 1999. resumos... São Carlos: UFSCar: SBI. p. 562.

📖 ANTONIO, R.R., A.A. AGOSTINHO, F.M. PELICICE, D. BAILLY, E.K. OKADA & J.H. PINHEIRO DIAS, 2007 – Blockage of migratory routes by dam construction: can migratory fish find alternative routes? Neotropical Ichthyology, 5(2): 177-184.

📖 APARPS, 1998 - Projeto Piabanha. Associação de Pescadores e Amigos do Rio Paraíba do Sul, Itaocara. 63pp.

📖 ARAGUÁS-ARAGUÁS L., ROZANSKI K, PLATA BEDMAR A., VITAL A.R.T., TANCREDI A.C., FRANKEN W. 1993. Downward movement ofsoil moisture in the central Amazon regiontraced by means of hydrogen isotopes.Vienna, International Agency of AtomicEnergy, 24p.(Intern.Report).

📖ARAOYE, P., 2009 - A. Physical factors andtheir influence on fish speciescomposition in Asa Lake, Ilorin,Nigeria. Revista de Biologia Tropical,57 (1-2): 167 – 175.

📖ARAUJO, N. B.; TEJERINA-GARRO,F. L., 2009 - Influence of environmentalvariables and anthropogenic pertubations on stream fishassemblages, Upper Parana River,Central Brazil. Neotropical Ichthyology, 7 (1): 31 – 38.

📖 ARAÚJO, J.R. & G.W. NUNAN, 2005 – Ictiofauna do rio Paraíba do Sul – Danos ambientais e sociais causados por barragens, hidrelétricas e poluição no trecho fluminense. ALERJ, Rio de Janeiro.

📖 ARAÚJO, J.R.S., D. CANEPPELE, G.W. A. NUNAN , D. R. DE ANDRADE, G. SOUZA, C. C.BARCELLOS & C. N. M. POLAZ, 2008 - Proposta de recuperação da fauna ictiológica na calha do rio Paraíba do Sul no trecho influenciado pelo vazamento do endosulfan. INEA - REGIONAL DO MÉDIO PARAÍBA, RJ.

📖 ARAÚJO, F.G., 1985 - Levantamento preliminar dos organismos aquáticos do rio Paraíba do Sul - RJ. Relatório final. Convênio FINEP/Posto de Aquicultura/UFRRJ. Rio de Janeiro. 49 pp.

📖ARAÚJO, F. G., 1996 - Composição e estrutura da comunidade de peixes do médio e baixo rio Paraíba do Sul, RJ. Rev. Brasil. Biol., 56(1): 111-126.

📖 ARAÚJO, F.G., I. FICHBERG & S. DUARTE, 1998 - Ciclo reprodutivo de Loricariichthys spixii (Steindachner,1882) (Pisces - Loricariidae) na represa de Ribeirão das Lages, RJ. Acta Biol. Leopldensia, 20(2); 309-318.

📖 ARAÚJO, F.G., S. DUARTE, R.S. GOLDEBERG & I. FICHBERG, 1999 - Indicadores reporddutivos de Parauchenipterus striatulus (Steindachner) (Pisces, Auchenipteridae) na represa de Ribeirão das Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. Revta. bras. Zool., 16(4): 1071-1079.

📖 ARAUJO, F. G.; PINTO, B. C. T. & TEIXEIRA, T. P., 2009 - Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in southeastern Brazil: evaluating environmental influences and some concepts in river ecology. Hydrobiologia, n. 618, p. 89-107.

📖 ARAÚJO, J.R.S., 1983 - Projeto de biodetecção de tóxicos em sistemas fluviais de utilização em captação de água para sistemas públicos de abastecimento. FEEMA, Rio de Janeiro. 85 pp.

📖ARAÚJO, R.B., 2008 - Ictiofauna de lagoas marginais sazonalmenteisoladas, rio Turvo, bacia do Rio Grande,Alto Paraná, SP. Tese de Doutorado- UNESP, São Paulo.

📖 ARMBRUSTER, J.W., 1998 - Phylogenetic relationships of the suckermouth armored catfishes of the Rhineleps group (Loricariidae, Hypostominae). Copeia, 1998(3): 620-636.

📖 ARMBUSTER, J.W., 1998 - Modifications of the digestive tract for holding air in loricariid and scoloplacid catfishes. Copeia, 1998(3): 663-675.

📖 ACSELRAD, M., F. C. BARCELLOS & V.G. COSTA, 2007 - Condições ambientais na bacia do Paraíba do Sul e a efetividade da cobrança pelo uso da água pelo Estado do Rio de Janeiro Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico, Taubaté, Brasil, 07-09 novembro 2007,

📖 ASSIREU, A.T., ROSA, R.R.; LORENZZETTI, J.A; VIJAYKUMAR, N.L.; REMPEL, E.L.; RAMOS, F. M.; SÁ, L.D. ABREU; BOLZAN, M.J.A.; ZANANDREA, A. 2002 - Gradient pattern analysis of short nonstationary time series: an application to Lagrangian data from satellite tracked drifters. Physica D, 168-169: 397-403.

📖 ASSIREU, A. T.; J. A. LORENZZETTI; E. M. L. M. NOVO; J. L. STECH; C. Z. F. BRAGA; I. B. T. LIMA., 2004 - Aplicação do Operador de Fragmentação Assimétrica (FA) na caracterização de controles geomorfológicos em reservatórios hidroelétricos. Revista Brasileira de Geociências, 32(4):501-508.

📖ATTAYDE, J.L. & L.A. HANSSON, 2002 – Fish mediated nutrient recycling and the trophic cascadein lakes. Can. Fish.Aquat.Sci., 48:33-43

📖 ATTAYDE, J.L, N.OKUN, J. BRASIL, , R.MENEZES & P. MESQUITA 2007 - Impactos da introdução da tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus*, sobre a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos do bioma caatinga. Oecol. Bras., 11 (3): 450-461, 2007

📖AUSTIN, M. P. 1968 - An ordination study ofa chalk grassland community. Journal Ecology, 56: 739 – 757.

📖 ÁVILA VLO, ANTONIA PEREIRA. Conservação da fauna aquática em reservatórios , Seminário sobre Fauna Aquática e o Setor Elétrico Brasileiro, MME – Ministério de Minas e Energia, ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S. A , COMBASE – Comitê Coordenador das Atividades De Meio Ambiente do Setor Elétrico, Rio de Janeiro, Brasil, dezembro, 1994.

📖 AZEVEDO, P. & A.L. GOMES, 1943 - Contribuição ao estudo da traíra Hoplias malabaricus (Bloch, 1794). Boletim de Industria Animal, 5: 15-64.

📖 AZEVEDO, P., M.V. DIAS & B.B. VIEIRA, 1938 - Biologia do saguiru (Characidae; Curimatinae). Mem. Inst. Oswaldo Cruz, 33(4): 481-553.

🕮 BARAS,E., NDAO,M., MAXIA,M.Y. J., JEANDRAIN, D., THOMÉ, J. P., VANDERVALLE, P., MÉLARD, C. (2000) Sibling cannibalism in dorada under experimental conditions. 1. Ontogeny, dynamics, bionergetics of caninibalism and prey size selective. J. Fish Biol., 57:1001–1020.

🕮 BARBIERI, G. & M.C. BARBIERI, 1984 - Note on nutritional dynamics of Gymnotus carapo (L) from the Lobo reservoir, São Paulo State, Brazil. J. Fish. Biol., 24: 351-355.

🕮 BACELLAR, L. A. P., 2005 - O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. Geo.br.

🕮BATCHELOR C., CAIN J., FARQUHARSON F.,ROBERTS J. 1998. Improving waterutilization from a catchment perspective.Sri Lanka, International Water Management Institute (Paper).

🕮 BERNINI, E., R. FERREIRA, F. L. DE CARVALHO E SILVA, A. P. MAZUREC, M. T. NASCIMENTO & C. E. REZENDE, 2010 - Alterações na cobertura vegetal do manguezal do estuário do rioParaíba do Sul no período de 1976 a 2001. Revista da Gestão Costeira Integrada. Número Especial 2, Manguezais do Brasil.

🕮 BERTONI J., LOMBARDI NETO F. 1993 . Conservação do solo. Ícone 3 ed. Ed. SãoPaulo, 355 p.

🕮BEST A., ZHANG, L., MCMAHOM T., WESTERN,A, VERTESSY R. 2003 - A critical review ofpaired catchment studies with reference toseasonal flow and climatic variability.Australia, CSIRO Land and WaterTechnical.MDBC Publication 56 p.(Technical Report 25/03).

🕮BONELL M. 1993. Progress in theunderstanding of runoff generationdynamics in forests. Journal of Hydrology,150: 217-275.

🕮BOSCH J. M., HEWLETT J. D. 1982. A reviewof catchment experimentsto determine theeffect of vegetation changes on water yieldand evapotranspiration. Journal ofHydrology, 55:3-23.

🕮BITTENCOURT, A.C.S.P., MARTIN, L., VILAS BOAS, G.S. & FLEXOR, J.M. 1979 - Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil). In: SUGUIO et al. (eds.), Proceedings, I nternational Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, São Paulo. P 232 – 235.

🕮 BIZERRIL, C.R.S.F., 1994 - Análise taxonômica e biogeográfica da ictiofauna de água doce do leste brasileiro. Acta Biol. Leopoldensia, 16(1): 51-80.

🕮 BIZERRIL, C.R.S.F., 1994 - Uma nova espécie do gênero Neoplecostomus Eigenmann & Eigenmann, 1888 (Loricariidae, Neoplecostominae) do leste brasileiro. IN: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, Resumos, Rio de Janeiro, RJ.

🕮 BIZERRIL, C.R.S.F., 1995 - Composição Taxonômica e Análise Ecológica da Ictiofauna da Bacia Hidrográfica do Rio São João, RJ, Brasil. Dissertação de Mestrado. Museu Nacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 293 pp.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1995 - Estrutura quantitativa de comunidades de peixes em um rio costeiro do sudeste brasileiro. Acta Biol. Leopoldensia, 17(2): 57-80.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1995 - Alterações ontogenéticas na ecologia de uma espécie de Leporinus Spix, 1829 (Characiformes, Anostomidae), uma abordagem ecomorfológica. Arq. Biol. Tecnol., 38(4): 1163-1172.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1995 - Análise da distribuição espacial da ictiofauna de uma bacia hidrográfica do leste brasileiro. Arqu. Biol. Tecnol., 38(2): 477-499.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1995 - Descrição de uma nova espécie de Neoplecostomus (Loricariidae, Neoplecostominae), com uma sinópse da composição taxonômica dos Loricariidae do Leste Brasileiro. Arq. Biol. Tecnol., 38(3): 693-704.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1995 - Análise da distribuição espacial da ictiofauna de uma bacia hidrográfica do leste brasileiro. Arqu. Biol. Tecnol., 38(2): 477-499.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1995 - Estrutura quantitativa de comunidades de peixes em um rio costeiro do sudeste brasileiro. Acta Biol. Leopoldensia, 17(2): 57-80.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1996 - Estrutura trófica de associações ícticas da bacia do rio São João, RJ, Brasil. Arqu. Biol. Tecnol., 39(3): 509-523.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1996 - Províncias ictiogeográficas do Estado do Rio de Janeiro, uma primeira aproximação. IN: I JORNADA DE ICTIOLOGIA DO RIO DE JANEIRO, Resumos, Museu Nacional do Rio de Janeiro, RJ.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1997 - Mudanças temporais de associações ícticas em uma bacia hidrográfica do sudeste do Brasil. Comunicações do Museu da PUCRS, série Zoologia, 10: 53-75.

📖 BIZERRIL, C.R.S., 1996 – Ictiofauna da bacia do rio Paraíba do Sul – Diversidade biológica, distribuição geográfica e estratégias de conservação, Relatório Final. Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. 78 pp.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1997 – Programa de monitoramento das condições bióticas. I. Rio Grande/Rio Dois Rios. Relatório de Andamento. Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. 52 pp

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1997 – Programa de monitoramento das condições bióticas. II. Rio Paquequer. Relatório de Andamento. Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. 55 pp

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1997 – Programa de monitoramento das condições bióticas. II. Rio Muriaé. Relatório de Andamento. Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. 48 pp

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1998 - Relação entre geomorfologia fluvial e biodiversidade e sua aplicação no processo de avaliação ambiental. Arquiv. Biol. Tecnol., 41(1): 69-83.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F (1998) AIctiofauna: Diversidade biológica e padrões biogeográficos. In Bizerril, C.R.S.F., Araújo, L.M.N. de, Tosin, P.C. (1998) Contribuição ao conhecimento da bacia do rio Paraíba do Sul - Coletânea de Estudos. Rio de Janeiro: ANEEL/CPRM, 128p.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F., 1999 - A ictiofauna da bacia do rio Paraíba do Sul. Biodiversidade e padrões espaciais de distribuição. Brazil. Arch. Biol. Tecnol., 45(2): 125-156.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F. & P.B.S. PRIMO, 2001 - Peixes de águas interiores do Estado do Rio de Janeiro. SEMADS/GTZ, Rio de Janeiro.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F. & P.R.COSTA, 2002 - Peixes marinhos do Estado do Rio de Janeiro. SEMADS/GTZ, Rio de Janeiro.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F. & C. CAFFÉ, 1997 - Aspectos geoambientais e ictiofaunísticos da bacia do rio Grande/Dois Rios, RJ. IN: II JORNADA DE ICTIOLOGIA DO RIO DE JANEIRO, Resumos, Rio de Janeiro.11.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F. & F.A. BOCKMANN, 1994 - Status taxonômico e distribuição geográfica de Chasmocranus truncatoristris Borodin, 1927. IN: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, Resumos, Rio de Janeiro, RJ.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F, L.M.M. ARAUJO & P.C. TOSIN, 1998 – Contribuição ao conhecimento da bacia do rio Paraíba do Sul (Coletânea de Estudos). ANEEL/CPRM, Rio de Janeiro. 128 pp.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F, P.C. TOSIN, L.C.S. AQUINO & P.B.S. PRIMO, 1998 – A bacia do rio Paraíba do Sul: Uma análise do meio físico e da paisagem fluvial. In: BIZERRIL, C.R.S.F, L.M.M. ARAUJO & P.C. TOSIN, 1998 – Contribuição ao conhecimento da bacia do rio Paraíba do Sul (Coletânea de Estudos). ANEEL/CPRM, Rio de Janeiro. 1-14.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F. & N.R.W. LIMA, 1997 - Dynamic biogeography of freshwater fishes from southeastern Brazil. IN: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHYLOGENY AND CLASSIFICATION OF NEOTROPICAL FISHES, Resumos, Porto Alegre, Brasil.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F.; LIMA, N.R.W. 1997 - Compartimentação biogeográfica das bacias das lagoas de Cima e Feia, RJ. IN: II Jornada de Ictiologia do Rio De Janeiro. Resumos, Rio de Janeiro.10.

📖 BIZERRIL, C.R.S.F. & N.R.W. LIMA, 2001- Espécies de peixes introduzidas em ecossistemas aquáticos continentais do Estado do Rio de Janeiro. Comunicações do Museu de Ciência e Tecnologia da PUCRS, 14(1): 43-59.

📖 BRAGA, A.L., 2007 – Ictiofauna do rio Pomba: Estrutura da comunidade, aspectos biológicos e impactos de represamentos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, MG.

📖BRAGA, F.M. S.; GOMIERO, L.M. &; SOUZA, U.P., 2009 - Population biology of Pareiorhina rudolphi (Loricariidae, Hypostominae) in the Ribeirao Grande system, eastern serra da Mantiqueira, Sao Paulo State Acta Scientiarum Biological Sciences (UEM)

📖 BRITO, M.C.W., 2000 - Unidades de Conservação: interações e resultados. São Paulo:FAPESP.

📖 BORODIN, N.A. 1929 - Notes on some species and subspecies of the genus Leporinus. Mem. Mus. Comp. Zool., 50(3): 269-290.

📖CADA, G.F. & J.E. FRANCFORT, 1995 – Examining the benefits and costs of fish passage and protection measures.Hydro Review, 14(1): 47-55.

📖 CAETANO, C.B., V.N. OLIVEIRA, L.N. SANTOS & F.G. ARAÚJO, 2000 - Aspectos reprodutivos de Parauchenipterus striatulus (Steindachner, 1875) na represa de Ribeirão das Lajes - RJ. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, Resumos, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Cuiabá. 375-376.

📖 CAMPOS, A.A., 1945 - Contribuição ao estudo das espécies brasileiras do gênero Leporinus. Pap. Avulsos Zool. São Paulo, 5(16): 141-158.

📖 CANEPPELE D., J.A.C. OLIVEIRA, M.M. ROSA & B.P.P. BARROS, 2004 - Tecnologia de Reprodução Induzida Aplicada à Preservação do Surubim do Paraíba. XIII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, SIMBRAq, Fortaleza, Brasil, pp 287.

📖 CARNEIRO, P. & C.R.S.F. BIZERRIL, 1996 - Metodologia para avaliação de impactos sobre ecossistemas aquáticos e terrestres para subsidiar a seleção de alternativas de divisão de queda em estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA/II SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE ENERGIA, Anais - Volume III, Clube de Engenharia/UFRJ, Rio de Janeiro. 1584-1597.

📖CARNEIRO, P. R. F., 2000 - Água e Conflito na Baixada dos Goytacazes. XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Resumos. Caxambu, Minas Gerais.

📖CARPENTER, S.R. & K.L. KITCHELL 1993 – The trophic cascade in lakes.Cambridge University Press, Cambridge.

📖CASADO F.C., M.L. C.ETCHEBEHERE,J.C.STEVAUX, P.E.OLIVEIRA& A.R.SAAD, 2011 - Estratigrafia e paleoambiente neoquaternário da calha aluvial do rio Paraíba do Sul entre os municípios de São José dos Campos e Taubaté, SP. Geociências, v. 30, n. 2, p. 125-145, 2011

📖 CASTRO, A.M. & E.P. CARAMASCHI, 1993 - Projeto "Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies no trecho a jusante de Três Rios (RJ). VIII. Astyanax bimaculatus. In: X ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 202.

📖 CASTRO, R.M.C. & M.S. ARCIFA, 1987 - Comunidades de peixes de reservatórios do sul do Brasil. Rev. Brasil. Biol., 47(4): 493-500.

📖 CECCARELLI, P.S., SENHORINI,J.A. (1996) Brycon: viabilização da produção de alevinos. Panorama da Aqüicultura, 6 (35):10-11.

📖 CHRISTOFOLETTI, A., 1981 - Geomorfologia fluvial. Edgard Blucher, São Paulo.

📖COELHO, M.M. & M. ZALEWSKI, 1995 - Evolutionary adaptations by fish to ecotonal complexity in spatially variable landscapes - a perspective.Hydrobiologia, 303: 223-228.

📖 COSTA, A.P.R., 1999 - Aspectos da biologia reprodutiva de fêmeas do piau vermelho Leporinus copelandii Steindachner, 1875 (Pisces, Anostomidae) na bacia do baixo rio Paraíba do Sul. Dissertação de mestrado, UENF, Campos dos Goytacazes. 113 pp.

📖 COSTA, J.N.M.N., L.N. SANTOS & F.G. ARAÚJO, 2000 - Reprodução de Geophagus brasiliensis (Quoy & Gaimard, 1824) na represa de Ribeirão das Lajes - RJ. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, Resumos, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Cuiabá. 371-372.

📖 COSTA, G., 1994 – Caracterização histórica, geomorfológica e hidraulica do estuário do rio Paraíba do Sul. Dissertação de mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro.

📖COURTENAY, W.R. & G.K. MEFFE, 1989 - Small fishes in strange places: a review of introduced poeciliids. In: MEFFE, G.K. & F.F. SNELSON: Ecology and evolution of livebearing fishes. Prentice Hall, New Jersey: 319-331.

📖 DEAN, W., 1996 - A ferro e fogo - A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. Companhia das Letras, Rio de janeiro.

📖 DESENVIX/NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008 – PCH Bonanca – Relat'roio Ambiental Simplificado. Rio de Janeiro.

📖 DESENVIX/NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008 – PCH Sossego – Estudo de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro.

📖 DIAS, J. F., 1989 - Padrões reprodutivos em teleósteos da costa brasileira: uma síntese.. Dissertação (Mestrado em Oceonografia), Universidade de São Paulo, São Paulo. 105 pp.

📖DIAMNOD, J.M & R.M. MAY, 1976 - Island biogeography and the design of natural reserves. In: MAY, R.M., Theoretical ecology: Principles and applications. Sauders, Philadelphia. 163-186.

📖 ECOLOGUS/SIGMA PESQUISAS & PROJETOS, 2009 - Levantamento da Ictiofauna da Lagoa do Veiga, RJ Porto do Açú - Setembro 2009. Rio de Janeiro.

📖 ECOLOGY, 2011- UHE Itaocara - Estudo de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro.

📖 EIGENMANN, C.H., 1917 - The American Characidae 1. Mem. Mus. Comp. Zool., 43 (1): 1-102.

📖 ELETROBRÁS, 1990 - Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico 1991/1993. Rio de Janeiro (2 vols).

📖ENERGISA/NP CONSUTORIA AMBIENTAL, 2010 – Avaliação Sinergica da Interferência de Barragens Sobre a Ictiofauna da Bacia do Rio Grande, RJ Rio de Janeiro.

📖 ENGEVIX, 1996 - UHE Simplício - Estudo de Impacto Ambiental. ENGEVIX/FURNAS, Rio de Janeiro.

📖 ENGEVIX, 2000 - UHE Itaocara - Estudo de Impacto Ambiental. ENGEVIX/LIGHT, Rio de Janeiro (5 volumes).

📖 ENGEVIX/UFRJ, 1991 - Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies, no trecho compreendido entre Três Rios e Campos. Volume 1 - Levantamento e distribuição da ictiofauna. Parte A. Furnas Centrais Elétricas S.A, Rio de Janeiro. 133 p.

📖 ESTELIANO, E.O., 2006 – Influência da geomorfologia fluvial na distribuição das assembleias de peixes do rio Paraíba do Sul. Dissertação de mestrado - UFRRJ, Rio de Janeiro

📖 FALCÃO, H.G. & TEIXEIRA, S., 2010 - Construindo a história dos povos indígenasda bacia do baixo Paraíba do Sul. II Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnológica

📖 FERREIRA, F.C. & PETRERE JR. M., 2009 - The fish zonation of the Itanhaém river basin in the Atlantic Forest of southeast Brazil. Hydrobiologia. 636: 11-34.

📖 FERREIRA, F.C.; SOUZA, U.P.; PETRERE JR. M., 2010 - Zonação longitudinal da ictiofauna em ambientes lóticos. Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia, 38 (1):1-17.

📖FIGUEIREDO, G.M.M., 2009- Distribuição Espaço-Temporal do Ictioplâncton no Rio do Peixe, sobre Influência de Pequenas Centrais Hidrelétricas (Alto Rio Uruguai, Brasil). Dissertação de mestrado, UFSC, Santa Catarina.

📖 FIGUEIREDO, C.A. & E.P. CARAMASCHI, 1993 - Projeto "Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies no trecho a jusante de Três Rios (RJ). VII. Hoplias malabaricus. In: X ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 54.

📖 FISHER, S,G., 1983 - Succession in streams. In Stream Ecology: Application and Testing of General Ecological Theory, Barnes JR, Minshall GW (eds). Plenum Press: New York; 7–27.

📖FRISSELL, C.A.; LISS, W.J.; WARREN, C.E.; HURLEY, M.D., 1986 - A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. Environmental Management 10: 199–214.

📖 FRISSELL, C. A., LISS, W. J., GRESSWELL, R. E., NAWA, R. K. & EBERSOLE, L. 1997. A resourcein crisis: changing the measure of salmon management. In: Pacific salmon and their ecosystems:status and future options. In D. J. Stouder, P. A. Bisson, and R. J. Naiman, (eds):

411-446. Chapman and Hall, New York.

📖FORMAN, R.T.T. , 1995 - Some general principles of landscape and regional ecology. Landscape Ecology vol. 10 no. 3 pp133-142 .

📖 GARAVELLO, J.C., 2005 - Revision of genus Steindachneridion (Siluriformes: Pimelodidae). Neotrop.ichthyol. vol.3 no.4 Porto Alegre Oct./Dec. 2005

🕮 GARAVELLO, J.C., 1979 - Revisão taxonômica do gênero Leporinus Spix, 1829 (Ostrariophysi, Anostomidae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 451 pp.

🕮 GAUGER, M. F. W. & BUCKUP, P. A., 2005 - Two new species of Hypoptopomatinae from the rio Paraíba do Sul basin, with comments on the monophyly of Parotocinclus and the Otothyrini (Teleostei, Siluriformes, Loricariidae). Neotropical Ichthyology v.3, n. 4, p. 509-518.

🕮GEORGIAN, T.; THORP, J.H., 1992 - Effects of microhabitat selection on feeding rates of net- spinning caddisfly larvae. Ecology 73: 229–240.

🕮 GÉRY, J., 1969 - The freshwater fishes of South America. IN: E.J. FITKAU (ed.), Biogeography and Ecology in South America, Vol.2. Dr. W. Junk. The Hage.828-848 p.
🕮 GÉRY, J. 1977 - Characoids of the world. T.F.H., Neptune City. 672p.

🕮 GIRARDI, L., P.P. SANTOS & C.A. FARIA, 1995 - Repovoamento com Brycon cf, reinhardti (Pirapitinga do sul) em tributários do reservatório da UHE Paraibuna/Paraitinga, CESP, São Paulo. IN: XI ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos. PUC Campinas, Campinas. (não paginado).

🕮 GODINHO, A.L. & F. VIEIRA, 1998 - Peixes. In: BIODIVERSITAS, Prioridades para conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais. http//www.biodiversitas.org/areasprio/textos/peixes.html.

🕮 GODOY, M. P., 1992 - A questão dos peixes de Piracema e as escadas de peixes, Revista

Aruanã, Ed. Aruanã, ano VI (31).

🕮GOMI, T.; SIDLE, R.C.; RICHARDSON, J.S. , 2002 -Understanding processes and downstream linkages of headwater streams. BioScience 52: 905–916; 47:107–119. 2002.

🕮GOMIERO, L.M. & F.M.S. BRAGA, 2007 – Reproduction of pirapitinga do sul (Brycon opalinus) in the Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Santa Virgínia, São Paulo, Brazil. Bras.J. Biol., 67(3): 541-549.

🕮GREATHOUSE, E.; PRINGLE, C.M., 2006 - Does the river continuum concept apply on a tropical island? Longitudinal variation in a Puerto Rican stream. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 63:134-152.

🕮 GUAZZAELLI, G.M., 1997 - Revisão das espécies de Pimelodella Eigenmann & Eigenmann, 1888 (Teleostei: Siluriformes: Pimelodidae) dos sistemas costeiros do sul e sudeste do Brasil. Dissertação de Mestrado, PUCRS, Porto Alegre. 150 pp.

🕮 HARRIS, L.D., 1984 - The fragmented forest. Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. The University of Chicago Press, Chicago. 211 pp.

🕮 HENRY, R.1999 - Heat budgets, thermal structure and dissolved oxygen in brazilian reservoirs. In: TUNDISI, J. G.; TRASKRABA, M. (Ed.). Theoretical reservoir ecology and its

applications. São Carlos. International Institute of Ecology, Backhuys Publishers e Brazilian Academy of Sciences cap.7 , p. 125-152.

HONJI, R.M., D. CANEPPELE, A.W.S. HILSDORF & R.G. MOREIRA, 2009 - Threatened fishes of the world: Steindachneridion parahybae (Steindachner, 1877) (Siluriformes: Pimelodidae). Environ Biol Fish (2009) 85:207–208

HUMPHRIES, P. & P.S. LAKE, 2000 - Fish larvae and the management of regulated rivers.Regulated Rivers, 16: 421-432.

HURTADO, H., USECHE, C.A., 1986- Estudio sobre la biología del yamú Brycon siebenthalae Eingenmann, 1912 y de la palometa Mylossoma duriventris Cuvier, 1818, (Pisces:Characidae), en la parte baja del río CAFRE, sistema del río Guaviare. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia.

HOLT, R.D. 1977 - Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. Theoretical Population Biology, 12: 197-229.

IBAMA, 1989 - Lista oficial de espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção. Portaria n º 1.522 do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Diário Oficial da União. Brasília, 22 de dezembro de 1989.

IBAMA, 1992 - Coletânea da Legislação Federal do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília. 797 pp.

IBDF, 1977 - Lista oficial de espécies animais ameaçadas de extinção da fauna indígena. Portaria n º 3.841 - DN do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, 13 de maio de 1973.

ILLIES, J., 1961 - Versuch einer allgemein gultigen biozonotishe Gliederung der Fliessgewasser. Int. Rev. ges. Hydrobiol, 46: 205-213.

IUCN, 1988 - 1988 IUCN Red List of Threatned Animals. Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. International Unioin for Conservation of Nature and Natural Resources.154 pp.

IUCN, 1990 - 1990 IUCN Red List of Threatned Animals. Gland, Switzerland and Cambridge, U.K. International Unioin for Conservation of Nature and Natural Resources.154 pp.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E., 1989 - The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: D.P. Dodge (Ed) Proceedings of the International Large River Symposium. Can. Spec. Public.Fish.Aquat.Sci., 106.p.110-127, 1989.

KIRCHOHOFER, A., 1995 - Morphological variability in the ecotone - na important factor for the conservation of the fish species richness in Swiss rivers. Hydrobbiologia, 303: 103-110.

KOWSMANN RO, COSTA MPA, VICALVI MA, COUTINHO MGM & GAMBÔA LAP. 1977. Modelo da sedimentação holocênica na plataforma continental sul brasileira. In Projeto REMAC - Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude do

Sul do Brasil. Série Projeto REMAC, 2: 7-26. Rio de Janeiro, PETROBRAS, CENPES,DINTEP.

KOTTELAT, M., 1998 - Systematics, species concept and the conservation of freshwater fish diversity in Europe.Ital. J. Zool., 65 (suppl.): 65-72.

LAMEGO, A.R., 1945- O Homem e o brejo. IBGE, Rio de Janeiro.
LAMEGO, A.R., 1950 - O Homem e a serra. IBGE, Rio de Janeiro.
LEVEQUE, C., 2001 – Ecologia, do ecossistema à biosfera. Perspectivas Ecológicas, Lisboa.

LIMA, N.R.W., C.R.S.F. BIZERRIL, M.R. CANIÇALI, M.S. SUZUKI, & J. ASSUMPÇÃO, 2001 - Atividade de pesca durante a abertura da barra da lagoa de Iquipari, São João da Barra, RJ. Boletim do Instituto de Pesca, 27(2): 195-204.

LIMA, N.R.W. , C.R.S.F. BIZERRIL,R. NOVELLI, M.R. CANIÇALI, A. G. FERREIRA & M.A. A. GOMES, 2003 – Pescado do rio Ururaí, norte fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ. Bios, 10(10): 35-46.

LIMA, R.S., 1997 – Ictiofauna do alto curso do rio Paraíba do Sul. Dissertação de mestrado. USP, São Paulo.

LIMA, S.M. Q. H.LAZZAROTTO & W.J. E. M. COSTA, 2008 - A new species of Trichomycterus (Siluriformes: Trichomycteridae) from lagoa Feia drainage, southeastern Brazil. Neotrop. ichthyol. vol.6 no.3 Porto Alegre 2008

LUZ, C. F. P.; BARTH, O. M.; SILVA, C. G., 2006- Dinâmica Temporal na Lagoa do Campelo, Região Norte do Estado do Rio de Janeiro, baseada em Estudos Palinológicos. Revista Brasileira de Paleontologia 9(1), pp 127-136.

LUCINDA, P.H.F., 2008 - Systematics and biogeography of the genus Phalloceros Eigenmann, 1907 (Cyprinodontiformes: Poeciliidae: Poeciliinae), with the description of twenty-one new species; Neotrop. ichthyol. vol.6 no.2 Porto Alegre 2008

LUGO, M., 1989 - Determinación de hábitos alimenticios, maturez sexual y desove en tres especies ícticas de la cuenca del río Tomo (Vichada) y consideraciones para el mantenimiento de padrotes. Villavicencio., 125p.

LUNDBERG, J.G., L.G. MARSHALL, J.GUERRERO, B. HORTON, M.C.S.L. MALABARBA & F. WESSELINGH, 1998 - The stage for Neotropical fish diversification: A history of Tropical South American Rivers. In: MALABARBA, L.R., R.E. REIS, R.P. VARI, Z.M.S. LUCENA & C.A. S. LUCENA - Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes. EDIPUCRS, Porto Alegre. 13-48.

LUNDBERG, J. G. & A. AKAMA. 2005. Brachyplatystoma capapretum: a new species of goliath catfish from the Amazon basin, with a reclassification of allied catfishes (Siluriformes: Pimelodidae). Copeia, 2005(3): 492-516.

MACEDO, G.R.& R.F.PIMENTEL s/d - Conflito e Integração na Transposição de Águas do Rio Paraíba do Sul para o Guandu. Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal Fluminense

📖 MACIEL JÚNIOR, A., 1996 - Desenvolvimento inicial de larvas de curimatã-pacu (Prochilodus marggravii Walbaum, 1792) (Characiformes, Prochilodontidae), submetidas a diferentes temperaturas de incubação. Dissertação (Mestrado em Larvicultura) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV,59P.

📖 MACHADO-ALLISON, A ., 1990 - Ecología de los peces de las áreas inundables de los llanos de Venezuela. Interciência, 15: (5)411-423.

📖 MACINTYRE S., J. R. ROMERO, AND G. W. KLING, 2002 - Spatial-temporal variability in surface layer deepening and lateral advection in an embayment of Lake Victoria, East Africa. Limnol. Oceanogr. 43 (3): 656-671.

📖 MACHADO C.E. & H.C.F. ABREU, 1952 - Notas preliminaries sobre a caça e a pesca no Estado de São Paulo. A pesca no Vale do Paraíba. Bol Ind Animal 13:145–160

📖 MCALLISTER, D.E., A.L. HAMILTON & B. HARVEY. 1997. global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. Sea Wind 11:1-140.

📖 MAGALHÂES, A.L.B., I.B. AMARAL, T.F. RATTON & M.F.G. BRITO, 2002 – Ornamental exotic fishes in the Gloria Reservoir and Boa Vista stream, Paraíba do Sul river basin, State of Minas Gerais, Southeastern Brazil. Comun. Mus. Cienc. Tecnol. PUCRS, 15(2): 239-264.

📖MAGALHÂES, A.L.B. & C.M. JACOBI, 2008 - Ornamental exotic fish introduced into Atlantic Forest water bodies, Brazil.Neotropical Biology and Conservation 3(2):73-77.

📖MALABARBA, L.R., 1994 - Sistemática e filogenia de Cheirodontinae (Ostariophysi, Characiformes, Characidae). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 287 pp.

📖MALABARBA, L.R., 1998 - Monophyly of the Cheirodontinae, characters and majos clades. In: MALABARBA, L.R., R.E. REIS, R.P. VARI, Z.M.S. LUCENA & C.A. LUCENA - Phylogeny and classification of Neotropical fishes. Ed PUCRS, Porto Alegre. 193-233.

📖MALABARBA.R., 2003 – Subfamily Cheirodontinae. In: REIS, R.E., S.O. KULLANDER & C.J. FERRARIS – Checklist of the freshwaters fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre. 215-221.

📖MALABARBA, M.C, 1998 – Phylogeny of fossil Characiformes and Paleobiogeography of the Tremembé Formation, São Paulo, Brasil. In: MALABARBA, L.R., R.E. REIS, R.P. VARI, Z.M.S. LUCENA & C.A. LUCENA - Phylogeny and classification of Neotropical fishes. Ed PUCRS, Porto Alegre. 193-233.

📖 MALLAR, R., 1987 - Proposta de programa interdisciplinar para recuperação e manutenção da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. FEEMA, Rio de Janeiro. 48 pp.

📖 MANNHEIMER, S. & E.P. CARAMASCHI, 1993 - Projeto "Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies no trecho a jusante de Três Rios (RJ). VI. Leporinus copelandii e Leporinus conirostris. In: X ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 200

📖 MacARTHUR, R.H. & E.O. WILSON, 1967 - The theory of island biogeography. Princeton University press, New Jersey.237 pp.

📖 MARTIN, L., K. SUGGUIO, J.M. FLEXOR, J.M.L. DOMINGUEZ & A.E.G. AZEVEDO, 1984- Evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (RJ) durante o quaternário: Influência das variações do nível do mar. ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1(33): 84-97.

📖 MAZZONI, R., 1993 - Estratégia reprodutiva de duas espécies de Hypostomus Lacépède, 1803 (Osteichthyes, Loricariidae) do trecho inferior do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 130 pp.

📖 MAZZONI, R, U. CARAMASCHI & C. WEBER, 1993 - Taxonomical revision of the species of Hypostomus Lacépède, 1803 (Siluriformes, Loricariidae) from the lower Paraíba do Sul, State of Rio de Janeiro, Brazil. Revue Suisse de Zoologie, 101(1): 3-18

📖 MAZZONI, R. & E.P. CARAMASCHI, 1995 – Size structure, sex ratio and onset of sexual maturity of two species of Hypostomus. Journal of Fish. Biology, 47: 841-849.

📖 MAZZONI, R. & E.P. CARAMASCHI, 1997 – Observations on the reprodutive biology of female Hypotomus luetkeni Lacépède, 1803. Ecology of Freshwater Fish, 6: 53-56.

📖MAZZONI, R., C.R.S.F. BIZERRIL, P.A. BUCKUP, O. CAETANO FILHO, C.A. FIGUEIREDO, N.A. MENEZES, G.W. NUNNAN & K.TANIZAKI-FERREIRA, 2000 - Peixes. In: BERGALLO, H.G., C.F.D. ROCHA, M.A. SANTOS-ALVES & M.VAN SLUYS, A fauna ameaçada de extinção do estado do Rio de Janeiro. EdUERJ, Rio de Janeiro. 63-74.

📖 MELO, F.A., 2001 – Revisão taxonômica das espécies do gênero Astyanax Baird & Girard, 1854 da região da serra dos Órgãos. Arq. Mus. Nac., 59: 1-46.

📖 MELO, F.C.S. A., A.C. MACHADO, A.P.C. OLIVEIRA; J.M. CRUZ & A.O. LATINI, 2006 - Ictiofauna do rio Carangola, bacia do rio Paraíba do Sul, no município de Carangola, Minas Gerais, Brasil. Lundiana 7(2):133-140

📖 MELLO, C.S.B., 1997 - Classificação das estações de qualidade de água da bacia do rio Paraíba do Sul em função da análise de componentes principais. Relatório Técnico, Agência Técnica da Bacia do Rio Paraíba do Sul. 7 pp.

📖 MENESCAL, R.A. 2002. Efeitos da introdução da tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, (Linnaeus, 1758) sobre o desembarque pesqueiro no açude Marechal Dutra, Acari, RN. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Brasil. 50p.

📖 MENEZES, G.F., 1994 - Estrutura populacional e reprodução de Cyphocharax gilbert (Quoy & Gaimard, 1824) (Osteichthyes, Curimatidae) no trecho inferior do rio Paraíba do Sul (RJ, MG) e principais afluentes. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná. 112 pp.

📖 MENEZES, M.S., J.M.R. ARANHA & E.P. CARAMASCHI, 1993 - Projeto "Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies no trecho a

jusante de Três Rios (RJ). III. Harttia cf. loricariformes. In: X ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 197

📖 MENEZES, M.S. & E.P. CARAMASCHI, 2007 - Distribution and population structure of the fish Cyphocharax gilbert (Characiformes: Curimatidae) in the Lower Paraíba do Sul River, Brazil. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 55 (3-4): 1015-1023

📖 MENEZES, N. A. 1987. Implications of the distribution patterns of the species of Oligosarcus (Teleostei, Characidae) from Central and South America. Pp. 295-304 In: Vanzolini, P. E.& W. R. Heyer (Eds.). Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns.Academia Brasileira de Letras, Rio de Janeiro.

📖MERONA, B. & P. ALBERT, 1999 - Ecological monitoring of fish assemblages dowstream of a hydroeletric dam in French Guiana (South America).Regulated Rivers, 15: 339-351.

📖MILLER, R.R., J.D. WILLIAMS, & J.E. WILLIAMS. 1989. Extinctions of north american fishes during the past century. fisheries 14(6): 22-38.

📖 MMA, 2004 – INSTRUÇÃO NORMATIVA 5 de 21 de maio de 2004.

📖 MMA., 2009 – Diretrizes parciais para subsidiar o IBAMA em relação ao licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos previstos para os rios Uruguai e Pelotas, localizados na bacia hidrográfica do rio Uruguai. Etapa 1 do Projeto Frag-Rio. Brasília. Não paginado.

📖MODICA, C.J. &E. R. BRUSH, 2004 - Postrift sequence stratigraphy, paleogeography, and fill history of the deep-water Santos Basin, offshore southeast Brazil. AAPG Bulletin, v.88, n.7: 923-945.

📖MOLISANI, M. M.et al. Concentração de mercúrio em macrófitas aquáticas em duas represas no sistema Paraíba do Sul: Rio Guandu, SE do Brasil.Braz. J. Biol.[online]. 2006, vol.66, n.1a, pp. 101-107.

📖 MONASA, 1986 - Bacia Paraíba do Sul. Inventário da Sub-bacia III. MONASA/FURNAS, Rio de Janeiro. Não paginado.

📖 MOONEY, H.A., 1999 - The global invasive species program (GISP). Biological Invasions, 1: 97-98.

📖 MOONEY, H.A. & J.A. DREAKE, 1989 - Biological invasions: a SCOPE program overview. In: DRAKE, J.A., H.A. MOONEY, F. di CASTRI, R.H. GROVES, F.J. KRUGER, M.REJMÁNEK & M. WILLIANSON, Biological invasions: A global perspective. Jonh Willey & Sons, Chischester. 491-508.

📖 MORAES, D.E. & E.P. CARAMASCHI, 1993 - Projeto "Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies no trecho a jusante de Três Rios (RJ). II. Steindachneridion parahybae. In: X ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 196.

📖MOULTON, T.P. & SOUZA, M.L., 2006- Conservação com base em bacias hidrográficas. In: Biologia da Conservação. (ed Bergallo, H.G., Rocha, C.F.D., Alves, M.A.S. & Sluys, M.V.), pp. 45-52. Ed. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

📖 MOYLE, P.B. & R.A. LEIDY. 1992 - Loss of biodiversity in aquatic ecosystems: evidence from fish faunas. in: P.L. FIELDER & S.K. JAIN (eds.). conservation biology: the theory and practice of nature conservation, preservation and management. pp 127- 169.chapman and hall, new York city.

📖 NAKATANI, K., BAUMGARTNER, G., CAVICCHIOLI, M., 1997 - Ecologia de ovos e larvas de peixes. In: VAZZOLER, A.E.A.M., AGOSTINHO, A.A., HAHN, N.S. (eds.) A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Universidade Estadual de Maringá, p. 281-306.

📖 NAIMAN, R.J. & H. DÉCAMPS, 1990 - The ecology and management of aquatic-terrestrial ecótones. MAB, Paris.

📖 NEWBURY, R. & M. GABOURY, 1993 - Exploration and reabilitation of hydraulic habitats in streams using principles of fluvial behaviour. Frehwater Biology, 29: 195-210.

📖 NIELSEN, K.S., 1984 – Scalling: why is animal size so important?. Cambridge University Press, Cambridge.

📖 NIELSEN, J.L. & POWERS, D.A., 1995 - Evolution and the aquatic ecosystem: Defining unique units in population conservation. Bethesda, Maryland. 435 pp.

📖 NOMURA, H., 1970 – Biologia da piava Leporinus copelandii Steindachner, 1875 do rio Mogi Guaçu, Estado de São Paulo. Tese de Douturado, UNICAMP, São Paulo.

📖NOMURA, Y., 1978 - Ictiologia e pisicultura. Livraria Nobel, São Paulo. 118 pp.

📖 NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008 – Programa de Monitoramento da Ictiofauna – UHE Picada. Relatório Consolidado.

📖NP CONSUTORIA AMBIENTAL, 2007-2011 – Programa de Monitoramento da Ictiofauna – PChs Pirapetinga e Pedra do Garrafão. Rio de Janeiro (Relatórios trimestrais).

📖 NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2009 – Programa de Monitoramento da Ictiofauna – PCH Santa Rosa. Relatório Consolidado.

📖NP CONSUTORIA AMBIENTAL, 2011 – Ictiofauna de Ambientes Alagados do Norte Fluminense. Rio de Janeiro (Relatório para o INEA – Projeto Ramsar).

📖NP CONSUTORIA AMBIENTAL, 2012 – Programa de Monitoramento da Ictiofauna – PChs Santo Antônio, São Sebastião do Alto e Caju. Rio de Janeiro (Relatórios trimestrais).

📖 NP CONSUTORIA AMBIENTAL, 2012 – PCH Zé Tunin. Avaliação da Necessidade de Implantar Mecanismo de Transposição de Peixes. Rio de Janeiro.

📖 NUNANN, G.W., L.W. CARDOSO & W.D. BANDEIRA, 1983 - Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul. Trecho Represa do Funil - Cidade de Barra do Piraí, Estado

do Rio de Janeiro. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, Resumos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 212.

📖 OLIVEIRA, D, 2010 - River capture as relief evolution evidences: a review. Revista do Departamento de Geografia, n. 20, p. 37 - 50.

📖OLIVEIRA, J.C., 1991 - Presença de *Hoplosternum* (Teleostei, Siluriformes, Callichthyidae) nas bacias dos rios São Francisco, Paraíba do Sul e alto Paraná. Primeiro registro e comentários. In: IX ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos, Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 118.

📖 ORSI, M.L. & A.A. AGOSTINHO, 1999 - Introdução de espécies de peixes por escapes acidentais de tanques de cultivo em rios da bacia do rio Paraná, Brasil. Revta bras. Zool., 16(2): 557-560.

📖 OTTONI, F.P. & COSTA, W.J.E.M., 2008 - Taxonomic revision of the genus Australoheros Rícan & Kullander, 2006 (Teleostei: Cichlidae) with descriptions of nine new species from southeastern Brazil. Vertebrate Zoology, v. 58, n. 2, p. 207-232.

📖 OYAKAWA, O.T. & G. M. T. Mattox, 2009 - Revision of the Neotropical trahiras of the Hoplias lacerdae species-group (Ostariophysi: Characiformes: Erythrinidae) with descriptions of two new species. Neotrop.ichthyol. vol.7 no.2 Porto Alegre Apr.\June 2009

📖PALMER, M. A., BERNHARDT, E. S., ALLAN, J. D., LAKE, P. S., ALEXANDER, G., BROOKS, S.,

CARR, J., CLAYTON, S., DAHM, C. N., SHAH, J. F., GALAT, D. L., LOSS, S. G., GOODWIN,P., HART, D. D., HASSETT, B., JENKINSON, R., KONDOLF, G. M., LAVE, R., MEYER, J.L., O'DONNELL, T. K., PAGANO, L. & SUDDUTHR, E. 2005 - Standards for ecologically successfulriver restoration. Journal of Applied Ecology, 42: 208-217.

📖 PAYNE, A.L., 1986 - The ecology of tropical lakes and rivers. Jonh Wiley & Sons, New York. 301 pp.
📖 PELICICE, F.M. & A.A. AGOSTINHO, 2007 – Fish-passage facilities as ecologia traps in large neotropical Rivers. Conservation Biology, 22(1): 180-188.

📖 PENCZAK, T & R.H.K. MANN, 1990 - The impact of stream order on fish populations in the Pilica drainage basin, Poland. Polskie Archiwum Hydrobioligii 37(1-2): 243-261.

📖 PEREIRA, N. & D. SILVA, 1936 - Escadas para peixes. Revista do Departamento Nacional de Produção Animal, 4 (1,2,3): 119-136.

📖 PERES-NETO, P.R., C.R.S.F. BIZERRIL & R.R. IGLESIAS, 1995 - An overview of some aspects of river ecology: a case study on fish assemblages of an eastern Brazilian coastal river. Oecologia Brasiliensis, 1: 317-334.

📖 PETRI, S. & V.J. FÚLFARO, 1988 - Geologia do Brasil. EDUSP, São Paulo. 631 p

📖PETTS, G.E. & C. AMOROS, 1997.Fluvial hydrosystems.London, Chapman & Hall. 322 pp..

🕮 PFLUG, R. 1969. Quaternary lakes of Eastern Brasil. Photogrametria, 24: 29-35

🕮 PIMENTEL, D., L. LACH, R. ZUNIGA & D. MORRISON, 2000 - Environmental and economic costs of non-indigenous species in the United States. Bioscience, 50(1): 53-65.

🕮PINNA, M.C.C, 1998 – Phylogenetic relationship of neotropical Siluriformes. In: MALABARBA, L.R., R.E. REIS, R.P. VARI, Z.M.S. LUCENA & C.A. LUCENA - Phylogeny and classification of Neotropical fishes. Ed PUCRS, Porto Alegre. 193-233.

🕮 POLAZ, C. N.M., et al., 2011 – Plano de Ação Nacional para a conservação das espécies aquáticas ameaçdas de extinção do rio Paraíba do Sul. ICMBio, Brasília.

🕮 POLAZ, C.N.M. & Y.S.DE L. BATAUS, 2013 - Relatório da oficina de monitoria. 3ª Oficina de Monitoria do PAN Paraíba do Sul

🕮POMPEU, P.S. & F. VIEIRA, 1999 - Comunidades de peixes no trecho médio do rio Pomba, bacia do rio Paraíba do Sul, MG. In: XIII ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 223

🕮PROJETO PIABANHA, 2006 - A comunidade do município de Itaocara – RJ mobilizada e engajada no processo de ordenamento pesqueiro do Domínio das Ilhas Fluviais do Curso Médio Inferior Rio Paraíba do Sul. Relatório Técnico Final / 01 de outubro de 2005 a 30 de setembro de 2006.

🕮 PSR, NP CONSULTORIA AMBIENTAL & AECOGEO, 2011– Avaliação ambiental integrada – Bacia do rio Grande. Rio de Janeiro.

🕮 PUPO , F.M. R. S., R.CAMPOS DA PAZ, J.P.SERRA & C.R.S. F.BIZERRIL, 2008 - Uma nova espécie de Hasemania Ellis, 1911 (Characiformes, Characidae) da bacia do rio Paraiba do Sul. Congresso Brasileiro de Zoologia. Resumos.

QUIRÓS, R., 1999 -The relationship between fish yield and stocking density in reservoirs from tropical and temperate regions. In: TUNDISE, J. G.: STRASKRABA, M. (Ed.) Theoretical reservoir ecology and its applications. São Carlos: International Institute of Ecology; Leinden, The Netherlands; Backhuys Publishers; Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciencies.p. 67-83.

RABELO, Alimentação e impactos da espécie exótica *Clarias gariepinnus* no estuário do rio Itanhém, BA. Dissertação de Mestrado – USP. São Paulo.

REIS, R.A. & E.P. CARAMASCHI, 1993 - Projeto "Levantamento da ictiofauna do rio Paraíba do Sul e ciclo reprodutivo das principais espécies no trecho a jusante de Três Rios (RJ). V. Eigenmannia virescens. In: X ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA, Resumos. Universidade de São Paulo, São Paulo. 199.

RIBEIRO, A.C., 2006 - Tectonic history and the biogeography of the freshwater fishes from the coastal drainages of eastern Brazil: an example of faunal evolution associated with a divergent continental margin. Neotrop.Ichthyol., 4(2):225-246

RICKLEFS, R.E. & D. SCHLUTER, 1993 - Species diversity in ecological communities. University of Chicago Press, Chicago. 414 pp.

RIZZO, E., Y. SATO, B.P. BARRETO & H.P. GODINHO, 2002 – Adhesiveness and surface patterns of eggs in neotropical freshwater teleosts. Journal of Fish Biology, 61: 615-632.

RODRIGUES, L., THOMAZ, M.S., AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C. 2005 - Biocenoses de reservatórios: padrões espaciais e temporais.

ROGERI, H., 1996 – Tropical freshwater wetlands.Kluwer Academic Publishers, Netherland.349 pp.

ROSA JUNIOR, H., SHUBART, O., 1945 - Anotações sobre a biologia do curimbatá ("Prochilodus") do rio Mogi-Guassu, Rev. Bras. Biol., São Paulo, 5: 541-555.

ROMANINI, P.U., 1989 - Distribuição e ecologia alimentar de peixes no reservatório de Americana, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 344 pp.
SAADI, A. 1993. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretações preliminares. Geonomos, 1(1): 1-15.

SÃO-THIAGO, H., 1990 - Composição e distribuição longitudinal da ictiofauna do rio Parati-Mirim (RJ), e período reprodutivo das principais espécies. Dissertação de Mestrado, Museu Nacional do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 162 pp.

SATO, Y., N. BAZZOLI, E. RIZZO, M.B. BOSCH & M.O.T. MIRANDA, 2005 – Influence of the Abaeté river on the reproductive sucesso f the neotropical migratory teleost Prochilodus argenteus in the São Francisco river, downstream from the Três Marias Dam, southeastern Brazil. River Research and Applications, 21: 939-950.

SALGADO, A. F.G., CHAIN, M.G; GIRARDI, L., FARIA, C.A., 1997 - A conservação da piabanha (Brycon insignis) na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Rel. Téc. – CESP, p. 1-28, 1997.

SANTOS, L.B, 12009 - Trilhas da política ambiental: conflitos, agendas e criação de unidades de conservação. Ambiente & Sociedade, v. XII, n. 1: 133-150.

SCHAEFER, S.A. 1998. conflict and resolution: impact of new taxa on phylogenetic studies of the neotropical cascudinhos (Siluroidei: loricariidae). in: l.r. Malabarba, r.e. Reis, r.p. Vari, z.m.s. Lucena, & c.a.s. Lucena (eds.). pp. 375-400. phylogeny and classification of neotropical fishes. EDIPUCRS, Porto Alegre, Rio Grande Do Sul, Brazil

SCHIEMER, F., M. ZALEWSKI & J.E. TORPE, 1995 - Land/inland water ecotones: intermediate habitats critical for conservation and managenmente. Hydrobiologia, 303: 259-264.

SCHREINER S., M.B.F.M. SOUZA & J.P.R.MIGLIORELLI, 2008 - Modelo digital da geomorfologia do fundo oceanico da Bacia de Campos. Geoci. Petrobras, v. 16, n. 1, p. 157-160,

SIQUEIRA, R. M.B. & G. G. HENRY-SILVA, 2011 - A bacia hidrográfica como unidade de estudo e o funcionamento dos ecossistemas fluviais. Boletim da Associação Brasileira de Limnologia – 39(2). 2011.

SOFFIATI A., s/d- Os canais de navegação do século XIX no Norte Fluminense.

SOFFIATI A., 2005 - Histria das ações antrópicas sobre os ecossistemas vegetais nativos das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro - Texto correspondente à palestra proferida na 19ª Jornada Fluminense de Botânica. Sociedade Botânica do Brasil e Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes: 14 de novembro de 1999. Perspectivas, v.4, n.7, p. 67-79

SOFFIATI A., 2011 - Gerenciamento ecológico dos canais do norte fluminense. Revista VITAS – Visões Transdisciplinares sobre Ambiente e Sociedade – www.uff.br/revistavitas Nº 1.

SOUZA, G., 2003 - Reprodução induzida, ontogenia inicial, etologia larval e alevinagem da piabanha (Brycon insignis, STEINDACHNER, 1877). Dissertação (Mestrado) – Campos dos Goytacazes, RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF, 89 p.

📖 SCHAFER, A., 1985 - Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Editora da Universidade, Porto Alegre. 532 pp.
📖 SILVA, L. M. A., 2011 - A relação entre peixes e habitat: métodos de analyses Macapá, v. 1, n. 2, p. 17-29.

SILVA, T.M, H. S. MONTEIRO, M.A.CRUZ & J.R.S. MOURA, 2006 - Anomalias de Drenagem e Evolução da Paisagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (RJ/SP). Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ Vol. 29 – 2: 210-224

SIMBERLOF, D. & B. von HOLLE, 1999 - Positive interactions of nonindigenous species: invasional meltdown?. Biological Invasions, 1: 21-32.

SIMBERLOF, D. (1974) An equilibrium theory of biogeography and ecology. An. Rev. Ecol. Systematics, 5: 161-182, 1974.

SOFFIATI, A., P.B. PRIMO & C.R.S.F. BIZERRIL, 2002 – Lagoas do norte fluminense. SEMADS, RJ.

SOUZA, W.P., 1984 - The role of disturbance in natural communities. Ann. rev. Ecol. Syst., 15: 353-391.

SOARES-PORTO, L.M., 1991 - Distribuição longitudinal, dieta alimentar e ciclo reprodutivo de Pimelodella lateristriga (Osteichthyes; Siluroidei) no rio Ubatiba, Maricá, Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Museu Nacional do Rio de Janeiro/UFRJ, Rio de Janeiro. 101 pp.

STARLING, F. & X. LAZZARO, 1997 – Experimental investigation of the feasability of improving water quality by controling exotic plancktivore overpopulation in eutrophic Paranoá reservoir, Brasília, DF, Brasil. Ver. It. Ver. Theor. Agnew.Limnol., 26: 339-394.

STARLING, F., X. LAZZARO, C. CAVALCANTI & R. MOREIRA, 2002 – Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: Evidence from a fish kill. Freshwater Biology, 47: 2443-2452.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. 1978.Quaternary marine formations of the State of São Paulo and Southern Rio de Janeiro.SpecialPublicafion. In: SUGUIO et al. (eds.), 1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary, 55 p.

SUGUIO K.,TESSLER M.G. 1984. Planicies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura, pp. 15-25. In: L. D. LACERDA, D. S. D. ARAUJO, R. CERQUEIRA & B. TURCQ (eds.), Restingas: origem, estrutura, processos. CEUFF, Niteroi, 477p

SUZUKI, H.I., C.K.BULLA, A.A. AGOSTINHO & L.C. GOMES, 2005 - Estratégias reprodutivas de assembléias de peixes em reservatórios. In: RODRIGUES, L., THOMAZ, M.S., AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C - Biocenoses de reservatórios: padrões espaciais e temporais.

SYLVEGRIP, A.M.C., 1996 - A systematic revision of the Neotropical Catfish genus Rhamdia (Teleostei, Pimelodidae). Swedish Museum of Natural History, Stockholm, 156 p.

TAYLOR, J.N., W.R. COURTENAY & J.A. McCANN, 1984 – Known impacts of exotic fishes in the continental United States. In: COURTENAY, W.R, & J.R. STAUFFER – Distribution, biology and mangement of exotic fishes. Baltimore, Junho Hopkins University Press. 322-373.

TEIXEIRA, T.P., B.F,TERRA, E. O. ESTILIANO, D. GRACIA, B.C.T.PINTO & F.G. ARAÚJO, 2004 - Distribuição da ictiofauna em locais impactados no rio Paraíba do Sul. Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v. 24, n.2, Jul.-Dez., p. 167-174.

THOMS, M.C.; PARSONS, M., 2002 - Eco-geomorphology: an interdisciplinary approach to river science. International Association of Hydrological Sciences 276: 113–120.

THOMS, M.C.; PARSONS, M., 2003 - Identifying spatial and temporal patterns in the hydrological character of the Condamine-Balonne River, Australia, using multivariate statistics. River Research and Applications 19: 443–457.

THORP, J.H.; CASPER, A.F., 2003 - Importance of biotic interactions in large rivers: an experiment with planktivorous fish, dreissenid mussels, and zooplankton in the St. Lawrence. River Research and Applications 19: 265–279.

THORP, J.H; THOMS, M.C.; DELONG, M.D. , 2006 - The riverine ecosystem synthesis: biocomplexity in river networks across space and time. River Research & Applications 22: 123-147.

THORP, J.H; DELONG, M.D., 2002 - Dominance of autochthonous autotrophic carbon in food webs of heterotrophic rivers? Oikos 96: 543-550.

THORP, J.H; DELONG, M.D., 1994 - The riverine productivity model: an heuristic view of carbon sources and organic processing in large river ecosystems. Oikos 70: 305-308.

TOWNSEND, C.R., 1989 - The patch dynamics concept of stream community ecology. Journal of the North American Benthological Society, 8, 36–50.

TOWNSEND, C.R., 1996 - Concepts in river ecology: pattern and process in the catchment hierarchy. Archiv fur Hydrobiologie, Supplement 113, Large Rivers 10: 3–21.

TOWNSEND, C.R.; SCARSBROOK, M.R.; DOLE, D.E.C.S., 1999- The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in streams.Limnology and Oceanography 42: 938– 949.

TOLEDO-FILHO, S. A., ALMEIDA-TOLEDO, L. F., FORESTI, F., GALHARDO, E. DONOLA, E., 1992 - Conservação genética de peixes em projetos de repovoamento de reservatórios. Cadernos de Ictiogenética 1. USP. 39 p.

TOLEDO-FILHO, S.A., M.P. GODOY & E.P. SANTOS, 1986 - Curva de migração do curimbatã, Prochilodus scrofa (Pisces, Prochilodontidae) na bacia superior do rio Paraná, Brasi. Rev. Brasil. Biol., 46(2): 447-452.

VAN BELLEN, H. M., 2004 - Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principaisferramentas de avaliação. Ambiente & Sociedade, Campinas, v. 7, n. 1, p. 67-88.

VANOTE, R.L., G.W. MINSHALL, K.W. CUMMINS & C.E. CUSHING, 1980 - The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 130-137.

VAZZOLER, A.E.A. DE M.; AMADIO, S.A.; CARACIOLO-MALTA, M.C., 1989. Aspectos biológicos de peixes amazônicos XII. Indicadores quantitativos do período de desova das espécies do gênero Samaprochilodus (Characiformes, Prochilodontidae) do baixo rio Negro, Brasil. Rev. Brasil. Biol., 49(1): 175-181.

VAZZOLER, A. E. A. M. 1996. Biologia da reprodução em peixes teleósteos: teoria e prática. EDUEM, Maringá, Paraná, Brazil

VAZZOLER, A.E.A. DE M.; LIZAMA, M.A.P.; INADA, P. 1997. Influências ambientais sobre a sazonalidade reprodutiva. In: VAZZOLER, A.E.A. de M.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Eds.). A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos fïsicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: EDUEM, 1997.p.267-280.

VASQUEZ, R., 1983 - Ecosistema acuatico del lago Bayano: Un embalse tropical. IRHE, Panama

VIEIRA, F. & POMPEU, P.S., 2008 – Delturus parahynae In: MACHADO, A.B.M. – Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção.

VIEIRA, F. ALVES & POMPEU, P.S, 2009 – Diagnóstico do conhecimento de vertebrados: peixes. In: DRUMOND, G.M. Biota Minas. Fundação Biodiversitas.

VIEIRA, F.; ALVES, C. B. M.; POMPEU, P. S.; VONO, V., 2008 - Peixes ameaçados de Minas Gerais. In: DRUMMOND, G. M. et.al. (Org.). Listas vermelhas das espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção em Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversita.

VIEIRA, F.& RODRIGUES, 2010 – A fauna de peixes dos afluentes do rio Paraíba do Sul no Estado de Minas Gerais. BIOTA, 3(1).

📖VILLWOCK, L.J.; TAMAZELLI, E.L.; LOSS, E.A.; DEHNHARDT, E.A.; HORN FILHO, N.O.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: RABASSA, J. (Ed.) Quaternary of South America and Antarctic Peninsula, Balkema-Rotterdam, p.79-97.

WARD, J.V. , 1989 - The four-dimensional nature of lotic ecosystems. Journal of the North American Benthological Society 8, 2-8.

WARD, J.V. & STANFORD, J.A., 1995 - Ecological connectivity in alluvial river ecosystem and its disruption by flow regulation.Regulated Rivers: Research & Management, vol. 11, p.105-119.

WARD, J.V.; TOCKNER K., 2001 - Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. Freshwater Biology 46: 807–819.

WARD, J.V.; TOCKNER, K.; ARSCOTT, D.B.; CLARET, C., 2002 - Riverine landscape diversity. Freshwater Biology 47: 57–539.

📖WARD, J.V; STANFORD, J.A., 1983 - The serial discontinuity concept in lotic ecosystems. In: FONTAINE, T.D & BARTHELL, S. M., eds. Dynamics of lotic Ecosistems. Ann Arbor Scien. Publ., Ann Arbor. Michigan, 347-356.

📖 WATERMARK, 1999 - UHE Santa Rosa - Estudo de Impacto Ambiental. WATERMARK/LEME ENGENHARIA. Rio de Janeiro.

WELCOMME, R.L., 1984 – International transfers of inland fish species. In: COURTENAY, W.R. & J.R. STAUFFER – Distribution, biology and mangement of exotic fishes. Baltimore, Junho Hopkins University Press. 22-40.

WELCOMME, R.L. (1979). Fisheries ecology of floodplain rivers. London: Logman, 317p.

WEITZMAN, S.H., N.A. MENEZES & M.J. WEITZMAN, 1988 - Phylogenetic biogeography of the Glandulocaudini (Teleostei: Characiformes: Characidae) with comments on the distributions of other freshwater fishs in eastern and souteastern Brazil. In: VANZOLINI, P.E. & W.R. HEYER, Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro. 379-428.

WEKID, R.M.C., 1984 - Levantamento da pesca no Rio Paraíba do Sul na região norte fluminense. SUDEPE, Rio de Janeiro. 8 p.

WELCOMME, R.L., 1988 – International introductions of inland aquatic species. FAO Fish.Tech.Paper(294): 1-318.

WOOTON, R.J., 1994 - Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, New York.

WU, J.; LOUCKS, O.L., 1995 - From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. Quarterly Review of Biology 70:439–466.

WU, J., 1999 - Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. Canadian Journal of Remote Sensing 25: 367–380, 1999.