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

RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO

RP – 06

TOMO III

dezembro 2014

ÍNDICE GERAL

TOMO I

APRESENTAÇÃO

Capítulo 1 **OBJETIVOS E TEMAS NORTEADORES**

Capítulo 2 **CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA**

Capítulo 3 **CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-BIÓTICA**

TOMO II

Capítulo 4 **CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA E CULTURAL**

Capítulo 5 **SANEAMENTO AMBIENTAL**

TOMO III

Capítulo 6 **SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Capítulo 7 **SITUAÇÕES DE PLANEJAMENTO ESPECIAIS**

Capítulo 8 **SUMÁRIO EXECUTIVO**

Capítulo 9 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ÍNDICE – TOMO III

6 SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS 502

6.1 REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL 502

6.1.1 Contextualização 502
6.1.2 Rede de Monitoramento Quantitativo 504
6.1.3 Rede de Monitoramento Qualitativo 518
6.1.4 Avaliação da adequabilidade das redes de monitoramento 526

6.2 ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS PARA AVALIAÇÃO DAS SÉRIES DEVAZÕES MÉDIAS MENSAIS 529

6.3 ESTUDO DE CHEIAS 538

6.3.1 Estudo de Regionalização de Cheias 543

6.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE 547

6.4.1 UP CBH Paraíba do Sul – PS 549
6.4.2 UP CBH Médio Paraíba do Sul 559
6.4.3 UP CBH Preto/Paraibuna 563
6.4.4 UP CBH Piabanha 568
6.4.5 UP CBH COMPÉ 575
6.4.6 UP CBH Rio Dois Rios 579
6.4.7 UP CBH Baixo Paraíba do Sul 584

6.5 DIAGNÓSTICO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO 591

6.5.1 Dados Básicos 592
6.5.2 Metodologia 594
6.5.3 Diagnóstico Preliminar 601
6.5.4 Conclusões e Recomendações 603

6.6 USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS E DEMANDAS 604

6.6.1 Demandas para Abastecimento Humano 605
6.6.2 Demandas de Irrigação 629
6.6.3 Demandas de Pecuária 661
6.6.4 Usos Industriais 671
6.6.5 Resumo do Uso da Água nas Indústrias 694

6.7 DISPONIBILIDADES HÍDRICAS 697

6.8 BALANÇO HÍDRICO 704

6.8.1 Balanço Quantitativo 704
6.8.2 Balanço Hídrico Quantitativo por Unidade de Planejamento 719
6.8.3 Balanço Qualitativo 722

6.9 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS DOS BALANÇOS HÍDRICOS 728

6.10 PONTOS DE MONITORAMENTO ESTRATÉGICO 733

7 SITUAÇÕES DE PLANEJAMENTO ESPECIAIS 739

7.1 CENÁRIOS DE TRANSPOSIÇÕES 740

7.1.1 Cenário Atual 740
7.1.2 Cenários Futuros 744
7.1.3 Conclusões das Avaliações dos Cenários de Transposição 745

7.2 IMPACTOS SINÉRGICOS DE PCHS E AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA DE BACIAS 751

7.2.1 Avaliação Ambiental Integrada das Bacias dos Rios Paraíba do Sul, Grande, Paraibuna, Piabanha, Preto, Pomba e Muriaé....751
7.2.2 Abrangência dos Impactos....753
7.2.3 Composição dos Indicadores de Impacto....754
7.2.4 Conclusões Obtidas dos Estudos de AAI e dos Levantamentos Realizados....754
8 SUMÁRIO EXECUTIVO....757
8.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – BIÓTICAS....758
8.2 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS....761
8.3 USO DOS RECURSOS HÍDRICOS....763
8.4 BALANÇO HÍDRICO....766
8.5 ESGOTAMENTO SANITÁRIO....769
8.6 RESÍDUOS SÓLIDOS....769
8.7 QUALIDADE DAS ÁGUAS....770
8.8 CONCLUSÕES....775
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....777
9.1 GEOMORFOLOGIA....777
9.2 RECURSOS MINERAIS....778
9.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS....778
9.4 COBERTURA VEGETAL E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO....779
9.5 ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS....779
9.6 QUALIDADE DA ÁGUA....783
9.7 ÁREAS VULNERÁVEIS E EVENTOS CRÍTICOS....784
9.8 PATRIMÔNIO HISTÓRICO....784
9.9 INSTRUMENTOS DE GESTÃO....785
9.10 SANEAMENTO AMBIENTAL....785
9.11 QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE....786
9.12 CARACTERIZAÇÃO DE PLANOS E PROGRAMAS EXISTENTES....789
9.13 REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO....789
LISTA DE FIGURAS....
LISTA DE QUADROS....

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1 Rede Fluviométrica – CBH – PS (São Paulo) 507
Figura 6.2 Rede Fluviométrica – CBH Médio Paraíba do Sul / Preto Paraibuna e Comitê Guandu (Sub-Bacia do Rio Piraí) / Piabanha 508
Figura 6.3 Rede Fluviométrica – COMPÉ (MG) 509
Figura 6.4 Rede Fluviométrica – CBH Rio Dois Rios / Baixo Paraíba do Sul 510
Figura 6.5 Rede Pluviométrica – CBH –PS (São Paulo) 514
Figura 6.6 Rede Pluviométrica – CBH – Médio Paraíba do Sul / Preto Paraibuna e Comitê Guandu (Sub-Bacia do Rio Piraí) / Piabanha 515
Figura 6.7 Rede Pluviométrica – COMPÉ (MG) 516
Figura 6.8 Rede Pluviométrica – CBH Rio Dois Rios / Baixo Paraíba do Sul 517
Figura 6.9 Pontos de monitoramento da bacia do rio Paraíba do Sul (Porção de São Paulo) 525
Figura 6.10 Estações Fluviométricas Selecionadas – Rio Paraíba do Sul 529
Figura 6.11 Estações Fluviométricas Selecionadas – Sub-Bacias Afluentes 530
Figura 6.12 Localização das Estações Pluviométricas na Bacia do Rio Paraíba do Sul 534
Figura 6.13 Localização das Estações Fluviométricas na Bacia do Rio Paraíba do Sul 535
Figura 6.14 Estações de Medição de Qualidade da Água da Bacia do Rio Paraíba do Sul 548
Figura 6.15 Estações de Medição de Qualidade da Água - UP CBH Paraíba do Sul – São Paulo 550
Figura 6.16 Média Anual (2009) do Índice de Qualidade das Água (IQA) 552
Figura 6.17 Média Anual (2009) do Índice de Estado Trófico (IET) 554
Figura 6.18 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH Médio Paraíba do Sul 561
Figura 6.19 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH Preto-Paraibuna 566
Figura 6.20 Malha de amostragem do HIDROECO, ... 569
Figura 6.21 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP Comitê Piabanha 573
Figura 6.22 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH COMPÉ (MG) 578
Figura 6.23 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH Rio Dois Rios 581
Figura 6.24 Índice de Qualidade de água no rio Grande – UP CBH Rio Dois Rios 583
Figura 6.25 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH Baixo Paraíba do Sul 584
Figura 6.26 Localização dos Postos Sedimentométricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul 593
Figura 6.27 Zoneamento Sedimentológico da Bacia do Rio Paraíba do Sul 600
Figura 6.28 Área Cultivada com o Uso de Irrigação na Bacia do Rio Paraíba do Sul, segundo o Estado e o Tipo de Cultivo 637
Figura 6.29 Comparação da Variação Anual da Evapotranspiração de Referência em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul Localizados em Minas Gerais 639
Figura 6.30 Comparação da Variação Anual da Evapotranspiração de Referência em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul Localizados em São Paulo 640
Figura 6.31 Comparação da Variação Anual da Evapotranspiração de Referência em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul Localizados no Rio de Janeiro 640
Figura 6.32 Comparação da Variação Anual da Precipitação Pluviométrica em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul 643
Figura 6.33 Síntese das Demandas de Irrigação das Culturas na Bacia – Totais por Estado (m³/s) 646
Figura 6.34 Distribuição das Áreas Irrigadas por tipo de Cultura e por Estado 648
Figura 6.35 Distribuição das Demandas de Água Total e Segundo o Tipo de Indústria por Comitê de Bacia 695
Figura 6.36 Distribuição das Demandas de Água por Tipo de Indústria- Total e por Comitê de Bacia 696
Figura 6.37 Regiões Homogêneas – CBH PS (São Paulo) 699
Figura 6.38 Regiões Homogêneas – CBH Médio Paraíba do Sul / Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) / Preto-Paraibuna / Piabanha 700
Figura 6.39 Região Homogênea – COMPÉ (MG) 701
Figura 6.40 Região Homogênea – CBH Rio Dois Rios / Baixo Paraíba do Sul 702
Figura 6.41 Balanço Hídrico Quantitativo 709
Figura 6.42 Balanço Hídrico Quantitativo da UP CBH – PS (São Paulo) 710
Figura 6.43 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH Médio Paraíba do Sul 711
Figura 6.44 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH Guandu (Sub-bacia do Rio Piraí) 712
Figura 6.45 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH Preto-Paraibuna 713
Figura 6.46 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH Piabanha 714
Figura 6.47 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH COMPÉ (MG) 715
Figura 6.48 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH – Rio Dois Rios 716
Figura 6.49 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH – Baixo Paraíba do Sul 717
Figura 6.50 Balanço Hídrico Qualitativo 723

Figura 6.51 Balanço Hídrico Qualitativo – CBH PS (São Paulo) 724
Figura 6.52 Balanço Hídrico Qualitativo – CBH Médio Paraíba do Sul / Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) (Sub-Bacia do Rio Piraí) / Preto-Paraibuna / Piabanha 725
Figura 6.53 Balanço Hídrico Qualitativo – COMPÉ (MG) 726
Figura 6.54 Balanço Hídrico Qualitativo – CBH Rio Dois Rios / Baixo Paraíba do Sul 727
Figura 6.55 Proposição de Pontos de Monitoramento Estratégico para a Bacia do Paraíba do Sul 736
Figura 7.1 Esquema do Complexo Hidrelétrico de Lajes 742
Figura 7.2 Usuários da Bacia do Rio Guandu 743
Figura 7.3 Trecho Modelado na Área Urbana de São José dos Campos Cenário de 2010– Vazão Mínima de 38 m³/s – Sem Transposição 747
Figura 7.4 Trecho Modelado na Área Urbana de São José dos Campos – Vazão de Mínima Histórica de 31 m^3/s – Cenário de 2035- Com Transposição 747
Figura 7.5 Oxigênio dissolvido ao longo do Rio Paraíba do Sul. 748
Figura 7.6 Coliformes termorresistentes ao longo do Rio Paraíba do Sul 749
Figura 7.7 Demanda bioquímica oxigênio ao longo do Rio Paraíba do Sul 749
Figura 7.8 Fósforo total ao longo do Rio Paraíba do Sul 750
Figura 7.9 Nitrato ao longo do Rio Paraíba do Sul 750
Figura 7.10 Elementos de Composição dos Impactos Ambientais– AAI Paraíba do Sul – EPE 2007 754

LISTA DE QUADROS

Quadro 6.1 Tipo de Estações Fluviométricas....504
Quadro 6.2 Distribuição por Sub-Bacia....504
Quadro 6.3 Postos Fluviométricos - Distribuição por Comitê....505
Quadro 6.4 Tipos e características das Estações Pluviométricas....511
Quadro 6.5 Distribuição por Sub-Bacias....511
Quadro 6.6 Postos Pluviométricos - Distribuição por Unidade de Planejamento....512
Quadro 6.7 Modelo revisado para densidades mínimas das redes pluviométricas (WMO,1994)....512
Quadro 6.8 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado de São Paulo utilizadas no estudo: ambientes lóticos. 519
Quadro 6.9 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado de Minas Gerais utilizadas no estudo: ambientes lóticos. 520
Quadro 6.10 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado do Rio de Janeiro utilizadas no estudo....522
Quadro 6.11 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado de Rio de Janeiro utilizadas no estudo: ambientes lóticos com monitoramento de fitoplâncton....523
Quadro 6.12 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado de Minas Gerais: reservatórios da CEMIG com monitoramento de fitoplâncton. 523
Quadro 6.13 Pontos de Monitoramento da Porção Paulista do Paraíba do Sul (CETESB, 2013)....525
Quadro 6.14 Disponibilidade de Dados Fluviométricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul (Parte 1)....532
Quadro 6.15 Estações Fluviométricas Selecionadas....536
Quadro 6.16 Períodos das Séries Históricas de Vazões - Operador Nacional do Sistema Elétrico ONS....536
Quadro 6.17 Estações Fluviométricas Selecionadas – Sub-Bacias 537
Quadro 6.18 Vazões Extremas em Santa Branca (1952 – 2000)....538
Quadro 6.19 Vazões Extremas em Santa Branca (1952 – 1970)....538
Quadro 6.20 Vazões Extremas em Guararema (1932 – 1978) 539
Quadro 6.21 Vazões Extremas em Guararema (1932 – 1970) 539
Quadro 6.22 Vazões Extremas em Caçapava (1933 – 1974) 539
Quadro 6.23 Vazões Extremas em Caçapava (1933 – 1970) 539
Quadro 6.24 Vazões Extremas em Pindamonhangaba (1939 – 2005)....539
Quadro 6.25 Vazões Extremas em Pindamonhangaba (1939 – 1970)....539
Quadro 6.26 Vazões Extremas em Guaratinguetá (1939 – 2008)....539
Quadro 6.27 Vazões Extremas em Guaratinguetá (1939 – 1970)....539
Quadro 6.28 Vazões Extremas em Cachoeira Paulista (1935 – 2009)....540
Quadro 6.29 Vazões Extremas em Cachoeira Paulista (1935 – 1970)....540
Quadro 6.30 Vazões Extremas em Cruzeiro (1934 – 1980)....540
Quadro 6.31 Vazões Extremas em Cruzeiro (1934 – 1970)....540
Quadro 6.32 Vazões Extremas em Queluz (1934 – 2010)....540
Quadro 6.33 Vazões Extremas em Queluz (1934 – 1970)....540
Quadro 6.34 Vazões Extremas em Itatiaia (1956 – 2010) 540
Quadro 6.35 Vazões Extremas em Itatiaia (1956 – 1964) 540
Quadro 6.36 Vazões Extremas em Resende (1930 – 2008)....541
Quadro 6.37 Vazões Extremas em Resende (1930 – 1968)....541
Quadro 6.38 Vazões Extremas em Barra Mansa (1940 – 2008)....541
Quadro 6.39 Vazões Extremas em Barra Mansa (1940 – 1969)....541
Quadro 6.40 Vazões Extremas em Anta (1930 – 2009) 541
Quadro 6.41 Vazões Extremas em Anta (1930 – 1969) 541
Quadro 6.42 Vazões Extremas em Três Irmãos (1979 – 2009) 541
Quadro 6.43 Vazões Extremas em São Fidélis (1974 – 2009)....541
Quadro 6.44 Vazões Extremas em Campos – Ponte Municipal (1934 – 2009)....542
Quadro 6.45 Vazões Extremas em Campos – Ponte Municipal (1934 – 1969)....542
Quadro 6.46 Vazões Extremas em Igarataá I (1936 – 1968)....542
Quadro 6.47 Vazões de Cheia – Rio Paraibuna....542
Quadro 6.48 Vazões de Cheia – Rio Piabanha....542
Quadro 6.49 Vazões de Cheia – Rio Pomba 543
Quadro 6.50 Vazões de Cheia – Rio Dois Rios....543
Quadro 6.51 Vazões de Cheia – Rio Muriaé....543
Quadro 6.52 Características Locais 544
Quadro 6.53 Coeficientes de Variação....545
Quadro 6.54 Divisão do trecho paulista do rio Paraíba do Sul, conforme ROSA (2012). 555

Quadro 6.55 Estações de Monitoramento de Qualidade da Água.....557
Quadro 6.56 Violações (%) dos patamares para rios Classe 2 – CONAMA 357/2005 e 430/2011, no trecho paulista do rio Paraíba do Sul.....559
Quadro 6.57 Estações de Monitoramento de Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul 562
Quadro 6.58 Violações (%) dos patamares para rios Classe 2 – CONAMA 357/2005 e 430/2011, no Médio Paraíba do Sul. 563
Quadro 6.59 Resultados dos indicadores calculados para a bacia do Rio Paraibuna 567
Quadro 6.60 Índice de violação de Classe 2 (%) por parâmetro monitorado.....568
Quadro 6.61 Coordenadas UTM das unidades de amostragem de qualidade de água e limnologia na área da PCH Poço Fundo – Rio Preto, São José do Vale do Rio Preto/Teresópolis.....571
Quadro 6.62 Resultados dos indicadores calculados para a bacia do rio Piabanha. 572
Quadro 6.63 Violações (%) dos patamares para riosClasse 2 – CONAMA 357/2005 e 430/2011, na bacia do rio Piabanha. 574
Quadro 6.64 Resultados dos indicadores calculados para a bacia do Rio Pomba.....579
Quadro 6.65 Resultados dos indicadores calculados para a bacia do Rio Muriaé 579
Quadro 6.66 Índice de violação de Classe 2 (%) 581
Quadro 6.67 Pontos de coleta de água analisados neste documento para caracterização da condição do baixo curso do Rio Paraíba do Sul 585
Quadro 6.68 Violações (%) dos patamares para rios Classe 2 – CONAMA 357/2005 e 430/2010, no Baixo Paraíba do Sul.....586
Quadro 6.69 Postos Hidrossedimentométricos Selecionados.....595
Quadro 6.70 Vazão Média de Longo Termo e Vazão Sólida Anual.....597
Quadro 6.71 Concentrações Afluente e Defluente Medidas no Reservatório de Funil 598
Quadro 6.72 Classes de Produção Específica Mínima de Sedimentos em Suspensão (PMES) 598
Quadro 6.73 Balanço Sedimentológico Simplificado da Bacia do Rio Paraíba do Sul e Produção Específica Mínima de Sedimentos 599
Quadro 6.74 Demandas De Abastecimento Humano – CBH – Paraíba do Sul (SP).....607
Quadro 6.75 Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Médio Paraíba do Sul.....610
Quadro 6.76 Demandas de Abastecimento Humano – CBH Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) – Sub-Bacia do Rio Piraí 613
Quadro 6.77 Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Preto-Paraibuna.....614
Quadro 6.78 Demandas de Abastecimento Humano – CBH Piabanha 616
Quadro 6.79 Demandas de Abastecimento Humano – Compé (MG).....618
Quadro 6.80 Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Rio Dois Rios.....624
Quadro 6.81 Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Baixo Paraíba do Sul.....626
Quadro 6.82 Áreas irrigadas na Bacia segundo os municípios e os tipos de cultivos 632
Quadro 6.83 Síntese da Área Cultivada com o Uso de Irrigação na Bacia do Rio Paraíba do Sul.....636
Quadro 6.84 Variação Anual da Evapotranspiração de Referência nos Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul (mm/dia)l 638
Quadro 6.85 Comparação da Variação Anual da Evapotranspiração de Referência nos Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul 639
Quadro 6.86 Comparação da Variação Anual da Precipitação Pluviométrica nos Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul 642
Quadro 6.87 Síntese das Informações Utilizadas para o Cálculo das Demandas Hídricas das Culturas 643
Quadro 6.88 Cálculo da Demanda das Culturas Temporárias.....643
Quadro 6.89 Cálculo da Demanda Hídrica das Culturas Permanentes.....644
Quadro 6.90 Cálculo da Demanda Hídrica das Hortícolas.....645
Quadro 6.91 Síntese das Demandas de Irrigação das Culturas na Bacia– Totais Estaduais (m³/s) 646
Quadro 6.92 Demandas de água média e máxima das culturas.....647
Quadro 6.93 Síntese da Área Cultivada com o Uso de Irrigação na Bacia do Rio Paraíba do Sul, após ajuste da parcela dos municípios fora da bacia.....648
Quadro 6.94 Demanda Média Total, segundo o tipo de cultura e por Unidade de Planejamento 649
Quadro 6.95 Demanda Máxima Total, segundo o tipo de cultura e por Unidade de Planejamento.....649
Quadro 6.96 Demandas de Irrigação dos Municípios por Estado 650
Quadro 6.97 Demandas de Irrigação – CBH Paraíba do Sul (SP) 655
Quadro 6.98 Demandas de Irrigação – CBH Médio Paraíba do Sul.....656
Quadro 6.99 Demandas de Irrigação – CBH Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí).....656
Quadro 6.100 Demandas de Irrigação – CBH Preto-Paraibuna.....657
Quadro 6.101 Demandas de Irrigação – CBH Piabanha 657
Quadro 6.102 Demandas de Irrigação – Compé (MG).....658
Quadro 6.103 Demandas de Irrigação – CBH Rio Dois Rios.....659
Quadro 6.104 Demandas de Irrigação – CBH – Baixo Paraíba do Sul.....660
Quadro 6.105 Coeficientes de demanda de água para abastecimento dos rebanhos 661

Quadro 6.106 Rebanhos da Bacia do Rio Paraíba do Sul e suas demandas hídricas 662
Quadro 6.107 Demanda de Água para Dessedentação dos Rebanhos segundo as Unidades de Planejamento 663
Quadro 6.108 Demandas de Pecuária – UP CBH – Paraíba do Sul (SP) 664
Quadro 6.109 Demandas de Pecuária – UP CBH – Médio Paraíba do Sul 665
Quadro 6.110 Demandas de Pecuária – UP Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) 666
Quadro 6.111 Demandas de Pecuária – UP CBH Preto-Paraibuna 666
Quadro 6.112 Demandas de Pecuária – UP Comitê Piabanha 667
Quadro 6.113 Demandas de Pecuária – UP Compé (MG) 668
Quadro 6.114 Demandas de Pecuária – UP CBH Rio Dois Rios 670
Quadro 6.115 Demandas de Pecuária – UP CBH Baixo Paraíba do Sul 670
Quadro 6.116 Coeficientes de Demanda e de Retorno para as Tipologias Industriais 674
Quadro 6.117 Coeficientes de Parâmetros Poluentes para as Tipologias Industriais 675
Quadro 6.118 Vazões de Retirada e de Retorno de Água das Indústrias de Transformação 675
Quadro 6.119 Potencial de Poluição das Indústrias de Transformação 676
Quadro 6.120 Demandas da Indústria – UP CBH Paraíba do Sul (SP) 676
Quadro 6.121 Demandas da Indústria – UP CBH Médio Paraíba do Sul 677
Quadro 6.122 Demandas da Indústria – UP Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) 677
Quadro 6.123 Demandas da Indústria – UP CBH Preto-Paraibuna 678
Quadro 6.124 Demandas da Indústria – UP Comitê Piabanha 678
Quadro 6.125 Demandas da Indústria – UP Compé (MG) 679
Quadro 6.126 Demandas da Indústria – UP CBH Rio Dois Rios 680
Quadro 6.127 Demandas da Indústria – UP CBH Baixo Paraíba Do Sul 681
Quadro 6.128 Quantidade de Explorações Minerais Ativas 682
Quadro 6.129 Coeficientes de Demanda e de Retorno para as Atividades de Mineração 683
Quadro 6.130 Vazões de Retirada e de Retorno de Água da Exploração Mineral 684
Quadro 6.131 Demandas de Mineração – UP CBH Paraíba do Sul (SP) 686
Quadro 6.132 Demandas de Mineração – UP CBH Médio Paraíba do Sul 687
Quadro 6.133 Demandas de Mineração – UP Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) 687
Quadro 6.134 Demandas de Mineração – UP CBH Preto-Paraibuna 688
Quadro 6.135 Demandas de Mineração – UP Comitê Piabanha 688
Quadro 6.136 Demandas de Mineração – UP Compé (MG) 688
Quadro 6.137 Demandas de Mineração – UP CBH Rio Dois Rios 689
Quadro 6.138 Demandas de Mineração – UP CBH Baixo Paraíba do Sul 690
Quadro 6.139 Quantidade de Explorações de Água Mineral 691
Quadro 6.140 Vazões de Retirada da Exploração de Água Mineral 691
Quadro 6.141 Quantidade de Usinas Termoelétricas 692
Quadro 6.142 Parâmetros de Captação e Retorno de Água das Usinas Termoelétricas 692
Quadro 6.143 Vazões de Retirada e de Retorno de Água das Usinas Termelétricas 693
Quadro 6.144 DEMANDAS DE USINAS TERMOELÉTRICAS – UTES 693
Quadro 6.145 Vazões de Retirada Segundo o Tipo de Indústria e por Unidade de Planejamento 695
Quadro 6.146 Vazões de Retorno Segundo o Tipo de Indústria e por Unidade de Planejamento 697
Quadro 6.147 Vazões Médias de Longo Termo (QMLT) e Vazões Específicas Médias 703
Quadro 6.148 Equações Regionais 707
Quadro 6.149 Pontos de Cálculo do Balanço Hídrico 718
Quadro 6.150 Análise de Resultados dos Estudos de Disponibilidades e Demandas Hídricas - Balanço Hídrico Quantitativo 731
Quadro 6.151 Proposição de Modernização das Estações dos Pontos de Monitoramento Estratégico 737
Quadro 6.152 Vazões Remanescentes nos Pontos de Monitoramento Estratégico 738
Quadro 7.1 Transposição de Vazões para a Macrometrópole 744
Quadro 7.2 Perda Energética por Transposição Prevista 746
Quadro 7.3 Impactos Socioambientais– AAI Paraíba do Sul – EPE 2007 753
Quadro 8.1 Demandas Hídricas (m³/s) por tipologia de usuário 765

1 OBJETIVOS E TEMAS NORTEADORES

2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA BACIA

3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-BIÓTICA

4 CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÔMICA E CULTURAL

5 SANEAMENTO AMBIENTAL

6 SITUAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

6.1 REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL

A execução de estudos referentes a recursos hídricos depende diretamente das medidas e observações coletadas em campo. Toda e qualquer modelagem a ser definida para o desenvolvimento de pesquisa de uma determinada bacia depende diretamente da coleta dos dados hidrológicos em campo de forma contínua e precisa. Sem os dados básicos é extremamente impreciso e arriscado definir qualquer modelagem matemática que represente as características do regime hídrico da região em questão.

O objetivo deste item é caracterizar a rede de monitoramento quali-quantitativo existente na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, identificando os postos em operação com seus tipos e entidades operadoras, de forma a subsidiar os estudos para atendimento às necessidades e exigências do monitoramento para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Cumpre ressaltar que para o presente tema a COHIDRO elaborou um relatório parcial específico, intitulado RP-03 “Avaliação Quali-Quantitativa da Rede de Monitoramento” (nov/2013), do qual foram transcritas as informações ora apresentadas e que contém:

- listagem completa de estações fluviométricas e pluviométricas com seus respectivos, números de ordem, códigos, cursos d’água, tipos, coordenadas, datas de início de operação e entidades operadoras;
- avaliação para verificação da extensão das séries históricas das estações fluviométricas e pluviométricas em operação;
- avaliação da rede hidrométrica instalada na Bacia e operada por órgãos públicos e privados.

6.1.1 Contextualização

O diagnóstico da situação do monitoramento e gestão de dados relativos à qualidade e quantidade de água, com a indicação de ações prioritárias para aprimoramento nas redes

de monitoramento (âmbito estadual e federal), aqui apresentado, será objeto de estudos novamente na etapa de Proposições, em função do avanço do PIRH.

O estudo atual foi dividido em duas partes: redes de monitoramento da quantidade e da qualidade das águas 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.

O armazenamento dos dados do monitoramento é feito pela ANA utilizando para tal o sistema HIDRO desenvolvido com esta finalidade. A ANA disponibiliza o programa HIDRO para qualquer usuário interessado em acessar o sistema, através do portal HIDROWEB, link http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=6010.

A rede hidrométrica da área de abrangência dos Comitês da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul é constituída por 1.468 estações, todas cadastradas no HIDRO, das quais, atualmente, 682 estão em operação. Conta, também, com estações telemétricas específicas do Sistema de Alerta de Cheias, do Instituto Estadual do Ambiente – INEA, das quais 31 (trinta e uma) destas estações não estão inseridas no HIDRO, totalizando 1.499 estações.

O advento da Resolução conjunta nº 03, de 10 de agosto de 2010, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e da Agência Nacional de Águas – ANA, trouxe um reforço importante à ampliação da Rede de Monitoramento Hidrológico para apoio às ações de Gestão dos Recursos Hídricos, através de implantação de estações hidrométricas por concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica no país. Esta providência indica uma tendência de ampliação e modernização da Rede de Monitoramento.

6.1.2 Rede de Monitoramento Quantitativo

6.1.2.1 Estações Fluviométricas

Dentre as 1.499 estações hidrometeorológicas já instaladas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, 807 são fluviométricas. Destas, apenas 315 ainda estão em operação, classificadas por tipo, de acordo com os parâmetros medidos e características de cada Estação, conforme descrito a seguir:

Quadro 6.1 Tipo de Estações Fluviométricas

CÓDIGO	TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES
F	Observações de níveis d'água (réguas hidrométricas)
Fr	Medições de níveis d'água com equipamentos automáticos (registradores)
D	Medição de descarga líquida
S	Medição de descarga sólida
Q	Medição de qualidade das águas
T	Estações dotadas de equipamentos telemétricos

Dentre as verificações de distribuição da rede, apresenta-se neste relatório, através do **Quadro 6.2** e do **Quadro 6.3**, a distribuição das estações fluviométricas por sub-bacias.

Quadro 6.2 Distribuição por Sub-Bacia

Sub-Bacia	Estados	Número de Estações em Operação	Área da Bacia (km²)	Estações por km²
Alto Vale do Paraíba	SP	8	4.288,04	0,002
Médio Vale Superior do Rio Paraíba	SP	54	9.149,76	0,006
Médio Vale do Paraíba	SP/RJ	33	4.959,50	0,007
Rio Piraí	RJ	13	1.124,60	0,012
Rio Preto	RJ/MG	17	3.421,53	0,005
Rio Paraibuna	MG	38	5.157,34	0,007
Rio Piabanha	RJ	42	2.059,86	0,020
Médio Vale Inferior	RJ/MG	12	4.320,80	0,003
Rio Pomba	MG/RJ	39	8.582,21	0,005
Rio Dois Rios	RJ	22	3.157,18	0,007
Rio Carangola	MG/RJ	8	2.015,74	0,004
Rio Muriaé	MG/RJ	20	6.145,88	0,003
Baixo Vale	RJ	9	7.162,95	0,001
Total		**315**	**61.545,39**	**0,005**

Quadro 6.3 Postos Fluviométricos - Distribuição por Comitê

Comitê	Estados	Nº de Estações em Operação	Área de Drenagem (km²)	Estações por km²
CBH Paraíba do Sul (SP)	SP	60	13.944,01	0,004
CBH Médio Paraíba do Sul	RJ	46	6.429,06	0,007
Comitê Guandu (BH Rio Piraí)	RJ	13	1.017,90	0,013
CBH Preto Paraibuna	MG	44	7.185,99	0,006
Comitê Piabanha	RJ	49	3.459,19	0,014
COMPÉ	MG	53	13.537,26	0,004
CBH Rio Dois Rios	RJ	27	4.462,38	0,006
CBH Baixo Paraíba do Sul	RJ	23	11.509,60	0,002
Total		**315**	**61.545,39**	**0,005**

A partir das informações acima, conclui-se que as estações fluviométricas em operação na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul estão relativamente bem distribuídas na área.

No que diz respeito à distribuição por sub-bacia, o **Quadro 6.2** mostra que as regiões do Alto Vale do Paraíba, Médio Vale Inferior, Baixo Vale e Muriaé apresentam densidades inferiores à média da Bacia, enquanto as sub-bacias dos rios Carangola, Preto e Pomba apresentam densidades em torno da média; já as do Médio Vale do Paraíba, Médio Vale Superior do Rio Paraíba, Dois Rios e Paraibuna têm densidades ligeiramente superiores à média; as bacias dos rios Piabanha e Piraí apresentam-se em destaque com elevadas densidades.

Quanto à distribuição por UP indica que a área menos atendida corresponde à do CBH – Baixo Paraíba do Sul, que apresenta densidade de 0,002 estação/Km². As regiões com maior densidade de postos referem-se às do CBH Guandu (sub-bacia Rio Piraí) e do CBH – Piabanha com densidades de 0,013 e 0,014 estação/Km² respectivamente.

É importante salientar que a orientação para estabelecimento de pontos de monitoramento de rede fluviométrica não se baseia em densidades previamente estabelecidas que, teriam como objetivo, definir um número de estação por km^2 em determinada bacia.

É importante salientar que a orientação para estabelecimento de pontos de monitoramento de rede fluviométrica não se baseia em densidades previamente estabelecidas, que teriam como objetivo definir um número de estação por km^2 em determinada bacia.

Os indicadores para definição de posicionamento de estações fluviométricas, em determinada bacia hidrográfica, são fruto da análise da hidrografia e monitoramento do curso principal e seus principais afluentes, situações específicas que necessitam de controle permanente, tais como, rios que deságuam em reservatórios implantados na bacia, controle de escoamento a jusante de reservatórios, assim como, locais de captações expressivas, ou qualquer outra intervenção no corpo hídrico que, necessite de controle permanente. Desta forma, a análise a ser efetuada por ocasião das Proposições de Diretrizes Para Implementação e Aperfeiçoamento dos Instrumentos de Gestão, relatório a ser apresentado na Etapa IV- Proposições, é que possibilitará a verificação da adequação da Rede fluviométrica atual.

A seguir, da **Figura 6.1** à **Figura 6.4**, apresenta-se a distribuição espacial das estações fluviométricas em operação e as áreas de abrangência dos CBHs da Bacia do Rio Paraíba do Sul.

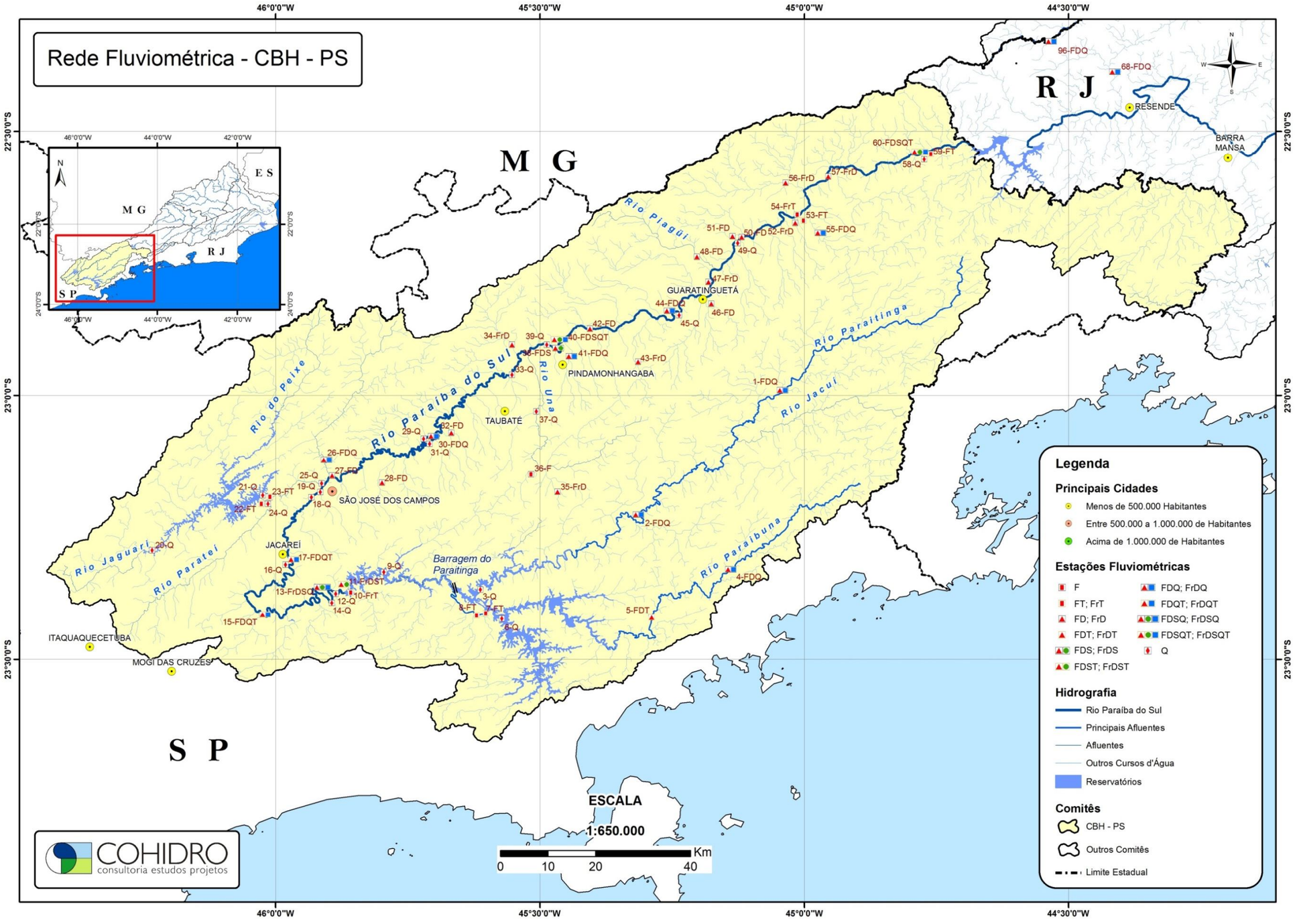


Figura 6.1 Rede Fluviométrica – CBH – PS (São Paulo)

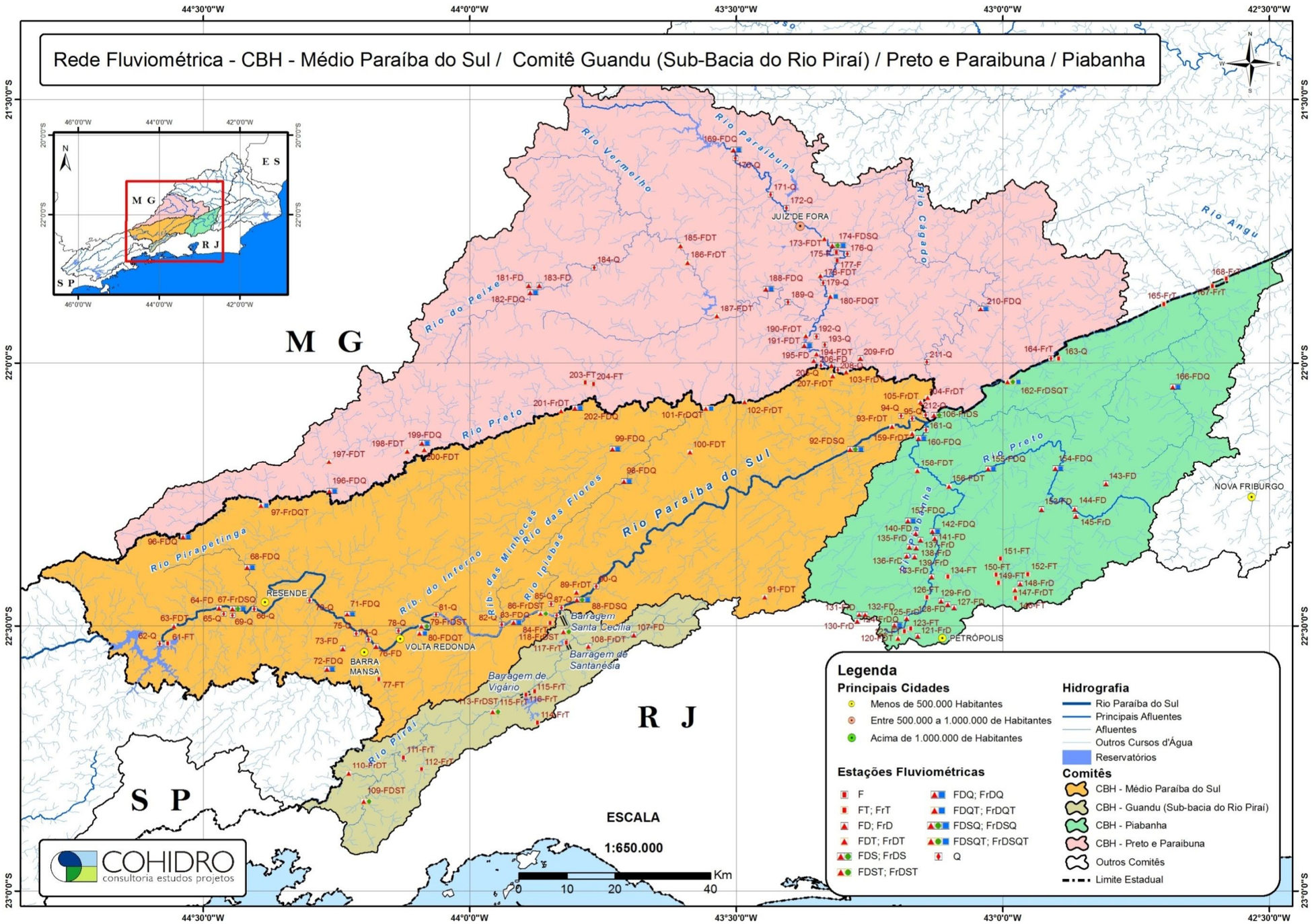


Figura 6.2 Rede Fluviométrica – CBH Médio Paraíba do Sul / Preto Paraibuna e Comitê Guandu (Sub-Bacia do Rio Piraí) / Piabanha

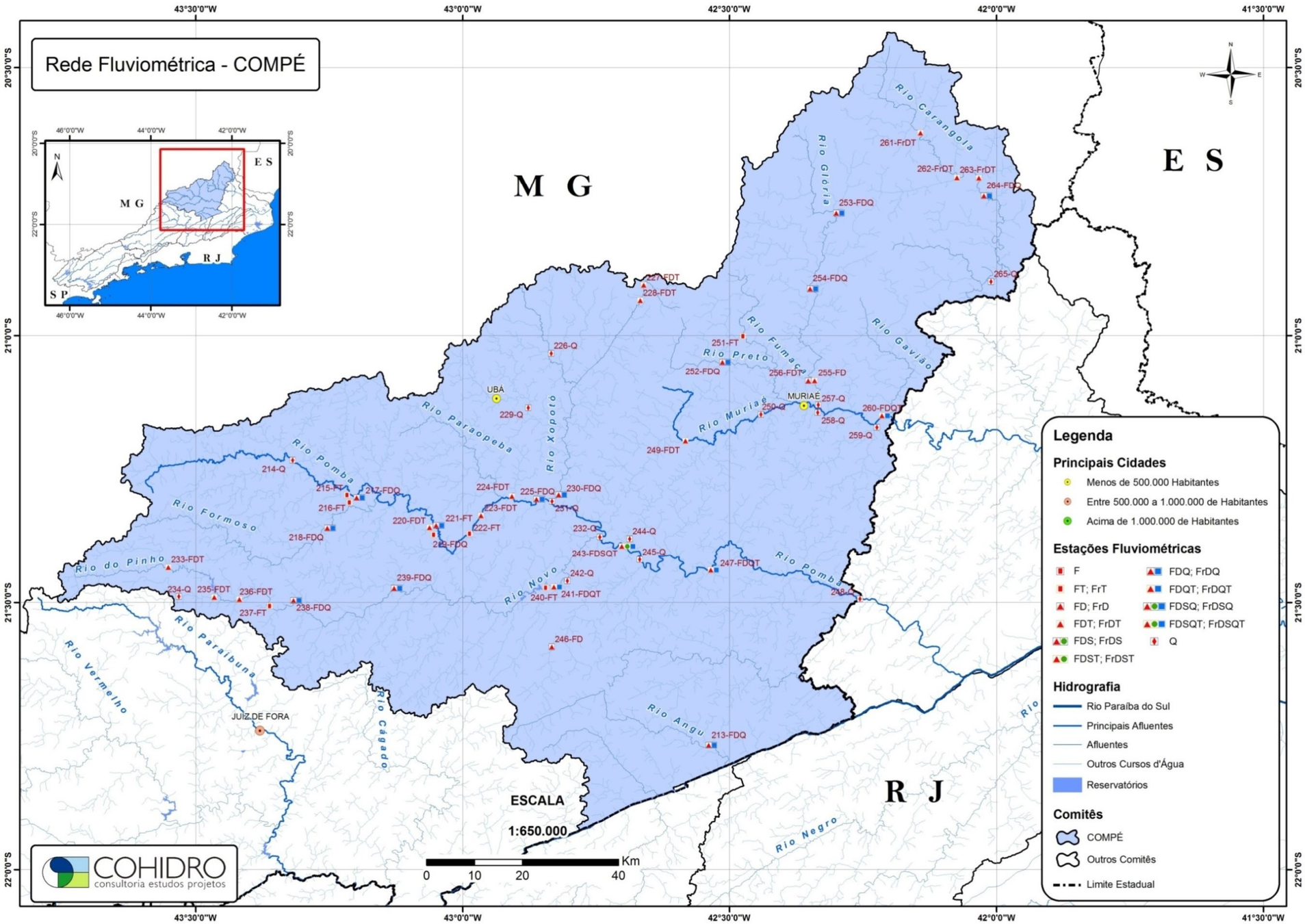


Figura 6.3 Rede Fluviométrica – COMPÉ (MG)

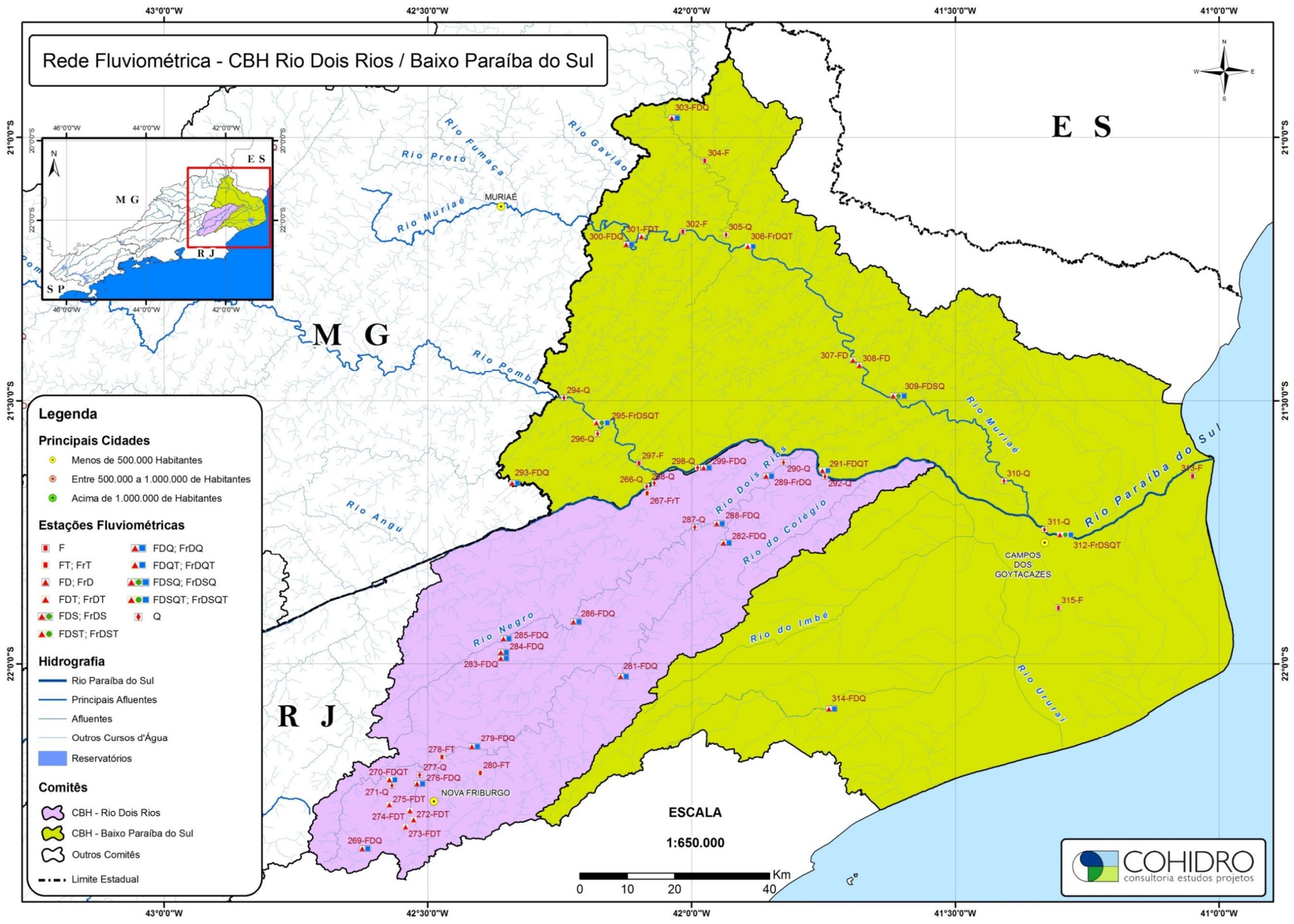


Figura 6.4 Rede Fluviométrica – CBH Rio Dois Rios / Baixo Paraíba do Sul

Além das séries observadas nas estações fluviométricas operadas por diversas entidades e organizadas pela Agência Nacional das Águas, há disponível também as séries naturais geradas pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), conforme tabela de estações apresentada no RP-03 e descrição em 6.2 Séries de Vazões Médias Mensais.

6.1.2.2 Estações Pluviométricas

Dentre as 1.499 estações hidrometeorológicas já instaladas na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, 807 são fluviométricas e 692 pluviométricas. Das pluviométricas, apenas 367 estações ainda estão em operação, com as seguintes características:

Quadro 6.4 Tipos e características das Estações Pluviométricas

CÓDIGO	TIPOS E CARACTERÍSTICAS DAS ESTAÇÕES
Pr	Estação Pluviográfica (registradores contínuos de chuva)
C	Estação Climatológica (medidores de dados climatológicos)
P	Estação Pluviométrica (medições de chuvas acumuladas)
T	Estações dotadas de equipamentos Telemétricos

De forma a permitir a avaliação da densidade da rede pluviométrica em operação na região em estudo, foram produzidos o **Quadro 6.5** e o **Quadro 6.6** com informações sobre o número de estações em operação, a área de abrangência e o cálculo da densidade (estações/Km²) para cada sub-bacia e para cada Unidade de Planejamento.

Quadro 6.5 Distribuição por Sub-Bacias

Sub-Bacia	Estados	Número de Estações em Operação	Área da Bacia (km²)	Estações por km²
Alto Vale do Paraíba	SP	38	4.288,04	0,009
Médio Vale Superior do Rio Paraíba	SP	108	9.149,76	0,012
Médio Vale do Paraíba	SP/RJ	30	4.959,50	0,006
Rio Piraí	RJ	10	1.124,60	0,009
Rio Preto	RJ/MG	20	3.421,53	0,006
Rio Paraibuna	MG	24	5.157,34	0,005
Rio Piabanha	RJ	47	2.059,86	0,023
Médio Vale Inferior	RJ/MG	09	4.320,80	0,002
Rio Pomba	MG/RJ	23	8.582,21	0,003
Rio Dois Rios	RJ	26	3.157,18	0,008
Rio Carangola	MG/RJ	07	2.015,74	0,003
Rio Muriaé	MG/RJ	13	6.145,88	0,002
Baixo Vale	RJ	12	7.162,95	0,002
Total		**367**	**61.545,39**	**0,006**

Quadro 6.6 Postos Pluviométricos - Distribuição por Unidade de Planejamento

Unidades de Planejamento	Estados	Nº de Estações em Operação	Área de Drenagem (km²)	Estações por km²
CBHParaíba do Sul (SP)	SP	151	13.944,01	0,011
CBHMédio Paraíba do Sul	RJ	41	6.429,06	0,006
CBH Guandu(BH Rio Piraí)	RJ	10	1.017,90	0,010
CBHPreto Paraibuna	MG	28	7.185,99	0,004
CBH Piabanha	RJ	54	3.459,19	0,016
CBH COMPÉ	MG	33	13.537,26	0,002
CBH Rio Dois Rios	RJ	28	4.462,38	0,006
CBHBaixo Paraíba do Sul	RJ	22	11.509,60	0,002
Total		**367**	**61.545,39**	**0,006**

De acordo com as Recomendações da Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 1994), apresentadas através da Tabela com Modelo revisado para densidades mínimas das Redes Pluviométricas, pode ser identificada a densidade mínima de estações pluviométricas por unidade fisiográfica em estudo.

Quadro 6.7 Modelo revisado para densidades mínimas das redes pluviométricas (WMO,1994)

Unidades Fisiográficas	Densidades mínimas por estações (Área em Km² por estação)	
	Sem registrador	Com registrador
Costeira	900	9.000
Montanhosa	250	2.500
Planas e interiores	575	5.750
Montanhosas/onduladas	575	5.750
Pequenas ilhas	25	250
Áreas Urbanas	-	10 – 20
Polares/áridas	10.000	100.000

Adotando-se a situação mais crítica, ou seja, Região Montanhosa, com monitoramento através de equipamentos sem registradores, tem-se como recomendação da Organização Mundial de Meteorologia a densidade mínima de 0,004 estações por Km².

Na distribuição dos postos pluviométricos por sub-bacias identifica-se que, nas regiões do Médio Vale Inferior, Rio Pomba, Rio Carangola, Rio Muriaé e Baixo Vale as densidades estão abaixo do recomendado, enquanto que nas demais sub-bacias os valores de densidade estão acima do limite, com destaque para as do Médio Vale Superior do Rio Paraíba com 0,012 estações/Km^2 e para a do Rio Piabanha, com densidade de 0,023 estações/Km^2.

Quanto à análise da densidade de estações pluviométricas por área de abrangência das Unidades de Planejamento, verifica-se que apenas as UP COMPÉ e do CBH – Baixo Paraíba do Sul apresentam densidade abaixo do mínimo recomendado pela WMO, para a situação mais crítica. As demais UPs apresentam densidade acima do recomendado, sendo que a do CBH do Médio Paraíba do Sul e a do CBH – Rio Dois Rios estão com densidade na média geral, enquanto que as do CBH – Paraíba do Sul (SP), CBH Guandu (sub-bacia do Rio Piraí), CBH Piabanha e CBH – Preto Paraibuna apresentam as maiores densidades, acima da média em geral.

A seguir são apresentadas da **Figura 6.5** à **Figura 6.8**, a representação espacial das estações pluviométricas em operação e as áreas de abrangência dos Comitês de Bacias Hidrográficas do rio Paraíba do Sul.

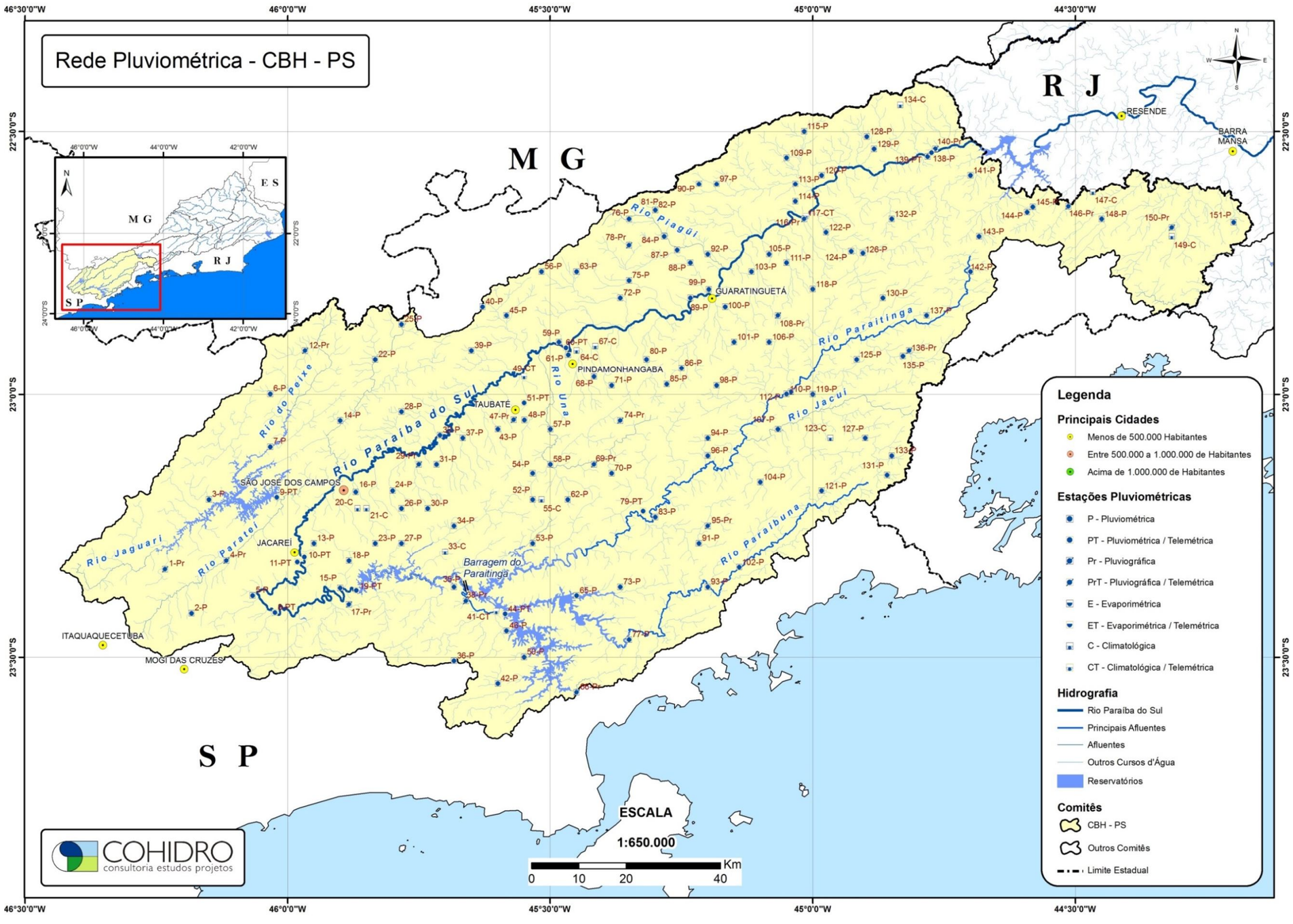


Figura 6.5 Rede Pluviométrica – CBH –PS (São Paulo)

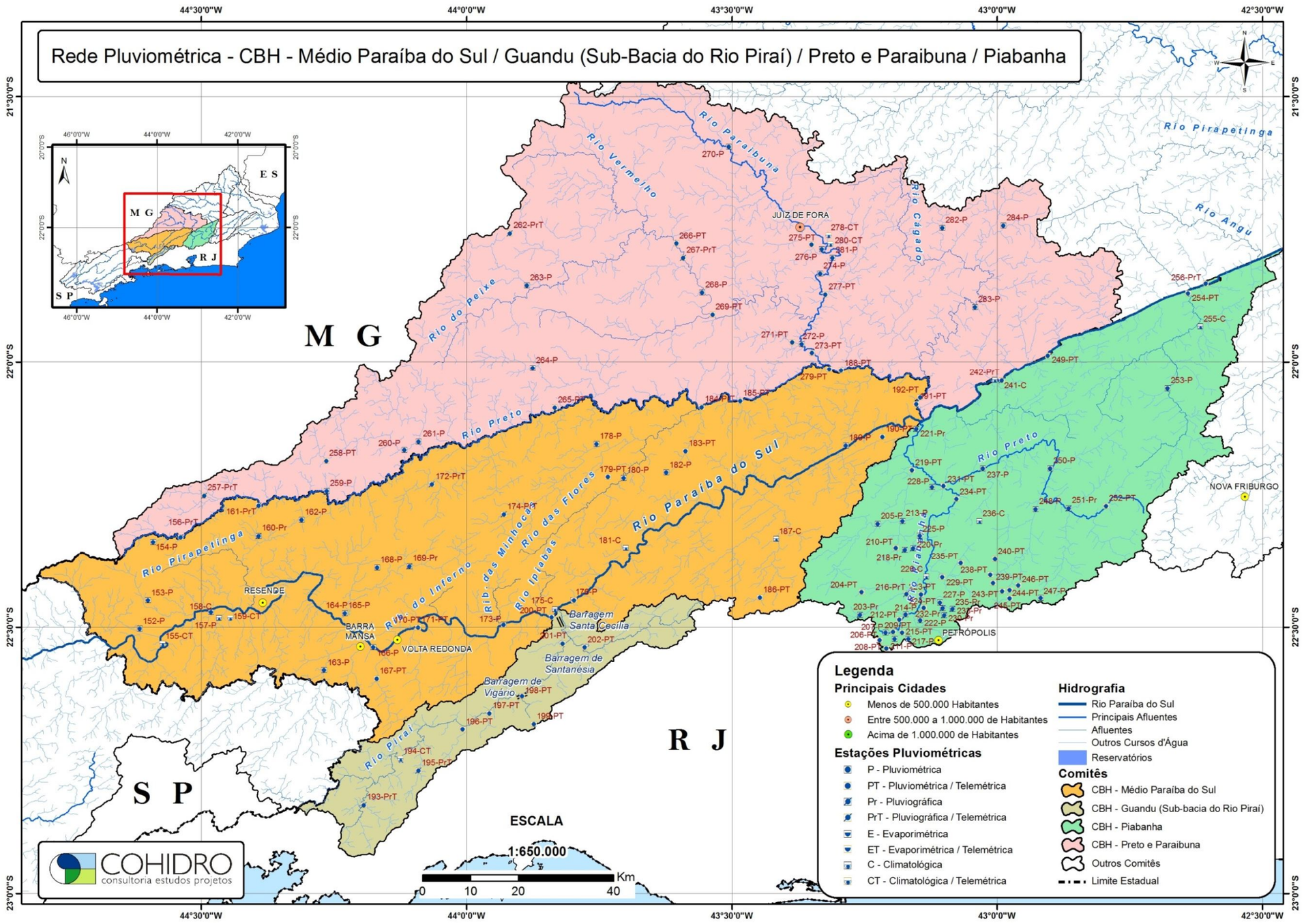


Figura 6.6 Rede Pluviométrica – CBH – Médio Paraíba do Sul / Preto Paraibuna e Comitê Guandu (Sub-Bacia do Rio Piraí) / Piabanha

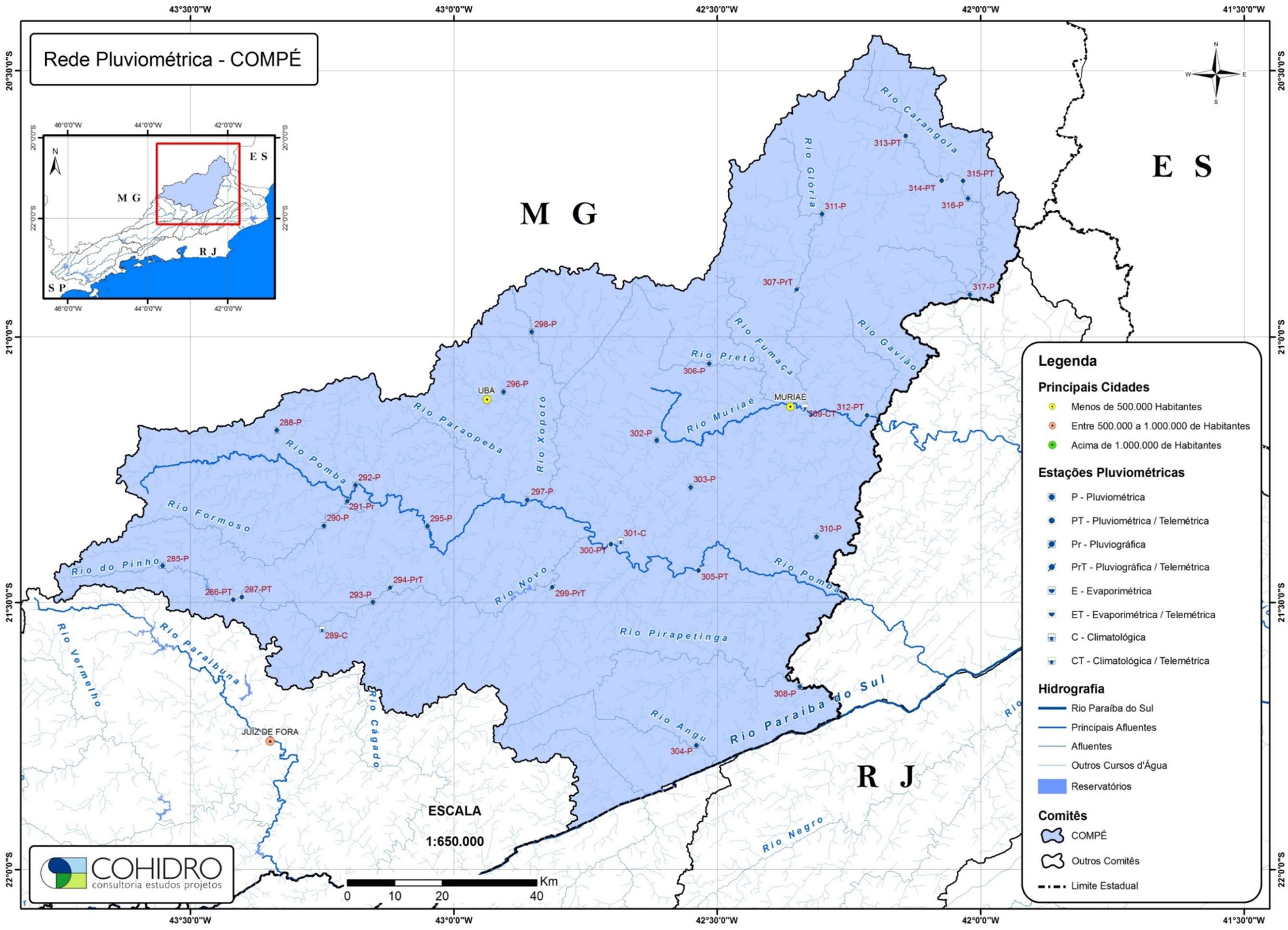


Figura 6.7 Rede Pluviométrica – COMPÉ (MG)

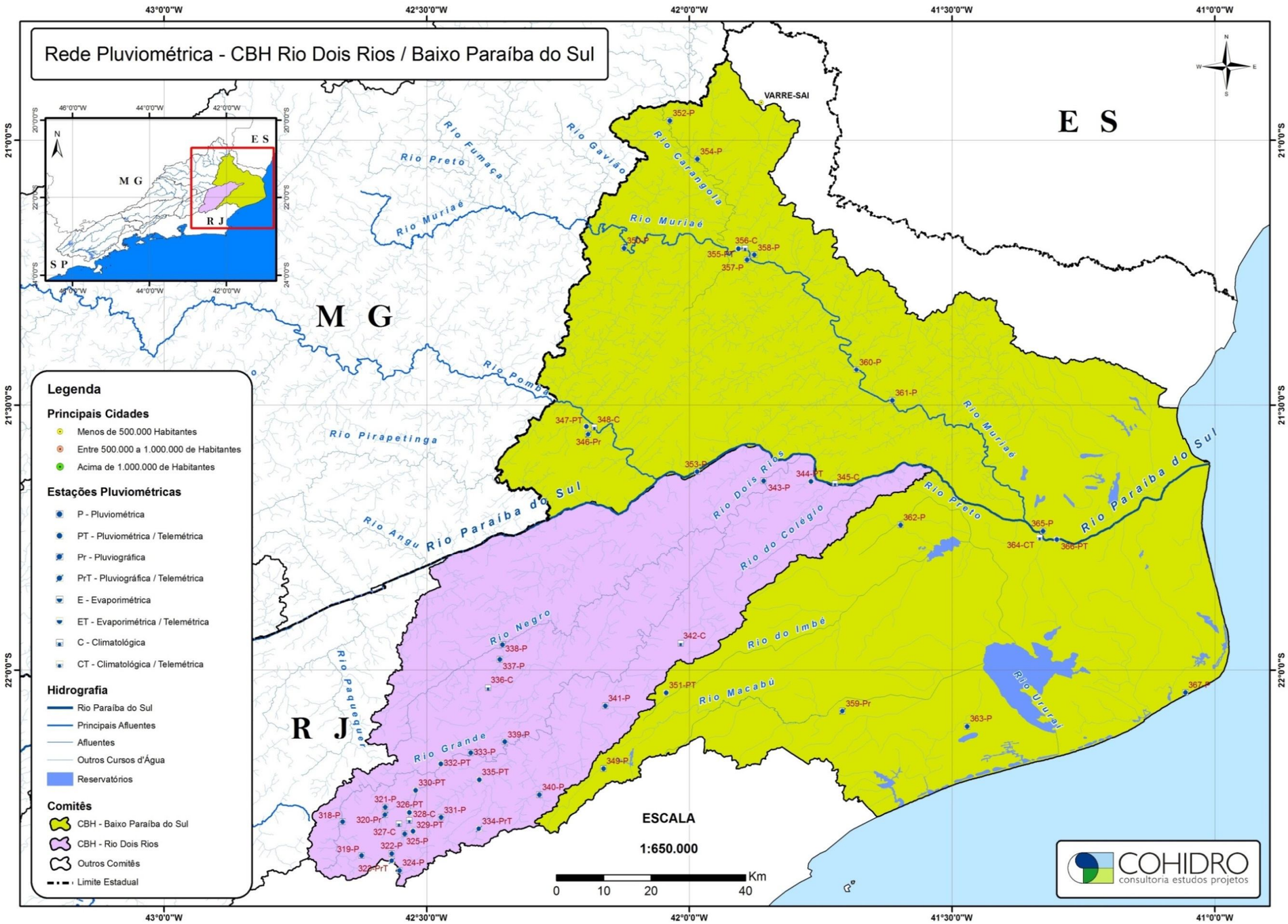


Figura 6.8 Rede Pluviométrica – CBH Rio Dois Rios / Baixo Paraíba do Sul

6.1.3 Rede de Monitoramento Qualitativo

6.1.3.1 Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais

Para um gerenciamento efetivo de recursos hídricos, faz-se necessária uma estruturação correta da rede de monitoramento que, para sua caracterização precisa da definição dos pontos de coleta, dos parâmetros a serem analisados e da frequência de amostragem.

Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo mapear a rede de monitoramento de forma a se obter dados de qualidade da água, cujos resultados são baseados em dados secundários fornecidos pelos órgãos gestores de recursos hídricos dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

O **Quadro 6.8**, **Quadro 6.9** e **Quadro 6.10** a seguir apresentam as estações de monitoramento da qualidade das águas utilizadas no presente estudo, com seus principais atributos, dentre os quais podem ser relacionados: curso de água onde está alocada, entidade fornecedora dos dados monitorados, número de parâmetros avaliados, coordenadas de localização e período de dados. O **Quadro 6.11** mostra as estações de monitoramento regulares do INEA que contêm dados de fitoplâncton e o **Quadro 6.12** apresenta as estações em reservatórios da CEMIG, também com dados de fitoplâncton.

No monitoramento das estações relacionadas no **Quadro 6.8**, os parâmetros contemplados são: Alumínio Total, Alumínio Dissolvido, Arsênio Total, Atividade Estrogênica por BLYES, Atrazina, Bário Total, Boro Total, Cádmio Total, Carbono Orgânico Dissolvido, Carbono Orgânico Total, Chumbo Total, Cloreto Total, Clorofila-a, Clorpirifos, Clostridium Perfringens, Cobre Total, Cobre Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, Condutividade, Cor Verdadeira, Cromo Total, DBO (5,20), Dureza, DQO, Enterococos, Escherichia coli, Estanho Total, Fenóis Totais, Ferro Dissolvido, Ferro Total, Fósforo Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrogênio amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl, Nitrogênio – Nitrato, Nitrogênio - Nitrito, Óleos e Graxas, Oxigênio Dissolvido, pH, Potássio, Propanil, Sódio, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Sulfato Total, Temperatura da Água, Temperatura do Ar, Turbidez e Zinco Total.

Quadro 6.8 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado de São Paulo utilizadas no estudo: ambientes lóticos.

Corpo Hídrico	Cód. CETESB	Tipo	Local de Amostragem	Coordenadas UTM*		Município
				NORTE	LESTE	
Braço do Paraibuna	IUNA 00950	R.B.	Na junção dos braços do Rio Paraibuna e dos rios da serra.	7.409.999	441.579	Paraibuna
	INGA 00850	R.B.	Próximo a área de lazer da CESP	7.415.825	437.354	
Braço do Rio Palmital	BPAL 00011	Baln.	Na Prainha de Redenção da Serra.	7.425.636	445.182	Redenção da Serra
Reservatório do Jaguari UGRHI 02	JAGJ 00200	R.B.	Ponte na rodovia SP-056 que liga Santa Isabel a Igaratá, no município de Santa Isabel.	7.423.693	373.769	Santa Isabel
	JAGJ 00900	R.B.	Na tomada d´água do Reservatório Jaguari.	7.434.621	394.802	São José dos Campos
Reservatório Santa Branca	SANT 00100	R.B.	No meio do corpo central, na junção dos braços Capivari e Paraibuna.	7.419.148	418.654	Jambeiro
Ribeirão Grande UGRH 02	RIBG 02352	Baln.	Próximo a passarela de ferro, a montante do Bar do Edmundo, no Ribeirão Grande.	7.478.924	453.170	Pindamonhangaba
Rio Guaratinguetá	GUAT 02800	R.B.	Na captação de Guaratinguetá (SAEG), em frente a ETA.	7.480.395	478.115	Guaratinguetá
Rio Jaguari - UGRHI02	JAGI 02900	R.B.	Próximo à foz no rio Paraíba, em São José dos Campos.	7.437.036	406.443	São José dos Campos
Rio Paraíba do Sul	PARB 02400	R.B.	Ponte na rua do Porto, no trecho que liga Caçapava ao bairro Menino Jesus.	7.447.208	427.122	Caçapava
	PARB 02530	R.B.	Na captação da SABESP de Pindamonhangaba	7.355.419	452.089	Pindamonhangaba
	PARB 02050	R.B.	Captação de Santa Branca, no bairro Angola de Cima.	7.414.573	409.339	Santa Branca
	PARB 02300	R.B.	Ponte de acesso ao loteamento Urbanova, em São José dos Campos.	7.434.535	404.781	São José dos Campos
	PARB 02490	R.B.	Na captação da SABESP em Taubaté que abastece Tremembé	7.460.624	443.289	Tremembé
	PARB 02600	R.B.	Na captação de Aparecida	7.473.627	475.901	Aparecida
	PARB 02700	R.B.	Ponte na rodovia BR-459, no trecho que liga Lorena a Piquete.	7.489.261	487.688	Lorena
	PARB 02100	R.B.	Ponte na rodovia SP-77, no trecho que liga Jacareí a Santa Branca.	7.415.253	612.411	Santa Branca
	PARB 02900	R.B.	Ponte na cidade de Queluz.	7.433.493	396.203	Queluz
	PARB 02310	R.B.	Na captação de São José dos Campos, no canal de adução com extensão de 750m.	7.435.342	406.027	São José dos Campos
	PARB 02200	R.B.	Junto à captação do município de Jacareí	7.421.405	400.548	Jacarei
Rio Paratei	PTEI 02900	R.B.	Ponte na estrada de acesso ao Res. Jaguari, próximo à cervejaria Brahma, em Jacareí.	7.433.493	396.203	Jacarei
Rio Piracuama	UAMA 00601	Baln.	No Balneário de Piracuama - Reino das Águas Claras.	7.470.115	440.232	Pindamonhangaba
Rio Una - UGRHI 02	UNNA 02800	R.B.	Na captação da SABESP de Taubaté.	7.452.984	447.985	Taubate

* R.B. = Rede Básica; Bal. = Balneabilidade

Para o estado de Minas Gerais, foram avaliadas 36 estações do IGAM distribuídas em 17 cursos de água diferentes, afluentes ao rio Paraíba do Sul. A frequência de análise foi definida em função daquela observada para a maioria dos parâmetros avaliados no período compreendido entre os anos de 2009 e 2012 (quando aplicável), sendo constatada a periodicidade trimestral de amostragem.

No monitoramento das estações relacionadas no **Quadro 6.9**, os parâmetros contemplados são: Alcalinidade de Bicarbonato, Alcalinidade Total, Alumínio Dissolvido, Alumínio Total, Arsênio Total, Bário Total, Boro Dissolvido, Boro Total, Cádmio Total, Cálcio Total, Chumbo Total, Cianeto Livre, Cianeto Total, Cloreto Total, Clorofila-a, Cobre Dissolvido, Cobre Total, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totais, Condutividade, Cor Verdadeira, Cromo hexavalente, Cromo Total, Cromo Trivalente, DBO (5,20), DQO, Dureza de Cálcio, Dureza de Magnésio, Dureza Total, Escherichia Coli, Estreptococos Fecais, Fenóis Totais, Feoftina a, Ferro Dissolvido, Fósforo Total, Magnésio Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal Total, Nitrogênio Orgânico, Óleos e Graxas, Oxigênio Dissolvido, pH (*in loco*), pH (laboratório), Potássio Dissolvido, Selênio Total, Sódio Dissolvido, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos em Suspensão Totais, Sólidos Totais, Substâncias Tensoativas, Sulfato Total, Sulfeto, Temperatura da Água, Temperatura do Ar, Turbidez e Zinco Total.

Quadro 6.9 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado de Minas Gerais utilizadas no estudo: ambientes lóticos.

Estações	Curso de Água	Classificação	Entidade	Coordenadas UTM*		Período de Dados
				LESTE	NORTE	
BS002	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	655.102	7.610.734	Junho/1997 a Junho/2012
BS006	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	662.148	7.602.083	Março/2000 a Junho/2012
BS017	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	675.008	7.589.829	Julho/1997 a Maio/2012
BS018	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	672.361	7.581.492	Março/2000 a Maio/2012
BS024	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	669.760	7.569.216	Julho/1997 a Maio/2012
BS026	Rio Preto	Classe 2	IGAM	569.800	7.539.235	Agosto/2011 a Maio/2012
BS027	Rio Preto	Classe 2	IGAM	629.424	7.556.730	Agosto/2011 a Maio/2012
BS028	Rio Preto	Classe 2	IGAM	669.701	7.563.710	Julho/1997 a Maio/2012
BS029	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	674.699	7.564.363	Julho/1997 a Maio/2012
BS030	Rio Cágado	Classe 2	IGAM	704.321	7.579.258	Agosto/2011 a Maio/2012

Estações	Curso de Água	Classificação	Entidade	Coordenadas UTM*		Período de Dados
				LESTE	NORTE	
BS031	Rio Cágado	Classe 1	IGAM	691.543	7.564.968	Julho/1997 a Maio/2012
BS032	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	690.736	7.557.533	Março/1998 a Maio/2012
BS033	Rio Pomba	Classe 2	IGAM	674.344	7.650.952	Março/1998 a Maio/2012
BS038	Rio Pomba	Classe 2	IGAM	703.337	7.633.884	Agosto/2011 a Maio/2012
BS042	Rio Xopotó	Classe 2	IGAM	726.442	7.645.424	Julho/1997 a Maio/2012
BS043	Rio Pomba	Classe 2	IGAM	733.781	7.634.368	Julho/1997 a Maio/2012
BS046	Rio Novo	Classe 2	IGAM	730.083	7.631.651	Julho/1997 a Maio/2012
BS049	Ribeirão Meia Pataca	Classe 2	IGAM	739.622	7.633.729	Fevereiro/2000 a Maio/2012
BS050	Rio Pomba	Classe 2	IGAM	742.480	7.628.241	Julho/1997 a Maio/2012
BS054	Rio Pomba	Classe 2	IGAM	784.905	7.620.626	Março/1998 a Maio/2012
BS055	Rio Glória	Classe 2	IGAM	779.432	7.698.908	Agosto/2011 a Maio/2012
BS056	Rio Carangola	Classe 2	IGAM	811.001	7.686.027	Março/1998 a Maio/2012
BS057	Rio Muriaé	Classe 2	IGAM	788.708	7.658.234	Novembro/1996 a Maio/2012
BS058	Rio Glória	Classe 2	IGAM	777.204	7.664.371	Novembro/1996 a Maio/2012
BS059	Rio Muriaé	Classe 2	IGAM	765.278	7.659.058	Março/1998 a Maio/2012
BS061	Rio do Peixe	Classe 1	IGAM	665.044	7.579.109	Julho/1997 a Maio/2012
BS071	Ribeirão Ubá	Classe 2	IGAM	720.425	7.661.319	Março/1998 a Maio/2012
BS072	Rio Pirapetinga	Classe 2	IGAM	779.441	7.602.938	Agosto/2011 a Maio/2012
BS073	Ribeirão das Posses	Classe 2	IGAM	650.872	7.622.830	Março/1998 a Maio/2012
BS074	Rio do Pinho	Classe 2	IGAM	659.941	7.623.029	Agosto/2011 a Junho/2012
BS077	Rio Xopotó	Classe 2	IGAM	725.206	7.671.161	Fevereiro/2000 a Maio/2012
BS081	Rio Muriaé	Classe 2	IGAM	776.360	7.660.538	Fevereiro/2000 a Maio/2012
BS083	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	665.095	7.597.932	Março/2000 a Maio/2012
BS085	Rio do Peixe	Classe 1	IGAM	625.897	7.587.033	Março/2000 a Maio/2012
BS088	Rio Vermelho	Classe 2	IGAM	637.732	7.595.441	Agosto/2011 a Maio/2012
BS090	Rio do Peixe	Classe 2	IGAM	652.807	7.575.645	Agosto/2011 a Maio/2012

Fonte: SISÁGUA – Sistema de Informação de Qualidade da Água dos Reservatórios da CEMIG, disponível em http://www2.cemig.com.br/SAG/Controles/ColetasGrid.aspx).

Na porção do Estado do Rio de Janeiro, foram avaliadas 11 estações de monitoramento localizadas em 07 mananciais superficiais, sendo uma parte dessas estações localizadas em cursos de água afluentes ao rio Paraíba do Sul e a outra no eixo do próprio rio. Nos postos monitorados são avaliados parâmetros de qualidade da água de origem físico-química, biológica, microbiológica e nutrientes.

A frequência de análise foi definida em função daquela observada para a maioria dos parâmetros avaliados no período compreendido entre os anos de 2009 e 2012 (quando aplicável), sendo constatada a periodicidade bimestral para as estações de amostragem.

No monitoramento das estações relacionadas no **Quadro 6.9** e no **Quadro 6.10**, apresentadas a seguir, os parâmetros contemplados são: Alcalinidade Total, Alumínio Total, Alumínio Dissolvido, Cádmio Total, Chumbo Total, Cloreto Total, Cobre Total, Cobre Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, Condutividade, Cor Verdadeira, Cromo Total, DBO (5,20), DQO, Fenóis Totais, Ferro Total, Ferro Dissolvido, Fósforo Total, Manganês Total, Mercúrio Total, Níquel Total, Nitrato, Nitrito, Nitrogênio Amoniacal Dissolvido, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Kjeldahl, Ortofosfato Dissolvido, Oxigênio Dissolvido, pH, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Totais, Temperatura da Água, Temperatura do Ar, Turbidez e Zinco Total.

Quadro 6.10 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado do Rio de Janeiro utilizadas no estudo.

Estações	Curso de Água	Classificação	Entidade	Coordenadas UTM*		Período de Dados
				LESTE	NORTE	
CR020	Rio Carangola	Classe 2	INEA	195.031	7.654.623	Agosto/1989 a Novembro/2012
MR370	Rio Muriaé	Classe 2	INEA	251.057	7.603.809	Setembro/1980 a Novembro/2012
MR374	Rio Muriaé	Classe 2	INEA	806.331	7.657.892	Setembro/1986 a Novembro/2012
PB002	Rio Piabanha	Classe 2	INEA	686.883	7.510.182	Julho/1980 a Novembro/2012
PB011	Rio Piabanha	Classe 2	INEA	691.371	7.551.995	Julho/1980 a Novembro/2012
PM331	Rio Pomba	Classe 2	INEA	792.439	7.614.281	Setembro/1980 a Novembro/2012
PM332	Rio Pomba	Classe 2	INEA	783.456	7.620.905	Julho/1984 a Novembro/2012
PN270	Rio Paraibuna	Classe 2	INEA	691.415	7.555.655	Maio/1980 a Maio/2012
PN273	Rio Paraibuna	Classe 2	INEA	677.874	7.564.889	Maio/1980 a Maio/2012
PQ113	Rio Paquequer	Classe 2	INEA	609.103	7.528.089	Agosto/1980 a Novembro/2012
PR091	Rio Preto	Classe 2	INEA	614.581	7.537.798	Agosto/1980 a Novembro/2012

A avaliação dos dados de fitoplâncton, com ênfase nas cianobactérias, foi realizada à parte em relação às análises e indicadores obtidos a partir dos demais parâmetros de qualidade da água. Para tanto, foram estudados os dados de 12 estações do INEA, distribuídas em afluentes do rio Paraíba do Sul, ou ao longo deste próprio, como se vê no **Quadro 6.11**.

Quadro 6.11 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado de Rio de Janeiro utilizadas no estudo: ambientes lóticos com monitoramento de fitoplâncton.

Estações	Curso de Água	Classificação	Entidade	Coordenadas UTM*		Período de Dados
				LESTE	NORTE	
PB002	Rio Piabanha	Classe 2	INEA	686.883	7.510.182	Dezembro/2007 a Março/2012
PB011	Rio Piabanha	Classe 2	INEA	691.371	7.551.995	Dezembro/2007 a Março/2012
PN270	Rio Paraibuna	Classe 2	INEA	691.415	7.555.655	Outubro/2011 a Outubro/2012
PN273	Rio Paraibuna	Classe 2	INEA	677.874	7.564.889	Outubro/2011 a Outubro/2012
PQ113	Rio Paquequer	Classe 2	INEA	609.103	7.528.089	Julho/2011 a Julho/2012
PR091	Rio Preto	Classe 2	INEA	614.581	7.537.798	Outubro/2002 a Julho/2012
PS430	Rio Paraíba do Sul	Classe 2	INEA	688.850	7.554.517	Março/2002 a Setembro/2012
PS432	Rio Paraíba do Sul	Classe 2	INEA	715.476	7.566.574	Maio/2002 a Setembro/2012
PS434	Rio Paraíba do Sul	Classe 2	INEA	801.647	7.601.582	Setembro/2002 a Outubro/2012
PS436	Rio Paraíba do Sul	Classe 2	INEA	190.689	7.605.192	Setembro/2002 a Outubro/2012
PS439	Rio Paraíba do Sul	Classe 2	INEA	215.749	7.604.085	Setembro/2002 a Outubro/2012
PS441	Rio Paraíba do Sul	Classe 2	INEA	258.809	7.600.973	Setembro/2002 a Outubro/2012

Na porção mineira do trabalho, foram pesquisadas e avaliadas as informações relativas a 4 reservatórios de usinas operadas pela CEMIG (**Quadro 6.12**), sendo estes os únicos ambientes lênticos com dados de monitoramento de fitoplâncton encontrados no estudo.

Quadro 6.12 Estações de monitoramento de qualidade da água no Estado de Minas Gerais: reservatórios da CEMIG com monitoramento de fitoplâncton.

Reservatório	Curso de Água	Classificação	Entidade	Coordenadas UTM*		Período de Dados
				LESTE	NORTE	
Joasal	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	674.627	7.587.881	Janeiro/2005 a Julho/2012
Marmelos	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	674.906	7.589.754	Janeiro/2005 a Fevereiro/2011
Paciência	Rio Paraibuna	Classe 2	IGAM	671.818	7.583.113	Janeiro/2005 a Julho/2012
Piau	Rio Piau / Pinho	Classe 2	IGAM	668.541	7.621.072	Janeiro/2002 a Agosto/2012

6.1.3.2 Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas

Ao contrário das águas superficiais cuja gestão se faz por bacias hidrográficas e existe uma base de dados centrada na ANA, as águas subterrâneas têm sua gestão legalmente associada aos estados da federação e a disponibilidade destes dados depende de procedimentos diversos para a sua liberação. Neste sentido existe um esforço da CPRM através do SIAGAS de criar uma base nacional única para armazenagem e difusão de dados de água subterrânea.

Entretanto, a maior parte dos dados disponibilizados está relacionada a variáveis de natureza quantitativa como o nível estático de água. Dados de qualidade de água subterrânea ainda são pouco divulgados.

No caso do monitoramento de qualidade de água na bacia do Rio Paraíba do Sul, o único estado a manter um programa sistemático para a região é São Paulo. A CETESB monitora 170 poços nos diversos aquíferos do estado (Guarani, Bauru, Serra Geral, São Paulo, Taubaté, Tubarão e Pré-Cambriano) sendo que 10 poços estão situados na porção paulista da bacia do rio Paraíba do Sul. Destes poços nove em aquíferos porosos (aquífero Taubaté) e um em aquífero fissural (Pré-Cambriano) cuja localização se encontra na **Figura 6.9** e dados complementares são encontrados no **Quadro 6.13**. A CETESB avalia 40 parâmetros físicos, químicos e biológicos.

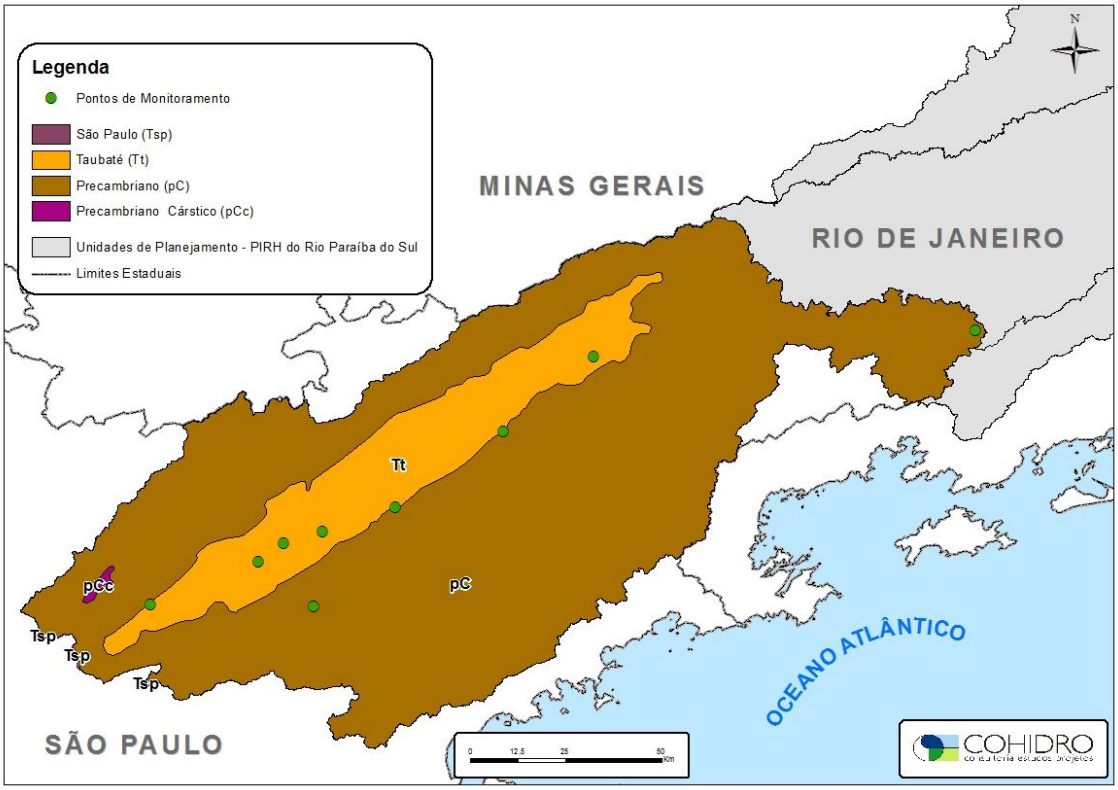


Figura 6.9 Pontos de monitoramento da bacia do rio Paraíba do Sul (Porção de São Paulo)

Quadro 6.13 Pontos de Monitoramento da Porção Paulista do Paraíba do Sul (CETESB, 2013)

FID	Município	Descrição	Aquífero	Nível Estático (m)	Profundidade da bomba (m)	UTM_N	UTM_E
03	Taubaté	P4 - Sabesp	Taubaté	6,5	-	7.421.000	386.400
07	São José dos Campos	P108A - Sabesp	Taubaté	72	161	7.430.160	408.820
08	São José dos Campos	P128 - Sabesp	Taubaté	60	227	7.436.250	414.830
04	Jambeiro	P4 – Sabesp	Cristalino	-	199	7.420.190	424.270
05	Caçapava	P21A – Sabesp	Taubaté	47	210	7.441.510	427.510
09	Taubaté	P1 – Sabesp	Taubaté	18	102	7.448.240	444.450
02	Roseira	P8 - Sabesp	Taubaté	9	73	7.467.033	468.065
01	Lorena	P21 - Sabesp	Taubaté	81	-	7.483.910	487.640
00	Bananal	P1 - Sabesp	Cristalino	5,5	-	7.493.484	581.403

6.1.4 Avaliação da adequabilidade das redes de monitoramento

6.1.4.1 Rede de Monitoramento Quantitativo

Conforme dito anteriormente, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, se comparada ao restante do país, é privilegiada no que diz respeito à sua rede hidrométrica por estar localizada na região mais rica e industrializada do país.

No entanto, embora haja séries históricas bastante extensas e em grande número, a qualidade e consistência dos dados pode melhorar, pois a maior parte das medições ainda é feita manualmente. É necessário ainda, ao longo do Plano, definir pontos de controle que necessitam fornecer dados em tempo real, através do uso de estações telemétricas.

Adicionalmente, estudo feito pelo Operador Nacional do Sistema tratou da reconstituição das séries naturais do rio Paraíba do Sul no local dos barramentos. Assim é possível identificar a vazão que ocorreria nestas seções antes das ações antrópicas – tais como regularizações de vazões, desvios de água, usos consuntivos, etc.

Um estudo de redimensionamento da rede pode contribuir na hierarquização dos pontos e no apontamento de outros necessários, se for o caso, e daqueles que podem vir a ser dispensáveis reduzindo custos de operação possibilitando redirecionar os recursos para melhorar aqueles definidos como prioritários.

Embora existam valores de referência como indicativo de densidade mínima de estações hidrométricas para uma determinada Bacia, o Plano de Bacias não pode se basear em valores de referência como balizador do número de estações para a Região em estudo.

O Programa de Monitoramento levará em conta não só a otimização da Rede, como também sua modernização e o levantamento de custos necessários à sua implementação, identificando locais onde será necessária a implantação de postos dotados de datalogger que permitam obter informações em curto espaço de tempo ou, ainda a instalação de sistemas de obtenção do dados em tempo real, via telemetria, como instrumento de tomada de decisão e apoio à gestão dos recursos hídricos.

Nesta ocasião, será levado em conta as recomendações da Agência Nacional de Águas – ANA quanto ao uso dos conceitos da Portaria nº 62, de 26 de março de 2013, na orientação para definição dos Pontos de Controle de Alocação de Água.

6.1.4.2 Rede de Monitoramento Qualitativo

6.1.4.2.1 Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais

A bacia do rio Paraíba do Sul foi mapeada em seus aspectos de qualidade das águas com base nos dados históricos obtidos do INEA, da CETESB, do IGAM.

Há apenas uma década, os Órgãos Gestores estaduais e a ANA têm solicitado, no momento do Licenciamento Ambiental, a instalação de postos de monitoramento a fim de realizar a coleta de dados nos reservatórios, o que ocorre progressivamente para os empreendimentos no rio Paraíba do Sul (instalações da década de 70). Porém, ainda não existe uma integração destes dados, dificultando uma visão sistêmica.

Ademais, pode-se perceber que a quantidade de postos de monitoramento existente nos afluentes da bacia não é suficiente para a compreensão da qualidade da água nestes corpos hídricos, principalmente no que consiste aos reservatórios formados quando do represamento para fins de geração elétrica.

Um estudo de redimensionamento da rede e parâmetros de qualidade pode contribuir na hierarquização dos pontos e parâmetros e no apontamento de outros necessários, se for o caso, e daqueles que podem vir a ser dispensáveis reduzindo custos de operação possibilitando redirecionar os recursos para melhorar aqueles definidos como prioritários.

Ressalta-se que a Agência Nacional de Águas – ANA, em conjunto com os órgãos gestores de recursos hídricos dos Estados do Rio de Janeiro (INEA), de Minas Gerais (IGAM) e de São Paulo (CETESB), elaborou o Projeto da Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Superficiais – RNQA, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas – PNQA, para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Os estudos desenvolvidos neste projeto definiram a futura rede de Monitoramento de Qualidade da Água para a bacia do Rio Paraíba do Sul. Este projeto servirá como base de apoio na elaboração do Plano e Programa de Monitoramento de Recursos Hídricos, a ser desenvolvido na etapa de Proposições, deste PIRH.

6.1.4.2.2 Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Subterrâneas

Segundo dados da própria ANA, as redes estaduais no país analisam de 3 a 50 parâmetros dependendo do Estado da federação. No momento existe uma proposta de projeto coordenado pela CPRM para se estabelecer uma Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas. Entretanto, nesta primeira fase serão considerados apenas os grandes aquíferos do país o que inclui apenas alguns pontos do Grupo Barreiras que se encontra no Baixo Paraíba do Sul (Mourão & Peixinho, 2012).

No caso da porção do Paraíba do Sul em território mineiro não foram identificados pontos de monitoramento de qualidade da água subterrânea. Deve-se ressaltar que, geologicamente, esta região é formada por rochas cristalinas e o aquífero presente é do tipo fissural. Possivelmente isto explica o fato que, embora se trate de uma região industrializada, o número de outorgas é insignificante (em torno de 1%) quando se compara com outros aquíferos do estado como aqueles relacionados às bacias do São Francisco, Paranaíba e Doce (Ramos e Martins, 2012).

No caso do estado do Rio de Janeiro, não estão disponibilizados dados de monitoramento de água subterrânea que possam ser considerados como uma rede estadual. Estão disponíveis pontos específicos relacionados a projetos isolados ou estudos de caso. Um estudo mais abrangente sobre a qualidade das águas subterrâneas foi realizado por Nascimento (2012), ressaltando que a melhor oferta de água do estado é o aquífero de Campos e que o principal aquífero fraturado é aquele inserido na bacia do Paraíba do Sul.

Em termos de conclusão se pode constatar a dificuldade de obtenção de dados de qualidade de água subterrânea e de informações acerca da rede estadual de monitoramento dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Nestes dois estados o conhecimento sobre aquíferos é disperso e há a necessidade de esforços institucionais para disponibilizar as informações no sentido de buscar conhecer melhor a qualidade das águas subterrâneas em diferentes porções da bacia do Paraíba do Sul e possibilitando a sua integração com os dados de águas superficiais.

6.2 ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS SELECIONADAS PARA AVALIAÇÃO DAS SÉRIES DEVAZÕES MÉDIAS MENSAIS

Após análise de consistência das séries de vazões das estações selecionadas, com avaliação da extensão das séries, dos hidrogramas, curvas de permanência e curvas chaves, algumas estações foram descartadas ou apenas utilizadas para complementação de outras séries através de estudos de regressão. A **Figura 6.10** e a **Figura 6.11**apresentam as estações fluviométricas selecionadas para fornecer dados das séries de vazões médias mensais do Rio Paraíba do Sul e das sub-bacias afluentes, respectivamente.

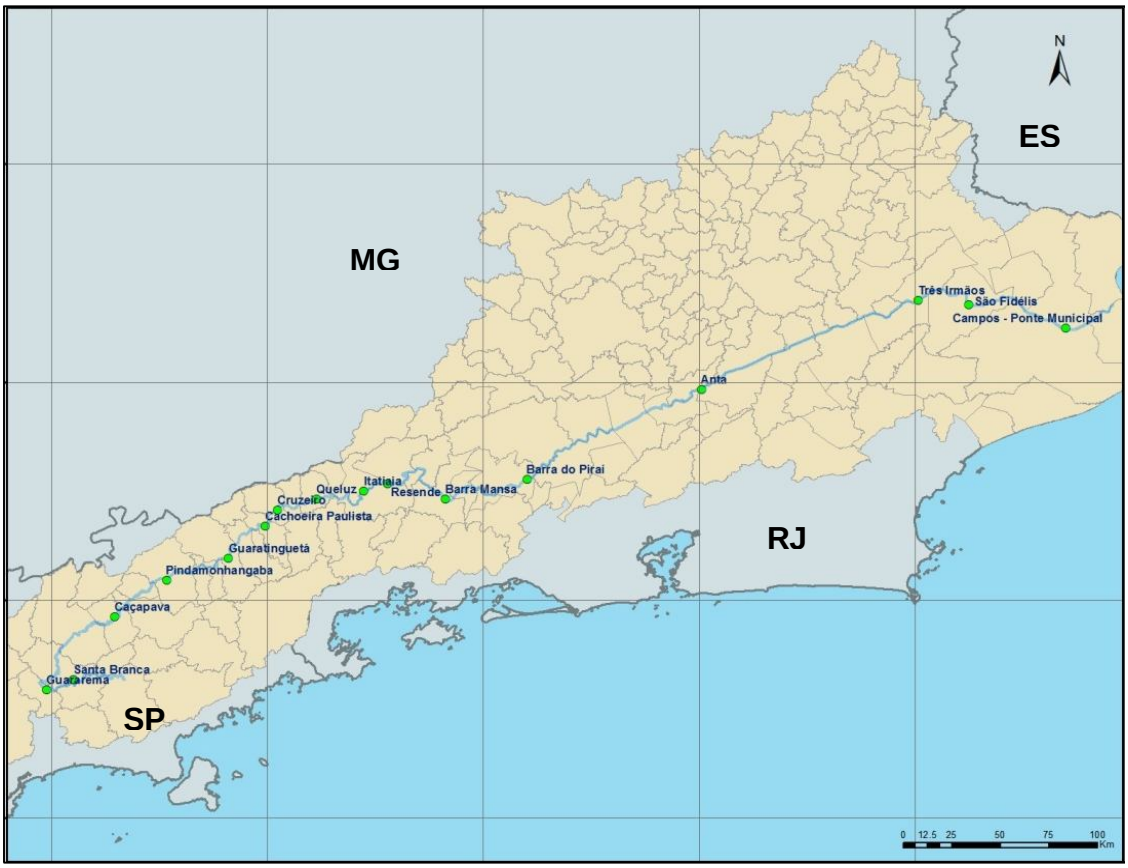


Figura 6.10 Estações Fluviométricas Selecionadas –Rio Paraíba do Sul

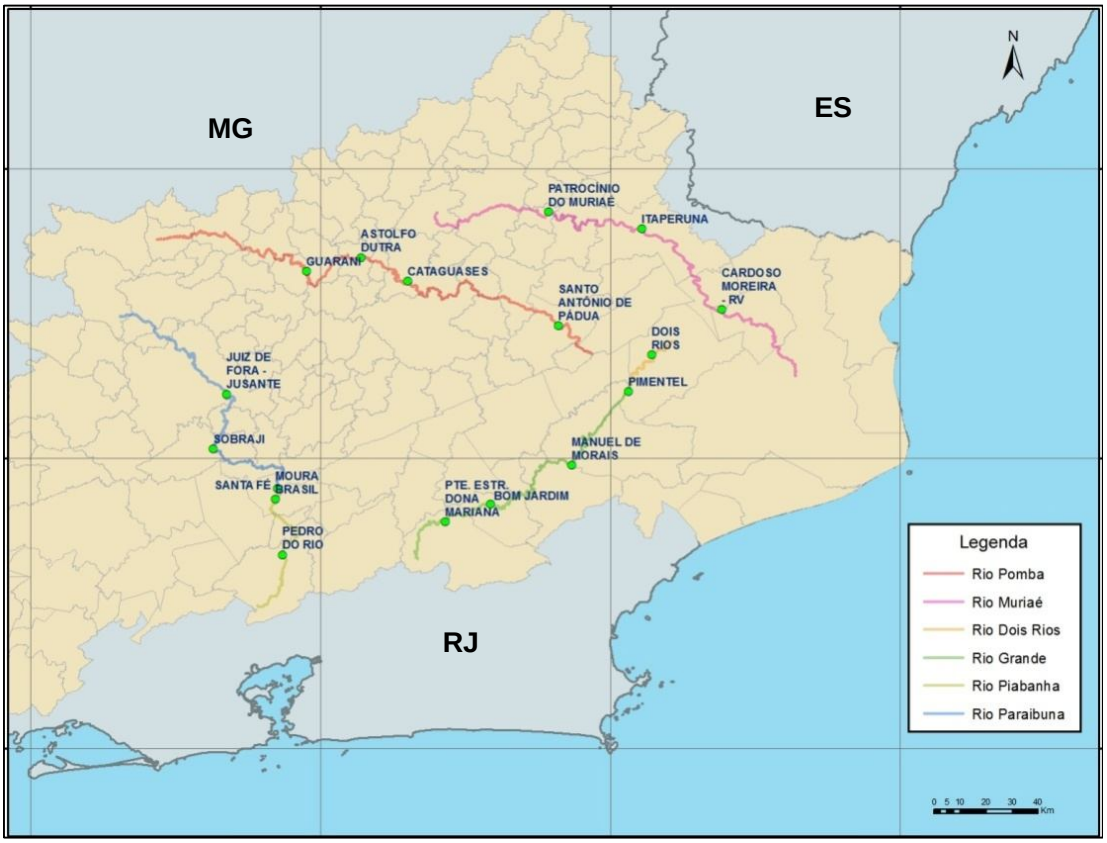


Figura 6.11 Estações Fluviométricas Selecionadas – Sub-Bacias Afluentes

As falhas existentes nos registros de observação e a homogeneização e extensão das séries para o período comum de 1932 a 2010 foram feitas através de estudos de regressão entre vazões de séries da mesma bacia. Desta forma, foram obtidas as séries de vazões médias mensais observadas, para as estações selecionadas do curso principal e das sub-bacias afluentes. Também foram obtidas as séries de vazões médias mensais naturais de 1931 a 2010, reconstituídas pelo ONS.

A determinação das disponibilidades hídricas foi realizada a partir dos estudos de regionalização de vazões, desenvolvidos pela CPRM e está apresentada no sub-item 6.7 Balanço Hídrico, deste relatório.

DISPONIBILIDADE DE SÉRIES HISTÓRICAS PARA A BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

O **Quadro 6.14** apresenta a Disponibilidade de Dados Fluviométricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul A **Figura 6.12** e a **Figura 6.13** apresentam, respectivamente, a localização dos Postos Pluviométricos e Fluviométricos na bacia do Rio Paraíba do Sul. Como pode ser observado, grande parte das estações encontra-se nos afluentes, e não ao longo do Rio Paraíba do Sul. Essa densa rede hidrométrica é operada por órgãos públicos e privados, como: ANA, ONS, CPRM, LIGHT, FURNAS e FCTH/DAEE-SP.

Neste Diagnóstico foi considerado o levantamento dos dados fluviométricos e as estações cujos dados serão efetivamente utilizados na avaliação hidrológica da bacia do Rio Paraíba do Sul. Para esta pré-seleção foram considerados fatores como localização e extensão da série.

As informações foram obtidas através do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) e do documento do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) “ATUALIZAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES – PERÍODO 1931 A 2010” de Novembro de 2011. As estações selecionadas são apresentadas no **Quadro 6.15**.

Quadro 6.14 Disponibilidade de Dados Fluviométricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul (Parte 1)

Código	Estações	Rio	Período de Dados (Vazão Líquida) (m³/s)	Área de Drenagem (km²)	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967
58099000	Santa Branca	Paraíba do Sul	Jun/52 - Jul/13	4940																																															
58105000	Guararema	Paraíba do Sul	Jan/31 - Mar/80	5210																																															
58105300	Guararema	Paraíba do Sul	Jan/28 - Dez/83	5210																																															
58139000	São José dos Campos	Paraíba do Sul	Jan/39 - Set/06	7470																																														
58183000	Pindamonhangaba	Paraíba do Sul	Jan/39 - Set/06	9600																																														
58218000	Cachoeira Paulista	Paraíba do Sul	Jul/35 - Dez/12	11500																																														
58235100	Queluz	Paraíba do Sul	Out/34 - Jul/13	12800																																														
58242000	Itatiaia	Paraíba do Sul	Ago/56 - Dez/12	13400																																														
58250000	Resende	Paraíba do Sul	Jan/30 - Dez/12	14000																																														
58300001	Barra Mansa	Paraíba do Sul	Jun/52 - Abr/96	15800																																														
58305001	Volta Redonda	Paraíba do Sul	Nov/40 - Jul/13	16000																																														
58321000	Barra do Piraí	Paraíba do Sul	Jan/22 - Dez/95	19800																																														
58380001	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Nov/72 - Jul/13	21400																																														
58440000	Moura Brasil	Piabanha	Jul/33 - Abr/13	2040																																														
58470000	Chapéu D'Uvas	Paraibuna	Set/49 - Jul/13	360																																														
58480500	Juiz de Fora - Jusante	Paraibuna	Set/75 - Jul/13	969																																														
58520000	Sobraji	Paraibuna	Jun/52 - Jul/13	3640																																														
58620000	Sta. Fé (Faz. Piracema)	Paraibuna	Jan/52 - Jun/04	8560																																														
58630002	Anta	Paraíba do Sul	Jan/30 - Jul/13	32700																																														
58710000	Usina Itueré	Pomba	Jan/82 - Jun/13	784																																														
58735000	Astolfo Dutra	Pomba	Dez/31 - Jul/13	2350																																														
58770000	Cataguases	Pomba	Jun/34 - Jul/13	5880																																														
58790002	Santo Antônio de Pádua II	Pomba	Fev/01 - Jul/13	8210																																														
58795000	Três Irmãos	Paraíba do Sul	Jan/79 - Jul/13	45300																																														
58880001	São Fidélis	Paraíba do Sul	Jan/74 - Mai/13	48900																																														
58917000	Jussara	Glória	Mar/79 - Out/13	744																																														
58920000	Patrocínio do Muriaé	Muriaé	Mai/43 - Jul/13	2660																																														
58940000	Itaperuna	Muriaé	Jan/34 - Jun/13	5800																																														
58960000	Cardoso Moreira - RV	Muriaé	Nov/54 - Jun/13	7210																																														
58974000	Campos - Ponte Municipal	Paraíba do Sul	Jan/34 - Jul/13	55700																																														

Quadro 6.14 Disponibilidade de Dados Fluviométricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul (Parte 2)

Código	Estações	Rio	Período de Dados (Vazão Líquida) (m³/s)	Área de Drenagem (km²)	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
58099000	Santa Branca	Paraíba do Sul	Jun/52 - Jul/13	4940																																														
58105000	Guararema	Paraíba do Sul	Jan/31 - Mar/80	5210																																														
58105300	Guararema	Paraíba do Sul	Jan/28 - Dez/83	5210																																														
58139000	São José dos Campos	Paraíba do Sul	Jan/39 - Set/06	7470																																														
58183000	Pindamonhangaba	Paraíba do Sul	Jan/39 - Set/06	9600																																														
58218000	Cachoeira Paulista	Paraíba do Sul	Jul/35 - Dez/12	11500																																														
58235100	Queluz	Paraíba do Sul	Out/34 - Jul/13	12800																																														
58242000	Itatiaia	Paraíba do Sul	Ago/56 - Dez/12	13400																																														
58250000	Resende	Paraíba do Sul	Jan/30 - Dez/12	14000																																														
58300001	Barra Mansa	Paraíba do Sul	Jun/52 - Abr/96	15800																																														
58305001	Volta Redonda	Paraíba do Sul	Nov/40 - Jul/13	16000																																														
58321000	Barra do Piraí	Paraíba do Sul	Jan/22 - Dez/95	19800																																														
58380001	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	Nov/72 - Jul/13	21400																																														
58440000	Moura Brasil	Piabanha	Jul/33 - Abr/13	2040																																														
58470000	Chapéu D'Uvas	Paraibuna	Set/49 - Jul/13	360																																														
58480500	Juiz de Fora - Jusante	Paraibuna	Set/75 - Jul/13	969																																														
58520000	Sobraji	Paraibuna	Jun/52 - Jul/13	3640																																														
58620000	Sta. Fé (Faz. Piracema)	Paraibuna	Jan/52 - Jun/04	8560																																														
58630002	Anta	Paraíba do Sul	Jan/30 - Jul/13	32700																																														
58710000	Usina Itueré	Pomba	Jan/82 - Jun/13	784																																														
58735000	Astolfo Dutra	Pomba	Dez/31 - Jul/13	2350																																														
58770000	Cataguases	Pomba	Jun/34 - Jul/13	5880																																														
58790002	Santo Antônio de Pádua II	Pomba	Fev/01 - Jul/13	8210																																														
58795000	Três Irmãos	Paraíba do Sul	Jan/79 - Jul/13	45300																																														
58880001	São Fidélis	Paraíba do Sul	Jan/74 - Mai/13	48900																																														
58917000	Jussara	Glória	Mar/79 - Out/13	744																																														
58920000	Patrocínio do Muriaé	Muriaé	Mai/43 - Jul/13	2660																																														
58940000	Itaperuna	Muriaé	Jan/34 - Jun/13	5800																																														
58960000	Cardoso Moreira - RV	Muriaé	Nov/54 - Jun/13	7210																																														
58974000	Campos - Ponte Municipal	Paraíba do Sul	Jan/34 - Jul/13	55700																																														

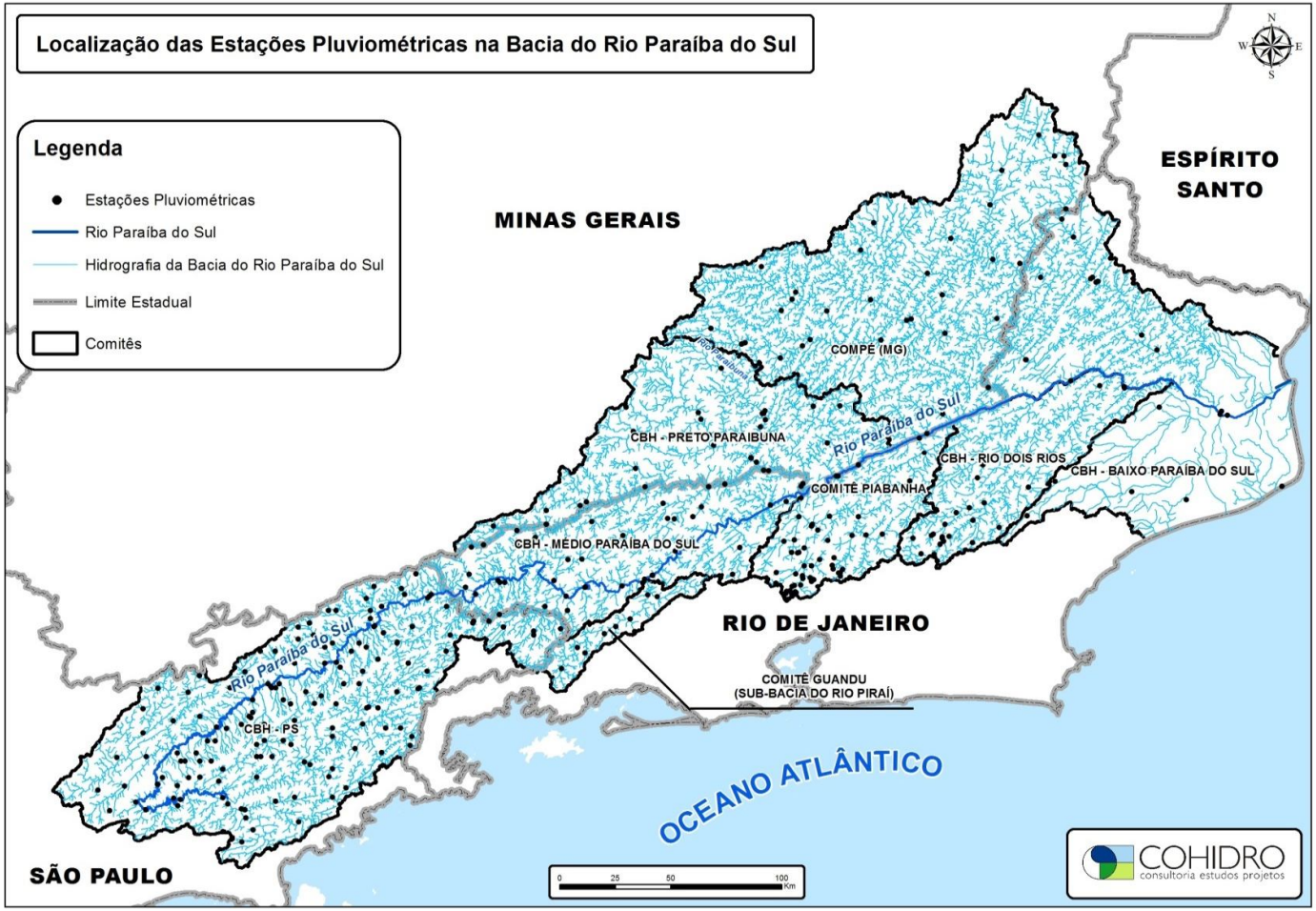


Figura 6.12 Localização das Estações Pluviométricas na Bacia do Rio Paraíba do Sul



Figura 6.13 Localização das Estações Fluviométricas na Bacia do Rio Paraíba do Sul

Quadro 6.15 Estações Fluviométricas Selecionadas

Código	Nome	Início	Fim	Área de Drenagem (km²)	OBSERVAÇÂO
58099000	Santa Branca	jul-52	mar-11	4.935	Jusante da UHE Santa Branca
58105000	Guararema	jan-32	fev-80	5.201	Município de Guararema
58110000	Jacareí	mar-31	jul-72	5.690	Município de Jacareí
58126000	Igarata 1 (RioJaguari)	dez-35	mai-69	692	Reservatório da UHE Jaguari
58152000	Caçapava	ago-33	abr-75	8.342	Município de Caçapava
58158000	Tremembé	jul-34	dez-71	9.080	Município de Tremembé
58183000	Pindamonhangaba	jan-39	set-06	9.576	Município de Pindamonhangaba
58204000	Guaratinguetá	jan-39	dez-08	10.810	Município de Guaratinguetá
58218000	Cachoeira Paulista	jul-35	dez-09	11.481	Município de Cachoeira Paulista
58230000	Cruzeiro 1	jan-34	fev-80	12.155	Município de Cruzeiro
58230200	Cruzeiro 2	set-70	out-95	12.075	Município de Cruzeiro
58235000	Queluz 1	nov-34	dez-10	12.749	Município de Queluz
58235100	Queluz 2	nov-34	mar-11	12.749	Município de Queluz
58242000	Itatiaia	set-56	dez-10	13.494	Jusante UHE Funil
58250000	Resende	jan-30	dez-08	13.882	Município de Resende
58300000	Barra Mansa 1	mai-40	dez-08	15.742	Município de Barra Mansa
58300001	Barra Mansa 2	jul-52	mar-96	15.660	Município de Barra Mansa
58305001	Volta Redonda	nov-40	mar-11	15.980	Município de Volta Redonda
58321000	Barra do Piraí	jan-22	nov-95	17.639	Jusante da UEL Santa Cecília
58380001	Paraíba do Sul	nov-72	mar-11	19.300	Município de Paraíba do Sul
58630002	Anta	out-30	mar-11	30.579	Jusante da PCH Anta
58795000	Três Irmãos	jan-79	jan-11	43.118	Jusante do município de Itaocara
58880001	São Fidélis	jan-74	jan-11	46.731	Distrito de São Fidélis
58974000	Campos - Ponte Municipal	jan-34	mar-11	55.500	Município de Campos dos Goytacazes

Quadro 6.16 Períodos das Séries Históricas de Vazões - Operador Nacional do Sistema Elétrico ONS

Nome	Início	Fim
UHE Jaguari	jan-31	dez-10
UHE Paraibuna	jan-31	dez-10
UHE Santa Branca	jan-31	dez-10
UHE Funil	jan-31	dez-10
UEL Santa Cecília	jan-31	dez-10
UEL Santa Cecília - Bombeamento	jan-31	dez-10
UHE Simplício - Artificial	jan-31	dez-10
PCH Anta	jan-31	dez-10
UHE Ilha dos Pombos	jan-31	dez-10
UHE Ilha dos Pombos - Artificial	jan-31	dez-10
UHE Nilo Peçanha	jan-31	dez-10
Lajes - Artificial	jan-31	dez-10
AHE Itaocara	jan-31	dez-10
UHE Tocos	jan-31	dez-10

Nome	Início	Fim
UHE Tocos - Vertimento	jan-31	dez-10
UHE Santana	jan-31	dez-10
UHE Santana - Vertimento	jan-31	dez-10
UHE Santana - Artificial	jan-31	dez-10
UHE Pereira Passos - Artificial	jan-31	dez-10
UEL Vigário - Artificial	jan-31	dez-10

Quadro 6.17 Estações Fluviométricas Selecionadas – Sub-Bacias

Código	Nome	Coordenadas UTM		
		LESTE	NORTE	FUSO
58400000	PETRÓPOLIS	685.651	7.507.582	23
58405000	PEDRO DO RIO	692.178	7.529.159	23
58409000	AREAL-RN	695.692	7.540.006	23
58440000	MOURA BRASIL	689.974	7.550.289	23
58442000	FAZENDA BARREIRA	689.860	7.550.321	23
58470000	CHAPÉU D'UVAS	654.690	7.611.299	23
58480000	JUIZ DE FORA	672.295	7.592.634	23
58480500	JUIZ DE FORA - JUSANTE	673.107	7.590.719	23
58519000	COTEJIPE	670.386	7.575.430	23
58520000	SOBRAJI	668.003	7.569.949	23
58620000	SANTA FÉde	690.743	7.554.587	23
58710000	USINA ITUERÉ	686.754	7.642.980	23
58730000	GUARANI RV	702.131	7.634.737	23
58730001	GUARANI	702.133	7.637.198	23
58735000	ASTOLFO DUTRA	721.743	7.642.327	23
58770000	CATAGUASES	738.213	7.632.957	23
58788050	VALE DO POMBA	755.355	7.627.127	23
58790000	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	791.994	7.615.151	23
58790002	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA II	791.994	7.615.151	23
58825000	PTE, ESTR, DONA MARIANA	750.362	7.540.794	23
58827000	BOM JARDIM	766.435	7.547.580	23
58846000	MANUEL DE MORAIS	795.780	7.561.672	23
58850000	PIMENTEL	196.078	7.589.683	24
58874000	DOIS RIOS	204.069	7.603.871	24
58915000	MURIAÉ	772.288	7.659.567	23
58920000	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	789.137	7.658.818	23
58940000	ITAPERUNA	199.581	7.652.056	24
58960000	CARDOSO MOREIRA - RV	227.683	7.621.585	24

6.3 ESTUDO DE CHEIAS

Na seleção das máximas anuais foi considerado o ano hidrológico, que para a região é considerado entre os meses de outubro e setembro. No caso de eventuais falhas, quando ocorridas no período chuvoso que se estende de novembro a março, o ano correspondente não foi considerado.

A amostra de máximos anuais foi ajustada às distribuições de Gumbel e Exponencial de dois parâmetros, amplamente empregadas em estudos de cheias, e os ajustes foram avaliados pelo teste de Kolmogorov – Smirnov com nível de significância de 5%.

Para a determinação das vazões instantâneas foi empregada a fórmula de Füller, amplamente utilizada pelo setor Elétrico na estimativa de cheias em projetos de barragens, por recomendação da Eletrobrás.

Com o intuito de se avaliar os efeitos do amortecimento das cheias pela implantação de reservatórios de regularização na bacia do Rio Paraíba do Sul, para as estações situadas na calha do Rio Paraíba do Sul foram também determinadas as vazões extremas para o período em condições naturais, até 1969 ou 1970, quando entraram em operação os reservatórios de Funil e Paraibuna/Paraitinga, respectivamente. A seguir são apresentadas as vazões de cheias para os diversos tempos de retorno calculadas para as estações do curso principal e das sub-bacias afluentes.

Estações do Rio Paraíba do Sul:

Quadro 6.18 Vazões Extremas em Santa Branca (1952 – 2000)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	304,80
10	358,23
25	425,74
50	475,82
100	525,54
500	640,41
1.000	689,80
10.000	853,78

Quadro 6.19 Vazões Extremas em Santa Branca (1952 – 1970)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	379,90
10	443,19
25	523,15
50	582,47
100	641,35
500	777,43
1.000	835,92
10.000	1.030,15

Quadro 6.20 Vazões Extremas em Guararema (1932 – 1978)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	468,77
10	564,10
25	684,54
50	773,90
100	862,59
500	1.067,55
1.000	1.155,66
10.000	1.448,22

Quadro 6.21 Vazões Extremas em Guararema (1932 – 1970)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	498,56
10	590,86
25	707,50
50	794,02
100	879,91
500	1.078,37
1.000	1.163,70
10.000	1.446,99

Quadro 6.22 Vazões Extremas em Caçapava (1933 – 1974)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	504,73
10	575,39
25	664,68
50	730,91
100	796,66
500	948,59
1.000	1.013,90
10.000	1.230,76

Quadro 6.23 Vazões Extremas em Caçapava (1933 – 1970)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	516,03
10	581,19
25	663,52
50	724,59
100	785,22
500	925,32
1.000	985,55
10.000	1.185,52

Quadro 6.24 Vazões Extremas em Pindamonhangaba (1939 – 2005)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	567,69
10	657,31
25	770,55
50	854,55
100	937,94
500	1.130,63
1.000	1.213,47
10.000	1.488,52

Quadro 6.25 Vazões Extremas em Pindamonhangaba (1939 – 1970)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	595,05
10	686,06
25	801,06
50	886,36
100	971,04
500	1.166,72
1.000	1.250,85
10.000	1.530,16

Quadro 6.26 Vazões Extremas em Guaratinguetá (1939 – 2008)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	628,51
10	732,40
25	863,68
50	961,07
100	1.057,74
500	1.281,13
1.000	1.377,16
10.000	1.696,02

Quadro 6.27 Vazões Extremas em Guaratinguetá (1939 – 1970)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	707,42
10	822,07
25	966,93
50	1.074,40
100	1.181,07
500	1.427,57
1.000	1.533,54
10.000	1.885,40

Quadro 6.28 Vazões Extremas em Cachoeira Paulista (1935 – 2009)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	697,46
10	804,04
25	938,70
50	1.038,60
100	1.137,76
500	1.366,91
1.000	1.465,42
10.000	1.792,50

Quadro 6.29 Vazões Extremas em Cachoeira Paulista (1935 – 1970)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	751,23
10	865,91
25	1.010,81
50	1.118,31
100	1.225,01
500	1.471,59
1.000	1.577,60
10.000	1.929,55

Quadro 6.30 Vazões Extremas em Cruzeiro (1934 – 1980)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	793,75
10	910,28
25	1.057,52
50	1.166,75
100	1.275,18
500	1.525,72
1.000	1.633,44
10.000	1.991,07

Quadro 6.31 Vazões Extremas em Cruzeiro (1934 – 1970)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	824,87
10	940,22
25	1.085,95
50	1.198,07
100	1.301,39
500	1.549,39
1.000	1.656,01
10.000	2.010,00

Quadro 6.32 Vazões Extremas em Queluz (1934 – 2010)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	885,54
10	1.018,44
25	1.186,36
50	1.310,93
100	1.434,58
500	1.720,33
1.000	1.843,17
10.000	2.251,03

Quadro 6.33 Vazões Extremas em Queluz (1934 – 1970)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	884,91
10	1.009,40
25	1.166,69
50	1.283,38
100	1.399,21
500	1.666,87
1.000	1.781,94
10.000	2.163,99

Quadro 6.34 Vazões Extremas em Itatiaia (1956 – 2010)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	798,75
10	916,41
25	1.065,07
50	1.175,36
100	1.284,84
500	1.537,82
1.000	1.646,58
10.000	2.007,68

Quadro 6.35 Vazões Extremas em Itatiaia (1956 – 1964)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	907,04
10	972,75
25	1.055,78
50	1.117,37
100	1.178,51
500	1.319,79
1.000	1.380,53
10.000	1.582,20

Quadro 6.36 Vazões Extremas em Resende (1930 – 2008)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	1.070,72
10	1.268,27
25	1.517,87
50	1.703,04
100	1.886,84
500	2.311,58
1.000	2.494,19
10.000	3.100,46

Quadro 6.37 Vazões Extremas em Resende (1930 – 1968)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	1.228,51
10	1.423,94
25	1.670,87
50	1.854,05
100	2.035,89
500	2.456,07
1.000	2.636,72
10.000	3.236,49

Quadro 6.38 Vazões Extremas em Barra Mansa (1940 – 2008)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	1.122,58
10	1.283,85
25	1.487,62
50	1.638,79
100	1.788,84
500	2.135,59
1.000	2.284,66
10.000	2.779,60

Quadro 6.39 Vazões Extremas em Barra Mansa (1940 – 1969)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	1.186,61
10	1.356,09
25	1.570,22
50	1.729,08
100	1.886,76
500	2.251,15
1.000	2.407,80
10.000	2.927,92

Quadro 6.40 Vazões Extremas em Anta (1930 – 2009)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	2.861,90
10	3.388,63
25	4.054,16
50	4.547,89
100	5.037,97
500	6.170,48
1.000	6.657,36
10.000	8.273,88

Quadro 6.41 Vazões Extremas em Anta (1930 – 1969)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	3.278,89
10	3.863,13
25	4.601,33
50	5.148,96
100	5.692,55
500	6.948,71
1.000	7.488,74
10.000	9.281,77

Quadro 6.42 Vazões Extremas em Três Irmãos (1979 – 2009)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	3.684,23
10	4.287,55
25	5.049,86
50	5.615,37
100	6.176,72
500	7.473,89
1.000	8.031,57
10.000	9.883,15

Quadro 6.43 Vazões Extremas em São Fidélis (1974 – 2009)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	3.955,29
10	4.584,37
25	5.379,20
50	5.968,86
100	6.554,16
500	7.906,70
1.000	8.488,17
10.000	10.418,78

Quadro 6.44 Vazões Extremas em Campos – Ponte Municipal (1934 – 2009)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	4.860,93
10	5.661,05
25	6.672,00
50	7.421,98
100	8.166,42
500	9.886,72
1.000	10.626,29
10.000	13.081,83

Quadro 6.45 Vazões Extremas em Campos – Ponte Municipal (1934 – 1969)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	5.345,41
10	6.193,61
25	7.265,32
50	8.060,37
100	8.849,55
500	10.673,23
1.000	11.457,25
10.000	14.060,35

Quadro 6.46 Vazões Extremas em Igarataá I (1936 – 1968)

Tempo de Retorno (anos)	Vazão Instantânea (m³/s)
5	142,99
10	166,51
25	196,22
50	218,26
100	240,14
500	290,70
1.000	312,43
10.000	384,60

Quadro 6.47 Vazões de Cheia – Rio Paraibuna

	JUÍZ DE FORA – JUSANTE 58480500 (AD=969km²)	SOBRAJI 58520000 (AD=3.640km²)	SANTA FÉ 58620000 (AD=8.560km²)
5	222	491	1.148
10	261	575	1.340
25	311	679	1.583
50	347	757	1.763
100	384	835	1.941
500	467	1.013	2.354
1.000	504	1.090	2.532
10.000	623	1.345	3.121

Quadro 6.48 Vazões de Cheia – Rio Piabanha

	PEDRO DO RIO 58405000 (AD=435km²)	MOURA BRASIL 58440000 (AD=2.040km²)
5	188	645
10	219	783
25	258	957
50	288	1.087
100	317	1.215
500	384	1.511
1.000	413	1.639
10.000	509	2.062

Quadro 6.49 Vazões de Cheia – Rio Pomba

	ASTOLFO DUTRA 58735000 (AD=2.350km²)	CATAGUASES 58770000 (AD=5.880km²)	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA 58790000 (AD=8.210km²)
5	352	878	1.344
10	413	1.034	1.599
25	490	1.231	1.921
50	547	1.377	2.160
100	603	1.522	2.397
500	734	1.857	2.946
1.000	790	2.001	3.181
10.000	977	2.479	3.964

Quadro 6.50 Vazões de Cheia – Rio Dois Rios

	PTE. ESTR. DONA MARIANA 58825000 (AD=234km²)	BOM JARDIM 58827000 (AD=553km²)	MANUEL DE MORAIS 58846000 (AD=1.370km²)	PIMENTEL 58850000 (AD=1.810km²)	DOIS RIOS 58874000 (AD=3.120km²)
5	141	184	287	403	442
10	184	220	343	493	524
25	242	266	415	606	628
50	285	299	468	689	706
100	328	333	520	773	782
500	429	410	642	965	959
1.000	472	443	694	1.047	1.035
10.000	616	554	868	1.322	1.288

Quadro 6.51 Vazões de Cheia – Rio Muriaé

	PATROCÍNIO DO MURIAÉ 58920000 (AD=2.660km²)	ITAPERUNA 58940000 (AD=5.800km²)	CARDOSO MOREIRA – RV 58960000 (AD=7.210km²)
5	469	839	770
10	579	1.043	879
25	723	1.313	1.016
50	832	1.517	1.118
100	942	1.721	1.219
500	1.195	2.194	1.452
1.000	1.305	2.398	1.553
10.000	1.668	3.076	1.886

6.3.1 Estudo de Regionalização de Cheias

A análise regional de frequência utiliza um grande conjunto de dados espacialmente disseminados de certa variável, como por exemplo, vazões e precipitações, observados em pontos distintos de uma região considerada homogênea, do ponto de vista estatístico ou dos processos físicos em foco, para estimar os quantis associados a diferentes probabilidades de excedência, para um certo local dentro dessa região.No presente estudo foi utilizado o Método de Regionalização Index-Flood, ou “Cheia-Índice”.

A hipótese básica do método index-floodé a de que os postos formam uma região homogênea, ou seja, as distribuições de frequências nos N pontos são idênticas, a menos de um fator de escala local denominado index-flood ou fator de adimensionalização.

6.3.1.1 Definição das Regiões Homogêneas e das Curvas de Frequência Regionais

TRECHO DO RIO PARAÍBA DO SUL

A definição das regiões homogêneas foi feita com base na distinção entre estatísticas locais e características locais. O método de estatística local adotado foi o de verificação da similaridade da tendência das curvas de frequência individuais. Desse modo, um grupo de curvas com a mesma tendência, dentro de uma região com características locais semelhantes, forma uma região homogênea.

As características locais consideradas nesta avaliação foram a área de drenagem e a precipitação total anual em cada estação. A precipitação total anual foi obtida a partir do Mapa de Isoietas Totais Anuais entre 1968-1995 nas bacias do Rio Paraíba do Sul, Itabapoana e Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, confeccionado pela CPRM.

Quadro 6.52 Características Locais

Estação		Área de Drenagem (km²)	Precipitação Total Anual (mm)
Nome	Código ANA		
Santa Branca	58099000	5.031	1.290
Igarata I	58126000	692	1.400
Guararema	58105000	5.201	1.300
Caçapava	58152000	8.342	1.330
Pindamonhangaba	58183000	9.576	1.280
Guaratinguetá	58204000	10.810	1.320
Cachoeira Paulista	58218000	11.481	1.390
Cruzeiro	58230000	12.155	1.470
Queluz	58235000	12.749	1.460
Itatiaia	58242000	13.494	1.460
Resende	58250000	13.882	1.490
Barra Mansa	58300000	15.742	1.300
Anta	58630002	30.579	1.290
Três Irmãos	58795000	43.118	1.100
São Fidélis	58880001	46.731	1.000
Campos - Ponte Municipal	58974000	55.500	980

Adicionalmente foram comparados os valores dos coeficientes de variação das séries. Os resultados são apresentados a seguir.

Quadro 6.53 Coeficientes de Variação

Estação		Média (m³/s)	Desvio Padrão (m³/s)	Coeficiente de Variação (CV)
Nome	Código ANA			
Santa Branca	58099000	198,01	75,60	0,38
Igarata I	58126000	83,02	29,24	0,35
Guararema	58105000	291,92	135,24	0,46
Caçapava	58152000	354,93	102,55	0,29
Pindamonhangaba	58183000	390,98	130,86	0,33
Guaratinguetá	58204000	430,19	152,50	0,35
Cachoeira Paulista	58218000	488,00	158,19	0,32
Cruzeiro	58230000	561,54	171,88	0,31
Queluz	58235000	624,62	196,40	0,31
Itatiaia	58242000	567,05	174,28	0,31
Resende	58250000	718,47	292,94	0,41
Barra Mansa	58300000	806,15	240,32	0,30
Anta	58630002	1.976,82	803,46	0,41
Três Irmãos	58795000	2.654,79	930,04	0,35
São Fidélis	58880001	2.877,51	972,00	0,34
Campos - Ponte Municipal	58974000	3.523,26	1.242,26	0,35

Analisando as estatísticas e características locais foram definidas as seguintes regiões homogêneas:

Região 1: Santa Branca, Igaratá I e Guararema;

Região 2: Caçapava, Pindamonhangaba, Guaratinguetá, Cachoeira Paulista, Cruzeiro, Queluz, Itatiaia, Resende e Barra Mansa;

Região 3: Anta, Três Irmãos, São Fidélis e Campos – Ponte Municipal.

Após a definição das curvas empíricas de frequência individuais e regionais, faz-se uma parametrização das curvas regionais, a partir das médias dos parâmetros da distribuição adotada (Gumbel) para as estações e das curvas regionais. Estima-se o quantil adimensional associado a um período de retorno, a partir da curva adimensional regional. Em seguida, estima-se o fator de adimensionalização por meio da equação de regressão e calcula-se o evento para o tempo de retorno desejado. Tem-se, portanto, as seguintes equações:

Região 1:

$$Q_{max}(T) = (2{,}505 \times A^{0{,}5346}) \times \left(0{,}796 - 0{,}353\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right)$$

Região 2:

$$Q_{max}(T) = (0{,}0005 \times A^{1{,}4613}) \times \left(0{,}851 - 0{,}258\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right)$$

Região 3:

$$Q_{max}(T) = (0{,}1035 \times A^{0{,}9532}) \times \left(0{,}834 - 0{,}288\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right)$$

Sub-Bacias Afluentes:

Para as sub-bacias, seguindo o mesmo procedimento, foram definidas as seguintes regiões homogêneas: Rio Paraibuna, Rio Piabanha, Rio Pomba, Rio Dois Rios e Rio Muriaé. A seguir são apresentadas as equações para estimativa de um evento associado a um tempo de retorno qualquer, para cada uma dessas regiões:

Região do Rio Paraibuna:

$$Q_{max}(T) = (0{,}4853 \times A^{0{,}8061}) \times \left(0{,}841 - 0{,}289\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right)$$

Região do Rio Piabanha:

$$Q_{max}(T) = (0{,}6873 \times A^{0{,}8061}) \times \left(0{,}804 - 0{,}339\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right)$$

Região do Rio Pomba:

$$Q_{max}(T) = (0{,}0797 \times A^{1{,}0276}) \times \left(0{,}824 - 0{,}304\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right)$$

Região do Rio Dois Rios:

$$Q_{max}(T) = (3{,}0236 \times A^{0{,}5633}) \times \left(0{,}783 - 0{,}369\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right)$$

Região do Rio Muriaé:

$$Q_{max}(T) = (1{,}9419 \times A^{0{,}6411}) \times \left(0{,}823 - 0{,}305\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right) Q_{max}(T)$$
$$= (2{,}505 \times A^{0{,}5346}) \times \left(0{,}796 - 0{,}353\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right) Q_{max}(T)$$
$$= (0{,}0005 \times A^{1{,}4613}) \times \left(0{,}851 - 0{,}258\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right) Q_{max}(T)$$
$$= (0{,}1035 \times A^{0{,}9532}) \times \left(0{,}834 - 0{,}288\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right) Q_{max}(T)$$
$$= (0{,}4853 \times A^{0{,}8061}) \times \left(0{,}841 - 0{,}289\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right) Q_{max}(T)$$
$$= (0{,}6873 \times A^{0{,}8061}) \times \left(0{,}804 - 0{,}339\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right) Q_{max}(T)$$
$$= (0{,}0797 \times A^{1{,}0276}) \times \left(0{,}824 - 0{,}304\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right) Q_{max}(T)$$
$$= (3{,}0236 \times A^{0{,}5633}) \times \left(0{,}783 - 0{,}369\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right) Q_{max}(T)$$
$$= (1{,}9419 \times A^{0{,}6411}) \times \left(0{,}823 - 0{,}305\left[ln\left(-ln\left(1-\frac{1}{T}\right)\right)\right]\right)$$

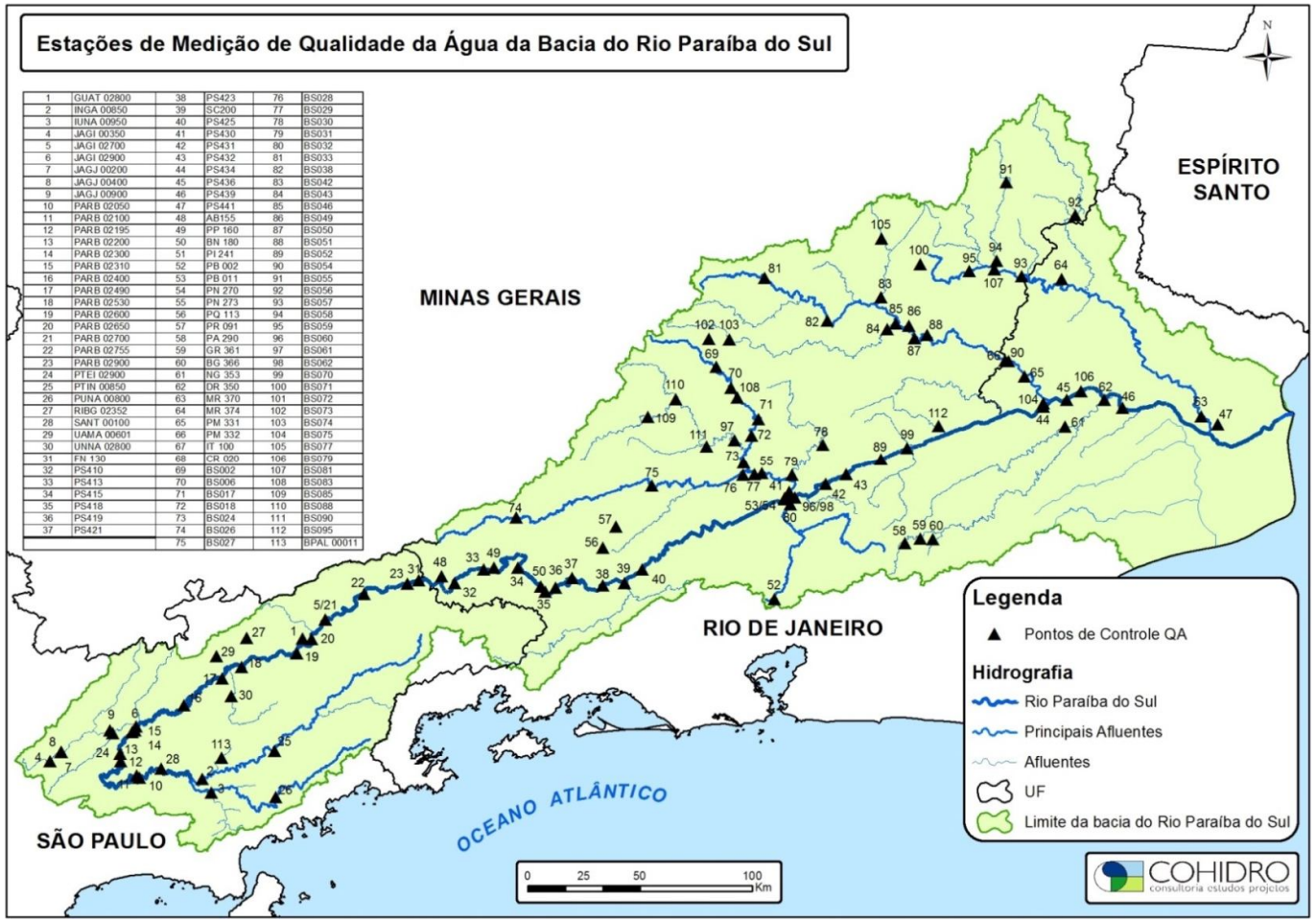
6.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE

O diagnóstico da qualidade da água da bacia do Rio Paraíba do Sul contempla as seguintes avaliações:

- Integração das informações levantadas nos monitoramentos de qualidade de água do Rio Paraíba do sul e afluentes, tendo como base estudos já realizados e os dados reunidos em 112 pontos de medição existentes na bacia.
- Comparação dos valores obtidos com os níveis de referência estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e CONAMA 430/2011.
- Correlação dos índices obtidos com os diversos usos da água na bacia, identificando o comprometimento da qualidade das águas e a adequação para os usos atuais, bem como a avaliação dos aspectos sanitários e da manutenção da integridade dos ecossistemas aquáticos.

Para sua elaboração foram primeiramente analisados os principais estudos técnicos e científicos realizados acerca da qualidade de água da bacia bem como, considerados os dados disponibilizados pelos órgãos gestores.

Estes estudos foram, na sequência, integrados com os resultados obtidos nos pontos de monitoramento de qualidade de água existentes, representados na figura a seguir.



1	GUAT 02800	38	PS423	76	BS028
2	INGA 00850	39	SC200	77	BS029
3	IUNA 00950	40	PS425	78	BS030
4	JAGI 00350	41	PS430	79	BS031
5	JAGI 02700	42	PS431	80	BS032
6	JAGI 02900	43	PS432	81	BS033
7	JAGJ 00200	44	PS434	82	BS038
8	JAGJ 00400	45	PS436	83	BS042
9	JAGJ 00900	46	PS439	84	BS043
10	PARB 02050	47	PS441	85	BS046
11	PARB 02100	48	AB155	86	BS049
12	PARB 02195	49	PP 160	87	BS050
13	PARB 02200	50	BN 180	88	BS051
14	PARB 02300	51	PI 241	89	BS052
15	PARB 02310	52	PB 002	90	BS054
16	PARB 02400	53	PB 011	91	BS055
17	PARB 02490	54	PN 270	92	BS056
18	PARB 02530	55	PN 273	93	BS057
19	PARB 02600	56	PQ 113	94	BS058
20	PARB 02650	57	PR 091	95	BS059
21	PARB 02700	58	PA 290	96	BS060
22	PARB 02755	59	GR 361	97	BS061
23	PARB 02900	60	BG 366	98	BS062
24	PTEI 02900	61	NG 353	99	BS070
25	PTIN 00850	62	DR 350	100	BS071
26	PUNA 00800	63	MR 370	101	BS072
27	RIBG 02352	64	MR 374	102	BS073
28	SANT 00100	65	PM 331	103	BS074
29	UAMA 00601	66	PM 332	104	BS075
30	UNNA 02800	67	IT 100	105	BS077
31	FN 130	68	CR 020	106	BS079
32	PS410	69	BS002	107	BS081
33	PS413	70	BS006	108	BS083
34	PS415	71	BS017	109	BS085
35	PS418	72	BS018	110	BS088
36	PS419	73	BS024	111	BS090
37	PS421	74	BS026	112	BS095
		75	BS027	113	BPAL 00011

Figura 6.14 Estações de Medição de Qualidade da Água da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Dentre os estudos analisados, destacam-se aqueles desenvolvidos pela HOLOS (2013) dentro do âmbito da Avaliação Ambiental Integrada dos Rios Pomba, Muriaé, Paraibuna e Paquequer. Por se tratar da abordagem mais recente acerca da qualidade de água destes sistemas, nas bacias contempladas pela AAI, o estudo supracitado foi considerado como o referencial principal e inserido no presente estudo, ressaltando-se que o mesmo é de autoria da HOLOS (op. cit), conforme destacado no texto.

Para a análise dos dados monitorados pela CETESB, INEA e IGAM foi efetuada uma avaliação prévia de consistência de dados considerando a disponibilidade de informações acerca dos parâmetros de monitoramento e a distribuição temporal dos dados. A partir desta avaliação foi definida a malha de pontos que serviu como base para o diagnóstico. Registre-se aqui a recomendação para que futuramente os monitoramentos sejam efetuados com a máxima simultaneidade possível, o que possibilitará a conformação de séries históricas mais consistentes e integradas.

Na malha identificada como mais adequada para estudos comparativos foram realizadas análises estatísticas que visaram descrever as variações nos parâmetros de qualidade de água em cada um dos recortes que compõem o mosaico da bacia do Rio Paraíba do Sul e compõem os limites das áreas de abrangência (UP - Unidades de Planejamento) de cada sub-comitê.

Destaca-se que a UP do Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) não foi incluída na avaliação, visto que a mesma agrega outros sistemas fluviais.

6.4.1 UP CBH Paraíba do Sul –PS

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, em seu trecho paulista, corresponde à área abrangida pela Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 02 (UGRHI 02), uma das bacias em que o Estado de São Paulo foi dividido, para efeito de aplicação da Política Estadual de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 7663 de 31/12/1991 (SÃO PAULO, 1991).

Desde fins de 1974, o CETESB iniciou a operação da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, com a seleção de 47 pontos de amostragem. Na área em estudo, em termos de pontos de monitoramento de qualidade da água superficial e de sedimentos, são registrados vinte e dois pontos, sendo: (i) dois pontos de monitoramento de qualidade para efeito de balneabilidade; (ii) dezenove pontos da rede básica; e (iii) um ponto da rede de monitoramento de sedimentos, como ilustrado abaixo.

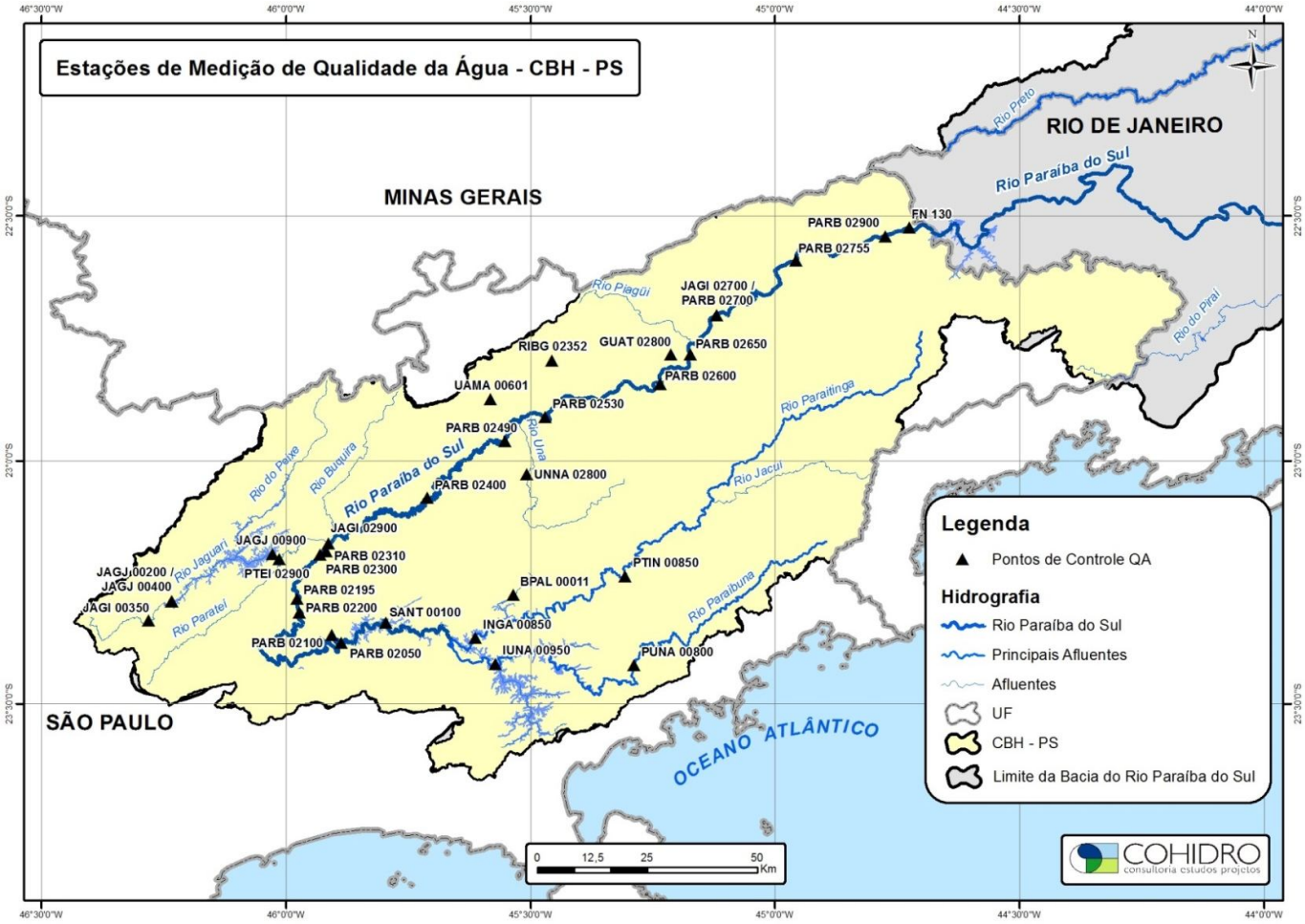


Figura 6.15 Estações de Medição de Qualidade da Água - UP CBH Paraíba do Sul – São Paulo

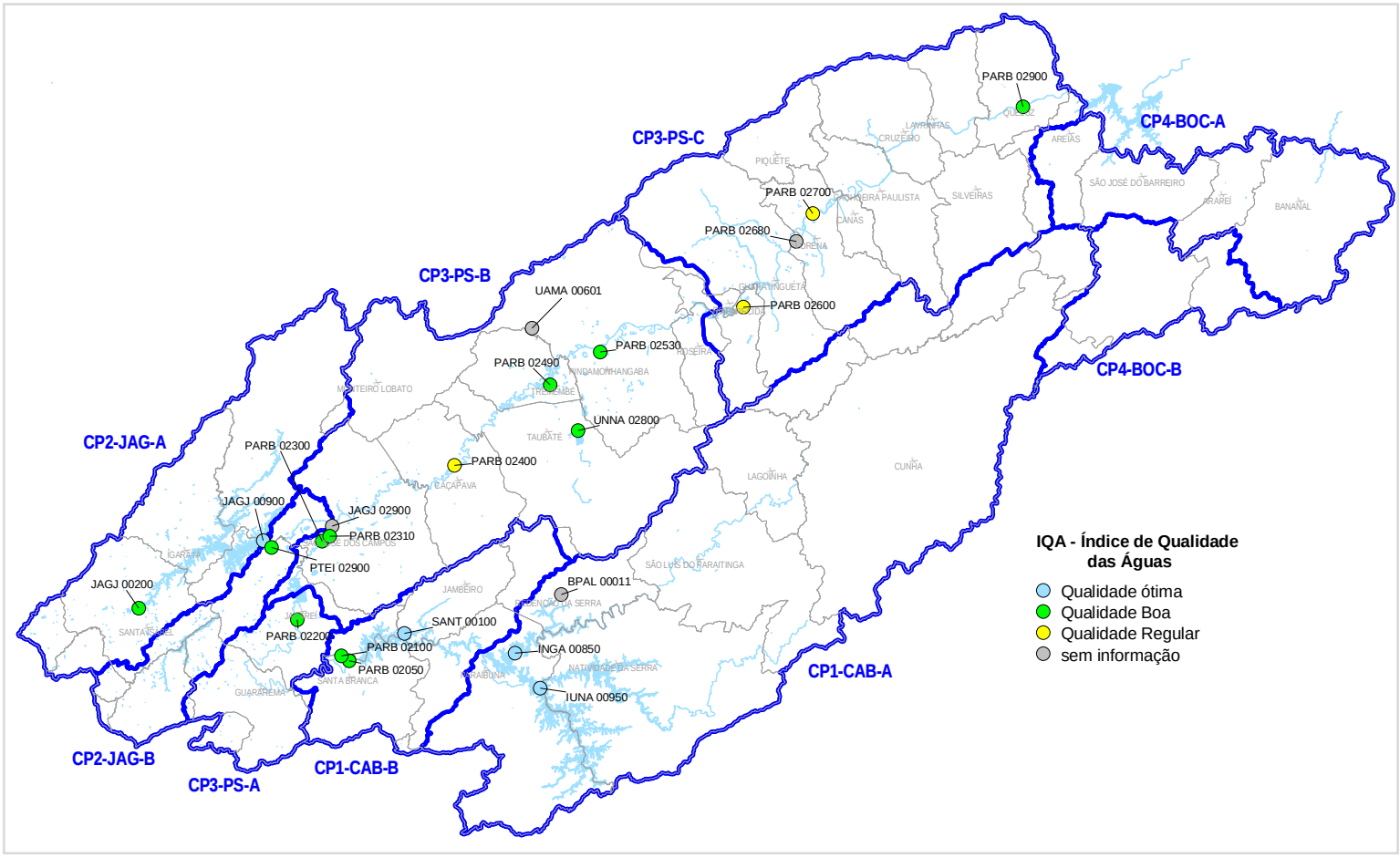
Como relatado por CETESB, 2010, (**apud** IPT, 2011-2014), o Rio Paraíba do Sul apresentou, em 2009, média anual de qualidade na categoria Boa no trecho de Santa Branca (PARB 02050) até São José dos Campos (PARB 02310), em relação ao IQA.

Já no trecho de Caçapava (PARB 02400) até Aparecida (PARB 02600), o Rio Paraíba do Sul apresentou qualidade Regular, com exceção do Ponto PARB 02490, em Tremembé, PARB 02530, em Pindamonhangaba, e UNNA 02800 também localizado em Pindamonhangaba, porém em afluente, onde foi verificada qualidade Boa.

Na porção de jusante do trecho paulista do rio Paraíba do Sul em Lorena (PARB 02700) tem-se novamente a qualidade como Regular, sendo que no trecho de Queluz (PARB 02900), o rio recuperou sua qualidade, voltando a apresentar qualidade Boa (CETESB, 2010, APUD IPT, 2011-2014).

IPT (2011-2014) descreve que se analisando o comportamento das principais variáveis de qualidade incluídas nos pontos de monitoramento do Rio Paraíba do Sul, identificam-se dois trechos críticos, um entre São José dos Campos (PARB 02300) e Caçapava (PARB 02400) e outro em Aparecida (PARB 02600). Nesses trechos, as concentrações de Fósforo Total e de Coliformes Termotolerantes foram as mais elevadas e as de Oxigênio Dissolvido atingiram os menores valores, indicando o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento.

A recuperação da qualidade, verificada no trecho entre Tremembé (PARB 02490) e Pindamonhangaba (PARB 02530) foi interrompida pelos lançamentos de esgoto não-tratado do município de Aparecida, bem como pela não conclusão das obras da rede de esgotos de Taubaté e Tremembé; no entanto, o Rio Paraíba do Sul, em seu trecho final no Estado de São Paulo, torna a recuperar sua qualidade (IPT, 2011-2014).



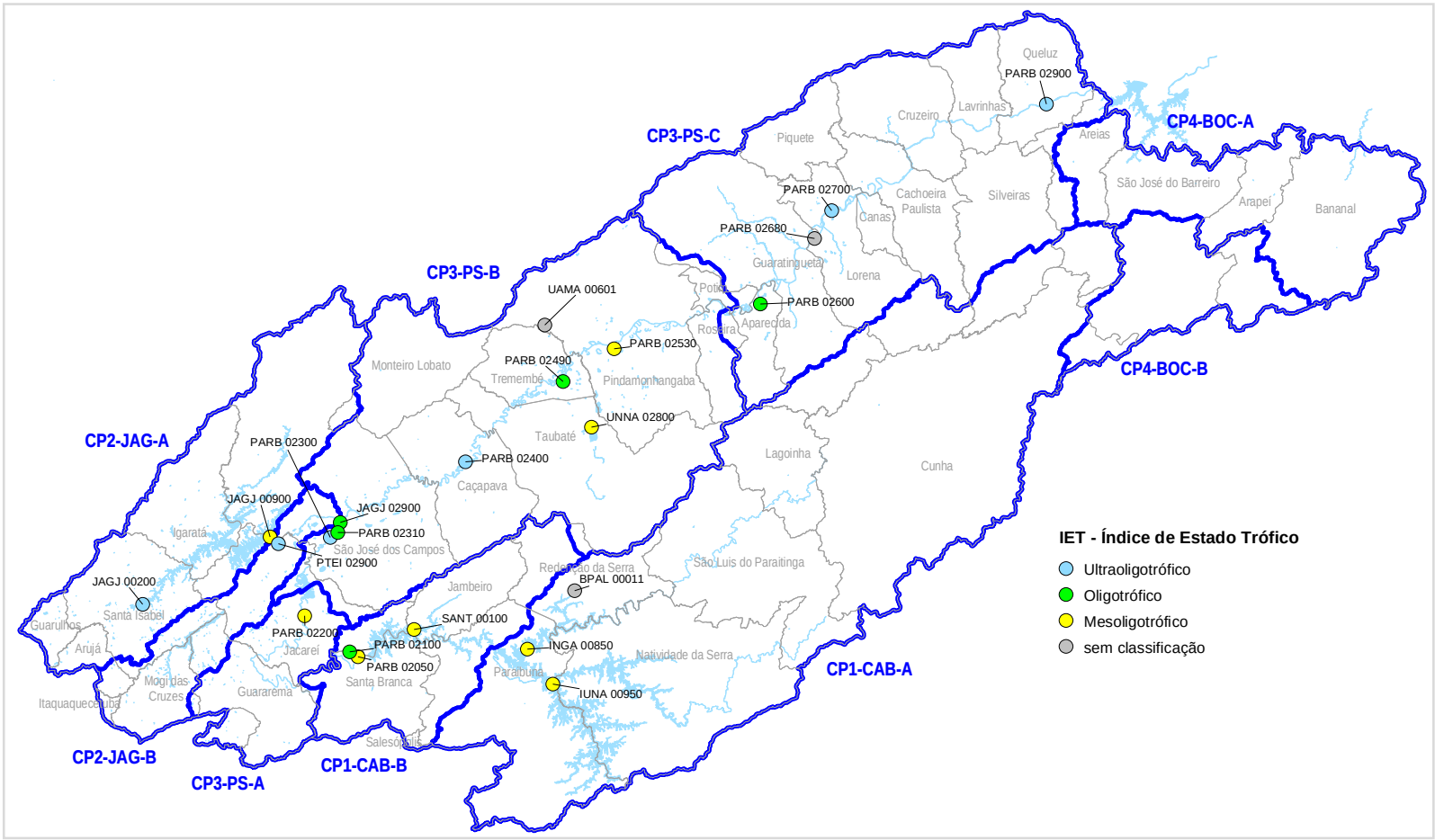
Fonte: CETESB (2010 APUD IPT, 2011-2014).

Figura 6.16 Média Anual (2009) do Índice de Qualidade das Água (IQA)

No que se refere ao estado trófico, nos Reservatórios de Paraitinga e do Paraibuna, as médias anuais do IET (Fósforo Total - PT e Clorofila A - CL) indicaram condição Ultraoligotrófico. Nos reservatórios Jaguari e de Santa Branca, as médias anuais do IET (PT e CL) classificaram esses ambientes como Mesoligotróficos e Ultraoligotrófico, respectivamente (IPT, 2011-2014).

As médias anuais do índice de estado trófico dos rios Paraíba do Sul e Jaguari variaram de Ultraoligotrófica a Mesotrófica. No rio Paraíba do Sul, os trechos que se localizam os pontos PARB 02200 e PARB 02530 apresentaram qualidade média anual Oligotrófica. O ponto de amostragem PARB 02310 (rio Paraíba do Sul) e PTEIO 02900 (rio Parateí) apresentam estados Eutróficos em fevereiro. Nos trechos mais afetados, o estado trófico, em parte, deve-se à entrada de esgoto doméstico (IPT, 2011-2014).

No rio Una, afluente do Rio Paraibuna, no ponto de captação da SABESP em Taubaté, o IET (PT e CL) manteve a condição Ultraoligotrófica (IPT, 2011-2014).



Fonte: CETESB (2010, APUD IPT, 2011-2014)

Figura 6.17 Média Anual (2009) do Índice de Estado Trófico (IET)

Ainda de acordo com o relatório técnico elaborado pelo IPT (2011-2014), o Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida Áquática (IVA)médio anual da área em estudo variou entre Ótimo e Ruim, o oxigênio dissolvido, abaixo do limite para a proteção da vida aquática, foi o que mais negativamente influenciou o IVA.

Esses eventos foram verificados no Rio Paraíba do Sul nos meses de fevereiro, abril e agosto, os pontos do reservatório do Jaguari nos meses de abril e junho e o Rio Paratei apresentou o IVA ruim na média anual de 2009.

Em onze pontos de monitoramento pela CETESB no ano de 2009 no rio Paraíba do Sul oito pontos apresentaram boa qualidade e três pontos apresentam qualidade regular.

Os pontos JAGJ 00900 (reservatório Jaguari), SANT 00100 (reservatório Santa Branca) e UNNA 02800 (rio Uma) apresentam o IVA ótimo.

ROSA (2012) apresentou análise detalhada da evolução na qualidade de água neste trecho da bacia do rio Paraíba do Sul, considerando um intervalo de 29 anos e estabelecendo uma relação entre a qualidade de água a implantação de estações de tratamento de esgoto nos municípios paulistas.

Para fins da avaliação, o trecho paulista do rio Paraíba do Sul foi dividido pela autora em três compartimentos, conforme quadro abaixo.

Quadro 6.54 Divisão do trecho paulista do rio Paraíba do Sul, conforme ROSA (2012).

COMPARTIMENTO	CARACTERÍSTICAS DO RIO	MUNICÍPIOS
Alto Paraíba – SP	Rio com baixa sinuosidade e trechos com corredeiras. Gradiente de velocidade das águas é elevado	Nascente até Jacareí
Médio Paraíba – SP	Trecho meandrado e sinuoso, sem corredeiras. Baixo gradiente de velocidade das águas.	Jacareí até Lavrinhas
Baixo Paraíba – SP	Rio perde a sinuosidade e deixa de ser meandrado. A calha é mais larga, com saltos, corredeiras e trechos encachoeirados	Aparecida até Areias.

Fonte: Modificado de ROSA (2012).

Pela análise da série de dados da CETESB, a autora verificou que o lançamento de esgoto sem tratamento nas águas do rio Paraíba do Sul é um importante fator de comprometimento da qualidade da água deste sistema fluvial.

O estudo identificou que o trecho denominado médio Paraíba – SP foi o que apresentou menores concentrações de OD e maiores concentrações de DQO. Estas características são

resultados da elevada concentração da população urbana no trecho associada com o baixo volume de tratamento de esgoto nos municípios no trecho, com destaque para Jacareí, que no ano de 2010 tratava apenas 20% do volume total coletado (ROSA, 2012).

Esta condição adversa tem seus efeitos magnificados pela menor dinâmica de circulação das águas neste setor, quando comparada com a observada nos outros compartimentos do trecho paulista.

A autora verificou ainda que as condições desfavoráveis deste trecho também impactam as águas a jusante no Baixo Paraíba – SP.

Melhorias ocorridas no período no que se refere a implantação de novas ETEs ou melhorias nas instalações existentes impactaram positivamente a qualidade das águas do rio principalmente em termos de aumento na concentração de OD e redução nos valores de DBOe DQO. Na área em estudo, o pico de oxigenação foi registrado em Pindamonhangaba, passando de 2,5 mg/l em 2009 para 6mg/l em 2011 (ROSA, 2012).

No que se refere ao fósforo, os dados indicaram uma tendência de aumento da concentração deste parâmetro no rio, principalmente no Baixo Paraíba – SP. Como destacado por ROSA (2012), os tratamentos convencionais de esgoto não removem o fósforo, sendo necessária a implantação generalizada de sistemas terciários de tratamento de esgoto, sistemas cujos custos de implantação e operação são extremamente elevados.

Atualmente, o Paraíba do Sul possui um condição de prevalência de cianobactérias sempre que situações diversas geram redução na vazão ou na velocidade do escoamento. Por exemplo, altas densidades de *Anabaenacircinalis*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).

Para o presente diagnóstico foi analisada a série de dados de monitoramento da CETESB, que contempla os pontos representados na **Figura 6.15**.

Observa-se grande heterogeneidade na base de dados, derivada principalmente de diferentes amplitudes temporais. Assim enquanto algumas estações de monitoramento contam com um histórico de mais de 30 anos de acompanhamento, outras se limitam a poucos registros.

Com base nas limitações observadas e na disposição dos pontos dentro do recorte da bacia, foram selecionadas as unidades abaixo relacionadas no **Quadro 6.55**.

Quadro 6.55 Estações de Monitoramento de Qualidade da Água

Estações	Localização	Coordenadas UTM		Período de dados
		NORTE	LESTE	
PARB 02050	Captação de Santa Branca, no bairro Angola de Cima.	7.414.572	409.339	Out/04 - Abr/13
PARB 02100	Ponte na rodovia SP-77, no trecho que liga Jacareí a Santa Branca.	7.415.253	612.411	Jan/79 - Abr/13
PARB 02310	Na captação de São José dos Campos, no canal de adução com extensão de 750m.	7.435.342	406.027	Jan/78 - Abr/13
PARB 02400	Ponte na rua do Porto, no trecho que liga Caçapava ao bairro Menino Jesus.	7.447.208	427.122	Jan/79 - Abr/13
PARB 02530	Na captação da SABESP de Pindamonhangaba.	7.355.419	452.089	Out/04 - Abr/13
PARB 02600	Na captação de Aparecida.	7.473.627	475.901	Jan/78 - Abr/13
PARB 02700	Ponte na rodovia BR-459, no trecho que liga Lorena a Piquete.	7.489.261	487.688	Set/95 - Abr/13
PARB 02900	Ponte na cidade de Queluz.	7.507.081	523.205	Jan/78 - Abr/13

Para uniformizar a escala temporal, foram considerados os monitoramentos realizados entre fevereiro/2005 e abril/2013. Não foram considerados os parâmetros nitrito, nitrato, cor e óleos e graxas, pois os mesmos não foram medidos em todas as estações de monitoramento.

Com relação ao oxigênio dissolvido o padrão observado entre 2005 e 2013 encontra-se de acordo com o descrito por ROSA (2012), observando-se uma área com maiores valores de oxigenação e, PARB 02050, PARB 02100 e PARB 02310, redução na concentração de OD entre PARB 02400 e PARB 02700 e posterior reaeração da água em PARB 02900.

A turbidez apresentou com aumentos progressivos ao longo do gradiente fluvial, o que, provavelmente, ilustra o aporte cumulativo de sedimentos ao longo do curso do rio Paraíba do Sul. A análise estatística realizada permitiu reconhecer complexos com: (1) elevada turbidez (PARB 02900, PARB 2530 e PARB 2700), (2) baixa turbidez (PARB 0250, PARB 02100) e (3) turbidez intermediária (PARB 02310).

O pH exibiu menores variações espaciais, sendo entretanto diferenciar um setor com valores mais elevados, compreendendo os pontos PARB 02050, PARB 02100 e PARB

02400, em relação aos demais pontos. A despeito destas diferenças, a faixa de variação registrada não implica em alterações na qualidade da água com eventuais influencias sobre a dinâmica do ecossistema e dos usos potenciais deste recurso.

No que se refere aos coliformes termotolerantes, a análise estatística realizada permitiu identificar um conjunto de pontos nos quais os valores foram significativamente mais elevados, representados por PARB 02310, PARB 02600 e PARB 02530, indicando a influencia de esgotos sobre a qualidade da água destes locais.

Os esgotos sanitários têm grande contribuição na alteração dos níveis de cloreto em corpos d´água receptores, assim a detecção desta espécie pode servir como indicativo de contaminação por resíduos de origem antrópica.

Pela análise dos dados, foram identificadas como áreas menos impactadas PARB 02050 e PARB 02100. A área mais crítica foi PARB 02700, enquanto as demais unidades de monitoramento, embora com níveis elevados, situaram-se em posição intermediária em relação a este conjunto de pontos.

Tomando como base estes parâmetros, observa-se uma perda na qualidade de água do rio Paraíba do Sul especialmente a jusante de Jacareí, o que está de acordo como o relatado por ROSA (2012).

A porção mais crítica neste setor é aquela que compreende os pontos PARB 20400, PARB 2350, PARB 2600 e PARB 2700, com melhora na área PARB 2900, porém em níveis inferiores de integridade quando comparados com os dois pontos mais de montante analisados neste documento.

As violações registradas neste período encontram-se relacionadas no quadro abaixo.

Quadro 6.56 Violações (%) dos patamares para rios Classe 2 – CONAMA 357/2005 e 430/2011, no trecho paulista do rio Paraíba do Sul.

	PARB 02050	PARB 02100	PARB 02310	PARB 02400	PARB 02530	PARB 02600	PARB 02700	PARB 02900
OD	36%	38%	42%	88%	34%	60%	54%	4%
pH	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Turbidez	0%	0%	0%	4%	10%	6%	12%	14%
Coliformes Termotolerantes	2%	7%	88%	88%	93%	95%	95%	86%
Al	36%	31%	34%	41%	44%	49%	59%	70%
Pb	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%
Fenóis	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fósforo total	0%	0%	44%	64%	64%	80%	73%	30%
DBO	2%	2%	10%	16%	8%	12%	6%	6%
Cromo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cloreto	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Manganês	16%	16%	16%	29%	20%	16%	19%	20%
Níquel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Zinco	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cádmio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cobre Solúvel	3%	0%	3%	0%	0%	3%	0%	0%
Ferro Solúvel	21%	21%	34%	29%	46%	59%	62%	67%
Mercúrio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Conforme anteriormente destacado, não foram considerados para esta análise os parâmetros nitrito, nitrato, cor e óleos e graxas, pois os mesmos não foram medidos em todas as estações de monitoramento.

As violações registradas indicam a influência dos lançamentos de esgotos na qualidade das águas, especialmente a partir do ponto PARB 02400 (inclusive).

Há de se destacar a expressiva violação dos valores de oxigênio dissolvido em todas as unidades de amostragem, inclusive naquelas que, pelas avaliações anteriormente apresentadas destacam-se pela melhor qualidade das águas, como é o caso de PARB 02050 e PARB 02100.

6.4.2 UP CBH Médio Paraíba do Sul

A área em estudo inicia-se no reservatório da UHE Funil, onde alterações expressivas de qualidade da água e dos sedimentos são registradas, conforme apresentado na continuidade deste documento. Após este ponto o rio passa outra vez a sofrer diretamente os efeitos das atividades antrópicas a partir do município de Itatiaia. Deste ponto em diante

é severamente impactado por receber toda a carga de esgotos domésticos sem tratamento, assim como efluentes líquidos de indústrias e de atividades agropecuários localizadas na bacia de drenagem (INEA, 2010).

Esta área foi sistematicamente monitorada pelo Instituto Estadual do Ambiente - INEA do Rio de Janeiro que, em 2010, apresentou os resultados de estudos e pesquisas referentes ao monitoramento físico-químico e biológico realizado entre abril de 2007 e fevereiro de 2010 no trecho do rio Paraíba do Sul, compreendido entre o reservatório de Funil e a barragem de Santa Cecília.

De acordo com INEA (2010), o reservatório de Funil recebe toda a carga poluente da bacia vinda do território paulista. O documento destaca ser um "grande engano em afirmar que o reservatório do Funil funciona como um "depurador" da poluição", haja vista que a carga de nutrientes gerada em território paulista, principalmente por esgotos sanitários, está transformando o reservatório devido à excessiva produção de biomassa planctônica, inclusive de cianobactérias (INEA, op. cit).

O documento destaca ainda o acumulo de poluentes nos sedimentos finos dentro do reservatório, principalmente metais pesados, podendo-se tornar um sério problema no futuro (INEA, 2010).

Quanto a este ultimo aspecto PRIMO (2006), além de registrar violações nos níveis de alguns metais (Níquel, Arsênio, Alumínio, Cádmio e Chumbo) na água da UHE Funil, verificou a contaminação dos sedimentos por Pb, Cr, As e Cd.

O estudo verificou que o aumento na precipitação possui covariação positiva com a concentração de metais na água, devido ao aporte de solo impactado pela atividade industrial, causando ainda uma remoção destes elementos por processos de sedimentação, precipitação e coprecipitação no reservatório de Funil.

No que se refere aos sedimentos, tomando como base a Resolução CONAMA 344/2004, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, PRIMO (2006) verificou que Ni apresentou valores acima do nível 1, ou seja limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota. Cr e As estiveram acima do nível 2, que consiste

no limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota.Cd e Pb também estiveram, no caso das medições efetuadas no reservatório, acima do nível 2.

O monitoramento desenvolvido pelo INEA entre 2007 e 2010 se deu em pontos de amostragem na calha do rio Paraíba do Sul e no reservatório do Funil próximo à barragem (projeto FECD /Votorantim).

O documento concluiu que, com base nos estudos e pesquisas realizados e na experiência dos técnicos envolvidos com o projeto, pode-se considerar a qualidade da agua do rio Paraíba do Sul na região como "aceitável".

Com relação aos sedimentos foi constatada a contaminação (histórica ou recente)por diversos metais, havendo necessidade de confirmações mais detalhadas (INEA, 2010).

Dentro dos limites da área de abrangência do Comitê do Médio Paraíba do Sul encontram-se demarcadas diversos pontos de monitoramento de qualidade da água, conforme apresentado na figura a seguir.

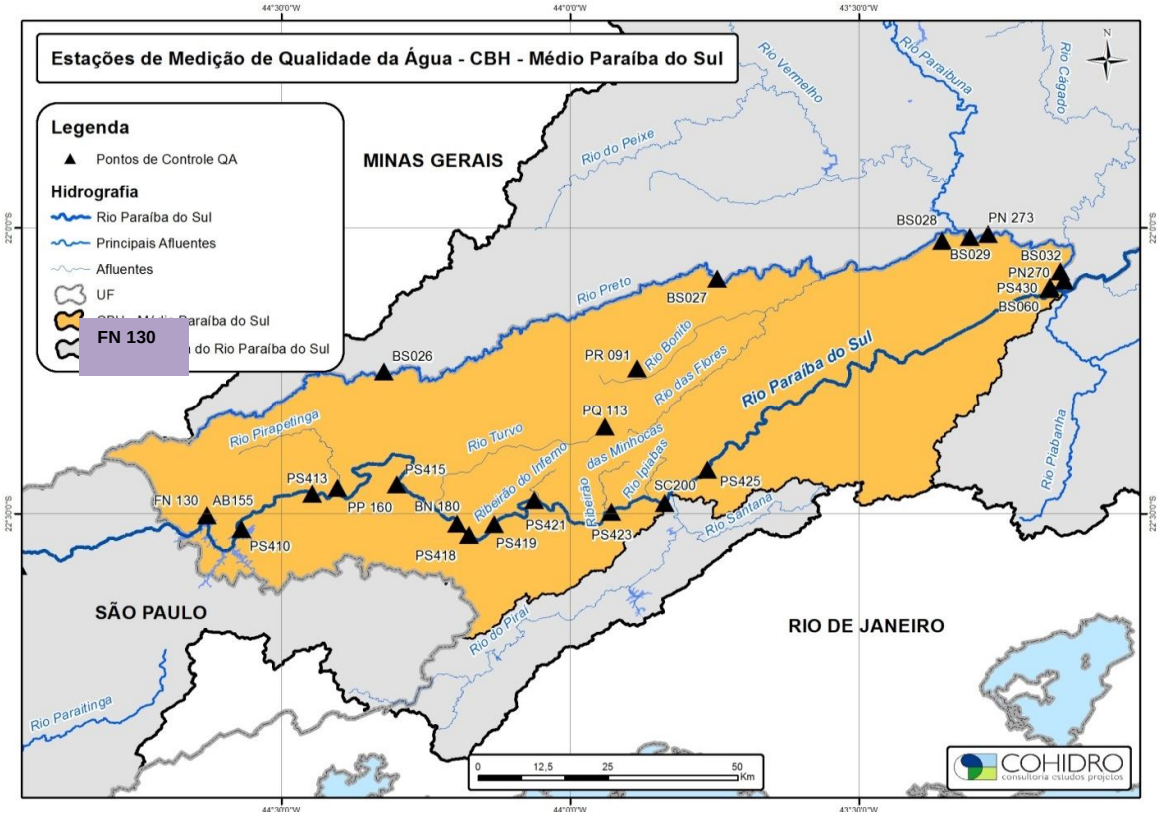


Figura 6.18 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH Médio Paraíba do Sul

Para apresente avaliação foram consideradas exclusivamente as estações de monitoramento demarcadas na calha do rio Paraíba do Sul. Informações acerca das unidades de amostragem situadas nas bacias dos rios Paraibuna e Preto são apresentadas na avaliação destes sistemas, em outro tópico do presente relatório.

Foram, portanto consideradas as unidades de medição FN 130, PS410, PS413, PP160, PS 415, PS 418, PS 419, PS 421, PS 423, PS 428, SC 200 e PS 425, cujas referências são apresentadas no quadro abaixo. As estações BN 180 e PI 241 não foram incluídas na análise por estarem localizadas em tributários (rios Bananal e Piraí, respectivamente).

Quadro 6.57 Estações de Monitoramento de Qualidade da Água do Rio Paraíba do Sul

Estações	Localização	Coordenadas UTM		Período de dados
		NORTE	LESTE	
FN 130	Reservatório de Funil – Queluz	7.509.012	528.235	Jan/06 - Set/13
PS410	Reservatório de Funil – canal de fuga, saída das turbinas.	7.508.666	544.260	Jan/06 - Set/13
PS413	Resende	7.515.421	556.797	Jan/06 - Set/13
PS415	Floriano – ponte a jusante da Cyanamid	7.517.141	571.953	Jan/06 - Set/13
PS418	Barra Mansa – ponte a jusante da siderúrgica de Barra Mansa	7.507.328	584.761	Jan/06 - Set/13
PS419	Barra Mansa – ponte de pedestre, próximo ao Cimento Tupi	7.509.394	589.201	Jan/06 - Set/13
PS421	BR 116, primeira ponte após Volta Redonda.	7.513.932	596.401	Jan/06 - Set/13
PS423	Vargem Alegre – sob a ponte na BR 116	7.511.565	610.102	Jan/06 - Set/13
SC200	Represa de Santa Cecília – 1ª entrada de bombeamento	7.513.246	619.689	Jan/06 - Set/13
PS425	Barra do Piraí – entrada para Vassouras	7.519.644	627.287	Jan/06 - Set/13

O quadro abaixo apresenta a frequência de violações para os limites definidos para rios Classe 2 nas Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 em cada unidade de monitoramento.

Quadro 6.58 Violações (%) dos patamares para rios Classe 2 – CONAMA 357/2005 e 430/2011, no Médio Paraíba do Sul.

Parâmetros	FN 130	PS410	PS413	PS415	PS418	PS419	PS421	PS423	SC200	PS425
Turbidez	3,23	-	-	3,23	-	3,23	-	-	3,45	3,13
Fenóis	8,33	8,33	-	8,33	10,00	16,67	8,33	16,67	18,18	25,00
Nitrito	1,67	1,72	2,38	1,67	2,22	1,67	-	-	-	-
OD	3,23	31,67	11,11	4,92	2,13	1,61	3,17	1,64	3,33	3,23
DBO	1,59	-	2,27	1,61	2,13	-	1,59	1,61	1,64	1,61
pH	3,33	5,00	6,82	4,84	4,35	-	-	-	1,61	-
Fósforo Total	50,82	16,95	20,93	14,75	30,43	31,15	33,87	30,65	31,67	35,48
Manganês	-	-	-	-	-	-	14,29	-	-	-
Ferro Sol.	16,67	-	-	33,33	25,00	-	-	16,67	16,67	20,00
Níquel	-	16,67	-	14,29	20,00	-	14,29	14,29	-	16,67
Coli. Fecais	88,89	12,90	97,78	96,92	97,87	100,00	100,00	98,39	98,31	100,00
Cádmio	-	-	40,00	-	20,00	28,57	14,29	-	14,29	33,33
Chumbo	-	-	20,00	-	-	14,29	-	28,57	14,29	33,33
Cor	-	3,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Alumínio Sol.	33,33	-	-	-	100,00	33,33	-	66,67	33,33	100,00

No conjunto, a unidade PS 410 por situar-se em uma área com características distinta das demais áreas de monitoramento (i.e, canal de restituição da UHE Funil) apresentou condições de violações diferenciadas, com menores valores de fósforo total e coliformes termotolerantes e violações mais frequentes de OD, registradas em cerca de 30% das amostras.

A análise das violações indica a prevalência da poluição derivada de esgotos, com elevados valores de fósforo e coliformes termotolerantes.

A poluição industrial pode estar associada com a violação registrada em alguns metais pesados, notadamente Pb, Cd e Ni.

6.4.3 UP CBH Preto/Paraibuna

A bacia do Paraibuna localiza-se na Zona da Mata Mineira, a sul-sudeste do Estado de Minas Gerais, se estendendo a uma porção do Estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil.

Tem como rio principal o Paraibuna (Mineiro), com sua nascente na Serra da Mantiqueira, no município de Antonio Carlos, a cerca de 1200 metros de altitude. Seus principais afluentes são Rio Preto, o Rio do Peixe e o Rio Cágado.

A partir da nascente, o rio Paraibuna, ainda com o nome de córrego Campinho, toma o sentido geral SW/NE (atravessando a Rodovia MG 135) e depois, o sentido geral NW-SE, até alcançar a confluência com o córrego Ponte Funda. Nesse pequeno trajeto, de 2.602m, o Paraibuna sofre um desnível de 177m, partindo da cota 1.174m para 997m de altitude, produzindo um trecho bastante encachoeirado.

A partir dessa última confluência, o rio passa a correr no sentido geral W-E, assim permanecendo até iniciar a Represa de Chapéu d'Uvas, em um ponto próximo da confluência com o córrego Cachoeira. Durante quase todo esse percurso ele figura com o nome de Córrego Ponte Funda e somente ganha a denominação de rio Paraibuna quando da confluência com o córrego São José, seu afluente pela margem direita.

Logo a jusante da confluência com o córrego Cachoeira, ponto que serve de limite natural entre os municípios de Antônio Carlos e Santos Dumont, o rio Paraibuna atinge a cota 741m de altitude, cota máxima de acumulação de suas águas para formação da Represa de Chapéu D'Uvas. Daí, até à barragem, o rio percorre 23,37km, quando perde sua identidade e passa a formar um ambiente artificial, lêntico. Nesse trajeto, de sentido geral NW-SE, o Paraibuna passa a receber afluentes de maior volume, como os córregos Samambaia e Goiabeira, o rio Taquaruçu e os ribeirões São Bento e Lambari, alguns deles com seu baixo curso também alagado pela formação da represa." (MACHADO, 2012:89/90). Continuando na direção NW-SE, passa 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. Observa-se que a Resolução ANA 399-2004 classifica o Rio do Peixe como de domínio federal e o Paraibuna como federal apenas em seu trecho a jusante da confluência com o Peixe, sendo classificado como estadual entre este ponto e sua nascente.

Seus principais afluentes são Rio Preto, o Rio do Peixe e o Rio Cágado, cujas características mais marcantes são descritas abaixo:

- Rio do Peixe - nasce nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, a 1200m de altitude, tem uma extensão de aproximadamente 140km, sendo que 50% do seu curso está dentro do municípiode Juiz de Fora; sua vazão aproximada é de 55m³/s, representa

a maior sub-bacia de Minas Gerais (2400km²) e deságua no município de Belmiro Braga, na margem direita do Rio Paraibuna

- Rio Preto (Mineiro) – nasce na Serra de Itatiaia, no sudoeste da bacia do rio Paraibuna, a 2700m de altitude; possui aproximadamente 170km de extensão e é divisa natural entre os estados do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, deságua na margem direita do Paraibuna, no município de Comendador Levy Gasparian, comum a vazão média de 90m³/s, aproximadamente a mesma do Rio Paraibuna antes de recebê-lo.
- Rio Cágado - Nasce a750m de altitude, percorre cerca de 105km, tem uma vazão aproximada de15m³/s e deságua no município de Chiador, na margem esquerda do Rio Paraibuna (FEAM, 1996).

Conforme descrito em HOLOS (2013), a influência dos esgotos domésticos na qualidade da água do rio Paraibuna está diretamente relacionada com a cidade de Juiz de Fora, uma vez que, a jusante desse núcleo urbano, ocorrem elevados níveis de coliformes fecais, além de significativa carga de DBO.

Quando alcança o rio Paraíba do Sul, a qualidade da água, no entanto, é boa, confirmando a excelente capacidade de recuperação desse rio, resultante, provavelmente, tanto da diluição dos efluentes, quanto da capacidade de autodepuração proporcionada pelas afluências dos rios Preto e do Peixe, que possuem águas de boa qualidade.

A ausência de significativas fontes de poluição orgânica após essas confluências, também beneficia sua recuperação, ainda que níveis altos de coliformes fecais estejam ainda presentes em sua foz (HOLOS, 2013).

A malha de monitoramento existente nesta bacia é apresentada no quadro abaixo.

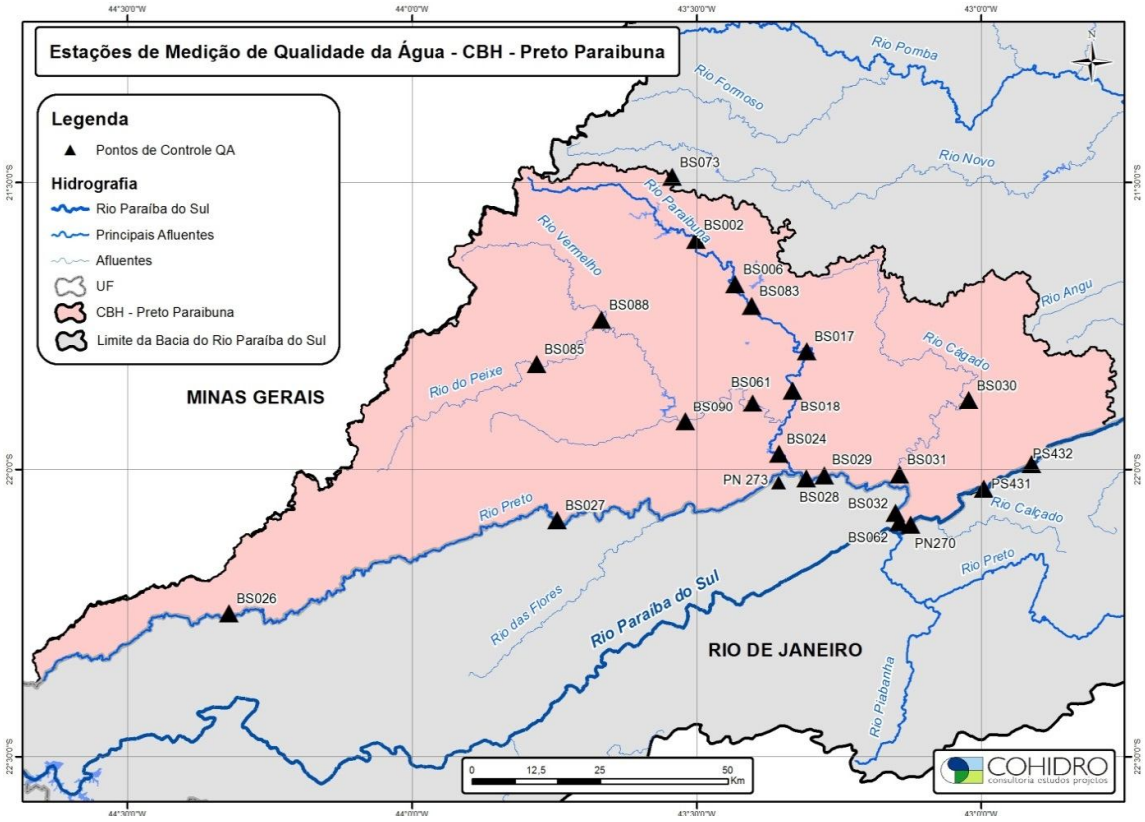


Figura 6.19 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH Preto-Paraibuna

A sub-bacia do rio Paraibuna, excluindo-se a bacia do seu afluente rio Preto, apresenta 13 estações de monitoramento, sendo 3 pertencentes aos seus respectivos afluentes diretos: rio do Peixe (BS061 e BS085) e rio Cágado (BS031) e as demais (dez estações) localizadas ao longo do rio Paraibuna.

O estudo desenvolvido pela HOLOS (2013) como parte da Avaliação Ambiental Integrada do rio Paraibuna/Preto, calculou os índices de qualidade da água - IQA, estado trófico - IET e de conformidade de enquadramento – ICE para estas unidades, estando os resultados apresentados no quadro abaixo.

Quadro 6.59 Resultados dos indicadores calculados para a bacia do Rio Paraibuna

Estação	2009			2010			2011			GERAL		
	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA
BS002												
BS006												
BS017												
BS018												
BS024												
BS029												
BS031												
BS032												
BS061												
BS083												
BS085												
PN270			N.A.*			N.A.*			N.A.*			N.A.*
PN273			N.A.*			N.A.*			N.A.*			N.A.*

Fonte: HOLOS (2013)
* Não foi possível o cálculo do índice de IQA devido à ausência do monitoramento de alguns parâmetros (Nitrogênio Total, Coliformes Termotolerantes e Turbidez).

Das 13 estações analisadas, 9 apresentaram condição média de IQA com classificação Boa e 2 estações com classificação Aceitável, indicando de maneira geral águas que poderiam ser adequadas para o abastecimento público após tratamento convencional (HOLOS, 2013).

Quanto ao IET geral para fósforo, 8 estações apresentaram classificação Mesotrófico. A classificação eutrófico foi encontrada para 3 estações. Da mesma forma, 2 estações apresentaram classificação oligotrófico.

Duas das estações avaliadas indicaram classificação razoável, demonstrando que a qualidade da água está protegida, mas ocasionalmente ocorrem impactos, gerando desacordo aos padrões estabelecidos pelo enquadramento (HOLOS, 2013).

Dentre as estações analisadas, destacam-se a BS017 e a BS018, ambas localizadas a jusante da cidade de Juiz de Fora, para as quais foram observadas as condições mais críticas: IQA regular, IET eutrófico e ICE ruim. Alguns aspectos podem estar relacionados às classificações obtidas, quais sejam: lançamento de esgoto sanitário de Juiz de Fora, efluentes industriais (indústria têxtil, metalúrgica, de papel e papelão, colchões, alimentícia, curtumes, farmacêutica, cirúrgica) (HOLOS, 2013).

Ainda de acordo com este estudo, na bacia do rio Preto apresentou condição média de IQA com classificação boa, indicando de maneira geral águas que poderiam ser adequadas para o abastecimento público após tratamento convencional.

6.4.4 UP CBH Piabanha

O CBH Piabanha abrange uma área de 3.460 km², na margem direita do Rio Paraíba do Sul, desde a foz do Rio Piabanha até o município de Carmo, contendo a bacia hidrográfica do Rio Piabanha e parcelas fluminenses da margem direita da bacia do Rio Paraíba do Sul, com os afluentes Calçado e Paquequer, que cortam os municípios de Sapucaia, Sumidouro e Carmo, desenvolvendo-se no sentido SW-NE dos municípios de Paty do Alferes ao de Carmo e no sentido S-N de Teresópolis a Sapucaia.

As sub-bacias dos Rios Fagundes, Piabanha, Paquequer e Preto são formadores da bacia hidrográfica do Rio Piabanha, que encontram o Rio Paraíba do Sul na cidade de Três Rios pelo lado direito e o Rio Paraibuna pelo lado esquerdo do sentido do escoamento.

A bacia do Rio Piabanha é pouco estudada quanto à qualidade de suas águas e sua biota aquática como um todo. Neste contexto, destaca-se o trabalho de KLING (2005) que, para a aplicação do método Batelle, na avaliação de impacto sofrido por este sistema fluvial, trabalhou com dados do CEIVAP (2002).

Pelas análises apresentadas pela autora, 12 parâmetros exibiram violações aos patamares das Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 para rios Classe 2, estando os mesmos apresentados no quadro abaixo.

Quadro 6.60Índice de violação de Classe 2 (%) por parâmetro monitorado

Localização	Cianeto	Cobre	Coliformes fecais	DBO	Fenóis	Ferro Solúvel	Fósforo total	Manganês	Níquel	OD	Turbidez	Zinco
Rio Preto Teresópolis (Br-116; km 88,5)	0	0	90,9	0	27,3	11,1	100	7,7	7,7	0	-	0
Rio Paquequer Teresópolis (Br-116 km 78)	9,1	7,7	100	66,7	33,3	0	100	72,7	0	0	7,7	0
Rio Piabanha Petrópolis	23,5	9,4	100	86,1	58,8	34,6	100	58,1	15,6	65,7	0	3,1
Rio Piabanha Areal	11,4	0	100	11,1	47,1	26,9	100	6,3	0	0	0	0

De acordo com KLING (2005), os coliformes fecais apresentam violações de classe, demonstrando, assim, o alto grau de comprometimento dos rios por matéria fecal, em face do baixo índice de tratamento dos esgotos domésticos.

O fósforo total apresenta altos índices de violação, tendo importância na proliferação de microalgas. Os esgotos domésticos e determinados despejos industriais, além da água de chuva que carreia material são importantes fontes de fosfato, que devido à complexidade de

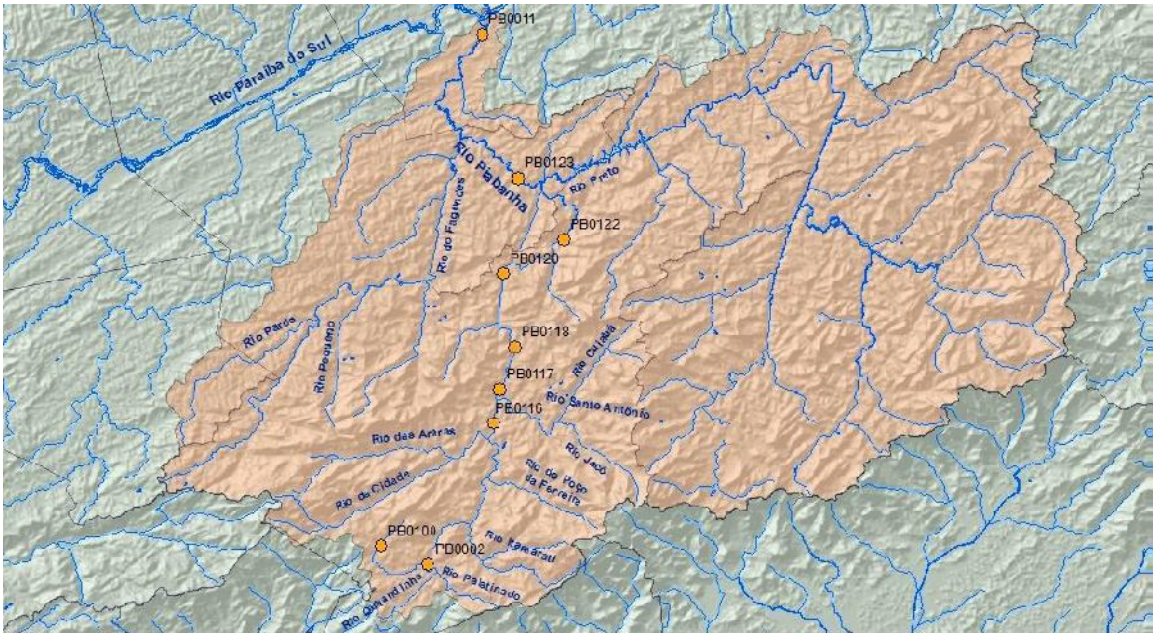
seu ciclo, não é possível estabelecer limites definitivos para os fosfatos a evitar problemas relacionados aos processos de eutrofização. Os parâmetros coliformes totais, fenóis, ferro solúvel e manganês, apresentam percentuais de violação que indicam necessidade de atenção (KLING, 2005).

De forma similar, como destacado pelo autor, os compostos fenólicos merecem destaque, pois estão relacionados aos efluentes de origem industrial, à degradação microbiológica e à fotoquímica dos pesticidas.

Mais recentemente, no ano de 2011, foi iniciada uma rede de estudos aprovada pela FINEP denominada HIDROECO. Essa rede é composta de diferentes universidades e instituições ambientais trabalhando em diferentes bacias hidrográficas no Brasil com o intuito de determinar as vazões ecológicas em diferentes ambientes e diferentes realidades.

Para este estudo, além das duas estações de amostragem monitoradas pelo INEA (e analisadas na continuidade deste documento), foram estabelecidas mais 7 novas estações de amostragem na calha principal do Rio Piabanha.

Assim, dentro do âmbito do HIDROECO, o plano de amostragem proposto foi composto de nove estações de amostragem, sendo a primeira próxima à nascente e a última próxima à foz no Rio Paraíba do Sul, conforme ilustrado na figura abaixo.



Fonte: Comitê Piabanha, 2013

Figura 6.20 Malha de amostragem do HIDROECO,

Como principais resultados dos parâmetros de qualidade da água, foi verificado que os Coliformes Termotolerantes, apesar de indicarem um gradiente decrescente nas estações de amostragem de montante para jusante, oscilam em taxas, na sua grande maioria, bem acima do padrão previsto para este parâmetro nas resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

Os resultados dos parâmetros Nitrogênio Amoniacal e Fósforo Total também apresentam uma pequena tendência de queda nas concentrações de montante para jusante. Os resultados de OD e DBO apresentam uma pequena tendência de melhora nas estações de montante para jusante.

A avaliação da qualidade da água do rio Piabanha, a partir dos dados obtidos nesse monitoramento, sugere que a principal interferência na qualidade das águas do rio é oriunda do despejo de esgoto doméstico sem tratamento. A maior evidência são as altas taxa de Coliformes Termotolerantes encontradas em todas as estações de amostragem (COMITÊ PIABANHA, 2013).

Esta avaliação também apresentou resultados acerca das comunidades fitoplanctônicas. Para este grupo a avaliação de amostras mensais entre maio/12 e abril/13 em 9 pontos registrou 149 táxons (diversidade regional), com 36,2% de diatomáceas, 23,8% de cianobactérias e 21,5% de clorofíceas.

A composição qualitativa do fitoplâncton foi a esperada para ambientes lóticos, com predominância de diatomáceas. A densidade de cianobactérias foi maior no trecho próximo de montante (pontos 100 e 002) também revelou influência do efeito de diluição no período chuvoso. Os trechos de maior densidade celular e de indivíduos de cianobactérias caracterizam-se por péssima qualidade, sendo visível o avançado grau de alteração dos trechos, que se encontram em área urbana muito adensada do município de Petrópolis (COMITÊ PIABANHA, 2013).

Além da avaliação do canal principal do rio Piabanha, deve-se considerar a influência do rio Preto sobre a qualidade de água do curso médio inferior e baixo curso do rio Piabanha.

O Rio Preto, afluente do Rio Piabanha pela margem direita, tem suas nascentes no município de Teresópolis, a 1140 m de altitude, desenvolvendo-se numa extensão de aproximadamente 73,7 km até sua foz no Rio Piabanha, acerca de 740 m de altitude, próximo do município de Areal (RJ). Seu principal afluente e formador é o Rio Paquequer, pela margem esquerda, além dos rios Bonito e Bengalas. Pela margem direita são o

Córrego Sujo, Rio do Capim e Rio dos Frades. Desde a nascente, o Rio Preto apresenta um relevo com bastante declividade.

O sistema Paquequer/Preto se destaca, dentre outros aspectos, pela forte degradação na qualidade das águas (PERES, 2008).

Dentro do âmbito do processo de licenciamento ambiental da PCH Poço Fundo, a empresa responsável pelo empreendimento (Poço Fundo Energia S/A) realizou, em 2008, amostragem de qualidade da água e limnologia em cinco unidades de amostragem no rio Preto, cujas coordenadas encontram-se no quadro a seguir.

Quadro 6.61 Coordenadas UTM das unidades de amostragem de qualidade de água e limnologia na área da PCH Poço Fundo – Rio Preto, São José do Vale do Rio Preto/Teresópolis

UNIDADES DE AMOSTRAGEM	COORDENADAS
P01	6.544.054N/717.161 E
P02	7.544.629N/717.387 E
P03	7.544.618N/717.532 E
P04	7.544.571 N/717.755 E
P05	7.544.781N/717.358 E

Tomando como base os levantamentos efetuados, pode-se verificar que a maioria dos parâmetros físico-químicos analisados apresentou valores acima dos previstos na legislação ambiente vigente: Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

Alguns parâmetros representaram fortes indícios de degradação ambiental, como a alta concentração de fosfato total resultando num processo de eutrofização das águas do rio Preto, que limita as possibilidades de usos das águas.

Todos os pontos amostrados apresentaram valores dos parâmetros bacteriológicos bem acima daqueles estabelecidos pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 para rios Classe 2, o que está intimamente relacionado à ausência de saneamento básico na região.

Os resultados obtidos para os metais pesados na amostragem do mês de abril nas águas do rio Preto demonstram um perfil com concentrações de chumbo, cobre e mercúrio acima do limite estipulado pela Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 para rios Classe 2.

No geral, o sistema em estudo apresentou-se com altas concentrações de metais pesados, caracterizando uma contaminação do ambiente.

No que se refere a metais pesados, cabe destacar o estudo realizado por BIZERRIL & LIMA (2000) enfocando a concentração de metais em sedimentos ao longo do gradiente fluvial dos rios Paquequer e Preto.

Os dados reunidos foram tratados empregando o índice de geoacumalação com vistas a classificar os diferentes pontos de amostragem em uma escala de contaminação.

Para o sistema Paquequer/Preto, foram obtidos valores enquadrados na classe de "moderadamente poluídos" em três das 9 áreas pesquisadas, conforme ilustração abaixo.

Os índices de geoacumulação mais elevados foram verificados, para os metais Hg e Zn em amostras coletadas na região sob influência da cidade de Teresópolis e na região imediatamente a jusante.

A atividade agrícola, e insumos associados, foram consideradas as principal via de acessos de Cr, Cu e Pb ao sistema (BIZERRIL & LIMA, 2000). Na área urbana, os efluentes domésticos podem representar a principal fonte de Zn para a bacia. O mercúrio, por sua vez, pode, assim como Cu, Pb e Cr, refletir o uso de defensivos, intensamente aplicados nas plantações locais.

Cinco gêneros de cianobactérias que apresentam espécies produtoras de cianotoxinas foram encontrados na área de influência da PCH Poço Fundo: *Anabaena sp., Oscillatoria sp., Microcystis sp*. e *Cylindrospermopsis sp*..

Mais recentemente HOLOS (2013), dentro do âmbito da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do rio Piabanha trabalhou os dados provenientes de quatro estações de monitoramento de qualidade da água geridas pelo INEA e localizadas no eixo do rio Piabanha (PB002 e PB011) e nos rios Preto (PR091) e Paquequer (PQ113) fornecendo os índices de qualidade da água, estado trófico e conformidade de enquadramento.

O quadro abaixo apresenta o resultado dos índices de qualidade da água - IQA, estado trófico - IET e de conformidade de enquadramento – ICE que puderam ser calculados para as estações de monitoramento avaliadas.

Quadro 6.62 Resultados dos indicadores calculados para a bacia do rio Piabanha.

Estação	2009			2010			2011			GERAL		
	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA
PB002			N.A.*			N.A.*			N.A.*			N.A.*
PB011			N.A.*			N.A.*			N.A.*			N.A.*
PQ113	N.A.**		N.A.*	N.A.**		N.A.*	N.A.**		N.A.*	N.A.**		N.A.*
PR091	N.A.**		N.A.*	N.A.**		N.A.*	N.A.**		N.A.*	N.A.**		N.A.*

Fonte: HOLOS (2013)
* Não foi possível o cálculo do índice de IQA devido à ausência do monitoramento de alguns parâmetros (Nitrogênio Total, Coliformes Termotolerantes e Turbidez).
** Não foi possível o cálculo do índice de ICE devido à ausência do monitoramento do parâmetro Turbidez.

Considerando a avaliação conjunta dos dados de monitoramento de qualidade da água, identificou-se que as estações PB002 e PQ113 tiveram o IET geral para fósforo classificado como hipereutrófico, sendo que essa estação representa um curso com alta produtividade em relação às condições naturais, de baixa transparência, possivelmente afetado por atividades antrópicas, nos quais ocorrem com frequência alterações indesejáveis na qualidade da água, como a ocorrência de episódios de florações de algas, e interferências nos seus múltiplos usos (HOLOS, 2013).

Como descrito por HOLOS (2013), de maneira geral a qualidade da água apresentada na estação PB002 se encontra de maneira mais crítica se comparada à estação PB011. Essa característica pode ser atribuída à localização da primeira, uma vez que se encontra imediatamente a jusante do município de Petrópolis, representando a presença de grande carga de lançamento de efluentes domésticos e industriais (alimentícia, têxtil).

A figura abaixo apresenta a malha de pontos de monitoramento existente na bacia do rio Piabanha e no rio Paraíba do Sul imediatamente a jusante da entrada deste afluente.

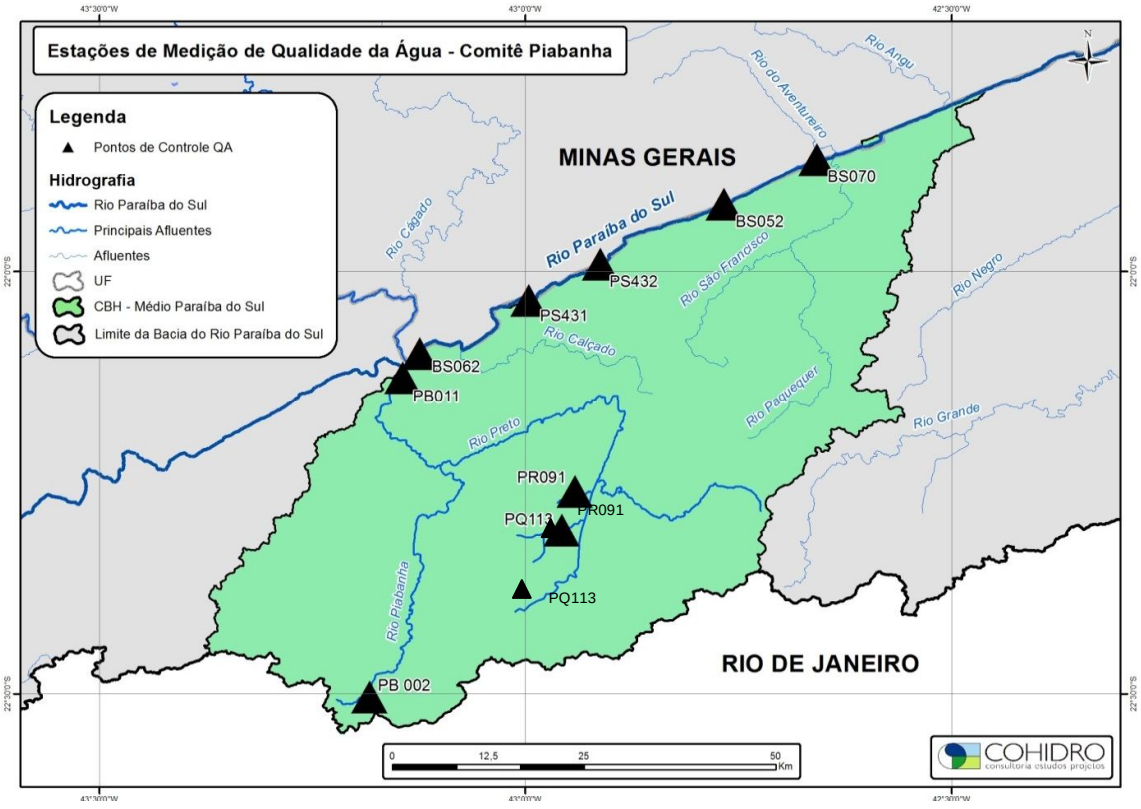


Figura 6.21 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP Comitê Piabanha

A partir da análise da base de dados do INEA, registram-se, para esta bacia as violações apresentadas no quadro abaixo. Comparando a classificação obtida entre 2006 e 2013 com a apresentada por KLING (2005) a partir dos resultados do CEIVAP (2002) verifica-se similaridade no conjunto de parâmetros para os quais foram registradas violações.

Como constante nas estações de amostragem analisadas está a violação de coliformes fecais em 50% ou mais das amostras, registrando-se violações em 100% das amostras nas estações PB002 e PQ0113, o que ilustra a influência do lançamento de esgoto nestes sistemas.

Quadro 6.63 Violações (%) dos patamares para rios Classe 2 – CONAMA 357/2005 e 430/2011, na bacia do rio Piabanha.

PARÂMETROS	PB002	PB011	PQ0113	PR0091
Fósforo Total	91,67	91,67	100,00	47,06
Coli. Fecais	100,00	50,00	100,00	81,25
Fenóis	14,29	14,29	50,00	16,67
Ferro Sol.	60,00	0,00	42,86	42,86
DBO	33,33	4,17	44,44	5,56
Chumbo	0,00	0,00	37,50	12,50
Cádmio	20,00	20,00	25,00	12,50
Alumínio Sol.	0,00	0,00	25,00	25,00
Cobre Sol.	0,00	0,00	28,57	0,00
Níquel	0,00	20,00	25,00	0,00
OD	43,48	0,00	5,56	0,00
Manganês	20,00	0,00	50,00	0,00
Turbidez	8,70	33,33	0,00	0,00

Este impacto também se manifesta nos valores de fósforo total, indicando a tendência à eutrofização do sistema nos pontos monitorados. Quanto a este parâmetro, melhor situação foi observada no rio Preto, embora violações tenham sido registradas em cerca de 45% das amostras analisadas.

Tanto as estações demarcadas no rio Piabanha (PB002 e PB011) quanto as situadas no sistema Paquequer/Preto (PQ0113 e PR0091) apontam para uma melhora na qualidade da água ao longo do gradiente lótico, o que se explica pelo distanciamento dos pontos dos principais centros urbanos (respectivamente Petrópolis e Teresópolis) e pela auto-depuração do rio para determinados parâmetros.

Dentre os metais pesados que apresentaram violações, destaca-se o cádmio, por ter ocorrido em todos os pontos monitorados. Encontra-se o Cádmio (Cd) nas águas naturais devido às descargas de efluentes industriais, como os de galvanoplastias, produção de pigmentos, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes e acessórios fotográficos.

Há a possibilidade de que a presença deste metal no sistema do Piabanha derive tanto de processos industriais quanto do uso de defensivos nas áreas agrícolas.

Considerando os dois parâmetros com maiores frequências de violações (fósforo e coliformes fecais) verificou-se que, para ambos, as concentrações foram mais expressivas nas unidades amostrais PB002 e PQ113.

Apesar das diferenças temporais nas datas de amostragem, observa-se que em todos os pontos, dentro de um ciclo hidrológico, os maiores valores de fósforo foram registrados no período de chuvas, indicando o carreamento do elemento aos sistemas fluviais.

Para coliformes fecais observa-se também esta tendência de valores mais elevados durante o período chuvoso, dentro dos recortes temporais avaliados, porém sem uma sazonalidade tão acentuada quanto a observada para o fósforo. Destaca-se a situação do ponto PB002, cujos picos de coliformes coincidem com períodos de maior afluxo de turistas a Petrópolis. Esta relação somente pode ser testada com maior acúmulo de dados.

Com relação ao metal com maior frequência de violações na bacia (Cd), o mesmo apresentou maiores concentrações no rio Piabanha, quando em comparação com os sistemas que integram a sub-bacia do rio Preto.

Cita-se ainda o Relatório de Monitoramento do Rio Piabanha, maio/2012 a abril/2013,HIDROECO/Comitê Piabanha/COPPE, disponível em http://comitepiabanha.org.br/ downloads/monitoramento_piabanha_relatorio_final.pdf.

6.4.5 UP CBH COMPÉ

A bacia hidrográfica do Rio Pomba, afluente pela margem esquerda do trecho inferior do Rio Paraíba do Sul, situa-se entre os paralelos 21°15’ e 21°45’ de latitude sul e os meridianos 42°00’ e 43°45’ de longitude oeste. Apresenta uma área de drenagem de 8.700 km² distribuída pelos estados de Minas Gerais (em sua maior parte) e Rio de Janeiro.

O Rio Pomba nasce próximo a Barbacena (MG) no município de Santa Bárbara do Tugúrio na Serra da Mantiqueira, num trecho localmente denominado Serra da Conceição, a cerca de 1.100 m de altitude e percorre aproximadamente 290 km no sentido sudeste até sua confluência com o Rio Paraíba do Sul.

Ao longo desse percurso, recebe vários tributários, dos quais os mais importantes são o Rio Novo (área de drenagem igual 2.030 km^2), pela margem direita, e o Rio Xopotó (1.280 km^2), pela margem esquerda. No trecho a montante da UHE Barra do Braúna, os principais afluentes são o Rio Formoso (400 km^2), pela margem direita, e o Rio São Manuel (160 km^2), pela margem esquerda.

De acordo com BIZERRIL & PRIMO (2001), a paisagem do Rio Pomba pode ser compartimentada em três grandes unidades, representando o alto curso, o curso médio e o baixo curso. A primeira unidade estende-se da nascente do rio ao entorno da localidade de Rio Pomba. Nesse trecho, o rio exibe reduzida dimensão, passando por corredeiras e remansos, e com diversos obstáculos, naturais e antrópicos, à dispersão da fauna aquática.A partir desta localidade até o entorno de Miracema, o rio aumenta gradualmente de porte, mantendo curso remansoso, ocasionalmente interrompido por rápidos. Do último ponto até a desembocadura, no encontro com o rio Paraíba do Sul, o rio Pomba passa a correr em diversos pontos, sobre lajes de pedras, apresentando corredeiras suaves e remansos.

O Rio Pomba pode ser caracterizado como um rio de corredeiras, sendo o lançamento de esgotos doméstico e industrial e barramentos os principais impactos a que está submetido.

Apesar destes impactos o Rio Pomba é hoje um dos tributários em melhor estado de conservação na bacia do Paraíba do Sul, sendo o principal representante desta no estado de Minas Gerais (LIMIAR,2006).

O Rio Muriaé tem suas nascentes na serra da Boa Vista, que consiste em um contraforte da Serra da Mantiqueira, no entorno na elevação 800m, e é formado pela confluência dos ribeirões Samambaia e Bom Sucesso, junto à cidade de Miraí, no estado de Minas Gerais Apresenta extensão total de 256 km, tendo direção N-S até a cidade de Miraí onde inicia uma curva para seguir a direção ENE-WSW até a cidade de Muriaé, em sua confluência com o Rio Preto, afluente pela margem esquerda. Desde a sua confluência com o Rio Preto (km 203), a direção principal do Rio Muriaé torna-se L-W, passando pelas confluências com

os Rios Glória (km 194), Gavião (km 177) e Carangola (km 122), pela margem esquerda, passando pela cidade de Itaperuna no km 115 até atingir a cidade de Nossa Senhora da Penha, onde tem seu curso inflexionado para a direção NW-SE até a sua foz no km 46 do Rio Paraíba do Sul, aproximadamente na elevação 7,00m. Pela margem direita, o único afluente expressivo é o Rio São Domingos (km 101,5), encaixado em uma morfologia de relevo suave, cujo limite oeste é o divisor de águas com a bacia do Rio Muriaé.

GUEDES et al. (2010) apresentaram resultados de monitoramentos ocorridos entre 2008 e 2009 em nove unidades de amostragem demarcadas no médio curso do Rio Pomba.

O objetivo do trabalho foi avaliar, mediante o uso de análises de agrupamento, a variação temporal dos parâmetros monitorados, considerando os períodos de estiagem e chuvoso.

Foi verificado que na campanha de período seco as variações na qualidade da água foram definidas pela presença de matéria orgânica no curso d´água e pela poluição difusa causada por fertilizantes orgânicos. Já no período chuvoso, estas variações estiveram associadas a um grupo orgânico (indicativo de lançamento de esgotos domésticos in natura no curso de água), a um grupo de sólidos (representando o processo de erosão hídrica) e a um grupo de nutrientes (influência de poluição difusa causada por esgotos domésticos) (GUEDES et al. 2010).

De acordo com os autores, o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento no médio Rio Pomba é a principal fonte de poluição encontrada neste trecho do rio, sendo o responsável pelo excesso de matéria orgânica no corpo hídrico.

Foi verificada melhora substancial na qualidade da água durante o período chuvoso, como resultado do aumento na vazão.

Posteriormente, GUEDES et al. (2012), analisando a mesma base de dados através de métodos de análise multivariada verificaram que alcalinidade, nitrogênio orgânico, Kjeldahl e total, CE e temperatura, por apresentarem na análise peso superior a 0,75, foram identificados como as variáveis mais significativas na definição da qualidade da água do médio Rio Pomba.

Este fator representa o indicativo de poluição difusa no médio Rio Pomba, causada por fertilizantes orgânicos oriundos de áreas agrícolas, principalmente entre as estações

amostrais de Astolfo Dutra e Sinimbu e, também, por nutrientes presentes no esgoto doméstico (GUEDES et al., 2012).

O OD, nitrogênio amoniacal, DBO e DQO, que indicam a poluição por matéria orgânica no eixo longitudinal no médio Rio Pomba, são o segundo conjunto de variáveis mais relevantes na definição da qualidade da água deste sistema.

O terceiro conjunto de variáveis de relevância é formado por sólidos totais, sólidos inorgânicos suspensos, sólidos dissolvidos totais, fósforo total e sólidos suspensos totais as quais refletem, basicamente, o escoamento superficial oriundo de áreas agrícolas e a contribuição de esgotos domésticos e resíduos sólidos dispostos inadequadamente nas margens do curso de água (GUEDES, et al., 2012).

A malha de monitoramento operada pelo IGAM é representada na figura abaixo.

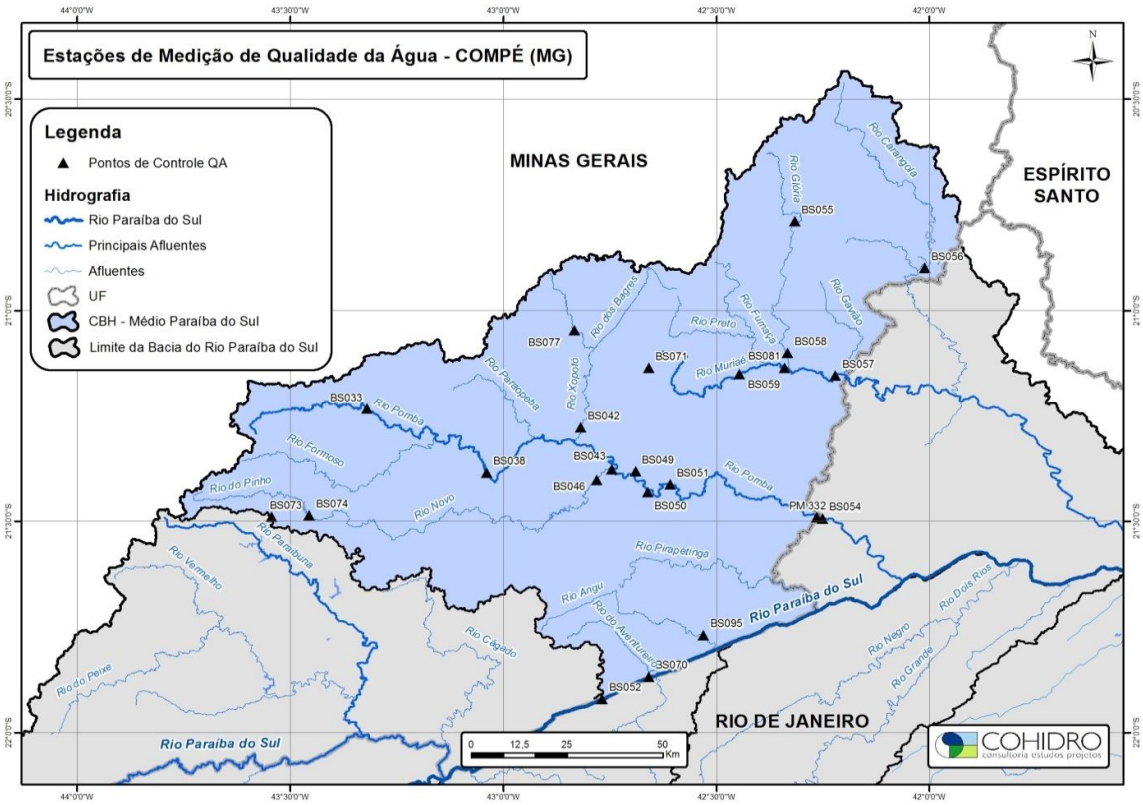


Figura 6.22 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH COMPÉ (MG)

Das dez estações avaliadas por HOLOS (2013), 4 representam a qualidade da água no eixo do rio Pomba (BS033, BS043, BS050 e BS054), e as demais estão localizadas em seus principais afluentes. O **Quadro 6.64** apresenta os resultados semafóricos dos indicadores calculados para a bacia analisada.

Quadro 6.64 Resultados dos indicadores calculados para a bacia do Rio Pomba.

Estação	2009			2010			2011			GERAL		
	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA
BS033												
BS042												
BS043												
BS046												
BS049												
BS050												
BS054												
BS071												
BS073												
BS077												

Fonte: HOLOS (2013)
ICE = índice de conformidade de enquadramento, IET = índice de estado trófico, IQA = índice de qualidade da água

Esta mesma abordagem foi realizada pela referida empresa na bacia do Rio Muriaé onde identificadas nove estações de monitoramento de qualidade da água, porém foi possível a avaliação de apenas cinco delas.

O resultado da análise é apresentado no quadro abaixo.

Quadro 6.65 Resultados dos indicadores calculados para a bacia do Rio Muriaé

Estação	2009			2010			2011			GERAL		
	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA	ICE	IET	IQA
BS056												
BS057												
BS058												
BS059												
BS081												

Fonte: HOLOS (2013)
ICE = índice de conformidade de enquadramento, IET = índice de estado trófico, IQA = índice de qualidade da água

6.4.6 UP CBH Rio Dois Rios

O Rio Grande nasce na Serra do Mar, no trecho conhecido como Serra dos Órgãos, nas altitudes entre 1.500 e 1.600 m, cerca de 10 km a sudoeste da cidade de Nova Friburgo e, desenvolve-se ao longo de 220 km até juntar-se ao Rio Negro, formando o Rio Dois Rios que deságua no Rio Paraíba do Sul.

A bacia apresenta alto grau de desenvolvimento em alguns trechos, com a presença de grandes concentrações humanas e industriais que utilizam suas águas para diversos fins, tais como diluição de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, irrigação, aproveitamento hidrelétrico, entre outros menos significativos. Estes diferentes usos sem o planejamento integrado levaram ao comprometimento na qualidade de suas águas (AGRAR, 2003).

Esta condição é particularmente notável a partir da PCH Xavier, onde efluentes urbanos tornam-se mais expressivos, culminando na área de encontro do Rio Grande com o Rio Bengala.

De acordo com MELLO (1997), o Rio Bengala, um dos principais afluentes do sistema do Rio Grande/Dois Rios, pode ser apontado, na região de Conselheiro Paulino, como a estação de medição de qualidade de água com maior nível de contaminação bioquímica de toda a bacia do Paraíba do Sul, o que se expressa, dentre outros aspectos, na ocorrência de deformidades nas espécies de peixes (BIZERRIL, 1997).

Segundo AGRAR (2003), os efluentes líquidos lançados no Rio Bengala constituem-se principalmente de matéria orgânica biodegradável e poluentes tóxicos, estes formados pelos corantes e pigmentos da indústria têxtil, ou por metais pesados, resultantes do setor eletromecânico e metalúrgico.

A malha de amostragem do INEA para monitoramento da água do Rio Grande/Dois Rios é apresentada na figura abaixo.

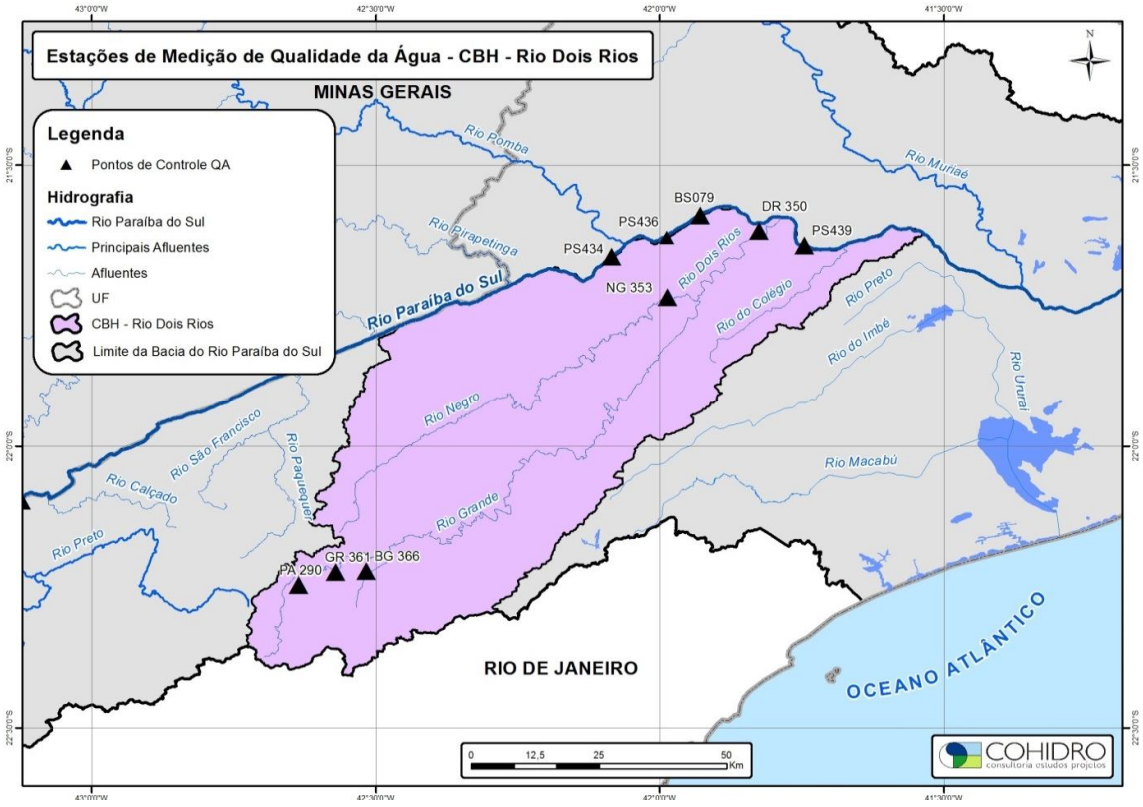


Figura 6.23 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH Rio Dois Rios

Observa-se que a distribuição dos pontos não contempla grande parte da bacia, entretanto esta lacuna de informação pode ser complementada com estudos desenvolvidos no médio curso do Rio Grande, dentro do âmbito do licenciamento das Pequenas Centrais Hidrelétricas Santa Rosa II, Sossego, Santo Antônio, São Sebastião do Alto e Caju.

Assim sendo, neste documento são também apresentados os principais resultados destes monitoramentos com vistas a complementar a informação gerada a partir da rede de monitoramento do INEA.

Considerando a série de dados gerados nas 04 estações de monitoramento gerenciadas pelo INEA, observa-se, nestas unidades, a violação dos parâmetros relacionados no quadro abaixo, conforme os limites da Classe 2 das Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

Quadro 6.66Índice de violação de Classe 2 (%)

PARÂMETROS	GR361	BG366	NG353	DR350
Turbidez	20,00	6,67	0,00	0,00
Fenóis	33,33	33,33	23,08	33,33

OD	3,33	60,00	0,00	0,00
DBO	0,00	76,67	0,00	0,00
pH	3,33	0,00	0,00	6,25
Fósforo Total	40,00	96,67	43,75	18,75
Manganês	12,50	0,00	14,29	14,29
Ferro Sol.	14,29	0,00	14,29	28,57
Níquel	0,00	25,00	7,14	0,00
Cobre Sol.	14,29	28,57	6,67	0,00
Coli. Fecais	82,76	100,00	41,67	9,09
Cádmio	12,50	12,50	13,33	14,29
Chumbo	25,00	12,50	14,29	15,38
Alumínio Sol.	50,00	0,00	27,27	0,00

Como parâmetros com maiores frequências de violações estão os coliformes fecais e fósforo, em uma situação que repete a observada em outras sub-bacias que integram o sistema do Paraíba do Sul e que está diretamente associada a deficiências no sistema de coleta e tratamento de esgotos.

Entretanto deve-se destacar a representatividade de metais pesados dentro do conjunto de parâmetros com violações. Dentre estes, o cádmio e o chumbo foram aqueles que exibiram maiores frequências de não conformidades. Como poderá ser observado na continuidade deste documento, esta situação se repete no trecho médio da bacia.

Considerando a malha de amostragem analisada, verifica-se uma situação de menor comprometimento nos Rios Negro (NG353) e Dois Rios (DR350). Entretanto, comparando os percentuais de violações dos parâmetros nos pontos estudados, verifica-se maior afinidade de NG353 com o ponto demarcado no Rio Grande (GR361).

A estação demarcada no Rio Bengala se destaca pelos valores expressivamente mais elevados de coliformes termotolerantes e fósforo enquanto as unidades de amostragem situadas em áreas mais afastadas do ambiente urbano e com maiores interações com áreas agrícolas apresentaram maiores concentrações de cd e Pb, ambos presentes em defensivos e herbicidas.

Destaca-se ainda na unidade de monitoramento demarcada no Rio Bengala o registro de violações nas concentrações de oxigênio dissolvido em 60% das amostras, o que é uma situação pouco usual em sistemas fluviais, salvo em situações de poluição orgânica

elevada. Este fato é corroborado na área em estudo pela quantidade de violações da DBO, com não conformidades em cerca de 75% das amostras.

DESENVIX/NP CONSULTORIA AMBIENTAL (2008) analisaram a série de dados reunida no ponto de monitoramento situado entre a barragem da PCH Santa Rosa II e o futuro reservatório da PCH Sossego (em fase de licenciamento prévio) entre 2003 e 2007.

Houve violação para óleos e graxas em todas as campanhas analisadas, exceto em 2007. O ferro apresentou concentrações acima dos limites da legislação ambiental em vigor para todas as campanhas realizadas. O fósforo total foi bem representativo quanto à ultrapassagem dos limites estipulados para rios Classe 2, estando dentro do padrão apenas em junho/06. Para o mercúrio os resultados estiveram acima dos valores estabelecidos pela legislação no ano de 2003 e 2004 e início de 2005. Houve violação de DBO apenas em março/07. Alguns metais pesados também foram representativos, tais como: mercúrio, chumbo, cádmio e manganês.

Efetuando a mesma análise com os dados de clorofila-a, o estado trófico do corpo d'água em questão foi caracterizado na maioria das amostragens como hipereutrófico, ambiente com elevado teor de matéria orgânica, e propício à proliferação de microorganismos planctônicos.

A maioria das campanhas apresentou valores dos parâmetros bacteriológicos bem acima daqueles estabelecidos pelas resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

A figura abaixo mostra a situação da qualidade da água, através do indicador ambiental IQA, calculados para o Rio Grande ao longo de um gradiente temporal jan/2003 a dez/2007.

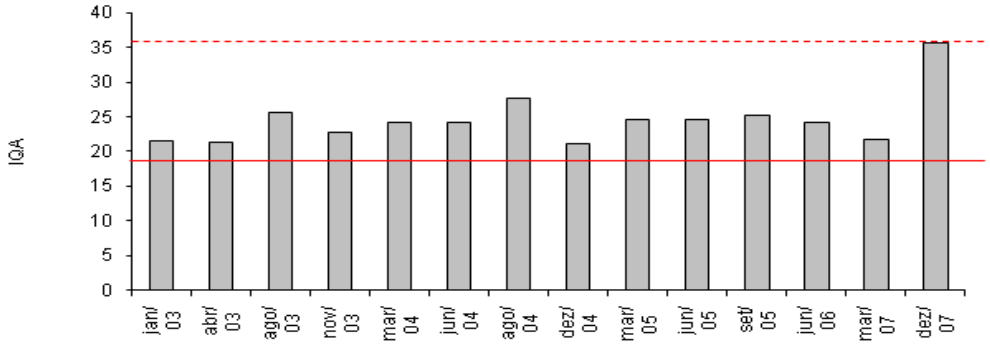


Figura 6.24 Índice de Qualidade de água no rio Grande – UP CBH Rio Dois Rios

Através do gráfico é possível perceber que as águas do Rio Grande, no trecho em estudo, apresentam nível de qualidade ruim, com aparente melhora das condições abióticas em dezembro/07.

Os parâmetros que contribuíram para reduzir o IQA foram os coliformes fecais, DBO, fósforo total e os sólidos totais.

6.4.7 UP CBH Baixo Paraíba do Sul

Não foram identificados estudos de acompanhamento sistemático das variações temporais na qualidade de água do Rio Paraíba do Sul em seu baixo curso.

Desta forma, para este recorte da bacia, adotou-se como base de dados exclusivamente aquela gerada pelo Instituto Estadual do Ambiente – INEA – RJ, que se baseia no levantamento de informações acerca da qualidade da água nos pontos representados abaixo.

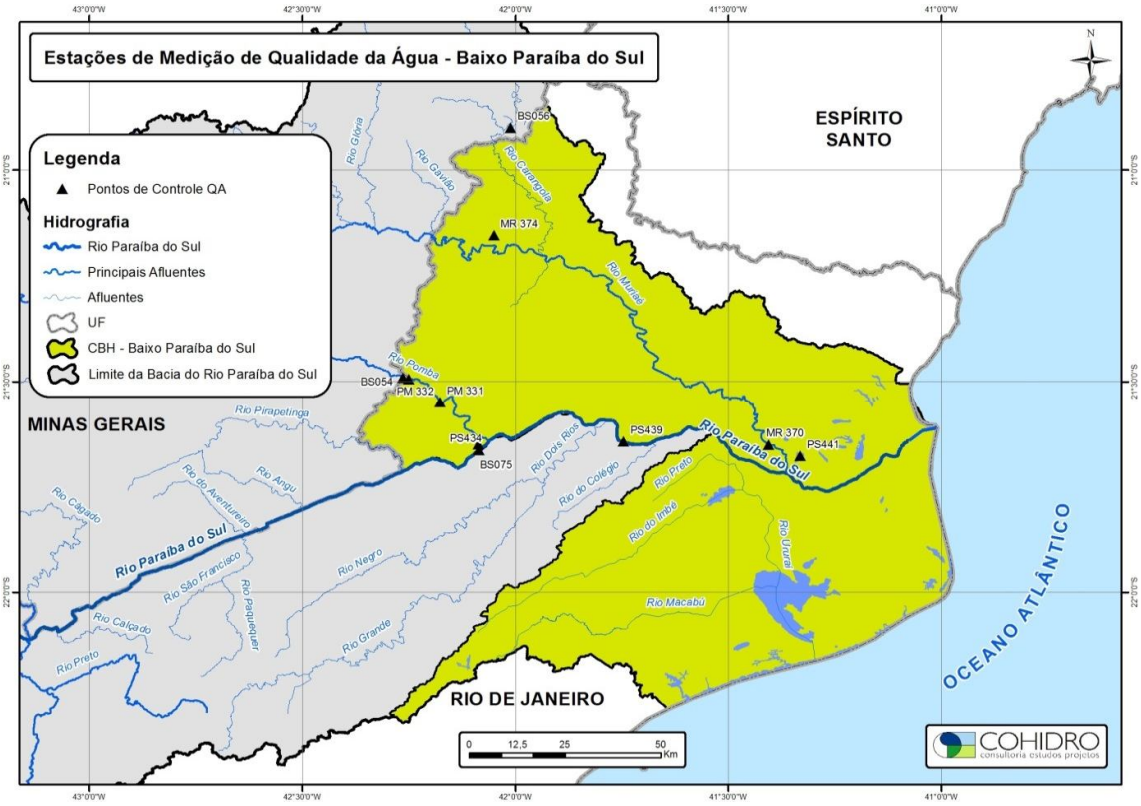


Figura 6.25 Estações de Medição de Qualidade da Água – UP CBH Baixo Paraíba do Sul

Conforme destacado anteriormente, os pontos demarcados nos Rios Pomba e Muriaé foram tratados quando da análise destas duas bacias. Assim, foram analisados, para o Baixo Paraíba do Sul, os pontos listados no quadro a seguir.

Quadro 6.67 Pontos de coleta de água analisados neste documento para caracterização da condição do baixo curso do Rio Paraíba do Sul

Estações	Localização	Coordenadas UTM			Período de dados
		NORTE	LESTE	FUSO	
PS434	Itaocara	7.601.602	801.702	23	Fev/06 - Ago/13
PS436	Portela	7.605.215	190.717	24	Fev/06 - Ago/13
PS439	São Fidélis	7.604.106	215.778	24	Fev/06 - Ago/13
PS441	Campos	7.600.394	221.756	24	Fev/06 - Ago/13

O quadro abaixo apresenta o percentual de violações para rios Classe 2 identificado na série de dados.

Quadro 6.68 Violações (%) dos patamares para rios Classe 2 – CONAMA 357/2005 e 430/2010, no Baixo Paraíba do Sul

PARÂMETROS	PS434	PS436	PS439	PS441
Turbidez	5,88	5,88	0	0
Fenóis	13,04	18,18	23,81	13,63
OD	0	3,57	0	3,71
Ph	3,57	0	0	3,71
Fósforo Total	34,48	32,14	33,33	17,85
Manganês	18,52	15,38	23,07	0
Ferro Sol.	48,15	50	50	0
Níquel	3,71	3,84	7,69	7,41
Cobre Sol.	0	0	3,84	0
Zinco	3,85	0	3,84	0
Coli. Fecais	31,82	63,63	100	4,54
Cádmio	11,11	11,53	11,53	0
Mercúrio	0	12,5	0	25
Chumbo	18,52	23,07	23,07	14,82
Alumínio Sol.	45	50	50	28,57

Verifica-se que, em comparação com os sistemas que afluem ao Baixo Paraíba do Sul (rios Pomba, Muriaé e Grande), a frequência de violação de fósforo sofreu uma redução, o que provavelmente é reflexo da diluição promovida pelas maiores vazões do Rio Paraíba do Sul. O mesmo ocorre com coliformes termotolerantes, salvo na unidade PS439.

Algumas violações de baixa recorrência, como pH, OD, Ni e turbidez podem ser interpretadas como não representativas deste setor do Rio Paraíba do Sul se tratando de alterações pontuais.

Em paralelo, as violações de Ferro total derivam da estrutura geológica por onde flui o Rio Paraíba do Sul.

No conjunto, os principais parâmetros com potencial de comprometimento deste trecho foram: fósforo total, coliformes termotolerantes, chumbo e alumínio solúvel.

Ao longo do gradiente fluvial verifica-se uma progressiva melhora na qualidade da água evidenciada pela redução no quantitativo geral de violações: 25% das amostras com valores acima dos referenciais para rios Classe 2.

Este metal foi registrado ao longo de 2006 e em uma amostra coletada em 2010. Com base na série de dados referentes ao primeiro período observa-se que o pico de concentração se deu entre julho/2006 e setembro/2006.

PONTOS DE ALERTA

No conjunto de pontos analisados, é possível evidenciar algumas localidades nas quais a qualidade da água exibe piores condições. Estes pontos são destacados a seguir:

CBH Paraíba do Sul –PS

IPT (2011-2014) descreve que ao analisar o comportamento das principais variáveis de qualidade incluídas nos pontos de monitoramento do Rio Paraíba do Sul, identificam-se dois trechos críticos, um entre São José dos Campos (PARB 02300) e Caçapava (PARB 02400) e outro em Aparecida (PARB 02600). Nesses trechos, as concentrações de Fósforo Total e de Coliformes Termotolerantes foram as mais elevadas e as de Oxigênio Dissolvido atingiram os menores valores, indicando o lançamento de esgotos domésticos sem tratamento.

O estudo de ROCHA (2012) identificou como pontos críticos aqueles listados abaixo:

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-07 – Pindamonhangaba: Está situado na área rural da cidade de Pindamonhangaba.

PS-10 – Lavrinhas: Nessa região, o Rio Paraíba do Sul é encachoeirado e o ponto amostral fica logo após um meandro.

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 (ROCHA, 2012).

Tomando como base os parâmetros analisados no presente diagnóstico, observa-se uma perda na qualidade de água do rio Paraíba do Sul especialmente a jusante de Jacareí, o que está de acordo como o relatado por ROSA (2012).

A porção mais crítica neste setor é aquela que compreende os pontos PARB 20400, PARB 2350, PARB 2600 e PARB 2700, com melhora na área PARB 2900, porém em níveis inferiores de integridade quando comparados com os dois pontos mais de montante analisados neste documento.

CBH Médio Paraíba do Sul

O setor mais crítico deste trecho é o reservatório da UHE Funil haja vista que a carga de nutrientes gerada em território paulista, principalmente por esgotos sanitários, está transformando o reservatório devido à excessiva produção de biomassa planctônica, inclusive de cianobactérias (INEA, 2010).

O documento destaca ainda o acumulo de poluentes nos sedimentos finos dentro do reservatório, principalmente metais pesados, podendo-se tornar um sério problema no futuro (INEA, 2010).

CBH Preto/Paraibuna

Conforme descrito em HOLOS (2013), a influência dos esgotos domésticos na qualidade da água do rio Paraibuna está diretamente relacionada com a cidade de Juiz de Fora. Uma vez que, a jusante desse núcleo urbano, ocorrem elevados níveis de coliformes fecais, além de significativa carga de DBO.

Dentre as estações analisadas, destacam-se a BS017 e a BS018, ambas localizadas a jusante da cidade de Juiz de Fora, para as quais foram observadas as condições mais críticas: IQA regular, IET eutrófico e ICE ruim. Alguns aspectos podem estar relacionados às classificações obtidas, quais sejam: lançamento de esgoto sanitário de Juiz de Fora, efluentes industriais (indústria têxtil, metalúrgica, de papel e papelão, colchões, alimentícia, curtumes, farmacêutica, cirúrgica) (HOLOS, 2013).

CBH Piabanha

A avaliação da qualidade da água do rio Piabanha sugere que a principal interferência na qualidade das águas do rio é oriunda do despejo de esgoto doméstico sem tratamento. A maior evidência são as altas taxa de Coliformes Termotolerantes encontradas em todas as estações de amostragem (COMITÊ PIABANHA, 2013).

Dois trechos desta bacia destacam-se por exibirem pior qualidade de água, a saber:

Trecho do rio Piabanha entre Petrópolis (inclusive) e Itaipava;

Trecho do rio Paquequer entre Teresópolis (inclusive) e a confluência como rio Preto.

Como descrito por HOLOS (2013), de maneira geral a qualidade da água apresentada na estação PB002 se encontra de maneira mais crítica se comparada à estação PB011. Essa

característica pode ser atribuída à localização da primeira, uma vez que se encontra imediatamente a jusante do município de Petrópolis, representando a presença de grande carga de lançamento de efluentes domésticos e industriais (alimentícia, têxtil).

Tanto as estações demarcadas no rio Piabanha (PB002 e PB011) quanto as situadas no sistema Paquequer/Preto (PQ0113 e PR0091) apontam para uma melhora na qualidade da água ao longo do gradiente lótico, o que se explica pelo distanciamento dos pontos dos principais centros urbanos (respectivamente Petrópolis e Teresópolis) e pela auto-depuração do rio para determinados parâmetros.

Considerando os dois parâmetros com maiores frequências de violações (fósforo e coliformes fecais) verifica-se que, para ambos, as concentrações foram mais expressivas nas unidades amostrais PB002 e PQ113.

CBH COMPÉ

O Rio Pomba pode ser caracterizado como um rio de corredeiras, sendo o lançamento de esgotos doméstico e industrial e barramentos os principais impactos a que está submetido.

Apesar destes impactos o Rio Pomba é hoje um dos tributários em melhor estado de conservação na bacia do Paraíba do Sul, sendo o principal representante desta no estado de Minas Gerais (LIMIAR,2006).

Os dados analisados demonstram a poluição difusa no médio Rio Pomba, causada por fertilizantes orgânicos oriundos de áreas agrícolas, principalmente entre as estações amostrais de Astolfo Dutra e Sinimbu e, também, por nutrientes presentes no esgoto doméstico.

CBH Rio Dois Rios

A área considerada como mais crítica recebe os efluentes domésticos e industriais dos principais centros urbanos inseridos na bacia, que se soma ao material transportado pelo rio. Situa-se entre Nova Friburgo e Bom Jardim.

Caracteriza-se ainda pela remoção maciça da cobertura vegetal arbórea marginal. Por ser uma área com relevo menos acidentado, os processos de eutrofização são bastante evidentes.

Como parâmetros com maiores frequências de violações estão os coliformes fecais e fósforo, em uma situação que repete a observada em outras sub-bacias que integram o sistema do Paraíba do Sul e que está diretamente associada a deficiências no sistema de coleta e tratamento de esgotos.

Considerando a malha de amostragem analisada, a estação demarcada no Rio Bengala se destaca pelos valores expressivamente mais elevados de coliformes termotolerantes e fósforo enquanto as unidades de amostragem situadas em áreas mais afastadas do ambiente urbano e com maiores interações com áreas agrícolas apresentaram maiores concentrações de cd e Pb, ambos presentes em defensivos e herbicidas.

Destaca-se ainda na unidade de monitoramento demarcada no Rio Bengala o registro de violações nas concentrações de oxigênio dissolvido em 60% das amostras, o que é uma situação pouco usual em sistemas fluviais, salvo em situações de poluição orgânica elevada. Este fato é corroborado na área em estudo pela quantidade de violações da DBO, com não conformidades em cerca de 75% das amostras.

De acordo com MELLO (1997), o Rio Bengala, um dos principais afluentes do sistema do Rio Grande/Dois Rios, pode ser apontado, na região de Conselheiro Paulino, como a estação de medição de qualidade de água com maior nível de contaminação bioquímica de toda a bacia do Paraíba do Sul, o que se expressa, dentre outros aspectos, na ocorrência de deformidades nas espécies de peixes (BIZERRIL, 1997).

CBH Baixo Paraíba do Sul

Verifica-se que, em comparação com os sistemas que afluem ao Baixo Paraíba do Sul (rios Pomba, Muriaé e Grande), a frequência de violação de fósforo sofreu uma redução, o que provavelmente é reflexo da diluição promovida pelas maiores vazões do Rio Paraíba do Sul. O mesmo ocorre com coliformes termotolerantes, salvo na unidade PS439.

Algumas violações de baixa recorrência, como pH, OD, Ni e turbidez podem ser interpretadas como não representativas deste setor do Rio Paraíba do Sul se tratando de alterações pontuais.

Em paralelo, as violações de Ferro total derivam da estrutura geológica por onde flui o Rio Paraíba do Sul.

No conjunto, os principais parâmetros com potencial de comprometimento deste trecho foram: fósforo total, coliformes termotolerantes, chumbo e alumínio solúvel.

Ao menos para dois dos parâmetros apresentados pode-se hipotetizar uma influência da rede de drenagem sobre os patamares aferidos no baixo curso. Assim, com base no observado na análise das principais drenagens, é possível que a carga de fósforo mais elevada em PS436 derive de aportes procedentes do Rio Pomba, enquanto os níveis mais elevados de coliformes em PS439 pode ser resultado da afluência do Rio Grande.

Ao longo do gradiente fluvial verifica-se uma progressiva melhora na qualidade da água evidenciada pela redução no quantitativo geral de violações. Neste contexto, a unidade PS434 pode ser apontada como a com pior condição de qualidade da água.

6.5 DIAGNÓSTICO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO

O intemperismo e a erosão do solo são os agentes naturais responsáveis pelos processos erosivos numa bacia hidrográfica. Associados a esses agentes, as ações antrópicas aceleram os processos erosivos com a remoção da cobertura vegetal e o uso inadequado do solo.

Nas regiões tropicais as chuvas têm um papel significativo na erosão do solo, principalmente se considerarmos as que sofrem interferência antrópica. Nesses solos, as alterações antrópicas fazem com que o escoamento da chuva provoque a remoção de partículas de solo que acabam se dirigindo aos rios da bacia originando os depósitos fluviais.

Nas áreas urbanas a produção de sedimentos pode ser acentuada quando da implantação de obras, mas praticamente ser decrescente com o desenvolvimento urbano da região.

Outra questão que está relacionada à produção de sedimentos diz respeito a fatores topográficos. A elevação do gradiente da declividade da bacia aumenta a erosão do solo, que pode ser significativa com o manejo inadequado do solo. Por outro lado, regiões mais planas recebem os sedimentos das de maior declividade, tornando-se áreas de deposição.

Bacias com reservatórios de usinas hidrelétricas agem também no comportamento hidrossedimentológico com a desaceleração do escoamento e a consequente deposição dos sedimentos no lago formado.

Com vistas à identificação das áreas potencialmente produtoras de sedimentos e aquelas passíveis de deposição, apresenta-se a seguir o diagnóstico das condições hidrossedimentológicas da bacia do rio Paraíba do Sul.

6.5.1 Dados Básicos

Para esse diagnóstico foram levantadas as disponibilidades de dados fluviométricos na bacia através de consulta ao Hidroweb da ANA – Agência Nacional de Águas, e às empresas LIGHT e FURNAS que operam postos hidrossedimentométricos e que têm concessão de aproveitamentos hidrelétricos no rio Paraíba do Sul. A disponibilidade de dados desses postos é apresentada no **Quadro 6.14**.

A **Figura 6.26** apresenta a localização dos postos principais e que possuem dados hidrossedimentométricos para utilização nos estudos.

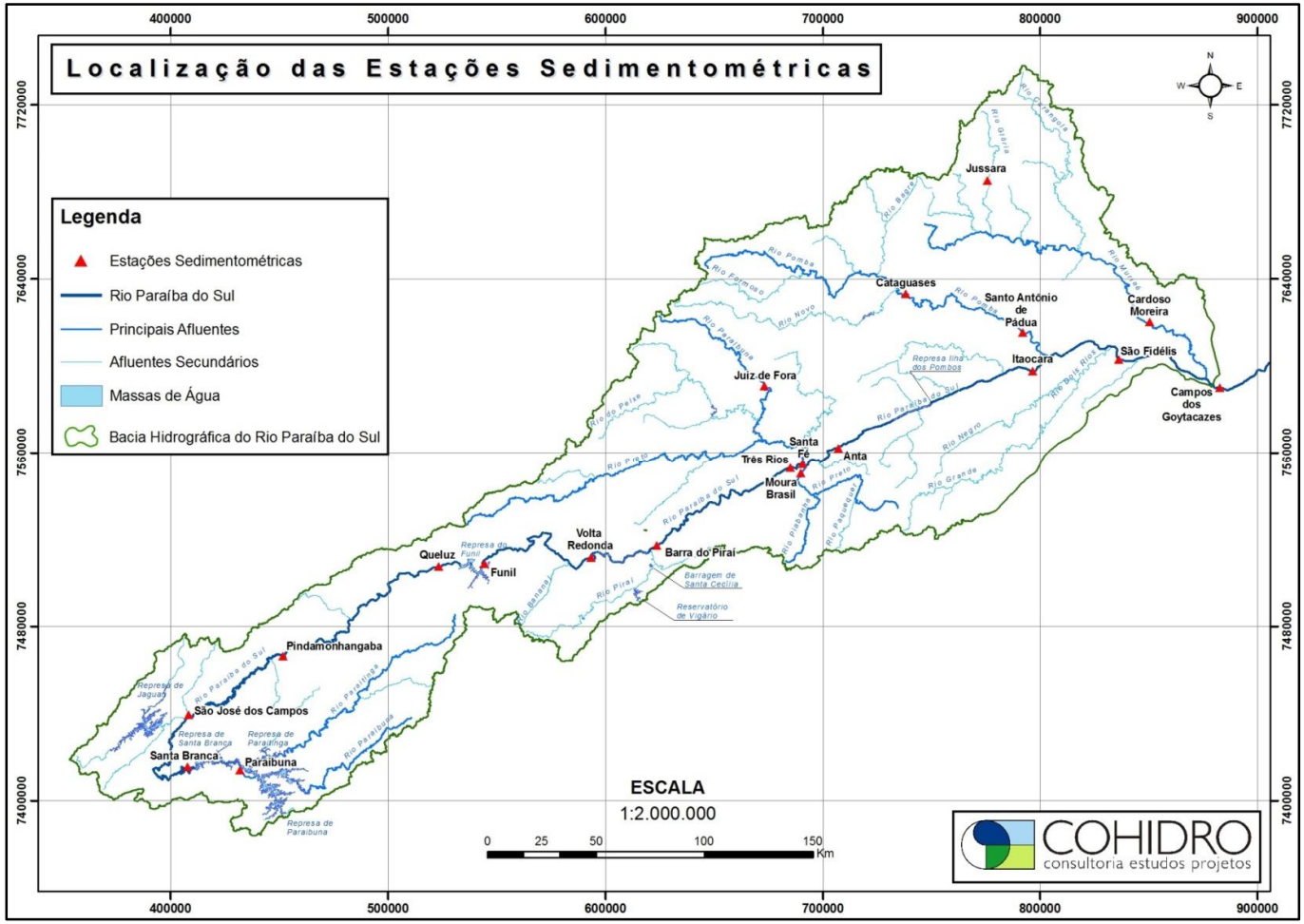


Figura 6.26 Localização dos Postos Sedimentométricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul

Além desses dados foram utilizados os dados da UHE Funil, de Furnas, localizada no trecho médio do rio Paraíba do Sul, no município de Resende. Esses dados referem-se a concentração do sedimento em suspensão medida em 2 pontos do reservatório: o primeiro no início do reservatório, no trecho fluvial do rio Paraíba do Sul a jusante de Queluz, e o outro junto ao barramento, o que permite uma estimativa da capacidade de retenção dos sedimentos no reservatório.

6.5.2 Metodologia

A metodologia utilizada para caracterização do zoneamento hidrossedimentológico da bacia do rio Paraíba do Sul é a mesma utilizada pela ELETROBRÁS/IPH e apresentada no documento "Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros" – (1992) e se baseia na diferença do transporte de sedimentos em suspensão entre postos sedimentométricos de uma bacia hidrográfica.

Assim, para identificação das regiões características de produção ou depósito de sedimentos, percorre-se o rio de montante para jusante e faz-se o balanço sedimentológico simplificado entre os postos. Desse modo, quando de uma estação de montante para uma estação de jusante aumentar o aporte de sedimentos, esse incremento representa uma produção da área intermediária entre as estações. Da mesma maneira, quando diminuir o aporte de sedimentos é considerado uma retenção ou um depósito do leito do rio no trecho intermediário.

Para essa estimativa a seguinte expressão é utilizada:

$$Q_{ssj} - Q_{ssm} = \Delta Q_{ss}$$

onde:

Q_{ssm} = descarga sólida em suspensão na estação de montante, em t/ano;

Q_{ssj} = descarga sólida em suspensão na estação de jusante, em t/ano; e

ΔQ_{ss} = variação da descarga sólida em suspensão, em t/ano.

Quando $\Delta Q_{ss} > 0$ = significa que a área intermediária entre as estações contribui com uma produção de sedimentos;

Quando $\Delta Q_{ss}<0$ significa que na área intermediária entre as estações ocorre depósito/retenção de sedimentos em suspensão.

Para os postos de interesse, ou seja, os que dispõem de dados de concentração de sedimentos que permitam o cálculo da vazão sólida, foram geradas as vazões médias de longo termo (MLT), procurando-se preencher falhas em cada um através de correlações de vazões médias mensais entre si ou com os postos vizinhos relacionados no**Quadro 6.69**.

Os postos de interesse são apresentados no quadro a seguir:

Quadro 6.69 Postos Hidrossedimentométricos Selecionados

Nº	Código	Posto	Rio	UF
1	58087600	Paraibuna	Paraibuna	SP
2	58099000	Santa Branca Jusante	Paraíba do Sul	SP
3	58139000	São José dos Campos	Paraíba do Sul	SP
4	58183000	Pindamonhangaba	Paraíba do Sul	SP
5	58235100	Queluz	Paraíba do Sul	SP
6	58240500	Reservatório Funil	Paraíba do Sul	RJ
7	58305001	Volta Redonda	Paraíba do Sul	RJ
8	58321000	Barra do Piraí	Paraíba do Sul	RJ
9	58385100	Três Rios	Paraíba do Sul	RJ
10	58440000	Moura Brasil	Piabanha	RJ
11	58480500	Juiz de Fora – Jusante	Paraibuna	MG
12	58620000	Santa Fé (Fazenda Piracema)	Paraibuna	MG
13	58630002	Anta	Paraíba do Sul	RJ
14	58678080	Itaocara	Paraíba do Sul	RJ
15	58770000	Cataguases	Pomba	MG
16	58790002	Santo Antônio de Pádua II	Pomba	RJ
17	58880001	São Fidélis	Paraíba do Sul	RJ
18	58917000	Jussara	Glória	MG
19	58960000	Cardoso Moreira - RV	Muriaé	RJ
20	58974000	Campos - Ponte Municipal	Paraíba do Sul	RJ

Para efeito de análise do rio Paraíba do Sul foi considerada a sua divisão em três trechos, quais sejam, alto, médio e baixo, representados neste estudo pelos postos hidrossedimentométricos a seguir relacionados:

- trecho alto: Paraibuna, Santa Branca, São José dos Campos e Pindamonhangaba;
- trecho médio: Queluz, Reservatório Funil, Volta Redonda, Barra do Piraí, Três Rios, Moura Brasil, Juiz de Fora - Jusante, Santa Fé (Fazenda Piracema) e Anta;
- trecho baixo: Itaocara, Cataguases, Santo Antônio de Pádua II, São Fidélis, Jussara, Cardoso Moreira - RV e Campos - Ponte Municipal.

As vazões sólidas calculadas em cada posto referem-se às vazões sólida em suspensão, e foram calculadas a partir da seguinte expressão:

$$Qss = 0{,}0864 Q_l C$$

onde:

Q_{ss} = descarga sólida em suspensão, em t/dia;

Q_l = descarga líquida, em m³/s;

C = concentração do sedimento em suspensão, em mg/L.

Para esses postos foi então definida uma relação vazão líquida x vazão sólida em suspensão, considerando-se uma expressão na forma de potência da seguinte forma:

$$Qss = a{Q_l}^b$$

onde:

Q_l = descarga líquida, em m³/s;

a e b = constantes.

Em seguida, em cada posto, essa expressão foi aplicada à série de vazões médias mensais definida, gerando valores mensais de vazão sólida em suspensão e, consequentemente, o transporte anual conforme apresentado no **Quadro 6.70** a seguir.

No caso dos postos Volta Redonda e Jussara foi considerada a média das concentrações (Concentração Média Histórica – CMH), tendo em vista o reduzido número de medições sólidas realizadas para definir uma relação com as medições líquidas.

Quadro 6.70 Vazão Média de Longo Termo e Vazão Sólida Anual

Nº	Código	Posto	Rio	UF	Equação	CMH (mg/l)	Q_{MLT} (m^3/s)	Q_{ss}(t/ano)
1	58087600	Paraibuna	Paraibuna	SP	$Q_{sól} = 0,0030.Q_{líq}^{2,2723}$		68,7	22.424
2	58099000	Santa Branca Jusante	Paraíba do Sul	SP	$Q_{sól} = 0,04921.Q_{líq}^{1,83461}$		77,8	61.031
3	58139000	São José dos Campos	Paraíba do Sul	SP	$Q_{sól} = 5,9637.Q_{líq}^{0,8202}$		118,9	109.616
4	58183000	Pindamonhangaba	Paraíba do Sul	SP	$Q_{sól} = 0,30464.Q_{líq}^{1,49465}$		152,3	215.874
5	58235000	Queluz	Paraíba do Sul	SP	$Q_{sól} = 0,000048.Q_{líq}^{3,208886}$		217,6	1.177.334
6	58240500	Reservatório Funil	Paraíba do Sul	RJ	-		229,2	146.624
7	58305001	Volta Redonda	Paraíba do Sul	RJ	-	17,33	280,0	299.649
8	58321000	Barra do Piraí	Paraíba do Sul	RJ	$Q_{sól} = 0,0917.Q_{líq}^{1,8623}$		182,7	846.659
9	58385100	Três Rios	Paraíba do Sul	RJ	$Q_{sól} = 0,0125.Q_{líq}^{2,116}$		223,7	360.256
10	58440000	Moura Brasil	Piabanha	RJ	$Q_{sól} = 0,0978.Q_{líq}^{2,0517}$		39,1	107.244
11	58480500	Juiz de Fora - Jusante	Paraibuna	MG	$Q_{sól} = 2,31094.Q_{líq}^{1,29301}$		21,4	46.587
12	58620000	Sta. Fé (Faz. Piracema)	Paraibuna	MG	$Q_{sól} = 0,0042.Q_{líq}^{2,4256}$		202,3	799.001
13	58630002	Anta	Paraíba do Sul	RJ	$Q_{sól} = 0,00101.Q_{líq}^{2,43819}$		432,4	1.846.086
14	58678080	Itaocara	Paraíba do Sul	RJ	$Q_{sól} = 0,0019.Q_{líq}^{2,2966}$		496,4	2.714.291
15	58770000	Cataguases	Pomba	MG	$Q_{sól} = 0,05246.Q_{líq}^{1,97022}$		99,8	239.137
16	58790000	Santo Antônio de Pádua	Pomba	RJ	$Q_{sól} = 0,21074.Q_{líq}^{1,52139}$		131,6	152.750
17	58880001	São Fidélis	Paraíba do Sul	RJ	$Q_{sól} = 4,048.Q_{líq}^{0,809}$		734,0	296.792
18	58917000	Jussara	Glória	MG	-	35,56	18,3	20.488
19	58960000	Cardoso Moreira - RV	Muriaé	RJ	$Q_{sól} = 0,33172.Q_{líq}^{1,56461}$		101,2	212.081
20	58974000	Campos - Ponte Municipal	Paraíba do Sul	RJ	$Q_{sól} = 0,01721.Q_{líq}^{1,90493}$		801,3	3.018.846

Legenda: CMH = Concentração Média Histórica ; QSS = Descarga Sólida em Suspensão ; QMLT = Vazão Média de Longo Termo

Nesse quadro, em alguns casos não se conseguiu a atualização dos dados e se mantiveram os valores do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Paraíba do Sul (2007-2010, Fundação COPPETEC) como, por exemplo, para o reservatório de Funil onde adotaram-se os valores referentes à campanha realizada por Furnas nesse reservatório, com coleta de água para análise de concentração de sedimentos.

Nessa campanha foram medidas as concentrações no ponto mais a montante do reservatório (P1) e em outro ponto junto ao barramento (P20), indicando a retenção de

sedimentos no local. Os valores obtidos nessa campanha são apresentados no quadro a seguir.

Quadro 6.71 Concentrações Afluente e Defluente Medidas no Reservatório de Funil

Data	Concentração (mg/L)		% Retida
	P1 - Afluente	P20 - Defluente	
27/03/93	74,4	6,4	91,4
28/04/93	44,0	3,2	92,7
14/05/93	32,3	3,8	88,2
17/07/93	30,7	6,5	78,7
Média	**45,4**	**5,0**	**88,0**

Considerando a afluência em Funil correspondente à descarga sólida em suspensão de Queluz, de 1.177.334 t/ano, e com a eficiência de retenção do reservatório de 88%, chega-se a descarga sólida defluente em Funil de 146.624 t/ano. Assim, a concentração média anual defluente de Funil corresponde 20,6 mg/L.

O balanço sedimentológico de acordo com a metodologia proposta foi então realizado com o cálculo das diferenças das descargas sólidas em suspensão nos postos e reservatórios da bacia relacionadas com as áreas intermediárias entre cada local, representando assim as produções mínimas específicas de sedimentos em suspensão (PEMS) em t/ano.km².

Os valores obtidos foram classificados de acordo com o quadro a seguir, conforme o "Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros":

Quadro 6.72 Classes de Produção Específica Mínima de Sedimentos em Suspensão (PMES)

Faixa (t/ano/km²)	Classe
0 - 10	1
10 - 50	2
50 - 100	3
100 - 200	4
200 - 400	5
400 - 600	6
600 - 10000	7

O **Quadro 6.73**a seguir apresenta o balanço sedimentológico e a classificação das produções específicas de acordo com o **Quadro 6.72**, representados também na **Figura 6.27**.Nesse quadro, quando num trecho de rio a produção de jusante é inferior à de montante fica caracterizada a condição de "depósito" no trecho.

Quadro 6.73 Balanço Sedimentológico Simplificado da Bacia do Rio Paraíba do Sul e Produção Específica Mínima de Sedimentos

Nº	Código	Posto	Rio	UF	AD (km²)	Q_{MLT} (m³/s)	Q_{ss}(t/ano)	ΔQ_{ss}(t/ano)	PEMS (t/km²/ano)	Condição	Classe
1	58087600	Paraibuna	Paraibuna	SP	1.580	68,7	22.424		14,2		2
2	58099000	Santa Branca Jusante	Paraíba do Sul	SP	4.935	77,8	61.031	38.607	11,5		2
3	58139000	São José dos Campos	Paraíba do Sul	SP	7.470	118,9	109.616	48.584	19,2		2
4	58183000	Pindamonhangaba	Paraíba do Sul	SP	9.576	152,3	215.874	106.258	50,5		3
5	58235100	Queluz	Paraíba do Sul	SP	12.749	217,6	1.177.334	961.460	303,0		5
6	58240500	Reservatório Funil	Paraíba do Sul	RJ	13.410	229,2	146.624	-1.030.710		depósito	
7	58305001	Volta Redonda	Paraíba do Sul	RJ	15.980	280,0	152.998	6.374	2,5		1
8	58321000	Barra do Piraí	Paraíba do Sul	RJ	17.639	182,7	846.659	693.661	892,8		7
9	58385100	Três Rios	Paraíba do Sul	RJ	19.700	223,7	360.256	-486.403		depósito	
10	58440000	Moura Brasil	Piabanha	RJ	2.040	39,1	107.244		52,6		3
11	58480500	Juiz de Fora - Jusante	Paraibuna	MG	969	21,4	46.587		48,1		2
12	58620000	Santa Fé (Faz. Piracema)	Paraibuna	MG	8.560	202,3	799.001	752.414	99,1		3
13	58630002	Anta	Paraíba do Sul	RJ	30.579	432,4	1.846.086	579.586	2077,4		7
14	58678080	Itaocara	Paraíba do Sul	RJ	33.550	496,4	2.714.291	868.204	292,2		5
15	58770000	Cataguases	Pomba	MG	5.880	99,8	239.137		40,7		2
16	58790002	Santo Antônio de Pádua II	Pomba	RJ	8.210	131,6	152.750	-86.387		depósito	
17	58880001	São Fidélis	Paraíba do Sul	RJ	46.731	734,0	296.792	-2.570.249		depósito	
18	58917000	Jussara	Glória	MG	744	18,3	20.488		27,5		2
19	58960000	Cardoso Moreira - RV	Muriaé	RJ	7.210	101,2	212.081	191.593	29,4		2
20	58974000	Campos - Ponte Municipal	Paraíba do Sul	RJ	55.500	801,3	3.018.846	2.509.973	1610,0		7

Legenda: CMH = Concentração Média Histórica ; QSS = Descarga Sólida em Suspensão ; QMLT = Vazão Média de Longo Termo ; PMES = Produção Específica Mínima de Sedimentos

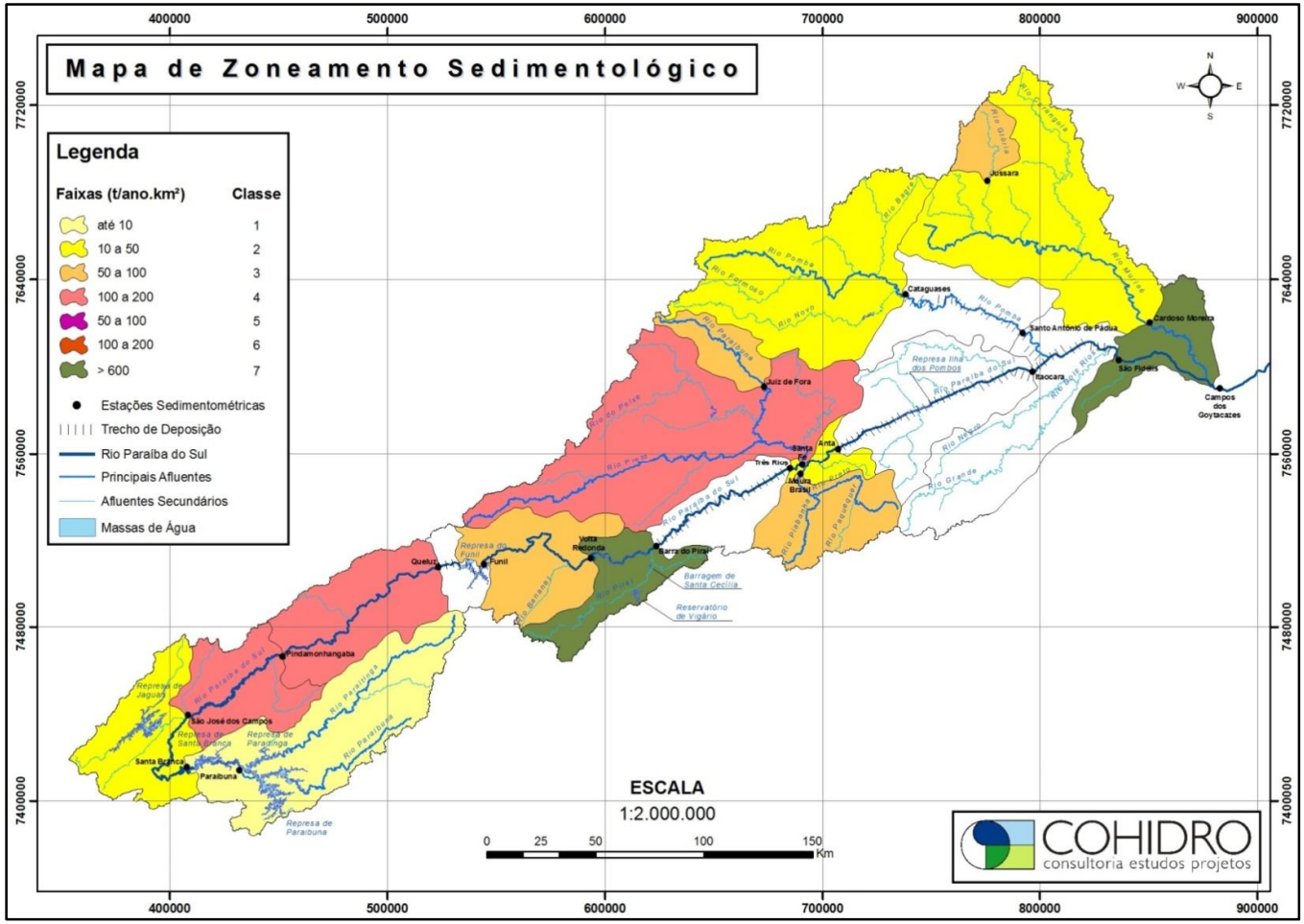


Figura 6.27 Zoneamento Sedimentológico da Bacia do Rio Paraíba do Sul

6.5.3 Diagnóstico Preliminar

As informações disponíveis relativas medições de descarga sólida na bacia do rio Paraíba do Sul são bastante deficientes, tanto em quantidade de pontos de observação quanto em serviços de coletas sedimentométricas que permitam uma avaliação quantitativa dos processos hidrossedimentológicos da bacia.

Assim, com o que se dispõe de informações, as estimativas aqui apresentadas somente podem ser consideradas como indicativos desses processos. Da análise do **Quadro 6.73** e da **Figura 6.27**,pode-se inferir o que se apresenta a seguir:

Trecho Superior da Bacia do Rio Paraíba do Sul

- Das cabeceiras até a estação de Paraibuna

Observa-se nesse trecho uma produção baixa de sedimentos, de 14,2 t/km².ano, de Classe 2. O reservatório de Paraibuna, nesse trecho da bacia, certamente contribui para retenção de parte desse sedimento produzido.

- Entre as estações de Paraibuna e Pindamonhangaba

Nesse trecho observa-se uma baixa produção de sedimentos, de Classes 2 e 3, o que provavelmente se dá pela presença dos reservatórios de cabeceiras de Paraitinga, Santa Branca e Jaguari.

Trecho Médio da Bacia do Rio Paraíba do Sul

- Entre as estações de Pindamonhangaba e Queluz

Esse trecho apresenta produção mais significativa de sedimentos, de 303,0 t/km².ano, enquadrado na Classe 5. Observa-se a jusante de São José dos Campos uma maior utilização do solo às margens do rio Paraíba do Sul, o que pode justificar o aumento da produção para Classe 5.

- Entre a estação de Queluz e a jusante do reservatório de Funil

Esse trecho caracteriza a deposição que ocorre no reservatório de Funil.

- Entre o reservatório de Funil e a estação de Volta Redonda

Esse trecho apresenta baixa produção de sedimentos, de Classe 3, ainda reflexo da deposição no reservatório de Funil.

- Entre as estações de Volta Redonda e Barra do Piraí

A produção de sedimentos nesse trecho é significativa, correspondendo a Classe 7. Registra-se que na barragem de Santa Cecília, a montante da estação sedimentométrica de Barra do Piraí, é feita a transferência de 140 m³/s para o sistema Light/Guandu. Considerando uma concentração média dos sedimentos de 143,7 mg/L em Barra do Piraí, estima-se em cerca de 634.441 t/ano a carga de sedimentos transferida para esse sistema.Somado ao valor do posto de Barra do Piraí totalizaria uma carga de sedimentos no posto de 1.481.100 t/ano, o que representa uma produção específica de 892,8 t/ano.km², correspondendo a Classe 7.

Essa produção pode ser explicada pelos processos erosivos de todos os tipos verificados no município de Barra do Piraí. Estudos realizados identificaram a substituição da cultura do café por pastagem, rareada com o tempo proporcionando a intensificação de processos erosivos. Além disso, a urbanização desordenada vem acelerando ainda mais o processo de degradação ambiental do município.

- Entre as estações de Barra do Piraí e Três Rios

Caracteriza-se pela deposição de sedimentos devido à baixa declividade do rio Paraíba do Sul no trecho.

- Entre as estações de Três Rios e Anta

O rio Paraíba do Sul nesse trecho recebe a importante contribuição dos rios Piabanha, pela margem direita, e Paraibuna, pela margem esquerda, com produção específica de sedimentos de Classe 3. A área intermediária entre a foz desses rios e a estação de Anta apresentou produção significativa de sedimentos , com Classe 7.

<u>Trecho Baixo da Bacia do Rio Paraíba do Sul</u>

- Entre as estações de Anta e Itaocara

Observa-se nesse trecho uma diminuição da produção específica de sedimentos possivelmente com deposição no reservatório de Ilha dos Pombos, prevendo-se que esse

fenômeno possa aumentar em virtude da implantação da UHE Simplício, com reservatório na localidade de Anta.

- Entre as estações de Itaocara e São Fidélis

O rio Paraíba do Sul nesse trecho recebe a contribuição do rio Pomba, pela margem esquerda. Nesse rio verifica-se depósito de sedimentos, registrando-se também uma baixa produção específica com Classe 2. Até a localidade de São Fidélis verifica-se depósito de sedimento mais significativo.

- Entre as estações de São Fidélis e Campos

Nesse trecho a contribuição significativa ao rio Paraíba do Sul vem da margem esquerda com o rio Muriaé. Essa sub-bacia, entretanto, apresenta baixa produção específica de sedimentos, de Classe 2. Do trecho inferior do rio Muriaé e da área intermediária entre São Fidélis e Campos observa-se uma alta produção de sedimentos, da ordem de 2.500.000t/ano, a uma taxa de 1610 t/ano/km², na Classe 7.

- Entre a estação de Campos e a foz

Não se tem elementos para avaliação de produção de sedimentos nesse trecho, mas por ser zona de estuário estima-se que seja zona de depósitos até a foz.

6.5.4 Conclusões e Recomendações

De uma maneira geral as áreas do zoneamento sedimentológico identificadas neste estudo incluem-se na Classe 4 de produção específica de sedimentos, situando-se num valor médio desse fenômeno. Nas 2 zonas de maior produção, de Classe 7, seriam necessárias maiores investigações para melhor identificação das causas dessa alta produção de sedimentos.

A qualidade e quantidade de informações de transporte de sedimentos na bacia é pobre para as dimensões e importância da bacia, sendo recomendável que se implementem mais atividades de medições hidrossedimentométricas tanto no rio Paraíba do Sul quanto em seus tributários.

6.6 USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS E DEMANDAS

Para o cálculo das vazões necessárias para abastecimento dos usos consuntivos e para as demandas de água necessárias à manutenção dos usos não consuntivos foram considerados na metodologia de cálculo as estimativas das populações urbana, rural e animal, além da expansão da irrigação e da indústria.

As questões referentes às demandas hídricas de saneamento foram desenvolvidas e apresentadas no relatório parcial RP-04 - Diagnóstico das Fontes de Poluição, no âmbito da presente revisão do Plano de Bacia do Rio Paraíba do Sul - PIRH, em desenvolvimento para a AGEVAP.

Por ocasião da elaboração de tais estudos, foi possível levantar-se as demandas hídricas por tipo de uso, a parcela de retorno para cada tipo, a vazão e o manancial utilizado para captação de água para abastecimento humano, além da definição dos “shapes” com as manchas que caracterizam os locais de uso dos recursos hídricos para suprir as demandas de cada atividade implantada na Bacia (indústria, irrigação, mineração, pecuária e usina termoelétrica).

Ao longo do trabalho foram pesquisados e utilizados, como base de apoio e desenvolvimento dos serviços, os seguintes estudos e produtos:

- Base cartográfica do IBGE de 2010
- Hidrografia nas escalas 1:1.000.000 e 1:250.000 (Agência Nacional de Águas -ANA; 2012 e 2013, respectivamente);
- “Shape” com a nova delimitação das áreas de abrangência dos Comitês de Bacia do Rio Paraíba do Sul (INEA / CEPERJ), ano 2013
- “Shape” de isoietas em escala 1:2.500.000 (CPRM), precipitações médias anuais, série de 1977 a 2006, produzido em 2013
- Regionalização de vazões da sub-bacia 58 (CPRM, 2002)
- Regionalização de vazões da sub-bacia 58 (CPRM, 2013)
- Banco de Dados HIDRO (ANA)
- Estudos elaborados referentes à caracterização ambiental da Bacia do Rio Paraíba do Sul (COHIDRO,2013)

- Plano Nacional de Recursos Hídricos – prioridades 2012-2015, dezembro/2011
- Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais, 2011
- Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, trecho do Estado de São Paulo (UGRHI 02) – 2011-2014, novembro/2011
- Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, 2013
- Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro, 2013.

Com apoio nas informações e dados secundários obtidos nos documentos elencados acima, os estudos para definição e espacialização dos usos, demandas e disponibilidades hídricas, além dos balanços hídricos, foram realizados usando-se um sistema de banco de dados georreferenciado, desenvolvido com base no ArcGis 10, com as ferramentas de desenvolvimento ArcObjects 10 e Access, além de apoio na parte de edição e conferência de dados a partir do Google Earth.

As demandas hídricas para abastecimento humano foram alocadas nos mananciais indicados no relatório acima citado. Quanto às demais demandas foram distribuídas pelas áreas delimitadas nos “shapes” de cada atividade implantada na Bacia.

A seguir, são apresentados os conceitos, metodologias e procedimentos adotados para a determinação das demandas hídricas, por tipo de uso, na área de abrangência de cada CBH.

6.6.1 Demandas para Abastecimento Humano

Com os estudos desenvolvidos para caracterização do saneamento ambiental na Bacia, obteve-se os resultados das demandas e retornos de água para abastecimento humano.

Do **Quadro 6.74** ao **Quadro 6.81** são apresentadas as demandas hídricas para abastecimento humano e seus retornos, em cada município, para cada uma das oito Unidades de Planejamento – UPs.

Estas tabelas apresentam na primeira coluna o município a que se referem os dados, em seguida o(s) distrito(s), os dados sobre população urbana, rural e total do Censo IBGE 2010. O percentual indicado da área do distrito municipal inserida no Comitê em referência, foi utilizado para calcular, proporcionalmente, a população rural da parte do distrito contida no Comitê.

No que se refere às demandas hídricas, as tabelas apresentam a demanda urbana, obtida pela vazão captada, e a demanda rural calculada em função da população rural do distrito, com consumo *per capita* de água igual a 70 l/hab.dia.

A última coluna apresenta a vazão de retorno das demandas de abastecimento humano, sendo calculada a partir das vazões captadas, descontadas as perdas ao longo do sistema de abastecimento e com taxa de retorno igual a 80%.

Ressalta-se, ainda, que do **Quadro 6.74** ao **Quadro 6.81**, ao apresentarem população nula em alguma sede municipal ou distrito, indicam que esta porção do município não está inserida no Comitê em referência.

Quadro 6.74 Demandas De Abastecimento Humano – CBH – Paraíba do Sul (SP)

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
APARECIDA	APARECIDA	34.498	509	100,00	35.007	0,162037	0,000412	0,113426
ARAPEÍ	ARAPEÍ	1.875	618	100,00	2.493	0,005579	0,000501	0,003905
AREIAS	AREIAS	2.478	1.218	100,00	3.696	0,009329	0,000987	0,009795
ARUJÁ	ARUJÁ	71.916	2.227	74,50	74.143	**(**)**	0,001804	0,145663
BANANAL	BANANAL	8.157	1.620	78,40	9.777	0,018646	0,001313	0,013052
CAÇAPAVA	CAÇAPAVA	72.517	12.235	100,00	84.752	**(**)**	0,009913	0,152590
CACHOEIRA PAULISTA	CACHOEIRA PAULISTA	24.572	5.519	100,00	30.091	0,074931	0,004471	0,055733
CANAS	CANAS	4.070	315	100,00	4.385	**(**)**	0,000255	0,005777
CRUZEIRO	CRUZEIRO	75.076	1.963	100,00	77.039	0,217234	0,001590	0,152064
CUNHA	CUNHA	11.056	7.283	100,00	18.339	0,024389	0,005901	0,017072
	CAMPOS DE CUNHA	1.111	2.072	85,77	3.183	0,002451	0,001679	0,001716
GUARAREMA	GUARAREMA	22.240	3.604	100,00	25.844	0,036991	0,002920	0,032578
GUARATINGUETÁ	GUARATINGUETÁ	106.762	5.310	100,00	112.072	0,380475	0,004302	0,282017
GUARULHOS	GUARULHOS	784.738	0	24,26	784.738	2,150233	0	1,574981
	JARDIM PRESIDENTE DUTRA	437.241	0	3,65	437.241	1,198069	0	0,877549
IGARATÁ	IGARATÁ	7.005	1.826	100,00	8.831	0,011195	0,001479	0,007837
ITAQUAQUECETUBA	ITAQUAQUECETUBA	321.770	0	13,75	321.770	**(**)**	0	0
JACAREÍ	JACAREÍ	186.921	2.488	100,00	189.409	0,540859	0,002016	0,451109
	PARQUE MEIA LUA	11.271	29	100,00	11.300	0,032613	2,35E-05	0,027201
	SÃO SILVESTRE DE JACAREÍ	10.105	400	100,00	10.505	0,029239	0,000324	0,024387
JAMBEIRO	JAMBEIRO	2.561	2.788	100,00	5.349	**(**)**	0,002259	0,005809

Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Paraíba do Sul (SP) – Continuação

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
LAGOINHA	LAGOINHA	3.138	1.703	100,00	4.841	0,006238426	0,001379745	0,004366898
LAVRINHAS	LAVRINHAS	4.376	180	100,00	4.556	0,010549953	0,000145833	0,007384967
	PINHEIROS	1.673	361	100,00	2.034	0,004033380	0,000292477	0,002823366
LORENA	LORENA	80.173	2.364	100,00	82.537	0,231982060	0,001915278	0,162387442
MOGI DAS CRUZES	MOGI DAS CRUZES	163.935	4.039	48,47	167.974	0,474348958	0,003272338	0,332765393
	SABAÚNA	2.395	9.437	77,89	11.832	0,006929977	0,007645718	0,004861519
MONTEIRO LOBATO	MONTEIRO LOBATO	1.778	2.342	100,00	4.120	0,004687500	0,001897454	0,003491898
NATIVIDADE DA SERRA	NATIVIDADE DA SERRA	2.511	2.611	100,00	5.122	0,007265625	0,002115394	0,005085938
	BAIRRO ALTO	277	1.279	100,00	1.556	0,000801505	0,001036227	0,000561053
PARAIBUNA	PARAIBUNA	5.242	10.974	90,35	16.216	0,011140046	0,008890972	0,007798032
PINDAMONHANGABA	PINDAMONHANGABA	103.928	4.929	100,00	108.857	0,267994914	0,003993403	0,187596440
	MOREIRA CÉSAR	37.780	358	100,00	38.138	0,097421752	0,000290046	0,068195227
PIQUETE	PIQUETE	13.212	895	100,00	14.107	0,063194444	0,000725116	0,044236111
POTIM	POTIM	14.709	4.688	100,00	19.397	**(**)**	0,003798148	0,029792535
QUELUZ	QUELUZ	9.275	2.034	100,00	11.309	0,020636574	0,001647917	0,014445602
REDENÇÃO DA SERRA	REDENÇÃO DA SERRA	2.213	1.660	100,00	3.873	0,003634259	0,001344907	0,002543981
ROSEIRA	ROSEIRA	9.116	483	100,00	9.599	**(**)**	0,000391319	0,016082176

Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Paraíba do Sul (SP) – Conclusão

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
SALESÓPOLIS	SALESÓPOLIS	8.451	74	1,84	8.525	0,012558205	5,99537E-05	0,010152690
SANTA BRANCA	SANTA BRANCA	12.140	1.623	100,00	13.763	0,040000000	0,001314931	0,028000000
SANTA ISABEL	SANTA ISABEL	39.591	10.862	100,00	50.453	0,114557292	0,008800231	0,081000289
SÃO JOSÉ DO BARREIRO	SÃO JOSÉ DO BARREIRO	2.869	508	42,07	3.377	0,008301505	0,000411574	0,005811053
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	531.789	10.615	100,00	542.404	1,088713106	0,008600116	1,073373218
	EUGÊNIO DE MELO	83.652	13	100,00	83.665	0,171257827	1,05324E-05	0,168844817
	SÃO FRANCISCO XAVIER	1.665	2.187	100,00	3.852	0,003408697	0,001771875	0,003360668
SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SÃO LUÍS DO PARAITINGA	5.607	3.463	100,00	9.070	0,014564809	0,002805671	0,010195366
	CATUÇABA	573	754	100,00	1.327	0,001488432	0,000610880	0,001041902
SILVEIRAS	SILVEIRAS	2.879	2.913	100,00	5.792	0,006481481	0,002360069	0,005039352
TAUBATÉ	TAUBATÉ	231.649	4.235	100,00	235.884	0,817434998	0,003431134	0,575157271
	QUIRIRIM	41.024	1.778	100,00	42.802	0,144764076	0,001440509	0,101857776
TREMEMBÉ	TREMEMBÉ	36.936	4.048	100,00	40.984	0,106875000	0,003279630	0,074812500
TOTAL		**3.652.496**	**145.434**		**3.797.930**	**4,800323785**	**0,117828472**	**6,987325985**

OBSERVAÇÃO

(**) Esta convenção indica que o abastecimento destes locais é oriundo de captação de água subterrânea.

Quadro 6.75 Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Médio Paraíba do Sul

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
BARRA DO PIRAÍ	BARRA DO PIRAÍ	69.364	467	74,76	69.831	0,185428	0,000378	0,130435
	CALIFÓRNIA DA BARRA	12.664	0	100,00	12.664	0,033854	0,000000	0,023814
	DORÂNDIA	1.880	661	100,00	2.541	0,005026	0,000536	0,003535
	IPIABAS	3.954	340	100,00	4.294	0,010570	0,000275	0,007435
	SÃO JOSÉ DO TURVO	317	549	100,00	866	0,000847	0,000445	0,000596
	VARGEM ALEGRE	3.778	646	100,00	4.424	0,010100	0,000523	0,007104
BARRA MANSA	BARRA MANSA	171.405	371	100,00	171.776	0,169372	0,000301	0,120531
	ANTÔNIO ROCHA	116	535	100,00	651	0,000115	0,000433	8,16E-05
	FLORIANO	1.458	204	100,00	1.662	0,001441	0,000165	0,001025
	NOSSA SENHORA DO AMPARO	1.129	375	100,00	1.504	0,001116	0,000304	0,000794
	RIALTO	844	72	100,00	916	0,000834	5,83E-05	0,000593
	SANTA RITA DE CÁSSIA	1.241	63	100,00	1.304	0,001226	5,10E-05	0,000873
COMENDADOR LEVY GASPARIAN	COMENDADOR LEVY GASPARIAN	6.671	142	100,00	6.813	0,013906	0,000115	0,009734
	AFONSO ARINOS	1.191	176	100,00	1.367	0,002483	0,000143	0,001738
ITATIAIA	ITATIAIA	27.813	970	100,00	28.783	0,036054	0,000786	0,025238
MENDES	MENDES	0	53	22,85	53	**(*)**	4,29E-05	0
MIGUEL PEREIRA	MIGUEL PEREIRA	13.509	346	18,85	13.855	**(*)**	0,00028	0,038702
	GOVERNADOR PORTELA	6.419	88	9,78	6.507	0,026271	7,13E-05	0,018390
PARAÍBA DO SUL	PARAÍBA DO SUL	18.078	1.551	100,00	19.629	0,047192	0,001257	0,033378
	INCONFIDÊNCIA	0	169	12,14	169	**(*)**	0,000137	0
	SALUTARIS	14.432	925	68,63	15.357	0,037674	0,000749	0,026647
	WERNECK	3.133	642	100,00	3.775	0,008179	0,000520	0,005785
PATY DO ALFERES	PATY DO ALFERES	13.946	4.607	84,37	18.553	0,025150	0,003733	0,017605
	AVELAR	4.639	2.048	88,49	6.687	0,008366	0,001659	0,005856

Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Médio Paraíba do Sul – Continuação

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
PINHEIRAL	PINHEIRAL	20.411	2.308	100,00	22.719	0,052410	0,001870	0,036687
PIRAÍ	PIRAÍ	0	240	7,67	240	**(*)**	0,000194	0,000000
	ARROZAL	5.490	1.443	95,15	6.933	0,015619	0,001169	0,010934
	SANTANÉSIA	0	54	32,23	54	**(*)**	0,000044	0,000000
PORTO REAL	PORTO REAL	16.497	95	100,00	16.592	0,047734	0,000077	0,033414
QUATIS	QUATIS	11.662	467	100,00	12.129	0,028052	0,000378	0,019637
	FALCÃO	156	73	100,00	229	0,000375	0,000059	0,000263
	RIBEIRÃO DE SÃO JOAQUIM	211	224	100,00	435	0,000508	0,000181	0,000355
RESENDE	RESENDE	77.943	2.804	100,00	80.747	0,221107	0,002272	0,154775
	AGULHAS NEGRAS	29.525	2.462	100,00	31.987	0,083756	0,001995	0,058629
	ENGENHEIRO PASSOS	3.305	685	100,00	3.990	0,009376	0,000555	0,006563
	FUMAÇA	200	503	100,00	703	0,000567	0,000408	0,000397
	PEDRA SELADA	1.358	984	100,00	2.342	0,003852	0,000797	0,002697
RIO CLARO	GETULÂNDIA	670	537	87,42	1.207	0,000559	0,000435	0,000451
RIO DAS FLORES	RIO DAS FLORES	3.455	1.023	100,00	4.478	0,006977	0,000829	0,006998
	ABARRACAMENTO	51	324	100,00	375	0,000103	0,000263	0,000103
	MANUEL DUARTE	628	903	100,00	1.531	0,001268	0,000732	0,001272
	TABOAS	1.825	352	100,00	2.177	0,003686	0,000285	0,003696
TRÊS RIOS	TRÊS RIOS	73.436	196	80,86	73.632	0,261347	0,000159	0,182943

Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Médio Paraíba do Sul – Conclusão

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
VALENÇA	VALENÇA	55.105	1.915	100,00	57.020	0,089902	0,001552	0,078106
	BARÃO DE JUPARANÃ	2.931	1.769	100,00	4.700	0,004782	0,001433	0,004154
	CONSERVATÓRIA	1.564	2.618	100,00	4.182	0,002552	0,002121	0,002217
	PARAPEÚNA	720	1.163	100,00	1.883	0,001175	0,000942	0,001021
	PENTAGNA	281	1.346	100,00	1.627	0,000458	0,001091	0,000398
	SANTA ISABEL DO RIO PRETO	1.623	808	100,00	2.431	0,002648	0,000655	0,002300
VASSOURAS	VASSOURAS	21.922	6.589	88,67	28.511	0,045235	0,005338	0,031665
	ANDRADE PINTO	963	1.314	100,00	2.277	0,001987	0,001065	0,001391
	SÃO SEBASTIÃO DOS FERREIROS	278	786	85,50	1.064	0,000574	0,000637	0,000402
	SEBASTIÃO DE LACERDA	36	1.547	100,00	1.583	0,000074	0,001253	0,000052
VOLTA REDONDA	VOLTA REDONDA	257.686	117	100,00	257.803	0,996639	0,000095	0,697647
TOTAL		**967.913**	**967.913**	**51.649**		**1.019.562**	**2,508524**	**0,041845**

OBSERVAÇÃO

(*) Esta convenção indica que a captação para o abastecimento destes locais é feita fora desta área.

Quadro 6.76 Demandas de Abastecimento Humano – CBH Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) –Sub-Bacia do Rio Piraí

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
BARRA DO PIRAÍ	BARRA DO PIRAÍ	69.364	158	25,24	69.522	0,185428	0,000128	0,130435
ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	6.132	1.038	39,61	7.170	0,007292	0,000841	0,005105
	SACRA FAMÍLIA DO TINGUÁ	3.391	857	78,37	4.248	0,004033	0,000694	0,002823
MENDES	MENDES	17.701	179	76,39	17.880	0,080556	0,000145	0,067586
PIRAÍ	PIRAÍ	13.797	2.654	84,70	16.451	0,039253	0,002150	0,027477
	ARROZAL	0	74	4,85	74	**(*)**	0,000060	0,000000
	SANTANÉSIA	1.160	114	67,78	1.274	0,003300	0,000092	0,002310
RIO CLARO	RIO CLARO	5.904	835	100,00	6.739	0,004930	0,000677	0,003972
	GETULÂNDIA	0	77	12,59	77	**(*)**	0,000062	0,000000
	LÍDICE	4.618	928	100,00	5.546	0,003856	0,000752	0,003107
	PASSA TRÊS	2.395	340	57,18	2.735	0,002000	0,000275	0,001611
VASSOURAS	VASSOURAS	0	842	11,33	842	**(*)**	0,000682	0,000000
	SÃO SEBASTIÃO DOS FERREIROS	0	42	4,61	42	**(*)**	0,000034	0,000000
TOTAL		**124.462**	**8.138**		**132.600**	**0,330647**	**0,006593**	**0,244426**

OBSERVAÇÃO

(*) Esta convenção indica que a captação para o abastecimento destes locais é feita fora desta área.

Quadro 6.77 Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Preto-Paraibuna

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
ALÉM PARAÍBA	ALÉM PARAÍBA	0	782	49,33	782	(*)	0,000634	0
ANTÔNIO CARLOS	ANTÔNIO CARLOS	4.317	608	34,03	4.925	0,012491	0,000493	0,009906
BELMIRO BRAGA	BELMIRO BRAGA	598	1.765	100,00	2.363	0,001730	0,001430	0,001701
	PORTO DAS FLORES	295	198	100,00	493	0,000854	0,000160	0,000839
	TRÊS ILHAS	206	341	100,00	547	0,000596	0,000276	0,000586
BIAS FORTES	BIAS FORTES	1.499	2.294	100,00	3.793	0,004337	0,001859	0,003036
BICAS	BICAS	12.957	555	79,76	13.512	0,037500	0,000450	0,026250
BOCAINA DE MINAS	BOCAINA DE MINAS	1.425	453	33,49	1.878	0,001932	0,000367	0,001353
	MIRANTÃO	971	744	59,16	1.715	0,001317	0,000603	0,000922
BOM JARDIM DE MINAS	BOM JARDIM DE MINAS	5.420	37	9,16	5.457	0,015683	0,000030	0,011151
	TABUÃO	156	525	100,00	681	0,000451	0,000425	0,000321
CHÁCARA	CHÁCARA	1.903	889	100,00	2.792	(**)	0,000720	0,003854
CHIADOR	CHIADOR	849	763	100,00	1.612	(**)	0,000618	0,001720
	PENHA LONGA	637	536	100,00	1.173	(**)	0,000434	0,001290
CORONEL PACHECO	CORONEL PACHECO	0	46	5,54	46	(*)	0,000037	0,000000
EWBANK DA CÂMARA	EWBANK DA CÂMARA	3.459	294	100,00	3.753	0,010009	0,000238	0,007006
GUARARÁ	GUARARÁ	3.487	442	100,00	3.929	(**)	0,000358	0,007063
JUIZ DE FORA	JUIZ DE FORA	506.841	2.362	100,00	509.203	1,450270	0,001914	1,016283
	ROSÁRIO DE MINAS	1.518	863	100,00	2.381	0,004344	0,000699	0,003044
	SARANDIRA	899	334	100,00	1.233	0,002572	0,000271	0,001803
	TORREÕES	1.120	2.310	100,00	3.430	0,003205	0,001872	0,002246
LIMA DUARTE	LIMA DUARTE	11.442	2.312	100,00	13.754	0,046275	0,001873	0,032393
	CONCEIÇÃO DA IBITIPOCA	494	156	30,67	650	0,001998	0,000126	0,001399
	SÃO DOMINGOS DA BOCAINA	191	270	45,11	461	0,000772	0,000219	0,000541
	SÃO JOSÉ DOS LOPES	236	366	100,00	602	0,000954	0,000297	0,000668

Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Preto-Paraibuna – Conclusão

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
MAR DE ESPANHA	MAR DE ESPANHA	10.375	605	100,00	10.980	0,062733	0,000490	0,058032
	ENGENHO NOVO	196	176	100,00	372	0,001185	0,000143	0,001096
	SAUDADE	179	218	100,00	397	0,001082	0,000177	0,001001
MARIPÁ DE MINAS	MARIPÁ DE MINAS	2.266	522	100,00	2.788	**(**)**	0,000423	0,002998
MATIAS BARBOSA	MATIAS BARBOSA	12.944	491	100,00	13.435	0,037454	0,000398	0,027190
OLARIA	OLARIA	917	1.059	100,00	1.976	**(**)**	0,000858	0,001857
PASSA-VINTE	PASSA-VINTE	1.305	774	100,00	2.079	0,003776	0,000627	0,002643
PEDRO TEIXEIRA	PEDRO TEIXEIRA	965	820	100,00	1.785	**(**)**	0,000664	0,000000
PEQUERI	PEQUERI	2.916	249	100,00	3.165	0,004630	0,000202	0,003889
RIO PRETO	RIO PRETO	4.451	841	100,00	5.292	**(**)**	0,000681	0,009015
SANTA BÁRBARA DO MONTE VERDE	SANTA BÁRBARA DO MONTE VERDE	1.534	846	100,00	2.380	**(**)**	0,000685	0,003107
	SÃO SEBASTIÃO DO BARREADO	76	332	100,00	408	**(**)**	0,000269	0,000154
SANTA RITA DE IBITIPOCA	SANTA RITA DE IBITIPOCA	1.659	90	12,20	1.749	0,004665	0,000073	0,003265
	BOM JESUS DO VERMELHO	323	125	100,00	448	0,000908	0,000101	0,000636
	PARAÍSO GARCIA	251	118	24,12	369	0,000706	0,000096	0,000494
SANTA RITA DE JACUTINGA	SANTA RITA DE JACUTINGA	3.647	923	100,00	4.570	**(**)**	0,000748	0,007387
	ITABOCA	107	316	100,00	423	**(**)**	0,000256	0,000217
SANTANA DO DESERTO	SANTANA DO DESERTO	1.404	2.456	100,00	3.860	**(**)**	0,001990	0,002844
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	1.762	218	37,50	1.980	**(**)**	0,000177	0,002647
SANTOS DUMONT	SANTOS DUMONT	0	522	17,18	522	**(*)**	0,000423	0,000000
	DORES DO PARAIBUNA	607	600	100,00	1.207	0,001756	0,000486	0,001229
SENADOR CORTES	SENADOR CORTES	1.308	281	75,40	1.589	**(**)**	0,000228	0,002311
SIMÃO PEREIRA	SIMÃO PEREIRA	1.496	1.041	100,00	2.537	**(**)**	0,000843	0,003030
TOTAL		**611.608**	**33.868**		**645.476**	**1,716186**	**0,027439**	**1,270416**

OBSERVAÇÕES

(*)Esta convenção indica que a captação para o abastecimento destes locais é feita fora desta área.
(**) Esta convenção indica que o abastecimento destes locais é oriundo de captação de água subterrânea.

Quadro 6.78 Demandas de Abastecimento Humano – CBH Piabanha

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
AREAL	AREAL	9.923	1.500	100,00	11.423	0,022940	0,001215	0,018367
CARMO	CARMO	12.382	2.995	97,43	15.377	**(**)**	0,002427	0,013371
	PORTO VELHO DO CUNHA	728	409	78,99	1.137	**(**)**	0,000331	0,000786
PARAÍBA DO SUL	INCONFIDÊNCIA	511	1.220	87,86	1.731	0,001334	0,000988	0,000943
	SALUTARIS	0	423	31,37	423	**(*)**	0,000343	0,000000
PATY DO ALFERES	PATY DO ALFERES	0	853	15,63	853	**(*)**	0,000691	0,000000
	AVELAR	0	266	11,51	266	**(*)**	0,000216	0,000000
PETRÓPOLIS	PETRÓPOLIS	185.876	0	69,40	185.876	0,485631	0,000000	0,342083
	CASCATINHA	64.936	0	100,00	64.936	0,169656	0,000000	0,119507
	ITAIPAVA	13.843	6.601	100,00	20.444	0,036167	0,005348	0,025476
	PEDRO DO RIO	8.694	5.385	100,00	14.079	0,022714	0,004363	0,016000
	POSSE	7.937	2.645	100,00	10.582	0,020737	0,002143	0,014607
SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO	SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO	9.007	11.244	100,00	20.251	0,013993	0,009110	0,028038
SAPUCAIA	SAPUCAIA	5.402	1.103	100,00	6.505	0,013042	0,000894	0,009130
	ANTA	3.494	260	100,00	3.754	0,008436	0,000211	0,005905
	JAMAPARÁ	3.523	521	100,00	4.044	0,008506	0,000422	0,005954
	NOSSA SENHORA DA APARECIDA	854	666	100,00	1.520	0,002062	0,000540	0,001443
	PIÃO	0	1.702	100,00	1.702	**(*)**	0,001379	0,000000
SUMIDOURO	SUMIDOURO	4.172	3.207	100,00	7.379	0,003322	0,002598	0,002549
	CAMPINAS	617	3.105	100,00	3.722	0,000491	0,002516	0,000377
	DONA MARIANA	460	493	100,00	953	0,000366	0,000399	0,000281
	SOLEDADE	191	2.655	100,00	2.846	0,000152	0,002151	0,000117

Demandas de Abastecimento Humano – CBH Piabanha – Conclusão

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
TERESÓPOLIS	TERESÓPOLIS	134.045	1.414	100,00	135.459	0,520771	0,001146	0,364540
	VALE DE BONSUCESSO	8.828	7.512	100,00	16.340	0,034297	0,006086	0,024008
	VALE DO PAQUEQUER	3.334	8.613	100,00	11.947	0,012953	0,006978	0,009067
TRÊS RIOS	TRÊS RIOS	0	46	19,14	46	**(*)**	0,000037	0,000000
	BEMPOSTA	1.729	2.025	100,00	3.754	0,006153	0,001641	0,004307
TOTAL		**480.486**	**66.863**		**547.349**	**1,383723**	**0,054171**	**1,006858**

OBSERVAÇÕES

(*) Esta convenção indica que a captação para o abastecimento destes locais é feita fora desta área.
(**) Esta convenção indica que o abastecimento destes locais é oriundo de captação de água subterrânea.

Quadro 6.79 Demandas de Abastecimento Humano – Compé (MG)

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
ALÉM PARAÍBA	ALÉM PARAÍBA	30.584	804	50,67	31.388	0,094062	0,000651	0,067744
	ANGUSTURA	1.483	696	100,00	2.179	0,004561	0,000564	0,003285
ANTÔNIO CARLOS	ANTÔNIO CARLOS	4.317	278	15,53	4.595	0,012491	0,000225	0,009906
ANTÔNIO PRADO DE MINAS	ANTÔNIO PRADO DE MINAS	1.003	668	100,00	1.671	0,000000	0,000541	0,003360
ARACITABA	ARACITABA	1.641	417	100,00	2.058	0,015000	0,000338	0,010500
ARGIRITA	ARGIRITA	2.192	709	100,00	2.901	0,015600	0,000574	0,011116
ASTOLFO DUTRA	ASTOLFO DUTRA	10.322	756	100,00	11.078	0,029867	0,000613	0,023018
	SANTANA DO CAMPESTRE	1.268	179	100,00	1.447	0,003669	0,000145	0,002828
	SOBRAL PINTO	292	232	100,00	524	0,000845	0,000188	0,000651
BARÃO DE MONTE ALTO	BARÃO DE MONTE ALTO	1.552	725	100,00	2.277	0,004491	0,000587	0,003968
	CACHOEIRA ALEGRE	1.876	690	100,00	2.566	0,005428	0,000559	0,004797
	SILVEIRA CARVALHO	689	188	100,00	877	0,001994	0,000152	0,001762
BARBACENA	CORREIA DE ALMEIDA	2.159	434	38,74	2.593	0,002244	0,000352	0,001578
	COSTAS DA MANTIQUEIRA	188	308	42,14	496	0,000195	0,000250	0,000137
BICAS	BICAS	0	141	20,24	141	**(*)**	0,000114	0,000000
CARANGOLA	CARANGOLA	23.343	2.588	100,00	25.931	0,067543	0,002097	0,047810
	ALVORADA	701	2.028	100,00	2.729	0,002028	0,001643	0,001436
	LACERDINHA	1.300	1.016	100,00	2.316	0,003762	0,000823	0,002663
CARANGOLA	PONTE ALTA DE MINAS	715	605	100,00	1.320	0,002069	0,000490	0,001464
CATAGUASES	CATAGUASES	63.638	1.214	100,00	64.852	0,154413	0,000984	0,111435
	ARACATI DE MINAS	352	222	100,00	574	0,000854	0,000180	0,000616
	CATAGUARINO	487	297	100,00	784	0,001182	0,000241	0,000853
	GLÓRIA DE CATAGUASES	49	313	100,00	362	0,000119	0,000254	0,000086
	SERENO	1.585	764	100,00	2.349	0,003846	0,000619	0,002775
	VISTA ALEGRE	669	167	100,00	836	0,001623	0,000135	0,001171

Demandas de Abastecimento Humano – Compé (MG) – Continuação

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
CORONEL PACHECO	CORONEL PACHECO	2.145	792	94,46	2.937	0,009000	0,000642	0,007371
DESCOBERTO	DESCOBERTO	4.069	699	100,00	4.768	0,010625	0,000566	0,007438
DESTERRO DO MELO	DESTERRO DO MELO	1.390	322	19,83	1.712	(*)	0,000261	0,001782
DIVINÉSIA	DIVINÉSIA	2.175	369	33,05	2.544	0,003194	0,000299	0,002236
DIVINO	DIVINO	9.627	6.359	100,00	15.986	0,027856	0,005152	0,019933
	BOM JESUS DO DIVINO	962	1.302	100,00	2.264	0,002784	0,001055	0,001992
	VILETES	207	676	100,00	883	0,000599	0,000548	0,000429
DONA EUSÉBIA	DONA EUSÉBIA	4.090	615	100,00	4.705	0,007378	0,000498	0,006133
	SÃO MANOEL DO GUAIAÇU	1.043	253	100,00	1.296	0,001881	0,000205	0,001564
ERVÁLIA	ERVÁLIA	9.470	1.450	17,11	10.920	0,017361	0,001175	0,012153
ESTRELA DALVA	ESTRELA DALVA	1.610	613	100,00	2.223	(**)	0,000497	0,004113
	ÁGUA VIVA	171	76	100,00	247	(**)	0,000062	0,000437
EUGENÓPOLIS	EUGENÓPOLIS	6.567	1.521	100,00	8.088	0,014842	0,001232	0,010964
	GAVIÃO	253	410	100,00	663	0,000572	0,000332	0,000422
	PINHOTIBA	408	462	100,00	870	0,000922	0,000374	0,000681
	QUEIROZES	177	742	100,00	919	0,000400	0,000601	0,000296
FARIA LEMOS	FARIA LEMOS	2.332	1.044	100,00	3.376	(**)	0,000846	0,003208
FERVEDOURO	FERVEDOURO	3.740	4.129	100,00	7.869	0,015701	0,003345	0,010991
	BOM JESUS DO MADEIRA	368	658	100,00	1.026	0,001545	0,000533	0,001081
	SÃO PEDRO DO GLÓRIA	656	798	100,00	1.454	0,002754	0,000647	0,001928
GOIANÁ	GOIANÁ	2.969	690	100,00	3.659	(**)	0,000559	0,006222
GUARANI	GUARANI	6.876	1.802	100,00	8.678	(**)	0,001460	0,018861
GUIDOVAL	GUIDOVAL	5.199	2.007	100,00	7.206	0,013287	0,001626	0,011731

Demandas de Abastecimento Humano – Compé (MG) – Continuação

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
GUIRICEMA	GUIRICEMA	3.320	2.126	100,00	5.446	(**)	0,001722	0,006725
	TUIUTINGA	463	1.490	100,00	1.953	(**)	0,001207	0,000938
	VILAS BOAS	442	866	100,00	1.308	(**)	0,000702	0,000895
ITAMARATI DE MINAS	ITAMARATI DE MINAS	3.210	869	100,00	4.079	0,010417	0,000704	0,009722
LARANJAL	LARANJAL	4.471	1.565	100,00	6.036	0,008301	0,001268	0,006185
	SÃO JOÃO DA SAPUCAIA	267	162	100,00	429	0,000496	0,000131	0,000369
LEOPOLDINA	LEOPOLDINA	42.784	2.090	100,00	44.874	0,123796	0,001693	0,087188
	ABAÍBA	208	214	100,00	422	0,000602	0,000173	0,000424
	PIACATUBA	535	972	100,00	1.507	0,001548	0,000788	0,001090
	PROVIDÊNCIA	509	667	100,00	1.176	0,001473	0,000540	0,001037
	RIBEIRO JUNQUEIRA	752	706	100,00	1.458	0,002176	0,000572	0,001532
	TEBAS	916	777	100,00	1.693	0,002650	0,000630	0,001867
MERCÊS	MERCÊS	7.256	2.697	86,66	9.953	0,014144	0,002185	0,009900
MIRADOURO	MIRADOURO	5.671	4.580	100,00	10.251	0,011574	0,003711	0,008102
MIRAÍ	MIRAÍ	9.934	1.637	100,00	11.571	0,019894	0,001326	0,014390
	DORES DA VITÓRIA	469	1.768	100,00	2.237	0,000939	0,001432	0,000679
MURIAÉ	MURIAÉ	86.814	2.046	100,00	88.860	0,214183	0,001658	0,151148
	BELISÁRIO	1.028	1.299	100,00	2.327	0,002536	0,001052	0,001790
	BOA FAMÍLIA	885	1.586	100,00	2.471	0,002183	0,001285	0,001541
	BOM JESUS DA CACHOEIRA	979	394	100,00	1.373	0,002415	0,000319	0,001704
	ITAMURI	830	938	100,00	1.768	0,002048	0,000760	0,001445
	PIRAPANEMA	465	947	100,00	1.412	0,001147	0,000767	0,000810
	VERMELHO	2.224	330	100,00	2.554	0,005487	0,000267	0,003872
OLIVEIRA FORTES	OLIVEIRA FORTES	1.177	946	100,00	2.123	0,002083	0,000766	0,001458
ORIZÂNIA	ORIZÂNIA	2.221	5.063	100,00	7.284	0,002975	0,004102	0,002082

Demandas de Abastecimento Humano – Compé (MG) – Continuação

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
PAIVA	PAIVA	1.219	339	100,00	1.558	0,003472	0,000275	0,002431
PALMA	PALMA	4.064	776	100,00	4.840	0,011759	0,000629	0,008861
	CISNEIROS	545	290	100,00	835	0,001577	0,000235	0,001188
	ITAPIRUÇU	514	356	100,00	870	0,001487	0,000288	0,001121
PATROCÍNIO DO MURIAÉ	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	4.308	979	100,00	5.287	**(**)**	0,000793	0,005671
PEDRA DOURADA	PEDRA DOURADA	1.301	890	100,00	2.191	0,003889	0,000721	0,002722
PIAU	PIAU	1.670	1.171	100,00	2.841	**(**)**	0,000949	0,004861
PIRAPETINGA	PIRAPETINGA	8.417	450	100,00	8.867	0,023547	0,000365	0,017119
	CAIAPÓ	258	147	100,00	405	0,000722	0,000119	0,000525
	VALÃO QUENTE	427	665	100,00	1.092	0,001195	0,000539	0,000868
PIRAÚBA	PIRAÚBA	8.814	2.048	100,00	10.862	**(**)**	0,001659	0,011253
RECREIO	RECREIO	7.865	398	100,00	8.263	0,017232	0,000322	0,012062
	ANGATURAMA	299	269	100,00	568	0,000655	0,000218	0,000459
	CONCEIÇÃO DA BOA VISTA	909	559	100,00	1.468	0,001992	0,000453	0,001394
RIO NOVO	RIO NOVO	7.539	1.173	100,00	8.712	0,024340	0,000950	0,017038
RIO POMBA	RIO POMBA	14.454	2.656	100,00	17.110	0,039572	0,002152	0,027700
ROCHEDO DE MINAS	ROCHEDO DE MINAS	1.914	202	100,00	2.116	**(**)**	0,000164	0,007389
RODEIRO	RODEIRO	5.556	1.311	100,00	6.867	0,007118	0,001062	0,009252
ROSÁRIO DA LIMEIRA	ROSÁRIO DA LIMEIRA	2.296	1.951	100,00	4.247	0,003403	0,001581	0,002382
SANTA BÁRBARA DO TUGÚRIO	SANTA BÁRBARA DO TUGÚRIO	2.054	1.410	100,00	3.464	0,003989	0,001142	0,002793
	BOM RETIRO	133	973	100,00	1.106	0,000258	0,000788	0,000181
SANTANA DE CATAGUASES	SANTANA DE CATAGUASES	2.917	705	100,00	3.622	0,005787	0,000571	0,004051
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	1.762	363	62,50	2.125	**(**)**	0,000294	0,002647
	SÃO DOMINGOS	615	580	100,00	1.195	**(**)**	0,000470	0,000924

Demandas de Abastecimento Humano – Compé (MG) – Continuação

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
SANTOS DUMONT	SANTOS DUMONT	39.738	2.519	82,82	42.257	0,114983	0,002041	0,080488
	CONCEIÇÃO DO FORMOSO	465	343	100,00	808	0,001345	0,000278	0,000942
	MANTIQUEIRA	86	599	100,00	685	0,000249	0,000485	0,000174
	SÃO JOÃO DA SERRA	424	381	100,00	805	0,001227	0,000309	0,000859
SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	3.132	2.046	100,00	5.178	0,008681	0,001658	0,006076
SÃO GERALDO	SÃO GERALDO	6.648	1.764	94,03	8.412	**(**)**	0,001429	0,008461
SÃO JOÃO NEPOMUCENO	SÃO JOÃO NEPOMUCENO	22.253	427	100,00	22.680	0,064389	0,000346	0,047440
	CARLOS ALVES	414	223	100,00	637	0,001198	0,000181	0,000883
	ITUÍ	277	191	100,00	468	0,000802	0,000155	0,000591
	ROÇA GRANDE	602	129	100,00	731	0,001742	0,000105	0,001283
	TARUAÇU	289	252	100,00	541	0,000836	0,000204	0,000616
SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	1.603	1.195	100,00	2.798	**(**)**	0,000968	0,001904
SENADOR CORTES	SENADOR CORTES	1.308	92	24,60	1.400	**(**)**	0,000075	0,002311
	PREGOS	204	103	100,00	307	**(**)**	0,000083	0,000360
SILVEIRÂNIA	SILVEIRÂNIA	1.429	763	100,00	2.192	**(**)**	0,000618	0,004130
TABULEIRO	TABULEIRO	2.701	1.378	100,00	4.079	0,008148	0,001116	0,005704
TOCANTINS	TOCANTINS	12.909	2.914	100,00	15.823	0,033333	0,002361	0,023333
TOMBOS	TOMBOS	6.592	1.073	100,00	7.665	0,017443	0,000869	0,012210
	ÁGUA SANTA DE MINAS	231	283	100,00	514	0,000611	0,000229	0,000428
	CATUNÉ	779	579	100,00	1.358	0,002061	0,000469	0,001443

Demandas de Abastecimento Humano – Compé (MG)– Conclusão

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
UBÁ	UBÁ	94.074	2.491	100,00	96.565	0,178875	0,002018	0,126402
	DIAMANTE DE UBÁ	1.598	377	100,00	1.975	0,003038	0,000305	0,002147
	MIRAGAIA	1.566	398	100,00	1.964	0,002978	0,000322	0,002104
VIEIRAS	VIEIRAS	1.480	1.310	100,00	2.790	0,001664	0,001061	0,001618
	SANTO ANTÔNIO DO GLÓRIA	373	568	100,00	941	0,000419	0,000460	0,000408
VISCONDE DO RIO BRANCO	VISCONDE DO RIO BRANCO	31.380	6.562	100,00	37.942	0,063310	0,005316	0,044957
VOLTA GRANDE	VOLTA GRANDE	3.497	860	100,00	4.357	0,009379	0,000697	0,007005
	TRIMONTE	305	408	100,00	713	0,000818	0,000331	0,000611
TOTAL		**712.946**	**131.852**		**844.798**	**1,661178**	**0,106825**	**1,293602**

OBSERVAÇÕES

(*) Esta convenção indica que a captação para o abastecimento destes locais é feita fora desta área.
(**)Esta convenção indica que o abastecimento destes locais é oriundo de captação de água subterrânea.

Quadro 6.80 Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Rio Dois Rios

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
BOM JARDIM	BOM JARDIM	12.202	2.623	100,00	14.825	0,003839	0,002125	0,017083
	BANQUETE	1.728	1.461	100,00	3.189	0,000544	0,001184	0,002419
	BARRA ALEGRE	282	2.457	100,00	2.739	0,000089	0,001991	0,000395
	SÃO JOSÉ DO RIBEIRÃO	1.054	3.526	100,00	4.580	0,000332	0,002857	0,001476
CANTAGALO	CANTAGALO	10.527	1.654	100,00	12.181	0,025926	0,001340	0,020385
	BOA SORTE	1.059	869	100,00	1.928	0,002608	0,000704	0,002051
	EUCLIDELÂNDIA	1.469	1.969	100,00	3.438	0,003618	0,001595	0,002845
	SANTA RITA DA FLORESTA	756	455	100,00	1.211	0,001862	0,000369	0,001464
	SÃO SEBASTIÃO DO PARAÍBA	211	861	100,00	1.072	0,000520	0,000698	0,000409
CARMO	CARMO	12.382	79	2,57	12.461	**(**)**	0,000064	0,013371
	CÓRREGO DA PRATA	360	372	100,00	732	**(**)**	0,000301	0,000389
	PORTO VELHO DO CUNHA	728	109	21,01	837	**(**)**	0,000088	0,000786
CORDEIRO	CORDEIRO	19.862	568	100,00	20.430	0,100000	0,000460	0,073970
DUAS BARRAS	DUAS BARRAS	3.949	1.296	100,00	5.245	0,004608	0,001050	0,003226
	FAZENDA DO CAMPO	214	573	100,00	787	0,000250	0,000464	0,000175
	MONNERAT	3.398	804	100,00	4.202	0,003965	0,000651	0,002776
	VARGEM GRANDE	175	521	100,00	696	0,000204	0,000422	0,000143
ITAOCARA	ITAOCARA	12.650	997	100,00	13.647	0,030238	0,000808	0,021166
	BATATAL	463	330	100,00	793	0,001107	0,000267	0,000775
	ESTRADA NOVA	165	491	100,00	656	0,000394	0,000398	0,000276
	JAGUAREMBÉ	1.224	1.429	100,00	2.653	0,002926	0,001158	0,002048
	LARANJAIS	1.450	1.184	100,00	2.634	0,003466	0,000959	0,002426
	PORTELA	1.374	1.142	100,00	2.516	0,003284	0,000925	0,002299

Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Rio Dois Rios – Conclusão

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
MACUCO	MACUCO	4.593	676	100,00	5.269	0,018657	0,000548	0,013060
NOVA FRIBURGO	NOVA FRIBURGO	113.108	0	100,00	113.108	0,305981	0,000000	0,214384
	AMPARO	2.370	2.550	100,00	4.920	0,006411	0,002066	0,004492
	CAMPO DO COELHO	2.814	7.253	100,00	10.067	0,007612	0,005876	0,005334
	CONSELHEIRO PAULINO	32.463	0	100,00	32.463	0,087819	0,000000	0,061530
	MURI	4.541	522	39,20	5.063	0,012284	0,000423	0,008607
	RIOGRANDINA	2.106	5.668	100,00	7.774	0,005697	0,004592	0,003992
	SÃO PEDRO DA SERRA	826	1.462	62,70	2.288	0,002235	0,001184	0,001566
SANTA MARIA MADALENA	SANTA MARIA MADALENA	4.877	953	87,42	5.830	0,008856	0,000772	0,006199
	DOUTOR LORÉTI	0	558	43,13	558	**(*)**	0,000452	0,000000
	RENASCENÇA	2	200	100,00	202	0,000004	0,000162	0,000003
	SOSSEGO	0	1	1,16	1	**(*)**	0,000001	0,000000
SÃO FIDÉLIS	SÃO FIDÉLIS	21.340	1.946	100,00	23.286	0,037208	0,001577	0,026949
	CAMBIASCA	704	1.655	100,00	2.359	0,001227	0,001341	0,000889
	COLÔNIA	1.202	1.941	100,00	3.143	0,002096	0,001573	0,001518
SÃO SEBASTIÃO DO ALTO	SÃO SEBASTIÃO DO ALTO	2.077	1.397	100,00	3.474	0,001871	0,001132	0,001310
	IPITUNA	674	1.622	100,00	2.296	0,000607	0,001314	0,000425
	VALÃO DO BARRO	1.861	1.264	100,00	3.125	0,001677	0,001024	0,001174
TRAJANO DE MORAES	TRAJANO DE MORAES	2.556	483	39,46	3.039	0,006418	0,000391	0,004493
	DOUTOR ELIAS	205	1.087	100,00	1.292	0,000515	0,000881	0,000360
	VISCONDE DE IMBÉ	922	1.380	100,00	2.302	0,002315	0,001118	0,001621
TOTAL		**286.923**	**58.388**		**345.311**	**0,699270**	**0,047305**	**0,530254**

OBSERVAÇÕES

(*) Esta convenção indica que a captação para o abastecimento destes locais é feita fora desta área.
(**) Esta convenção indica que o abastecimento destes locais é oriundo de captação de água subterrânea.

Quadro 6.81 Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Baixo Paraíba do Sul

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
APERIBÉ	APERIBÉ	8.878	1.335	100,00	10.213	0,030000	0,001082	0,021000
CAMBUCI	CAMBUCI	5.921	876	100,00	6.797	0,012453	0,000710	0,010553
	CRUZEIRO	300	361	100,00	661	0,000631	0,000292	0,000535
	FUNIL	1.183	603	100,00	1.786	0,002488	0,000489	0,002108
	MONTE VERDE	409	167	100,00	576	0,000860	0,000135	0,000729
	SÃO JOÃO DO PARAÍSO	2.952	1.037	100,00	3.989	0,006209	0,000840	0,005261
	TRÊS IRMÃOS	527	491	100,00	1.018	0,001108	0,000398	0,000939
CAMPOS DOS GOYTACAZES	CAMPOS DOS GOYTACAZES	356.608	4.061	100,00	360.669	1,019757	0,003290	0,719896
	DORES DE MACABU	3.560	5.019	100,00	8.579	0,010180	0,004066	0,007187
	IBITIOCA	1.001	2.001	100,00	3.002	0,002862	0,001621	0,002021
	MORANGABA	2.238	1.552	100,00	3.790	0,006400	0,001257	0,004518
	MORRO DO COCO	3.600	337	31,10	3.937	0,010295	0,000273	0,007267
	MUSSUREPE	6.577	5.360	100,00	11.937	0,018808	0,004343	0,013277
	SANTA MARIA	2.703	832	63,67	3.535	0,007730	0,000674	0,005457
	SANTO AMARO DE CAMPOS	4.503	3.450	100,00	7.953	0,012877	0,002795	0,009090
	SANTO EDUARDO	2.092	440	16,13	2.532	0,005982	0,000356	0,004223
	SÃO SEBASTIÃO DE CAMPOS	12.643	1.934	100,00	14.577	0,036154	0,001567	0,025523
	SERRINHA	555	638	100,00	1.193	0,001587	0,000517	0,001120
	TOCOS	5.787	2.377	100,00	8.164	0,016549	0,001926	0,011682
	TRAVESSÃO	15.230	8.828	100,00	24.058	0,043552	0,007152	0,030745
	VILA NOVA DE CAMPOS	1.628	4.669	100,00	6.297	0,004655	0,003783	0,003286
CARAPEBUS	CARAPEBUS	10.542	2.579	91,54	13.121	0,012002	0,002089	0,008402
CARDOSO MOREIRA	CARDOSO MOREIRA	7.854	1.404	100,00	9.258	0,028702	0,001138	0,020092
	SÃO JOAQUIM	903	2.439	100,00	3.342	0,003300	0,001976	0,002310
CONCEIÇÃO DE MACABU	CONCEIÇÃO DE MACABU	18.175	1.386	70,02	19.561	**(**)**	0,001123	0,015900
	MACABUZINHO	162	894	100,00	1.056	**(**)**	0,000724	0,000142

Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Baixo Paraíba Do Sul – Continuação

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
ITALVA	ITALVA	10.242	3.821	100,00	14.063	0,037836	0,003096	0,026485
ITAPERUNA	ITAPERUNA	77.186	2.790	100,00	79.976	0,059201	0,002260	0,043139
	BOAVENTURA	1.736	790	100,00	2.526	0,001332	0,000640	0,000970
	COMENDADOR VENÂNCIO	2.597	732	100,00	3.329	0,001992	0,000593	0,001451
	ITAJARA	264	498	100,00	762	0,000202	0,000403	0,000148
	NOSSA SENHORA DA PENHA	919	1.726	100,00	2.645	0,000705	0,001398	0,000514
	RAPOSO	3.166	307	100,00	3.473	0,002428	0,000249	0,001769
	RETIRO DO MURIAÉ	2.500	630	100,00	3.130	0,001917	0,000510	0,001397
LAJE DO MURIAÉ	LAJE DO MURIAÉ	5.637	1.850	100,00	7.487	0,020000	0,001499	0,014000
MIRACEMA	MIRACEMA	23.388	1.051	100,00	24.439	0,061322	0,000852	0,043584
	PARAÍSO DO TOBIAS	806	850	100,00	1.656	0,002113	0,000689	0,001502
	VENDA DAS FLORES	547	201	100,00	748	0,001434	0,000163	0,001019
NATIVIDADE	NATIVIDADE	10.435	2.494	100,00	12.929	0,021897	0,002021	0,015728
	BOM JESUS DO QUERENDO	852	208	100,00	1.060	0,001788	0,000169	0,001284
	OURÂNIA	759	334	100,00	1.093	0,001593	0,000271	0,001144
PORCIÚNCULA	PORCIÚNCULA	11.772	1.268	100,00	13.040	0,055089	0,001027	0,038768
	PURILÂNDIA	707	592	100,00	1.299	0,003308	0,000480	0,002328
QUISSAMÃ	QUISSAMÃ	12.996	7.246	100,00	20.242	0,042002	0,005871	0,029402
SANTA MARIA MADALENA	SANTA MARIA MADALENA	0	137	12,58	137	**(*)**	0,000111	0,000000
	DOUTOR LORÉTI	39	736	56,87	775	0,000071	0,000596	0,000050
	SANTO ANTÔNIO DO IMBÉ	192	1.505	100,00	1.697	0,000349	0,001219	0,000244
	SOSSEGO	91	101	98,85	192	0,000165	0,000082	0,000116
	TRIUNFO	731	198	100,00	929	0,001327	0,000160	0,000929

Demandas de Abastecimento Humano – CBH – Baixo Paraíba Do Sul – Conclusão

Município	Distrito	População				Demandas		Retorno (m³/s) (Urbano)
		Urbana	Rural	% no Comitê	Total	Urbana (m³/s)	Rural (m³/s)	
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	22.441	1.838	100,00	24.279	0,024950	0,001489	0,017465
	BALTAZAR	232	339	100,00	571	0,000258	0,000275	0,000181
	CAMPELO	596	75	100,00	671	0,000663	0,000061	0,000464
	IBITIGUAÇU	348	301	100,00	649	0,000387	0,000244	0,000271
	MARANGATU	767	418	100,00	1.185	0,000853	0,000339	0,000597
	MONTE ALEGRE	1.374	825	100,00	2.199	0,001528	0,000668	0,001069
	PARAOQUENA	333	4.036	100,00	4.369	0,000370	0,003270	0,000259
	SANTA CRUZ	780	515	100,00	1.295	0,000867	0,000417	0,000607
	SÃO PEDRO DE ALCÂNTARA	4.229	1.142	100,00	5.371	0,004702	0,000925	0,003291
SÃO FIDÉLIS	IPUCA	4.648	1.248	100,00	5.896	0,008104	0,001011	0,005870
	PUREZA	1.785	1.074	100,00	2.859	0,003112	0,000870	0,002254
SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	10.881	8.937	88,12	19.818	**(**)**	0,007241	0,005148
	MANIVA	2.483	487	8,94	2.970	**(**)**	0,000395	0,001175
SÃO JOÃO DA BARRA	SÃO JOÃO DA BARRA	8.356	1.301	100,00	9.657	0,022769	0,001054	0,027092
	ATAFONA	6.779	0	100,00	6.779	0,018472	0,000000	0,021979
	BARCELOS	2.405	2.063	100,00	4.468	0,006553	0,001671	0,007798
	CAJUEIRO	33	72	100,00	105	0,000090	0,000058	0,000107
	GRUSSAÍ	6.023	141	100,00	6.164	0,016412	0,000114	0,019528
	PIPEIRAS	2.097	3.477	100,00	5.574	0,005714	0,002817	0,006799
SÃO JOSÉ DE UBÁ	SÃO JOSÉ DE UBÁ	3.098	3.905	100,00	7.003	0,011991	0,003164	0,008394
TRAJANO DE MORAES	TRAJANO DE MORAES	2.556	740	60,54	3.296	0,006418	0,000600	0,004493
	SODRELÂNDIA	492	186	100,00	678	0,001235	0,000151	0,000865
	VILA DA GRAMA	605	1.633	100,00	2.238	0,001519	0,001323	0,001063
VARRE-SAI	VARRE-SAI	5.790	756	20,52	6.546	0,015000	0,000613	0,010500
TOTAL		**733.224**	**120.644**		**853.868**	**1,765183**	**0,097744**	**1,306503**

OBSERVAÇÕES

(*) Esta convenção indica que a captação para o abastecimento destes locais é feita fora desta área.
(**) Esta convenção indica que o abastecimento destes locais é oriundo de captação de água subterrânea.

6.6.2 Demandas de Irrigação

A determinação das demandas de irrigação na bacia do Rio Paraíba do Sul está exposta em sequência, de forma objetiva, através da abordagem dos seguintes temas:

- Fonte das Informações Sobre Áreas Irrigadas;
- Metodologia de Processamento das Informações do IBGE;
- Resultados do Levantamento de Áreas Cultivadas Sob Irrigação;
- Cálculo da Evapotranspiração de Referência das Culturas;
- Cálculo das Demandas de Irrigação das Culturas;
- Cálculo das Demandas de Irrigação; e
- Distribuição Espacial das Demandas.

FONTE DAS INFORMAÇÕES SOBRE ÁREAS IRRIGADAS

A primeira questão levantada para efetuar a estimativa da demanda de água para irrigação na Bacia foi a necessidade de determinar com a maior precisão possível as culturas irrigadas e suas respectivas áreas nos municípios abrangidos pelo estudo.

O Censo Agropecuário 2006 foi a primeira alternativa considerada, porém necessitava de uma validação, a qual obteve-se no Serviço de Organização, Descrição, Análise e Interpretação de Dados sobre Agricultura Irrigada no Brasil, Relatório Final - Janeiro de 2011, Brasília/DF (Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura / Secretaria de Infraestrutura Hídrica – Ministério da Integração Nacional). Os principais trechos do relatório, relativos ao tema, estão apresentados a seguir.

O IBGE se constitui no principal provedor de dados e informações do país, que atendem às necessidades dos mais diversos segmentos da sociedade civil, bem como dos órgãos das esferas governamentais federal, estadual e municipal. O IBGE é o responsável pela realização do Censo Agropecuário que contém estatísticas sobre irrigação. A abrangência do Censo é nacional. A Pesquisa Agrícola Municipal é outro programa de coleta de dados sobre agricultura no país, mas não dispõe de informação sobre irrigação. Os Censos Agropecuários ocorreram nos anos de 1920, 1940, 1950, 1960, 1970 a 1985, 1995-1996 e 2006.

Os resultados dos censos estão disponíveis no “site” do IBGE. Foram identificadas as tabelas de número 802, 819, 825, 855, 1.179 e 1.819 que contêm cruzamentos de informações com o “filtro” irrigação.

Os dados do Censo Agropecuário são obtidos através de entrevista direta com o produtor, ou seja, são registros de ato declaratório, não estando submetidos à certificação das informações prestadas, tampouco a conferências com informações cartoriais.

O sistema principal com dados de irrigação da ANA é o Cadastro Nacional dos Usuários de Recursos Hídricos – CNARH, porém enfrenta problemas de confiabilidade da informação.

Outras instituições, como a CODEVASF e o DNOCS, mantém registros da atividade de irrigação, porém as suas áreas de atuação não abrangem a bacia em questão.

O PRH da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Relatório R7, Novembro/2006) utilizou os dados do Censo Agropecuário de 1995/1996 para a determinação das áreas irrigadas na Bacia.

O Relatório R4 – Demandas de Uso da Água, elaborado pela PSR para a AGEVAP em Junho/2013 (V5), utilizou os dados dos Censos Agropecuários de 1995/1996 e 2006 para a determinação das áreas irrigadas na Bacia.

Assim, embora questionados por alguns autores, utilizou-se no presente estudo os dados do Censo Agropecuário 2006, principalmente as informações contidas nas tabelas 819, 825 e 1.179 relativas às culturas irrigadas nos municípios integrantes da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. As tabelas mencionadas correspondem aos produtos da horticultura irrigada (819), produtos das lavouras temporárias irrigadas (825) e produtos das lavouras permanentes irrigadas (1.179).

O Censo Agropecuário teve como período de referência para as informações de produção o intervalo de 01/agosto/95 a 31/julho/96. Os dados sobre lavouras referem-se a 31/julho/96. O levantamento de terras irrigadas compreendeu a área total irrigada nos estabelecimentos agropecuários, quaisquer que tenham sido os métodos empregados (inundação, infiltração, aspersão, ou outro método), excluindo a simples rega manual.

METODOLOGIA DE PROCESSAMENTO DAS INFORMAÇÕES DO IBGE

Tendo em vista a proteção dos dados dos informantes, consta na metodologia de trabalho do IBGE:

"O Censo segue os princípios normativos determinados na Lei nº 5.534, de 14 de novembro de 1968. Conforme esta lei, as informações são confidenciais e obrigatórias, destinam-se exclusivamente a fins estatísticos ..."

A legislação estatística brasileira torna compulsório o fornecimento de informações ao IBGE para pesquisas constantes do Plano Geral de Informações Estatísticas e Geográficas e, em contrapartida, assegura a proteção destes dados, que só podem ser usados para fins estatísticos e disseminados de forma a não identificar os informantes das pesquisas.

Considerando que a identificação de um informante ocorre quando ele é diretamente identificado em um arquivo liberado, não basta disseminar arquivos com registros anônimos. As formas de proteção dos informantes podem ser efetivadas por restrição de dados; restrição de acesso ou alguma combinação desses procedimentos.

Nas informações sobre áreas irrigadas no Censo Agropecuário 2006 o IBGE optou pela restrição de dados como forma de proteção dos dados dos informantes. Assim, os dados das Unidades Territoriais com menos de três informantes estão identificados com o caractere X.

Portanto, na prática, isso significa que a soma das áreas das culturas é inferior ao total nos municípios em que há menos de três informantes para alguma cultura. Nesses casos, a área correspondente não é informada, sendo substituída pelo caractere X. A solução encontrada para tratar essa situação no presente estudo foi distribuir essa diferença de forma proporcional às áreas das culturas existentes nos municípios.

Como ocorreu nos estudos anteriores consultados, as áreas dos cultivos informadas pelo IBGE foram consideradas como localizadas no interior da bacia do Rio Paraíba do Sul, em face da impossibilidade de efetuar-se a sua distribuição espacial apenas com os dados secundários disponíveis.

RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE ÁREAS CULTIVADAS SOB IRRIGAÇÃO

As informações obtidas sobre as áreas dos cultivos irrigados na bacia em estudo estão sintetizadas no **Quadro 6.82**, **Quadro 6.83** e **Figura 6.28**, apresentadas adiante.

Quadro 6.82Áreas irrigadas na Bacia segundo os municípios e os tipos de cultivos

MUNICÍPIOS	Área Irrigada (ha)				
	UF	Total	Temporárias	Hortícolas	Permanentes
ALÉM PARAÍBA	MG	121	115	6	-
ANTÔNIO CARLOS	MG	171	9	82	80
ANTÔNIO PRADO DE MINAS	MG	74	70	-	4
ARACITABA	MG	-	-	-	-
ARGIRITA	MG	-	-	-	-
ASTOLFO DUTRA	MG	209	14	90	105
BARÃO DE MONTE ALTO	MG	764	430	334	-
BARBACENA	MG	1.746	284	1.308	154
BELMIRO BRAGA	MG	8	8	-	-
BIAS FORTES	MG	8	8	-	-
BICAS	MG	25	25	-	-
BOCAINA DE MINAS	MG	-	-	-	-
BOM JARDIM DE MINAS	MG	-	-	-	-
CARANGOLA	MG	29	13	-	16
CATAGUASES	MG	356	268	17	71
CHÁCARA	MG	9	-	9	-
CHIADOR	MG	8	8	-	-
CORONEL PACHECO	MG	55	-	-	55
DESCOBERTO	MG	40	-	1	39
DESTERRO DO MELO	MG	8	-	5	3
DIVINÉSIA	MG	147	116	-	31
DIVINO	MG	18	-	1	17
DONA EUSÉBIA	MG	264	8	196	60
ERVÁLIA	MG	219	125	15	79
ESTRELA DALVA	MG	44	40	-	4
EUGENÓPOLIS	MG	102	64	4	34
EWBANK DA CÂMARA	MG	-	-	-	-
FARIA LEMOS	MG	78	-	-	78
FERVEDOURO	MG	20	-	-	20
GOIANÁ	MG	38	23	3	12
GUARANI	MG	57	15	9	33
GUARARÁ	MG	7	-	-	7
GUIDOVAL	MG	865	69	404	392
GUIRICEMA	MG	556	275	239	42
ITAMARATI DE MINAS	MG	191	72	104	15

MUNICÍPIOS	Área Irrigada (ha)				
	UF	Total	Temporárias	Hortícolas	Permanentes
JUIZ DE FORA	MG	264	52	212	-
LARANJAL	MG	123	62	61	-
LEOPOLDINA	MG	724	455	124	145
LIMA DUARTE	MG	51	46	5	-
MAR DE ESPANHA	MG	44	25	19	-
MARIPÁ DE MINAS	MG	40	38	2	-
MATIAS BARBOSA	MG	157	59	59	39
MERCÊS	MG	60	51	9	-
MIRADOURO	MG	100	48	13	39
MIRAÍ	MG	55	44	-	11
MURIAÉ	MG	452	352	62	38
OLARIA	MG	3	-	3	-
OLIVEIRA FORTES	MG	14	-	4	10
ORIZÂNIA	MG	15	-	15	-
PAIVA	MG	43	30	2	11
PALMA	MG	140	57	21	62
PASSA-VINTE	MG	-	-	-	-
PATROCÍNIO DO MURIAÉ	MG	92	82	5	5
PEDRA DOURADA	MG	2	-	-	2
PEDRO TEIXEIRA	MG	-	-	-	-
PEQUERI	MG	44	36	8	-
PIAU	MG	83	8	20	55
PIRAPETINGA	MG	115	66	4	45
PIRAÚBA	MG	435	295	114	26
RECREIO	MG	83	83	-	-
RIO NOVO	MG	1	-	1	-
RIO POMBA	MG	276	194	5	77
RIO PRETO	MG	84	60	24	-
ROCHEDO DE MINAS	MG	40	15	10	15
RODEIRO	MG	234	75	90	69
ROSÁRIO DA LIMEIRA	MG	12	-	12	-
SANTA BÁRBARA DO MONTE VERDE	MG	5	5	-	-
SANTA BÁRBARA DO TUGÚRIO	MG	30	-	10	20
SANTA RITA DE IBITIPOCA	MG	6	-	3	3
SANTA RITA DE JACUTINGA	MG	2	-	2	-
SANTANA DE CATAGUASES	MG	100	70	21	9
SANTANA DO DESERTO	MG	51	-	16	35
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	MG	167	61	36	70
SANTOS DUMONT	MG	36	15	4	17
SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	MG	17	15	-	2
SÃO GERALDO	MG	221	176	18	27
SÃO JOÃO NEPOMUCENO	MG	357	268	19	70

MUNICÍPIOS	Área Irrigada (ha)				
	UF	Total	Temporárias	Hortícolas	Permanentes
SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	MG	32	-	32	-
SENADOR CORTES	MG	6	6	-	-
SILVEIRÂNIA	MG	9	-	9	-
SIMÃO PEREIRA	MG	436	-	436	-
TABULEIRO	MG	23	20	3	-
TOCANTINS	MG	1.189	305	595	289
TOMBOS	MG	93	76	3	14
UBÁ	MG	289	90	185	14
VIEIRAS	MG	35	20	10	5
VISCONDE DO RIO BRANCO	MG	212	40	97	75
VOLTA GRANDE	MG	30	30	-	-
TOTAL MG		**13.369**	**5.489**	**5.230**	**2.650**
APERIBÉ	RJ	313	125	172	16
AREAL	RJ	16	-	16	-
BARRA DO PIRAÍ	RJ	27	-	9	18
BARRA MANSA	RJ	205	8	189	8
BOM JARDIM	RJ	3.166	566	1.879	721
CAMBUCI	RJ	1.721	590	978	153
CAMPOS DOS GOYTACAZES	RJ	29.676	29.236	332	108
CANTAGALO	RJ	142	133	9	-
CARAPEBUS	RJ	55	30	25	-
CARDOSO MOREIRA	RJ	1.301	1.170	3	128
CARMO	RJ	235	68	95	72
COMENDADOR LEVY GASPARIAN	RJ	7	-	7	-
CONCEIÇÃO DE MACABU	RJ	98	20	5	73
CORDEIRO	RJ	86	20	66	-
DUAS BARRAS	RJ	548	41	235	272
ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	RJ	21	3	8	10
ITALVA	RJ	300	285	-	15
ITAOCARA	RJ	2.497	714	1.731	52
ITAPERUNA	RJ	983	822	110	51
ITATIAIA	RJ	-	-	-	-
LAJE DO MURIAÉ	RJ	450	250	23	177
MACUCO	RJ	-	-	-	-
MENDES	RJ	-	-	-	-
MIGUEL PEREIRA	RJ	200	171	24	5
MIRACEMA	RJ	557	486	50	21
NATIVIDADE	RJ	208	180	5	23
NOVA FRIBURGO	RJ	3.636	145	3.356	135
PARAÍBA DO SUL	RJ	218	126	92	-
PATY DO ALFERES	RJ	544	122	372	50

MUNICÍPIOS	Área Irrigada (ha)				
	UF	Total	Temporárias	Hortícolas	Permanentes
PETRÓPOLIS	RJ	1.216	69	1.121	26
PINHEIRAL	RJ	136	71	65	-
PIRAÍ	RJ	61	-	61	-
PORCIÚNCULA	RJ	136	106	8	22
PORTO REAL	RJ	74	60	14	-
QUATIS	RJ	141	102	39	-
QUISSAMÃ	RJ	610	231	10	369
RESENDE	RJ	217	87	120	10
RIO CLARO	RJ	86	5	38	43
RIO DAS FLORES	RJ	49	20	21	8
SANTA MARIA MADALENA	RJ	43	18	15	10
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	RJ	504	428	29	47
SÃO FIDÉLIS	RJ	2.326	1.716	534	76
SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	RJ	1.904	1.800	20	84
SÃO JOÃO DA BARRA	RJ	1.810	1.535	130	145
SÃO JOSÉ DE UBÁ	RJ	430	135	295	-
SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO	RJ	1.926	43	1.754	129
SÃO SEBASTIÃO DO ALTO	RJ	648	175	467	6
SAPUCAIA	RJ	1.841	234	1.556	51
SUMIDOURO	RJ	4.764	310	4.267	187
TERESÓPOLIS	RJ	8.482	151	8.097	234
TRAJANO DE MORAES	RJ	668	39	601	28
TRÊS RIOS	RJ	166	22	100	44
VALENÇA	RJ	178	149	22	7
VARRE-SAI	RJ	72	14	14	44
VASSOURAS	RJ	317	55	210	52
VOLTA REDONDA	RJ	42	-	42	-
TOTAL RJ		**76.057**	**42.886**	**29.441**	**3.730**
APARECIDA	SP	149	149	-	-
ARAPEÍ	SP	43	-	23	20
AREIAS	SP	-	-	-	-
ARUJÁ	SP	70	-	70	-
BANANAL	SP	22	-	22	-
CAÇAPAVA	SP	606	579	27	-
CACHOEIRA PAULISTA	SP	250	240	10	-
CANAS	SP	65	65	-	-
CRUZEIRO	SP	81	-	5	76
CUNHA	SP	601	101	290	210
GUARAREMA	SP	458	12	235	211
GUARATINGUETÁ	SP	2.304	2.163	114	27
GUARULHOS	SP	382	-	382	-
IGARATÁ	SP	4	4	-	-

MUNICÍPIOS	Área Irrigada (ha)				
	UF	Total	Temporárias	Hortícolas	Permanentes
ITAQUAQUECETUBA	SP	160	31	129	-
JACAREÍ	SP	417	57	302	58
JAMBEIRO	SP	472	-	3	469
LAGOINHA	SP	-	-	-	-
LAVRINHAS	SP	35	-	35	-
LORENA	SP	1.003	939	64	-
MOGI DAS CRUZES	SP	3.506	161	3.135	210
MONTEIRO LOBATO	SP	110	-	110	-
NATIVIDADE DA SERRA	SP	494	-	400	94
PARAIBUNA	SP	358	-	186	172
PINDAMONHANGABA	SP	1.262	1.110	24	128
PIQUETE	SP	10	6	4	-
POTIM	SP	236	236	-	-
QUELUZ	SP	6	6	-	-
REDENÇÃO DA SERRA	SP	263	97	137	29
ROSEIRA	SP	230	170	60	-
SALESÓPOLIS	SP	188	-	188	-
SANTA BRANCA	SP	32	18	8	6
SANTA ISABEL	SP	156	7	127	22
SÃO JOSÉ DO BARREIRO	SP	33	7	-	26
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	677	216	74	387
SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SP	229	24	205	-
SILVEIRAS	SP	102	-	102	-
TAUBATÉ	SP	1.387	1.318	64	5
TREMEMBÉ	SP	1.436	1.283	45	108
TOTAL SP		**17.837**	**8.999**	**6.580**	**2.258**
TOTAL PARAÍBA DO SUL		**107.263**	**57.374**	**41.251**	**8.638**

Quadro 6.83Síntese da Área Cultivada com o Uso de Irrigação na Bacia do Rio Paraíba do Sul

ESTADO	TOTAL	TEMPORÁRIAS	HORTÍCOLAS	PERMANENTES
MG	13.369	5.489	5.230	2.650
RJ	76.057	42.886	29.441	3.730
SP	17.837	8.999	6.580	2.258
TOTAL (ha)	**107.263**	**57.374**	**41.251**	**8.638**

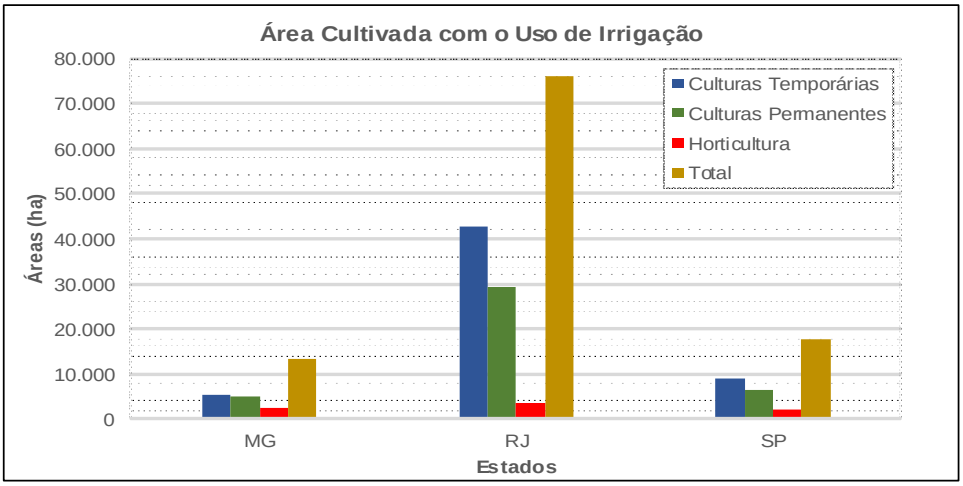


Figura 6.28 Área Cultivada com o Uso de Irrigação na Bacia do Rio Paraíba do Sul,segundo o Estado e o Tipo de Cultivo

CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DAS CULTURAS

O cálculo da evapotranspiração de referência das culturas foi efetuado a partir do software Cropwat 8.0 (Foodand Agriculture Organization – FAO), que utiliza o método de Penman-Monteith.

Segundo o Boletim nº 56 da FAO e diversas outras referências bibliográficas, os métodos utilizados até há pouco tempo para determinar a ET0 resultavam, comumente, em superestimativa de valores e, em alguns casos, na situação inversa. Após reunião de especialistas no assunto, originou-se a recomendação da utilização do método de Penman-Monteith para o cálculo da evapotranspiração potencial, apontado como o método capaz de permitir a maior aproximação com a situação real na maioria das condições climáticas.

Os dados climatológicos utilizados para o cálculo da ET0 pertencem à rede de estações do INMET localizadas na bacia do Rio Paraíba do Sul, que proporcionam uma boa cobertura. Poucas dessas estações constavam do banco de dados do Climwat 2.0, software associado ao Cropwat, sendo os dados das demais extraídos das Normais Climatológicas do INMET 1961/1990 (altitude, coordenadas geográficas, temperaturas médias máximas e mínimas, umidade do ar e velocidade do vento).

Os resultados obtidos estão sintetizados no **Quadro 6.84** e **Quadro 6.85**e ilustrados na **Figura 6.29**, **Figura 6.30** e **Figura 6.31**, apresentadas adiante. Foram comparados entre si e demonstraram uniformidade de valores e distribuição anual semelhantes, motivos pelos quais julgou-se apropriado utilizar um único valor médio de ET0, representativo de toda a bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Quadro 6.84 Variação Anual da Evapotranspiração de Referência nos Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul (mm/dia)l

Altitude (m)	Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Total (mm)	Média (mm)
239	Muriaé/MG	4,64	4,39	3,93	3,08	2,45	2,1	2,19	2,87	3,26	3,62	3,85	3,89	3,36	1.224,88	1.172,97
168	Cataguases/MG	4,39	4,22	4,02	3,24	2,54	2,14	2,18	2,78	3,14	3,48	3,88	3,98	3,33	1.216,36	
267	Leopoldina/MG	4,16	4,28	3,82	3,08	2,45	2,13	2,22	2,81	3,3	3,51	3,7	3,86	3,28	1.195,98	
940	Juiz de Fora/MG	3,87	4,17	3,47	3,19	2,47	2,3	2,44	3,09	3,23	3,28	3,69	3,6	3,23	1.180,17	
435	Coronel Pacheco/MG	4,09	4,28	3,73	3,02	2,38	2	2,12	2,73	3,1	3,47	3,71	3,78	3,2	1.168,30	
907	Santos Dumont/MG	3,79	3,69	3,33	2,67	2,16	1,88	1,93	2,52	2,83	3,14	3,32	3,33	2,88	1.052,11	
	ET0 Média (mm/dia)	**4,16**	**4,17**	**3,72**	**3,05**	**2,41**	**2,09**	**2,18**	**2,8**	**3,14**	**3,42**	**3,69**	**3,74**	**3,21**	**1.172,97**	
Altitude (m)	**ET0 (mm/dia)**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Média**	**Total (mm)**	**Média (mm)**
340	Carmo/RJ	4,99	4,72	4,3	3,4	2,84	2,51	2,61	3,34	3,72	4,11	4,36	4,25	3,76	1.373,31	1.195,46
124	Itaperuna/RJ	4,83	4,91	4,27	3,37	2,62	2,24	2,31	2,95	3,43	3,82	4,25	4,29	3,61	1.316,74	
437	Vassouras/RJ	4,28	4,42	3,85	2,99	2,42	2,11	2,27	2,86	3,24	3,55	3,86	3,98	3,32	1.211,50	
440	Resende/RJ	4,25	4,15	3,73	2,98	2,41	2,01	2,23	2,83	3,4	3,7	4,03	3,99	3,31	1.207,85	
506	Cordeiro/RJ	4,19	4,2	3,68	2,79	2,17	1,81	1,91	2,48	2,71	3,08	3,56	3,61	3,02	1.100,78	
388	Piraí/RJ	4,01	4,14	3,52	2,75	2,13	1,78	1,89	2,31	2,76	3,22	3,56	3,74	2,98	1.089,22	
856	Nova Friburgo/RJ	3,79	3,76	3,31	2,76	2,18	1,85	1,88	2,45	2,73	3,19	3,66	3,58	2,93	1.068,84	
	ET0 Média (mm/dia)	**4,33**	**4,33**	**3,81**	**3,01**	**2,4**	**2,04**	**2,16**	**2,75**	**3,14**	**3,52**	**3,9**	**3,92**	**3,28**	**1.195,46**	
Altitude (m)	**ET0 (mm/dia)**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Média**	**Total (mm)**	**Média (mm)**
546	Tremembé/SP	4,12	4,08	3,66	3,12	2,42	2,06	2,29	2,98	3,54	3,83	4,22	3,95	3,36	1.224,88	1.195,68
643	São José dos Campos/SP	4,19	3,98	3,67	3,04	2,3	2,03	2,24	2,93	3,46	3,63	4,04	4,04	3,3	1.202,98	
577	Taubaté/SP	4,06	4,08	3,66	2,99	2,22	1,92	2,04	2,62	3,21	3,48	3,92	3,91	3,18	1.159,18	
	ET0 Média (mm/dia)	**4,12**	**4,05**	**3,66**	**3,05**	**2,31**	**2,00**	**2,19**	**2,84**	**3,4**	**3,65**	**4,06**	**3,97**	**3,28**	**1.195,68**	

Quadro 6.85 Comparação da Variação Anual da Evapotranspiração de Referência nos Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul

ET0 (mm/dia)	UF	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Total Anual (mm)
ET0 Média	MG	4,2	4,2	3,7	3,1	2,4	2,1	2,2	2,8	3,1	3,4	3,7	3,7	3,21	1.172,97
ET0 Média	RJ	4,3	4,3	3,8	3	2,4	2	2,2	2,8	3,1	3,5	3,9	3,9	3,28	1.195,46
ET0 Média	SP	4,1	4,1	3,7	3,1	2,3	2	2,2	2,8	3,4	3,7	4,1	4	3,28	1.195,68
ET0 Média MG/RJ/SP		**4,2**	**4,2**	**3,7**	**3**	**2,4**	**2,1**	**2,2**	**2,8**	**3,2**	**3,5**	**3,9**	**3,9**	**3,25**	**1.188,04**

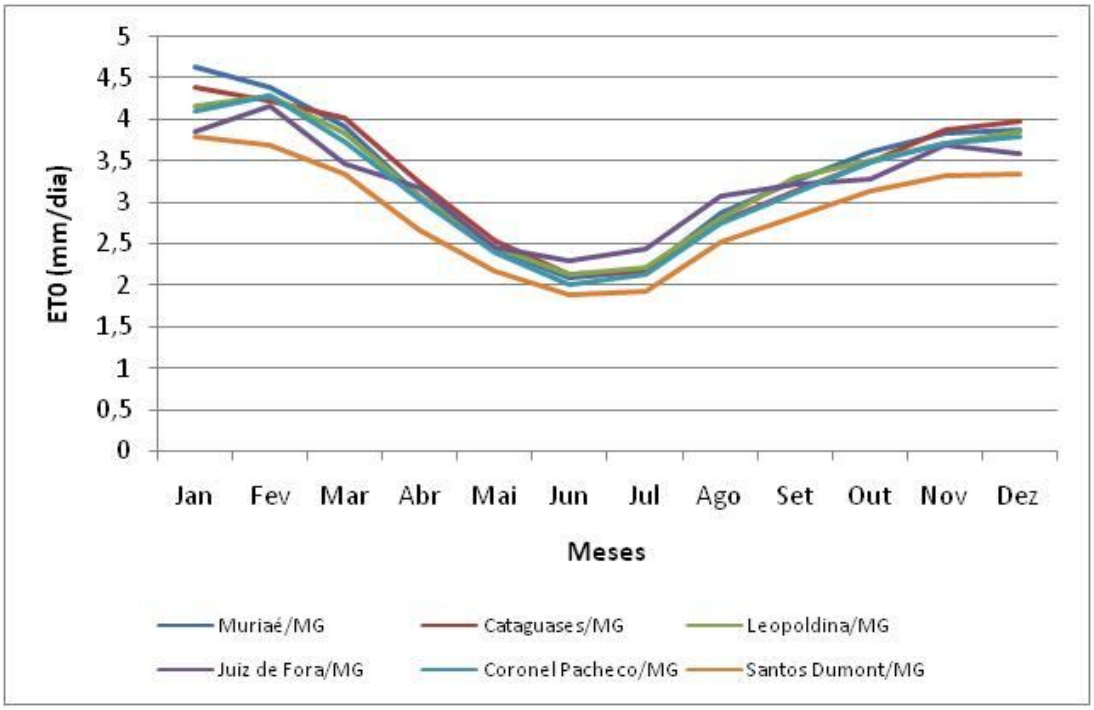


Figura 6.29 Comparação da Variação Anual da Evapotranspiração de Referência em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul Localizados em Minas Gerais

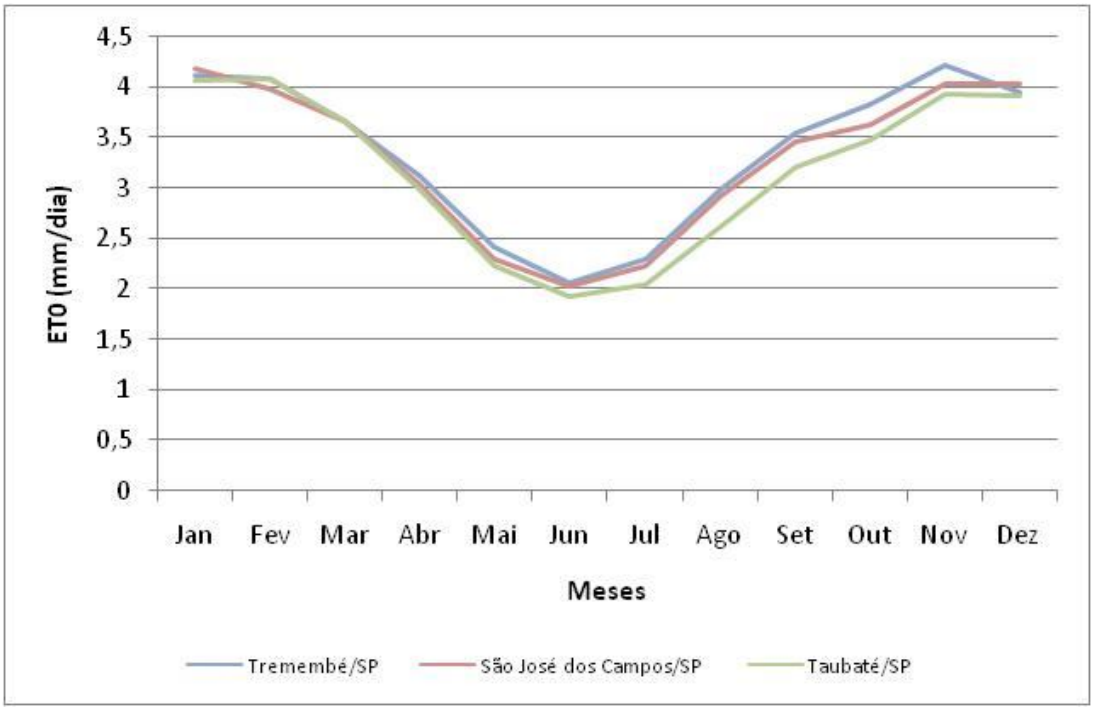


Figura 6.30 Comparação da Variação Anual da Evapotranspiração de Referência em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul Localizados em São Paulo

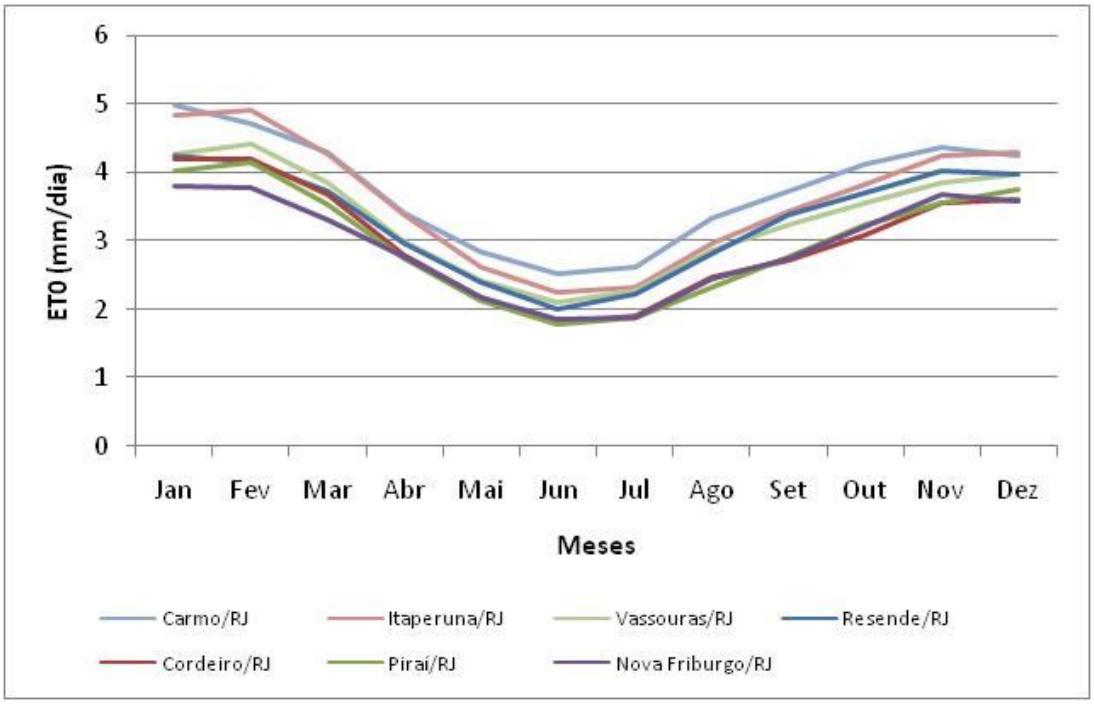


Figura 6.31 Comparação da Variação Anual da Evapotranspiração de Referência em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul Localizados no Rio de Janeiro

CÁLCULO DAS DEMANDAS DE IRRIGAÇÃO DAS CULTURAS

Para o cálculo das demandas de irrigação das culturas analisou-se, previamente, o regime pluviométrico da Bacia, a partir dos dados de precipitação registrados pelas estações do INMET no período 1961-1990 (**Quadro 6.86**, **Quadro 6.87**e **Figura 6.32**). Assim como constatado na análise da ET0, verificou-se uma pequena variabilidade nas precipitações registradas pelas diversas estações e uma distribuição anual similar, motivo pelo qual adotou-se a média da precipitação das estações para subsidiar o cálculo das demandas de irrigação das culturas.

A chuva efetiva foi calculada através do software Cropwat 8.0, pelo método preconizado pelo United States Department of Agriculture – USDA.

No **Quadro** 6.88, **Quadro 6.89** e **Quadro 6.90** estão apresentadas as demandas hídricas representativas de uma demanda média para culturas temporárias, permanentes e hortícolas, tendo em vista a profusão de culturas encontradas, embora em sua maioria com áreas reduzidas.

Para as culturas temporárias e hortícolas, as épocas de plantio foram definidas para coincidir com os períodos de máxima demanda de irrigação, embora estas sejam baixas na região, pois o período seco coincide com baixas temperaturas.

Os métodos de irrigação adotados e suas respectivas eficiências são característicos para os tipos de culturas analisadas.

Quadro 6.86 Comparação da Variação Anual da Precipitação Pluviométrica nos Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Precipitação (mm)	Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano	Média Anual (mm)
MG	Muriaé	230	184	135	79	37	31	20	13	55	122	192	285	1383	
MG	Cataguases	186,2	187,9	114,9	46	28,3	12,3	24,6	18,7	40	102,9	201,8	215,9	1179,5	
MG	Leopoldina	201	174	135	68	34	25	14	17	43	124	159	272	1266	1437,8
MG	Juiz de Fora	286,7	181,3	186,4	92,5	48,6	31,7	23,2	22,1	75,8	155,2	216,4	277,1	1597	
MG	Coronel Pacheco	284,4	168,3	195,3	80,2	48,8	29,3	22,7	23,1	83,9	122,3	209,5	272,4	1540	
MG	Santos Dumont	273	244	223	92	32	24	18	16	59	142	203	335	1661	
RJ	Carmo	269,7	195,2	132,2	87,3	35	26,7	28,6	28,6	65,3	149,1	218,5	278,7	1515	
RJ	Itaperuna	158,7	85,8	106,7	92,9	43	24,4	31,3	26,2	49,8	114,7	198,4	203,1	1134,9	
RJ	Vassouras	249,4	159,7	149,7	69,2	35,3	29,8	23,3	28,3	65,5	113,8	159,7	246,2	1329,8	
RJ	Resende	279	208,7	213,9	102,5	40,4	29,2	20	30	58,8	131,1	177,7	261,1	1552,5	1336,2
RJ	Cordeiro	208,8	105,2	104,5	95,8	31,7	43,5	24,1	23,4	79	148	204,3	232,4	1300,7	
RJ	Piraí	214	158,4	130,2	80,9	43,8	32,9	28,8	31,5	46,9	111,4	152,5	209,5	1240,8	
RJ	Nova Friburgo	232,1	165,2	154,6	61,4	39,8	32,3	24,7	23,7	52,4	86,3	186,1	221,2	1279,8	
SP	Tremembé	255	165,4	187,5	78,6	49,4	41,9	19,7	31,1	78,3	144,5	149,2	214,9	1415,5	
SP	São José dos Campos	192,5	151,2	132,8	59,8	30,3	32,5	26,6	31,9	52,8	120,5	122	202,1	1155	1322,4
SP	Taubaté	233,5	192,1	173,5	67,1	40,9	29,3	31,1	41,7	64	132,8	146,2	244,6	1396,8	
Precipitação Média (mm)		**234,6**	**170,4**	**154,7**	**78,3**	**38,6**	**29,7**	**23,8**	**25,4**	**60,6**	**126,3**	**181,0**	**248,2**	**1371,7**	

Quadro 6.87Síntese das Informações Utilizadas para o Cálculo das Demandas Hídricas das Culturas

Parâmetros de Cálculo		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
ETo Penman-Monteith (Cropwat/FAO)	mm/dia	4,2	4,2	3,7	3,0	2,4	2,0	2,2	2,8	3,2	3,5	3,9	3,9	
	mm/mês	130,3	117,1	115,6	91,0	73,5	61,4	67,4	86,7	96,9	109,4	116,5	120,1	1.186,10
Precipitação Média	mm/mês	234,6	170,4	154,7	78,3	38,6	29,7	23,8	25,4	60,6	126,3	181,0	248,2	1.371,70
Precipitação Efetiva	mm/mês	146,5	123,9	116,4	68,5	36,2	28,3	22,9	24,4	54,7	100,8	128,6	149,6	1.000,80

Obs.: Precipitação Efetiva calculada pelo método do USDA (Cropwat FAO).

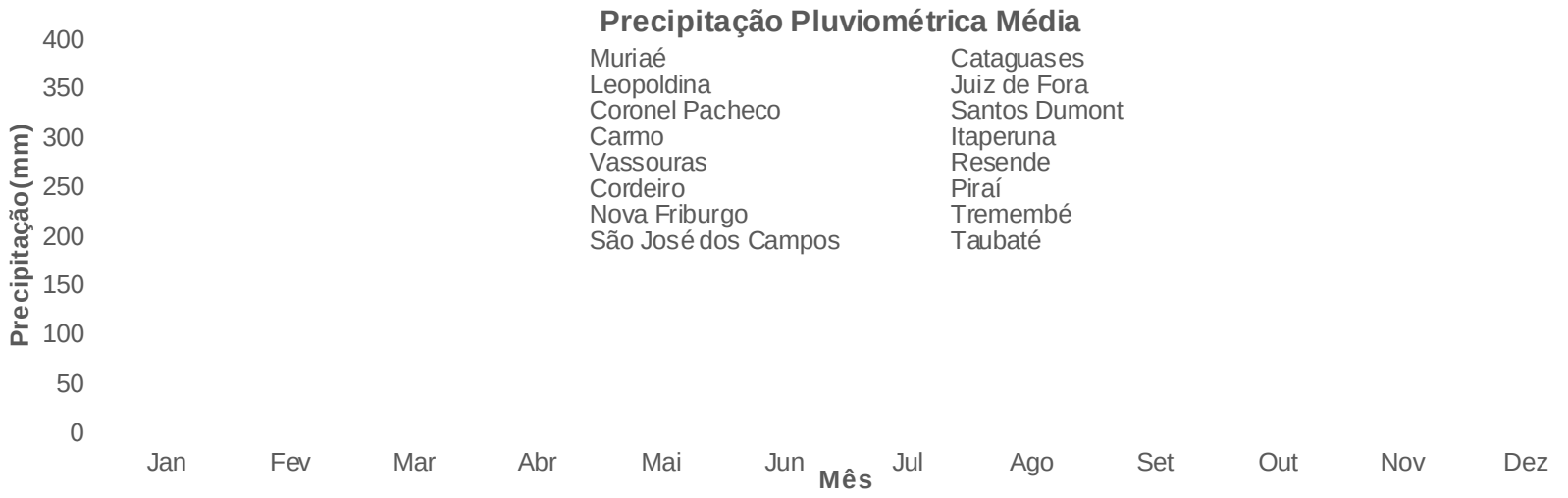


Figura 6.32 Comparação da Variação Anual da Precipitação Pluviométrica em Municípios da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Quadro 6.88Cálculo da Demanda das Culturas Temporárias

METODO DE IRRIGAÇÃO:	ASPERSÃO													
EFICIÊNCIA:	75%													
TEMPO DE BOMBEAMENTO:	20	horas/dia												
COEFICIENTE DE OCUPAÇÃO DO SOLO:	100%													
MESES	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**TOTAL**	
ET0	130,35	117,1	115,62	91,02	73,55	61,39	67,45	86,69	96,88	109,41	116,49	120,14	1.186,08	
PRECIPITAÇÃO EFETIVA	146,5	123,9	116,4	68,5	36,2	28,3	22,9	24,4	54,7	100,8	128,6	149,6	1.000,80	
Kc	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,85	0,6	0,6	0,85	1,02	1,1	1,15		
ETc (mm)	149,9	134,67	132,96	104,68	84,58	52,18	40,47	52,01	82,35	111,59	128,14	138,16	1.211,69	12.116,90
LAMINA LIQUIDA (mm)	3,4	10,77	16,56	36,18	48,38	23,88	17,57	27,61	27,65	10,79	0	0		
LAMINA BRUTA (mm)	4,53	14,36	22,08	48,24	64,5	31,85	23,42	36,82	36,87	14,39	0	0	297,05	2.970,53
VAZAO (l / s / ha)	0,02	0,07	0,1	0,22	0,29	0,15	0,1	0,16	0,17	0,06	0	0	0,29	

Quadro 6.89Cálculo da Demanda Hídrica das Culturas Permanentes

METODO DE IRRIGAÇÃO:	MINI-ASPERSÃO													
EFICIÊNCIA:	75%													
TEMPO DE BOMBEAMENTO:	20	horas/dia												
COEFICIENTE DE OCUPAÇÃO DO SOLO:	100%													
MESES	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**TOTAL**	
ET0	130,35	117,1	115,62	91,02	73,55	61,39	67,45	86,69	96,88	109,41	116,49	120,14	1.186,08	
PRECIPITAÇÃO EFETIVA	146,5	123,9	116,4	68,5	36,2	28,3	22,9	24,4	54,7	100,8	128,6	149,6	1.000,80	
Kc	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		
ETc (mm)	117,31	105,39	104,05	81,92	66,19	55,25	60,7	78,02	87,19	98,46	104,84	108,13	1.067,47	10.674,73
LAMINA LIQUIDA (mm)	0	0	0	13,42	29,99	26,95	37,8	53,62	32,49	0	0	0		
LAMINA BRUTA (mm)	0	0	0	17,9	39,99	35,94	50,4	71,49	43,32	0	0	0	259,04	2.590,40
VAZAO (l / s / ha)	0	0	0	0,08	0,18	0,17	0,23	0,32	0,2	0	0	0	0,32	

Quadro 6.90Cálculo da Demanda Hídrica das Hortícolas

METODO DE IRRIGAÇÃO:		ASPERSÃO												
EFICIÊNCIA:		75%												
TEMPO DE BOMBEAMENTO:		20	horas/dia											
COEFICIENTE DE OCUPAÇÃO DO SOLO:		100%												
MESES	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**TOTAL**	
ET0	130,35	117,1	115,62	91,02	73,55	61,39	67,45	86,69	96,88	109,41	116,49	120,14	1.186,08	
PRECIPITAÇÃO EFETIVA	146,5	123,9	116,4	68,5	36,2	28,3	22,9	24,4	54,7	100,8	128,6	149,6	1.000,80	
Kc					0,7	0,9	1,05	0,95						
ETc (mm)	0	0	0	0	51,48	55,25	70,82	82,35	0	0	0	0	259,91	2.599,08
LAMINA LIQUIDA (mm)	0	0	0	0	15,28	26,95	47,92	57,95	0	0	0	0		
LAMINA BRUTA (mm)	0	0	0	0	20,38	35,94	63,89	77,27	0	0	0	0	197,48	1.974,77
VAZAO (l / s / ha)	0	0	0	0	0,09	0,17	0,29	0,35	0	0	0	0	0,35	

CÁLCULO DAS DEMANDAS DE IRRIGAÇÃO NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Uma vez obtidas as áreas dos grupos de culturas irrigadas e as respectivas demandas unitárias, foi possível determinar as demandas totais de irrigação e a sua variação anual na bacia do Rio Paraíba do Sul. As demandas para as áreas totais em cada município estão sintetizadas no **Quadro 6.91** e ilustradas na **Figura 6.33**. Tais informações foram posteriormente ajustadas segundo as áreas dos municípios incluídas dentro dos limites da Bacia, e estão apresentadas na sequência.

Quadro 6.91Síntese das Demandas de Irrigação das Culturas na Bacia– Totais Estaduais (m³/s)

Estado	Demanda (m³/s)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MG	0,11	0,39	0,54	1,45	2,54	2,12	2,67	3,56	1,47	0,35	-	-
RJ	0,87	3,05	4,24	9,89	15,75	11,84	13,77	18,46	8,07	2,77	-	-
SP	0,18	0,64	0,89	2,20	3,61	2,80	3,34	4,49	1,99	0,58	-	-
Total	1,17	4,09	5,67	13,53	21,89	16,76	19,78	26,51	11,52	3,70	-	-

Obs.: Considerado o bombeamento durante 20 h/dia, fora do período de pico de consumo de energia elétrica

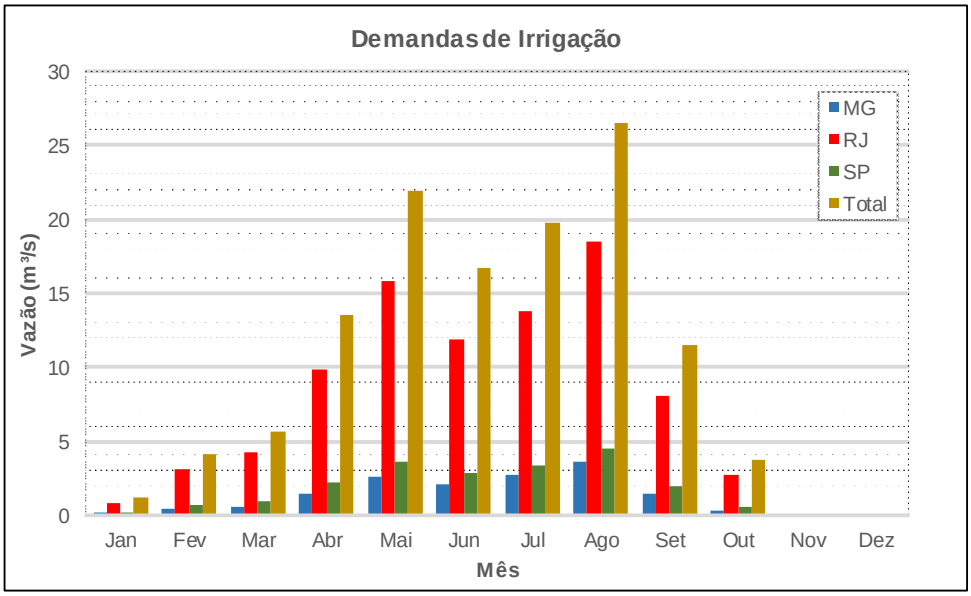


Figura 6.33 Síntese das Demandas de Irrigação das Culturas na Bacia – Totais por Estado (m³/s)

As demandas de água foram calculadas considerando a média anual que permite estimar os volumes totais de água a serem captados, bem como para a máxima demanda mensal, que indica a necessidade de água instantânea a ser assegurada nos períodos de maior consumo de água da atividade da agricultura irrigada.

O **Quadro 6.92** apresenta para cada tipo de cultura as demandas média e máxima.

Quadro 6.92 Demandas de água média e máxima das culturas

Demanda	Tipo de Cultura		
	Temporária	Horticultura	Permanente
Média (l/s.ha)	0,11	0,07	0,10
Máxima (l/s.ha)	0,29	0,35	0,32

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS DEMANDAS

Para permitir a espacialização das demandas hídricas calculadas para a irrigação, em um primeiro momento, foi aplicado sobre estas demandas o fator relativo à área do município dentro da bacia em relação à área total do município, considerando que as áreas irrigadas distribuem-se de maneira uniforme.

Esse critério não foi adotado no caso dos municípios de Barbacena/MG e Salesópolis/SP, uma vez que as áreas desses municípios dentro da bacia são menores que 3%, e estão localizadas nas partes mais altas, onde o relevo é muito acidentado e a disponibilidade hídrica é pequena, ambos os fatores indicando que a prática da agricultura irrigada nesses locais é pouco provável.

Assim sendo, ainda que apresentem, segundo o IBGE, áreas irrigadas relativamente expressivas (1.746ha em Barbacena e 188ha em Salesópolis), foram desconsiderados na distribuição final das áreas irrigadas.

Disso resultou uma redução expressiva das áreas irrigadas na Bacia, que para o total dos municípios atingia 107.263 ha e após o ajuste passou a ser de 95.182 ha, e cuja distribuição pelos Estados está apresentada no **Quadro 6.93** e **Figura 6.34**, a seguir.

Quadro 6.93Síntese da Área Cultivada com o Uso de Irrigação na Bacia do Rio Paraíba do Sul, após ajuste da parcela dos municípios fora da bacia

Estado	Área Irrigada (ha)			
	Total	Culturas Temporárias	Culturas Permanentes	Horticultura
MG	11.070	4.932	3.799	2.338
RJ	69.605	38.083	27.998	3.525
SP	14.507	8.845	3.604	2.059
Total	**95.182**	**51.860**	**35.401**	**7.922**

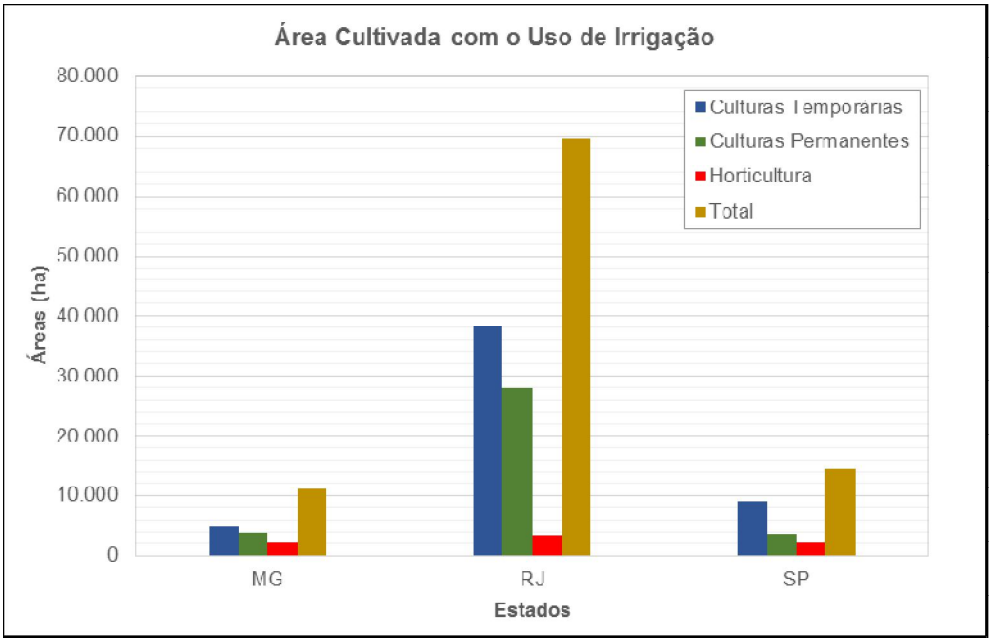


Figura 6.34 Distribuição das Áreas Irrigadas por tipo de Cultura e por Estado

De posse das áreas irrigadas ajustadas em cada um dos municípios, foi procedida então a distribuição espacial dessas áreas, utilizando para tal o mapeamento do Uso e Ocupação do Solo.

Como tal mapa não individualiza as áreas irrigadas dos cultivos de sequeiro, foram inicialmente identificadas as áreas de agricultura que se situam a menos de 2 km da rede hidrográfica.

Em seguida, para os municípios onde as áreas agrícolas eram muito superiores às áreas irrigadas, foram selecionadas manchas localizadas em pontos intermediários das sub-bacias neles localizadas de forma a que a localização das demandas representasse uma média representativa, ainda que as manchas consideradas tivessem áreas algumas vezes superiores às áreas irrigadas.

Em diversos municípios, entretanto, as manchas de áreas agrícolas são muito extensas e contínuas, não permitindo uma individualização.

Feita a seleção das áreas onde é possível e provável a ocorrência de atividades de irrigação, as áreas irrigadas e suas respectivas demandas de água, foram distribuídas proporcionalmente entre elas. Cumpre destacar que na área de abrangência do CBH Baixo Paraíba foi adotado o critério, conservador, de considerar a demanda potencial desta região, com expressiva tradição no cultivo de cana-de-açúcar. Muito embora esta atividade esteja desestimulada atualmente, optou-se por garantir tal demanda, inclusive em razão das outorgas já concedidas.

Com isso foi possível distribuir as demandas médias e máximas de água dos diferentes tipos de culturas entre os diversos Comitês de Bacia, conforme apresentado no **Quadro 6.94** e **Quadro 6.95**, a seguir.

Quadro 6.94 Demanda Média Total, segundo o tipo de cultura e por Unidade de Planejamento

UP	Demanda Média (m^3/s)			
	Temporária	Horticultura	Permanente	Total
CBH - Paraíba do Sul (SP)	1,00	0,27	0,20	1,47
CBH - Médio Paraíba do Sul	0,09	0,09	0,01	0,19
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	0,00	0,00	0,00	0,01
CBH - Preto Paraibuna	0,06	0,06	0,01	0,13
CBH- Piabanha	0,10	1,26	0,07	1,43
CBH - COMPÉ (MG)	0,50	0,22	0,21	0,93
CBH - Rio Dois Rios	0,23	0,53	0,12	0,88
CBH - Baixo Paraíba do Sul	3,88	0,19	0,14	4,21
Total	**5,86**	**2,63**	**0,78**	**9,26**

Quadro 6.95 Demanda Máxima Total, segundo o tipo de cultura e por Unidade de Planejamento

UP	Demanda Máxima (m^3/s)			
	Temporária	Horticultura	Permanente	Total
CBH - Paraíba do Sul (SP)	2,56	1,25	0,66	4,46
CBH - Médio Paraíba do Sul	0,23	0,42	0,05	0,69
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	0,00	0,01	0,01	0,02
CBH - Preto Paraibuna	0,14	0,29	0,05	0,48
CBH- Piabanha	0,26	5,87	0,23	6,37
CBH - COMPÉ (MG)	1,28	1,03	0,70	3,01
CBH - Rio Dois Rios	0,59	2,49	0,38	3,47
CBH - Baixo Paraíba do Sul	9,92	0,90	0,45	11,27
Total	**14,99**	**12,26**	**2,54**	**29,78**

RESULTADOS

O **Quadro 6.96** apresenta as demandas de irrigação dos municípios por estado, enquanto que do **Quadro 6.97** ao **Quadro 6.104** são apresentadas por Unidade de Planejamento. Os quadros contém para cada município, o percentual do município dentro do Comitê em referência, a área irrigada e a demanda de irrigação correspondente.

Quadro 6.96 Demandas de Irrigação dos Municípios por Estado

Município	UF	Área Irrigada (ha)			
		Temporárias	Hortícolas	Permanentes	Total
APARECIDA	SP	149,0	-	-	**149,0**
ARAPEÍ	SP	-	23,0	20,0	**43,0**
AREIAS	SP	-	-	-	**-**
ARUJÁ	SP	-	51,0	-	**51,0**
BANANAL	SP	-	17,0	-	**17,0**
CAÇAPAVA	SP	579,0	27,0	-	**606,0**
CACHOEIRA PAULISTA	SP	240,0	10,0	-	**250,0**
CANAS	SP	65,0	-	-	**65,0**
CRUZEIRO	SP	-	5,0	76,0	**81,0**
CUNHA	SP	96,0	275,0	199,0	**570,0**
GUARAREMA	SP	12,0	235,0	211,0	**458,0**
GUARATINGUETÁ	SP	2.163,0	114,0	27,0	**2.304,0**
GUARULHOS	SP	-	71,0	-	**71,0**
IGARATÁ	SP	4,0	-	-	**4,0**
ITAQUAQUECETUBA	SP	4,0	17,0	-	**22,0**
JACAREÍ	SP	57,0	302,0	58,0	**417,0**
JAMBEIRO	SP	-	3,0	469,0	**472,0**
LAGOINHA	SP	-	-	-	**-**
LAVRINHAS	SP	-	35,0	-	**35,0**
LORENA	SP	939,0	64,0	-	**1.003,0**
MOGI DAS CRUZES	SP	43,0	830,0	56,0	**928,0**
MONTEIRO LOBATO	SP	-	110,0	-	**110,0**
NATIVIDADE DA SERRA	SP	-	400,0	94,0	**494,0**
PARAIBUNA	SP	-	165,0	153,0	**317,0**
PINDAMONHANGABA	SP	1.110,0	24,0	128,0	**1.262,0**
PIQUETE	SP	6,0	4,0	-	**10,0**
POTIM	SP	236,0	-	-	**236,0**
QUELUZ	SP	6,0	-	-	**6,0**
REDENÇÃO DA SERRA	SP	97,0	137,0	29,0	**263,0**
ROSEIRA	SP	170,0	60,0	-	**230,0**
SALESÓPOLIS	SP	-	-	-	**-**
SANTA BRANCA	SP	18,0	8,0	6,0	**32,0**
SANTA ISABEL	SP	7,0	127,0	22,0	**156,0**

Município	UF	Área Irrigada (ha)			
		Temporárias	Hortícolas	Permanentes	Total
SÃO JOSÉ DO BARREIRO	SP	3,0	-	11,0	**14,0**
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	SP	216,0	74,0	387,0	**677,0**
SÃO LUÍS DO PARAITINGA	SP	24,0	205,0	-	**229,0**
SILVEIRAS	SP	-	102,0	-	**102,0**
TAUBATÉ	SP	1.318,0	64,0	5,0	**1.387,0**
TREMEMBÉ	SP	1.283,0	45,0	108,0	**1.436,0**
TOTAL SP		**8.845,0**	**3.604,0**	**2.059,0**	**14.507,0**
ALÉM PARAÍBA	MG	115,0	6,0	-	**121,0**
ANTÔNIO CARLOS	MG	3,0	24,0	23,0	**50,0**
ANTÔNIO PRADO DE MINAS	MG	70,0	-	4,0	**74,0**
ARACITABA	MG	-	-	-	**-**
ARGIRITA	MG	-	-	-	**-**
ASTOLFO DUTRA	MG	14,0	90,0	105,0	**209,0**
BARÃO DE MONTE ALTO	MG	430,0	334,0	-	**764,0**
BARBACENA	MG	-	-	-	**-**
BELMIRO BRAGA	MG	8,0	-	-	**8,0**
BIAS FORTES	MG	8,0	-	-	**8,0**
BICAS	MG	25,0	-	-	**25,0**
BOCAINA DE MINAS	MG	-	-	-	**-**
BOM JARDIM DE MINAS	MG	-	-	-	**-**
CARANGOLA	MG	13,0	-	16,0	**29,0**
CATAGUASES	MG	268,0	17,0	71,0	**356,0**
CHÁCARA	MG	-	9,0	-	**9,0**
CHIADOR	MG	8,0	-	-	**8,0**
CORONEL PACHECO	MG	-	-	55,0	**55,0**
DESCOBERTO	MG	-	1,0	39,0	**40,0**
DESTERRO DO MELO	MG	-	1,0	1,0	**2,0**
DIVINÉSIA	MG	38,0	-	10,0	**48,0**
DIVINO	MG	-	1,0	17,0	**18,0**
DONA EUSÉBIA	MG	8,0	196,0	60,0	**264,0**
ERVÁLIA	MG	21,0	3,0	13,0	**37,0**
ESTRELA DALVA	MG	40,0	-	4,0	**44,0**
EUGENÓPOLIS	MG	64,0	4,0	34,0	**102,0**
EWBANK DA CÂMARA	MG	-	-	-	**-**
FARIA LEMOS	MG	-	-	78,0	**78,0**
FERVEDOURO	MG	-	-	20,0	**20,0**
GOIANÁ	MG	23,0	3,0	12,0	**38,0**
GUARANI	MG	15,0	9,0	33,0	**57,0**
GUARARÁ	MG	-	-	7,0	**7,0**
GUIDOVAL	MG	69,0	404,0	392,0	**865,0**
GUIRICEMA	MG	275,0	239,0	42,0	**556,0**
ITAMARATI DE MINAS	MG	72,0	104,0	15,0	**191,0**

Município	UF	Área Irrigada (ha)			
		Temporárias	Hortícolas	Permanentes	Total
JUIZ DE FORA	MG	52,0	212,0	-	**264,0**
LARANJAL	MG	62,0	61,0	-	**123,0**
LEOPOLDINA	MG	455,0	124,0	145,0	**724,0**
LIMA DUARTE	MG	33,0	4,0	-	**37,0**
MAR DE ESPANHA	MG	25,0	19,0	-	**44,0**
MARIPÁ DE MINAS	MG	38,0	2,0	-	**40,0**
MATIAS BARBOSA	MG	59,0	59,0	39,0	**157,0**
MERCÊS	MG	43,0	8,0	-	**51,0**
MIRADOURO	MG	48,0	13,0	39,0	**100,0**
MIRAÍ	MG	44,0	-	11,0	**55,0**
MURIAÉ	MG	352,0	62,0	38,0	**452,0**
OLARIA	MG	-	3,0	-	**3,0**
OLIVEIRA FORTES	MG	-	4,0	10,0	**14,0**
ORIZÂNIA	MG	-	15,0	-	**15,0**
PAIVA	MG	30,0	2,0	11,0	**43,0**
PALMA	MG	57,0	21,0	62,0	**140,0**
PASSA-VINTE	MG	-	-	-	**-**
PATROCÍNIO DO MURIAÉ	MG	82,0	5,0	5,0	**92,0**
PEDRA DOURADA	MG	-	-	2,0	**2,0**
PEDRO TEIXEIRA	MG	-	-	-	**-**
PEQUERI	MG	36,0	8,0	-	**44,0**
PIAU	MG	8,0	20,0	55,0	**83,0**
PIRAPETINGA	MG	66,0	4,0	45,0	**115,0**
PIRAÚBA	MG	295,0	114,0	26,0	**435,0**
RECREIO	MG	83,0	-	-	**83,0**
RIO NOVO	MG	-	1,0	-	**1,0**
RIO POMBA	MG	194,0	5,0	77,0	**276,0**
RIO PRETO	MG	60,0	24,0	-	**84,0**
ROCHEDO DE MINAS	MG	15,0	10,0	15,0	**40,0**
RODEIRO	MG	75,0	90,0	69,0	**234,0**
ROSÁRIO DA LIMEIRA	MG	-	12,0	-	**12,0**
SANTA BÁRBARA DO MONTE VERDE	MG	5,0	-	-	**5,0**
SANTA BÁRBARA DO TUGÚRIO	MG	-	10,0	20,0	**30,0**
SANTA RITA DE IBITIPOCA	MG	-	1,0	1,0	**2,0**
SANTA RITA DE JACUTINGA	MG	-	2,0	-	**2,0**
SANTANA DE CATAGUASES	MG	70,0	21,0	9,0	**100,0**
SANTANA DO DESERTO	MG	-	16,0	35,0	**51,0**
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	MG	61,0	36,0	70,0	**167,0**
SANTOS DUMONT	MG	15,0	4,0	17,0	**36,0**
SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	MG	15,0	-	2,0	**17,0**
SÃO GERALDO	MG	131,0	13,0	20,0	**165,0**
SÃO JOÃO NEPOMUCENO	MG	268,0	19,0	70,0	**357,0**

Município	UF	Área Irrigada (ha)			
		Temporárias	Hortícolas	Permanentes	Total
SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	MG	-	32,0	-	**32,0**
SENADOR CORTES	MG	6,0	-	-	**6,0**
SILVEIRÂNIA	MG	-	9,0	-	**9,0**
SIMÃO PEREIRA	MG	-	436,0	-	**436,0**
TABULEIRO	MG	20,0	3,0	-	**23,0**
TOCANTINS	MG	305,0	595,0	289,0	**1.189,0**
TOMBOS	MG	76,0	3,0	14,0	**93,0**
UBÁ	MG	71,0	145,0	11,0	**227,0**
VIEIRAS	MG	20,0	10,0	5,0	**35,0**
VISCONDE DO RIO BRANCO	MG	40,0	97,0	75,0	**212,0**
VOLTA GRANDE	MG	30,0	-	-	**30,0**
TOTAL MG		**4.932,0**	**3.799,0**	**2.338,0**	**11.070,0**
APERIBÉ	RJ	93,1	128,1	11,9	**233,2**
AREAL	RJ	-	16,0	-	**16,0**
BARRA DO PIRAÍ	RJ	-	9,0	18,0	**27,0**
BARRA MANSA	RJ	8,0	189,0	8,0	**205,0**
BOM JARDIM	RJ	566,0	1.879,0	721,0	**3.166,0**
CAMBUCI	RJ	590,0	978,0	153,0	**1.721,0**
CAMPOS DOS GOYTACAZES	RJ	25.944,0	295,0	96,0	**26.335,0**
CANTAGALO	RJ	133,0	9,0	-	**142,0**
CARAPEBUS	RJ	25,0	21,0	-	**45,0**
CARDOSO MOREIRA	RJ	1.170,0	3,0	128,0	**1.301,0**
CARMO	RJ	68,0	95,0	72,0	**235,0**
COMENDADOR LEVY GASPARIAN	RJ	-	7,0	-	**7,0**
CONCEIÇÃO DE MACABU	RJ	15,0	4,0	57,0	**76,0**
CORDEIRO	RJ	20,0	66,0	-	**86,0**
DUAS BARRAS	RJ	41,0	235,0	272,0	**548,0**
ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	RJ	2,0	5,0	6,0	**13,0**
ITALVA	RJ	285,0	-	15,0	**300,0**
ITAOCARA	RJ	714,0	1.731,0	52,0	**2.497,0**
ITAPERUNA	RJ	822,0	110,0	51,0	**983,0**
ITATIAIA	RJ	-	-	-	**-**
LAJE DO MURIAÉ	RJ	250,0	23,0	177,0	**450,0**
MACUCO	RJ	-	-	-	**-**
MENDES	RJ	-	-	-	**-**
MIGUEL PEREIRA	RJ	21,0	3,0	1,0	**25,0**
MIRACEMA	RJ	486,0	50,0	21,0	**557,0**
NATIVIDADE	RJ	180,0	5,0	23,0	**208,0**
NOVA FRIBURGO	RJ	91,0	2.109,0	85,0	**2.285,0**
PARAÍBA DO SUL	RJ	126,0	92,0	-	**218,0**
PATY DO ALFERES	RJ	122,0	372,0	50,0	**544,0**
PETRÓPOLIS	RJ	64,0	1.047,0	24,0	**1.135,0**

Município	UF	Área Irrigada (ha)			
		Temporárias	Hortícolas	Permanentes	Total
PINHEIRAL	RJ	71,0	65,0	-	**136,0**
PIRAÍ	RJ	-	47,0	-	**47,0**
PORCIÚNCULA	RJ	67,0	5,0	14,0	**86,0**
PORTO REAL	RJ	60,0	14,0	-	**74,0**
QUATIS	RJ	102,0	39,0	-	**141,0**
QUISSAMÃ	RJ	231,0	10,0	369,0	**610,0**
RESENDE	RJ	87,0	120,0	10,0	**217,0**
RIO CLARO	RJ	3,0	24,0	27,0	**54,0**
RIO DAS FLORES	RJ	20,0	21,0	8,0	**49,0**
SANTA MARIA MADALENA	RJ	18,0	15,0	10,0	**43,0**
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	RJ	428,0	29,0	47,0	**504,0**
SÃO FIDÉLIS	RJ	1.716,0	534,0	76,0	**2.326,0**
SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	RJ	561,0	6,0	26,0	**593,0**
SÃO JOÃO DA BARRA	RJ	1.535,0	130,0	145,0	**1.810,0**
SÃO JOSÉ DE UBÁ	RJ	135,0	295,0	-	**430,0**
SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO	RJ	43,0	1.754,0	129,0	**1.926,0**
SÃO SEBASTIÃO DO ALTO	RJ	175,0	467,0	6,0	**648,0**
SAPUCAIA	RJ	234,0	1.556,0	51,0	**1.841,0**
SUMIDOURO	RJ	310,0	4.267,0	187,0	**4.764,0**
TERESÓPOLIS	RJ	151,0	8.097,0	234,0	**8.482,0**
TRAJANO DE MORAES	RJ	39,0	601,0	28,0	**668,0**
TRÊS RIOS	RJ	22,0	100,0	44,0	**166,0**
VALENÇA	RJ	149,0	22,0	7,0	**178,0**
VARRE-SAI	RJ	3,0	3,0	9,0	**15,0**
VASSOURAS	RJ	55,0	210,0	52,0	**317,0**
VOLTA REDONDA	RJ	-	42,0	-	**42,0**
TOTAL RJ		**38.051,1**	**27.954,1**	**3.520,9**	**69.525,2**
TOTAL PARAÍBA DO SUL		**51.828,1**	**35.357,1**	**7.917,9**	**95.102,2**

Quadro 6.97 Demandas de Irrigação – CBH Paraíba do Sul (SP)

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
APARECIDA	100,00	1,490	0,0431
ARAPEÍ	100,00	0,430	0,0144
ARUJÁ	74,50	0,510	0,0177
BANANAL	78,40	0,170	0,0059
CAÇAPAVA	100,00	6,060	0,1767
CACHOEIRA PAULISTA	100,00	2,500	0,0728
CANAS	100,00	0,650	0,0188
CRUZEIRO	100,00	0,810	0,0261
CUNHA	96,49	5,700	0,1867
GUARAREMA	100,00	4,580	0,1524
GUARATINGUETÁ	100,00	23,040	0,6732
GUARULHOS	19,14	0,710	0,0246
IGARATÁ	100,00	0,040	0,0012
ITAQUAQUECETUBA	13,77	0,220	0,0070
JACAREÍ	100,00	4,170	0,1396
JAMBEIRO	100,00	4,720	0,1513
LAVRINHAS	100,00	0,350	0,0121
LORENA	100,00	10,030	0,2935
MOGI DAS CRUZES	26,84	9,280	0,3177
MONTEIRO LOBATO	100,00	1,100	0,0381
NATIVIDADE DA SERRA	100,00	4,940	0,1686
PARAIBUNA	90,35	3,170	0,1061
PINDAMONHANGABA	100,00	12,620	0,3701
PIQUETE	100,00	0,100	0,0031
POTIM	100,00	2,360	0,0682
QUELUZ	100,00	0,060	0,0017
REDENÇÃO DA SERRA	100,00	2,630	0,0848
ROSEIRA	100,00	2,300	0,0699
SANTA BRANCA	100,00	0,320	0,0099
SANTA ISABEL	100,00	1,560	0,0530
SÃO JOSÉ DO BARREIRO	42,07	0,140	0,0044
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	100,00	6,770	0,2120
SÃO LUÍS DO PARAITINGA	100,00	2,290	0,0779
SILVEIRAS	100,00	1,020	0,0353
TAUBATÉ	100,00	13,870	0,4047
TREMEMBÉ	100,00	14,360	0,4210
TOTAL		**145,070**	**4,4634**

Quadro 6.98 Demandas de Irrigação – CBH Médio Paraíba do Sul

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
BARRA DO PIRAÍ	92,10	0,27	0,0089
BARRA MANSA	100,00	2,05	0,0703
COMENDADOR LEVY GASPARIAN	100,00	0,07	0,0024
MIGUEL PEREIRA	12,56	0,25	0,0074
PARAÍBA DO SUL	76,42	1,82	0,0569
PATY DO ALFERES	86,26	4,94	0,1635
PINHEIRAL	100,00	1,36	0,0430
PIRAÍ	21,76	0,44	0,0152
PORTO REAL	100,00	0,74	0,0222
QUATIS	100,00	1,41	0,0430
RESENDE	100,00	2,17	0,0699
RIO CLARO	4,37	0,00	0,0001
RIO DAS FLORES	100,00	0,49	0,0156
TRÊS RIOS	31,63	0,11	0,0038
VALENÇA	100,00	1,78	0,0529
VASSOURAS	92,38	3,13	0,1040
VOLTA REDONDA	100,00	0,42	0,0145
TOTAL		**21,45**	**0,6936**

Quadro 6.99 Demandas de Irrigação – CBH Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	61,79	0,13	0,0042
PIRAÍ	57,04	0,03	0,0011
RIO CLARO	58,91	0,54	0,0177
VASSOURAS	5,59	0,04	0,0012
TOTAL		**0,73**	**0,0242**

Quadro 6.100 Demandas de Irrigação – CBH Preto-Paraibuna

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
ALÉM PARAÍBA	32,49	1,21	0,0353
ANTÔNIO CARLOS	20,58	0,50	0,0165
BELMIRO BRAGA	100,00	0,08	0,0023
BIAS FORTES	100,00	0,08	0,0023
BICAS	79,76	0,18	0,0053
CHÁCARA	100,00	0,09	0,0031
CHIADOR	100,00	0,08	0,0023
CORONEL PACHECO	5,54	0,09	0,0029
GUARARÁ	100,00	0,07	0,0022
JUIZ DE FORA	100,00	2,64	0,0884
LIMA DUARTE	72,85	0,37	0,0109
MAR DE ESPANHA	100,00	0,44	0,0138
MARIPÁ DE MINAS	100,00	0,40	0,0117
MATIAS BARBOSA	100,00	1,57	0,0500
OLARIA	100,00	0,03	0,0010
PEQUERI	100,00	0,44	0,0132
RIO PRETO	100,00	0,84	0,0256
SANTA BÁRBARA DO MONTE VERDE	100,00	0,05	0,0014
SANTA RITA DE IBITIPOCA	27,35	0,02	0,0007
SANTA RITA DE JACUTINGA	100,00	0,02	0,0007
SANTANA DO DESERTO	100,00	0,51	0,0167
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	27,46	0,37	0,0116
SANTOS DUMONT	22,78	0,36	0,0112
SENADOR CORTES	53,42	0,02	0,0007
SIMÃO PEREIRA	100,00	4,36	0,1509
TOTAL		**14,83**	**0,4810**

Quadro 6.101 Demandas de Irrigação – CBH Piabanha

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
AREAL	100,00	0,16	0,0055
CARMO	81,85	1,97	0,0633
PARAÍBA DO SUL	23,58	0,36	0,0114
PATY DO ALFERES	13,74	0,50	0,0166
PETRÓPOLIS	94,88	11,35	0,3886
SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO	100,00	19,26	0,6610
SAPUCAIA	100,00	18,41	0,6226
SUMIDOURO	100,00	47,64	1,6267
TERESÓPOLIS	100,00	84,82	2,9217
TRÊS RIOS	68,37	1,55	0,0513
TOTAL		**186,02**	**6,3688**

Quadro 6.102 Demandas de Irrigação – Compé (MG)

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
ANTÔNIO PRADO DE MINAS	100,00	0,74	0,0215
ASTOLFO DUTRA	100,00	2,09	0,0688
BARÃO DE MONTE ALTO	100,00	7,64	0,2399
BICAS	20,24	0,07	0,0019
CARANGOLA	100,00	0,29	0,0089
CATAGUASES	100,00	3,56	0,1061
CORONEL PACHECO	94,46	0,46	0,0147
DESCOBERTO	100,00	0,40	0,0128
DESTERRO DO MELO	19,83	0,02	0,0007
DIVINÉSIA	33,05	0,48	0,0142
DIVINO	100,00	0,18	0,0058
DONA EUSÉBIA	100,00	2,64	0,0894
ERVÁLIA	17,11	0,37	0,0113
ESTRELA DALVA	100,00	0,44	0,0128
EUGENÓPOLIS	100,00	1,02	0,0308
FARIA LEMOS	100,00	0,78	0,0250
FERVEDOURO	100,00	0,20	0,0064
GOIANÁ	100,00	0,38	0,0115
GUARANI	100,00	0,57	0,0180
GUIDOVAL	100,00	8,65	0,2854
GUIRICEMA	100,00	5,56	0,1757
ITAMARATI DE MINAS	100,00	1,91	0,0616
LARANJAL	100,00	1,23	0,0390
LEOPOLDINA	100,00	7,24	0,2209
MERCÊS	86,65	0,51	0,0152
MIRADOURO	100,00	1,00	0,0309
MIRAÍ	100,00	0,55	0,0162
MURIAÉ	100,00	4,52	0,1354
OLIVEIRA FORTES	100,00	0,14	0,0046
ORIZÂNIA	100,00	0,15	0,0052
PAIVA	100,00	0,43	0,0129
PALMA	100,00	1,40	0,0436
PATROCÍNIO DO MURIAÉ	100,00	0,92	0,0270
PEDRA DOURADA	100,00	0,02	0,0006
PIAU	100,00	0,83	0,0269
PIRAPETINGA	100,00	1,15	0,0349
PIRAÚBA	100,00	4,35	0,1331
RECREIO	100,00	0,83	0,0240
RIO NOVO	100,00	0,01	0,0003
RIO POMBA	100,00	2,76	0,0825
ROCHEDO DE MINAS	100,00	0,40	0,0126
RODEIRO	100,00	2,34	0,0749

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
ROSÁRIO DA LIMEIRA	100,00	0,12	0,0042
SANTA BÁRBARA DO TUGÚRIO	100,00	0,30	0,0099
SANTANA DE CATAGUASES	100,00	1,00	0,0304
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	72,54	1,30	0,0409
SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	100,00	0,17	0,0050
SÃO GERALDO	76,53	1,65	0,0488
SÃO JOÃO NEPOMUCENO	100,00	3,57	0,1065
SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	100,00	0,32	0,0111
SENADOR CORTES	46,58	0,04	0,0011
SILVEIRÂNIA	100,00	0,09	0,0031
TABULEIRO	100,00	0,23	0,0068
TOCANTINS	100,00	11,89	0,3867
TOMBOS	100,00	0,93	0,0275
UBÁ	79,43	2,27	0,0742
VIEIRAS	100,00	0,35	0,0108
VISCONDE DO RIO BRANCO	100,00	2,12	0,0692
VOLTA GRANDE	100,00	0,30	0,0087
TOTAL		**95,87**	**3,0083**

Quadro 6.103 Demandas de Irrigação – CBH Rio Dois Rios

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
BOM JARDIM	100,00	31,66	1,0450
CANTAGALO	100,00	1,42	0,0415
CARMO	18,15	0,38	0,0123
CORDEIRO	100,00	0,86	0,0286
DUAS BARRAS	100,00	5,48	0,1803
ITAOCARA	100,00	24,97	0,8223
NOVA FRIBURGO	63,85	22,85	0,7836
SANTA MARIA MADALENA	33,97	0,43	0,0136
SÃO FIDÉLIS	65,79	3,32	0,1008
SÃO SEBASTIÃO DO ALTO	100,00	6,48	0,2142
TRAJANO DE MORAES	54,66	6,68	0,2283
TOTAL		**104,54**	**3,4705**

Quadro 6.104 Demandas de Irrigação – CBH – Baixo Paraíba do Sul

Município	% no Comitê	Área Irrigada (Km²)	Demanda m³/s
APERIBÉ	100,00	2,33	0,0751
CAMBUCI	100,00	17,21	0,5581
CAMPOS DOS GOYTACAZES	89,84	263,35	7,6306
CARAPEBUS	83,19	0,45	0,0145
CARDOSO MOREIRA	100,00	13,01	0,3802
CONCEIÇÃO DE MACABU	78,95	0,76	0,0240
ITALVA	100,00	3,00	0,0872
ITAPERUNA	100,00	9,83	0,2920
LAJE DO MURIAÉ	100,00	4,50	0,1369
MIRACEMA	100,00	5,57	0,1645
NATIVIDADE	100,00	2,08	0,0611
PORCIÚNCULA	64,14	0,86	0,0256
QUISSAMÃ	100,00	6,10	0,1884
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	100,00	5,04	0,1488
SÃO FIDÉLIS	34,21	19,94	0,6044
SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	37,91	5,93	0,1725
SÃO JOÃO DA BARRA	100,00	18,10	0,5351
SÃO JOSÉ DE UBÁ	100,00	4,30	0,1411
VARRE-SAI	20,50	0,15	0,0048
TOTAL		**382,51**	**11,2448**

6.6.3 Demandas de Pecuária

DESSEDENTAÇÃO ANIMAL

Nesse item apresentam-se os aspectos metodológicos utilizados para o cálculo das demandas hídricas para a dessedentação dos rebanhos, bem como a distribuição espacial dessas demandas, seja dentro dos municípios, seja a distribuição pelos diferentes Comitês de Bacia.

METODOLOGIA PARA CÁLCULO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DOS REBANHOS

Os efetivos rebanhos dos municípios situados dentro dos limites da Bacia foram determinados, para o ano de 2011, a partir da Pesquisa Pecuária Municipal, do IBGE.

Para estabelecer as demandas hídricas para cada tipo de rebanho, considerou-se que o consumo representa a totalidade das demandas, ou seja, não há retornos significativos aos corpos hídricos. Isto é plenamente justificável pelo fato da maioria dos rebanhos (bovinos, equinos, asininos, muares, caprinos e ovinos) ser criada no pasto e, portanto, os retornos decorrentes de suas demandas ficarem distribuídos no campo e consumidos pela vegetação. Assim, a taxa de retorno aos mananciais é negligenciável.

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (1998), as demandas hídricas médias para abastecimento dos principais rebanhos são aquelas mostradas a seguir.

Quadro 6.105 Coeficientes de demanda de água para abastecimento dos rebanhos

Tipo de Rebanho	Demanda (l/cabeça.dia)
Bovinos e bubalinos	50
Equinos, asininos e muares	40
Suínos	10
Caprinos e ovinos	8
Aves e coelhos	0,2

De posse das demandas unitárias de cada rebanho e dos efetivos rebanhos de cada município foi determinada a vazão média (Qm), em l/dia, a ser retirada dos corpos hídricos para abastecimento dos rebanhos de cada município. Para tal utilizou-se a seguinte relação:

$$Qm = \sum_{i=1}^{n} (Ni * Qi)$$

onde:

- *Ni* é a quantidade de animais do rebanho "i", de acordo com o IBGE;
- *Qi* é a demanda hídrica *per capita* do rebanho "i" (Tabela 3.31), em l/cabeça.dia.

De posse das demandas hídricas dos rebanhos (vazões a serem captadas) e das áreas de cada município, determinou-se a demanda hídrica total (m³/s) e a demanda hídrica específica (m³/s.ha).

Os valores assim obtidos mostram a grande variação da taxa de ocupação das áreas de pastagem e, consequentemente, das demandas hídricas específicas entre municípios. Entretanto, para efeito deste estudo admitiu-se que a distribuição dos rebanhos dentro de cada município ocorre de maneira uniforme.

A partir dos valores relativos aos rebanhos de cada município obtiveram-se os indicadores mostrados adiante para os rebanhos da bacia do Rio Paraíba do Sul.

Quadro 6.106 Rebanhos da Bacia do Rio Paraíba do Sul e suas demandas hídricas

VARIÁVEIS	Bovino	Equino	Bubalino	Asinino e Muar	Suíno	Caprino	Ovino	Aves	Coelhos	Total
Animais (nº de cabeças)	3.508.038	165.804	8.230	22.913	423.287	38.102	58.999	21.510.947	17.826	25.754.146
Demandas Hídricas (m^3/s)	2,0301	0,0768	0,0048	0,0106	0,0490	0,0035	0,0055	0,0498	0,00004	2,23006
Participação na Demanda (%)	91,034%	3,442%	0,214%	0,476%	2,197%	0,158%	0,245%	2,233%	0,002%	100,00%

Os valores mostrados anteriormente evidenciam a absoluta predominância das demandas hídricas pelo rebanho bovino, correspondendo a 91,03% do total. As demandas hídricas devidas a todos os rebanhos das bacias somam cerca de 2,23 m³/s, considerando-se a área total dos municípios.

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS DEMANDAS DE PECUÁRIA

De forma a descontar a parcela da demanda referente a parcela da área dos municípios localizadas fora dos limites da bacia, foi aplicada sobre a demanda total de cada município o fator percentual da sua área dentro da bacia em relação a sua área total.

Assim sendo, quando descontadas as parcelas das superfícies municipais localizadas fora dos limites da Bacia Hidrográfica, a demanda atinge o total de 2,06 m^3/s, que se distribui pelos Comitês de Bacia conforme apresentado no **Quadro 6.107**, a seguir:

Quadro 6.107 Demanda de Água para Dessedentação dos Rebanhos segundo as Unidades de Planejamento

UP	DEMANDA (M^3/S)
CBH - Paraíba do Sul (SP)	0,404
CBH - Médio Paraíba do Sul	0,213
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	0,030
CBH - Preto Paraibuna	0,179
CBH- Piabanha	0,080
CBH - COMPÉ (MG)	0,495
CBH - Rio Dois Rios	0,168
CBH - Baixo Paraíba do Sul	0,493
Total	**2,062**

Para a espacialização das demandas foi utilizado o mapeamento do Uso Atual dos Solos, adotando-se todas as áreas identificadas como Campos/Pastagens. Nessas áreas as demandas foram distribuídas uniformemente em cada município.

No caso do município de Guarulhos, não foi identificada nenhuma área de pastagem e uma vez que o rebanho constante nos levantamentos da PPM/IBGE indicava um rebanho praticamente inexpressivo de 350 bovinos, este município foi desconsiderado tanto da estimativa da demanda como de sua distribuição espacial.

RESULTADOS

Do **Quadro 6.108** ao **Quadro 6.115** são apresentadas as demandas de pecuária por município, em cada uma das Unidades de Planejamento. As tabelas contém município, percentual do município dentro da UP em referência e a demanda de pecuária para atender esta parcela do município.

Quadro 6.108 Demandas de Pecuária – UP CBH – Paraíba do Sul (SP)

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
APARECIDA	100,00	0,002923
ARAPEÍ	100,00	0,00372
AREIAS	100,00	0,008701
ARUJÁ	74,5	0,000264
BANANAL	78,4	0,010574
CAÇAPAVA	100,00	0,013566
CACHOEIRA PAULISTA	100,00	0,012587
CANAS	100,00	0,002618
CRUZEIRO	100,00	0,008244
CUNHA	96,49	0,044614
GUARAREMA	100,00	0,005268
GUARATINGUETÁ	100,00	0,025113
IGARATÁ	100,00	0,006513
ITAQUAQUECETUBA	13,77	0,000076
JACAREÍ	100,00	0,013143
JAMBEIRO	100,00	0,00982
LAGOINHA	100,00	0,011702
LAVRINHAS	100,00	0,004496
LORENA	100,00	0,013924
MOGI DAS CRUZES	26,84	0,00114
MONTEIRO LOBATO	100,00	0,006766
NATIVIDADE DA SERRA	100,00	0,013411
PARAIBUNA	90,35	0,014639
PINDAMONHANGABA	100,00	0,028958
PIQUETE	100,00	0,004752
POTIM	100,00	0,002672
QUELUZ	100,00	0,00584
REDENÇÃO DA SERRA	100,00	0,008293
ROSEIRA	100,00	0,003781
SALESÓPOLIS	1,58	0,000057
SANTA BRANCA	100,00	0,00739
SANTA ISABEL	100,00	0,007205
SÃO JOSÉ DO BARREIRO	42,07	0,003939
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	100,00	0,037893
SÃO LUÍS DO PARAITINGA	100,00	0,021226
SILVEIRAS	100,00	0,01062
TAUBATÉ	100,00	0,023058
TREMEMBÉ	100,00	0,004784
TOTAL (m³/s)		**0,404320**

Quadro 6.109 Demandas de Pecuária – UP CBH – Médio Paraíba do Sul

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
BARRA DO PIRAÍ	92,10	0,025916
BARRA MANSA	100,00	0,018809
COMENDADOR LEVY GASPARIAN	100,00	0,002803
ITATIAIA	100,00	0,003828
MENDES	22,85	0,000339
MIGUEL PEREIRA	12,56	0,001256
PARAÍBA DO SUL	76,42	0,015589
PATY DO ALFERES	86,26	0,008871
PINHEIRAL	100,00	0,002730
PIRAÍ	21,76	0,007737
PORTO REAL	100,00	0,002061
QUATIS	100,00	0,021208
RESENDE	100,00	0,035916
RIO CLARO	4,37	0,005424
RIO DAS FLORES	100,00	0,015727
TRÊS RIOS	31,63	0,002911
VALENÇA	100,00	0,049101
VASSOURAS	92,38	0,025671
VOLTA REDONDA	100,00	0,005094
TOTAL (m³/s)		**0,250991**

Quadro 6.110 Demandas de Pecuária – UP Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
BARRA DO PIRAÍ	7,90	0,002166
ENGENHEIRO PAULO DE FRONTIN	61,79	0,001618
MENDES	76,39	0,000872
PIRAÍ	57,04	0,011592
RIO CLARO	58,91	0,018052
VASSOURAS	5,59	0,000683
TOTAL (m³/s)		**0,034983**

Quadro 6.111 Demandas de Pecuária – UP CBH Preto-Paraibuna

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
ALÉM PARAÍBA	32,49	0,016913
ANTÔNIO CARLOS	70,03	0,002547
BELMIRO BRAGA	100,00	0,011058
BIAS FORTES	100,00	0,007224
BICAS	79,76	0,005485
BOCAINA DE MINAS	47,21	0,002668
BOM JARDIM DE MINAS	37,02	0,001242
CHÁCARA	100,00	0,005916
CHIADOR	100,00	0,007153
CORONEL PACHECO	5,54	0,005204
EWBANK DA CÂMARA	100,00	0,002907
GUARARÁ	100,00	0,003732
JUIZ DE FORA	100,00	0,036553
LIMA DUARTE	27,15	0,000012
MAR DE ESPANHA	100,00	0,020521
MARIPÁ DE MINAS	100,00	0,002998
MATIAS BARBOSA	100,00	0,005389
OLARIA	100,00	0,004654
PASSA-VINTE	100,00	0,005629
PEDRO TEIXEIRA	100,00	0,002966
PEQUERI	100,00	0,002546
RIO PRETO	100,00	0,008504
SANTA BÁRBARA DO MONTE VERDE	100,00	0,008842

Demandas de Pecuária – UP CBH – Preto-Paraibuna – Conclusão

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
SANTA RITA DE IBITIPOCA	72,65	0,000016
SANTA RITA DE JACUTINGA	100,00	0,011982
SANTANA DO DESERTO	100,00	0,004154
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	27,46	0,009840
SANTOS DUMONT	22,78	0,003235
SENADOR CORTES	53,42	0,003858
SIMÃO PEREIRA	100,00	0,003804
TOTAL (m³/s)		**0,207552**

Quadro 6.112 Demandas de Pecuária – UP Comitê Piabanha

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
AREAL	100,00	0,002702
CARMO	81,85	0,017046
PARAÍBA DO SUL	23,58	0,013861
PATY DO ALFERES	13,74	0,001208
PETRÓPOLIS	94,88	0,005551
SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO	100,00	0,009405
SAPUCAIA	100,00	0,018629
SUMIDOURO	100,00	0,011113
TERESÓPOLIS	100,00	0,007995
TRÊS RIOS	68,37	0,008705
TOTAL (m³/s)		**0,096215**

Quadro 6.113 Demandas de Pecuária – UP Compé (MG)

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
ALÉM PARAÍBA	67,51	0,017046
ANTÔNIO CARLOS	9,39	0,000908
ANTÔNIO PRADO DE MINAS	100,00	0,003215
ARACITABA	100,00	0,003433
ARGIRITA	100,00	0,005944
ASTOLFO DUTRA	100,00	0,005658
BARÃO DE MONTE ALTO	100,00	0,009086
BARBACENA	3,25	0,000557
BICAS	20,24	0,005288
CARANGOLA	100,00	0,009613
CARMO	100,00	0,019183
CATAGUASES	94,46	0,005654
CORONEL PACHECO	100,00	0,006814
DESCOBERTO	19,83	0,000951
DESTERRO DO MELO	33,05	0,000913
DIVINÉSIA	100,00	0,008545
DIVINO	100,00	0,002613
DONA EUSÉBIA	17,11	0,002593
ERVÁLIA	100,00	0,006149
ESTRELA DALVA	100,00	0,011219
EUGENÓPOLIS	100,00	0,005746
FARIA LEMOS	100,00	0,007194
FERVEDOURO	100,00	0,004940
GOIANÁ	100,00	0,009574
GUARANI	100,00	0,006019
GUIDOVAL	100,00	0,014305
GUIRICEMA	100,00	0,003632
ITAMARATI DE MINAS	100,00	0,009404
LARANJAL	100,00	0,044979
LEOPOLDINA	86,65	0,007526
MERCÊS	100,00	0,010994
MIRADOURO	100,00	0,013977
MIRAÍ	67,51	0,017046

Demandas de Pecuária – UP Compé (MG) – Conclusão

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
MURIAÉ	100,00	0,036156
OLIVEIRA FORTES	100,00	0,002938
ORIZÂNIA	100,00	0,001425
PAIVA	100,00	0,001952
PALMA	100,00	0,013108
PATROCÍNIO DO MURIAÉ	100,00	0,005293
PEDRA DOURADA	100,00	0,001602
PIAU	100,00	0,005072
PIRAPETINGA	100,00	0,007933
PIRAÚBA	100,00	0,005368
RECREIO	100,00	0,009069
RIO NOVO	100,00	0,008977
RIO POMBA	100,00	0,011743
ROCHEDO DE MINAS	100,00	0,002801
RODEIRO	100,00	0,003421
ROSÁRIO DA LIMEIRA	100,00	0,002519
SANTA BÁRBARA DO TUGÚRIO	100,00	0,005401
SANTANA DE CATAGUASES	100,00	0,005500
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	72,54	0,007887
SANTOS DUMONT	77,22	0,013064
SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	100,00	0,005046
SÃO GERALDO	76,53	0,008232
SÃO JOÃO NEPOMUCENO	100,00	0,013600
SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	100,00	0,002067
SENADOR CORTES	46,58	0,003796
SILVEIRÂNIA	100,00	0,005514
TABULEIRO	100,00	0,008160
TOCANTINS	100,00	0,007012
TOMBOS	100,00	0,009306
UBÁ	79,43	0,010806
VIEIRAS	100,00	0,004716
VISCONDE DO RIO BRANCO	100,00	0,009726
VOLTA GRANDE	100,00	0,007768
TOTAL (m³/s)		**0,510650**

Quadro 6.114 Demandas de Pecuária – UP CBH Rio Dois Rios

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
BOM JARDIM	100,00	0,009676
CANTAGALO	100,00	0,033563
CARMO	18,15	0,015642
CORDEIRO	100,00	0,005208
DUAS BARRAS	100,00	0,011200
ITAOCARA	100,00	0,021771
MACUCO	100,00	0,003507
NOVA FRIBURGO	63,85	0,003710
SANTA MARIA MADALENA	33,97	0,009072
SÃO FIDÉLIS	65,79	0,048370
SÃO SEBASTIÃO DO ALTO	100,00	0,020094
TRAJANO DE MORAES	54,66	0,011472
TOTAL (m³/s)		**0,193285**

Quadro 6.115 Demandas de Pecuária – UP CBH Baixo Paraíba do Sul

Município	% no Comitê	Demanda m³/s
APERIBÉ	100,00	0,006600
CAMBUCI	100,00	0,032031
CAMPOS DOS GOYTACAZES	89,84	0,134210
CARAPEBUS	83,19	0,014690
CARDOSO MOREIRA	100,00	0,026495
CONCEIÇÃO DE MACABU	78,95	0,011399
ITALVA	100,00	0,016017
ITAPERUNA	100,00	0,068462
LAJE DO MURIAÉ	100,00	0,011808
MIRACEMA	100,00	0,016945
NATIVIDADE	100,00	0,018713
PORCIÚNCULA	64,14	0,007994
QUISSAMÃ	100,00	0,018293
SANTA MARIA MADALENA	66,03	0,013457
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	100,00	0,033519
SÃO FIDÉLIS	34,21	0,012740
SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	37,91	0,015518
SÃO JOÃO DA BARRA	100,00	0,012689
SÃO JOSÉ DE UBÁ	100,00	0,014632
TRAJANO DE MORAES	45,34	0,005331
VARRE-SAI	20,50	0,001057
TOTAL (m³/s)		**0,492600**

6.6.4 Usos Industriais

Nesse item estão apresentadas as estimativas das demandas hídricas, dos retornos de água aos mananciais, bem como do potencial poluidor, para as atividades industriais, aí compreendidas as de transformação, a extrativa (mineração), a geração termelétrica de energia e a exploração de água mineral, compondo assim as atividades do setor secundário que têm demandas consuntivas de água.

INDÚSTRIAS DE TRANSFORMAÇÃO

Para a estimativa da demanda da indústria de transformação foi identificada, inicialmente, a População Economicamente Ativa (PEA) levantada pelo IBGE para o ano de 2010, em nível municipal, que apresenta a mão-de-obra empregada em cada classe de atividade, conforme definido pelo CNAE 2.0.

Uma vez que as aglomerações urbanas na região, em especial aquelas localizadas ao longo da Rodovia Presidente Dutra (BR-116) estão localizadas muito próximas umas das outras, há um grande contingente de operários que trabalham fora de seu município de moradia, e dessa forma foram também tabulados os trabalhadores que trabalham no município e residem fora dele. No total da bacia do Paraíba do Sul esse contingente de trabalhadores atinge 35.000 pessoas, ou seja, cerca de 19% do total de empregados.

Por outro lado, o uso da PEA poderia gerar certa superestimação dos valores das demandas, pois algumas tipologias industriais são tipicamente urbanas e, dessa maneira, já estão consideradas nos *per capita* de abastecimento humano adotados para as sedes municipais.

Dessa forma, foram desconsideradas algumas tipologias industriais, em especial aquelas de pequeno porte, sendo portanto excluídas do cálculo as seguintes divisões:

- 12 –Fabricação de Produtos do Fumo
- 13 –Fabricação de Produtos Têxteis
- 14 –Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios
- 18 –Impressão e Reprodução de Gravações
- 22 –Fabricação de Produtos de Borracha e de Material Plástico

- 25 – Fabricação de Produtos de Metal, Exceto Máquinas e Equipamentos
- 26 –Fabricação de Equipamentos de Informática, Produtos Eletrônicos e Ópticos
- 27 –Fabricação de Máquinas, Aparelhos e Materiais Elétricos
- 28 –Fabricação de Máquinas e Equipamentos
- 30 –Fabricação de Outros Equipamentos de Transporte, Exceto Veículos Automotores
- 31 –Fabricação de Móveis
- 32 –Fabricação de Produtos Diversos
- 33 –Manutenção, Reparação e Instalação de Máquinas e Equipamentos

Com relação às tipologias utilizados no cálculo das demandas de água, no caso da divisão de Produtos Alimentícios, em vista da grande diferença de uso da água no processo produtivo, foi utilizada a desagregação em classes proposta pelo próprio CNAE. Para as demais divisões foi adotado o total de empregados da classe. Na sequência estão apresentadas as divisões e classes das indústrias consideradas nas estimativas:

- Divisão 10 – Fabricação de Produtos Alimentícios, englobando:

10010	Abate e preparação de carne e pescado
10021	Produção de conservas de frutas, legumes e outros vegetais
10022	Produção de gorduras e óleos vegetais
10030	Fabricação de produtos do laticínio
10092	Fabricação e refino do açúcar
10093	Torrefação e moagem de café
10099	Fabricação de outros produtos alimentícios

- Divisão 11 – Fabricação de Bebidas
- Divisão 15 - Preparação de Couros e Fabricação de Artefatos de Couro
- Divisão 16 – Fabricação de Produtos de Madeira
- Divisão 17 – Fabricação de Celulose, Papel e Produtos de Papel
- Produtos Químicos, englobando:

Divisão 19	Fabricação de Coque, Refino de Petróleo, Elaboração de Combustível
Divisão 20	Fabricação de Produtos Químicos
Divisão 21	Fabricação de Produtos Farmoquímicos e Farmacêuticos

- Divisão 23 – Fabricação de Produtos de Minerais Não-Metálicos
- Divisão 24 – Metalurgia
- Divisão 29 – Fabricação de Veículos Automotores, Reboques e Carrocerias

Isso feito, promoveu-se uma pesquisa bibliográfica, a fim de determinar os coeficientes de demanda e de retorno. Das diversas fontes consultadas, elegeu-se o Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil - PLIRHINE, 1980, uma vez que este trabalho correlaciona diretamente a demanda das indústrias ao número de funcionários, além de apresentar uma grande discretização das tipologias, permitindo dessa forma captar as nuances de demandas das diferentes indústrias presentes na Região Hidrográfica. Os coeficientes de demanda e retorno são apresentados no **Quadro 6.116**.

A única exceção a esta metodologia foi a Usina Presidente Vargas da Companhia Siderúrgica Nacional, localizada em Volta Redonda-RJ, que por seu porte e importância na quantidade de água retirada do Rio Paraíba do Sul, teve uma pesquisa específica realizada junto à empresa para a identificação das vazões de captação e de retorno ao manancial. Esta pesquisa definiu a vazão de captação em 17.000 m3/h e o coeficiente de retorno em 15% da vazão captada. A essa vazão foi adicionada aquela estimada pelo número de trabalhadores na indústria metalúrgica, uma vez que as tabelas do IBGE não permitem identificar qual o contingente desses trabalhadores pertencem à CSN, e não se pode simplesmente desconsiderá-lo totalmente pelo fato de que existem diversas indústrias associadas ao processo produtivo da CSN. Assim sendo, o valor total da demanda de água em Volta Redonda pode estar ligeiramente superestimado, mas isso sempre em favor da segurança.

Quadro 6.116 Coeficientes de Demanda e de Retorno para as Tipologias Industriais

Código CNAE 2.0	Tipologia da Indústria	Demanda (m^3/op.dia)	Coeficiente Consumo (%)	Consumo (m^3/op.dia)	Retorno (m^3/op.dia)
10010	Frigoríficos e Abatedouros	8	7%	0,56	7,44
10030	Laticínios	10	12%	1,20	8,80
10021	Conservas vegetais	7	6%	0,42	6,58
10022	Óleos Vegetais	5	11%	0,55	4,45
10092	Açúcar	37	16%	5,92	31,08
11	Bebidas	10	14%	1,40	8,60
10093	Moagem de Café	2	50%	1,00	1,00
10091/10099/10999	Outros Produtos Alimentícios	10	50%	5,00	5,00
15	Curtumes e Peles	3	12%	0,34	2,46
16	Madeira	2	10%	0,20	1,80
17	Papel e Celulose	27	6%	1,62	25,38
19/20/21	Produtos Químicos	8	40%	3,20	4,80
23	Minerais não Metálicos	6	50%	3,00	3,00
29	Veículos Automotores	5	50%	2,50	2,50
24	Metalurgia	5	40%	2,00	3,00

Fonte: Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil - PLIRHINE, 1980
Volume VII, Anexo I - Estudos de Demandas, Coeficientes de Demandas de Água

Para a estimativa do potencial poluidor das indústrias, as cargas poluidoras (DBO_5 e Sólidos Totais) foram calculadas pela metodologia proposta pelo The Industrial Pollution Projection System (IPPS), do Banco Mundial. A metodologia IPPS, como no caso do cálculo das demandas hídricas, permite avaliar a carga de DBO_5 e Sólidos Totais potenciais, por tipologia industrial, a partir do número de empregados. A avaliação limitou-se a esses parâmetros uma vez que as informações cadastrais atualmente disponíveis não permitem a estimativa de outros parâmetros poluentes.

Deve-se observar que, por absoluta falta de informações, não foi considerada a existência de eventuais estações de tratamento de efluentes nas instalações industriais.

Os coeficientes de produção de DBO_5 e Sólidos Totais são apresentados no **Quadro 6.117**.

Quadro 6.117 Coeficientes de Parâmetros Poluentes para as Tipologias Industriais

Código ISIC	Tipologia da Indústria	DBO (kg/op.ano)	SÓLIDOS TOTAIS (kg/op.ano)
3111	Frigoríficos e Abatedouros	3,23	4,01
3112	Laticínios	1.150,38	165,70
3113	Conservas vegetais	24,46	38,59
3115	Óleos Vegetais	43,19	48,80
3118	Açúcar	271,10	388,69
3133	Bebidas	5,57	12,88
3117	Moagem de Café	0,01	0,01
3121	Outros Produtos Alimentícios	0,27	0,11
3231	Curtumes e Peles	42,97	81,15
3319	Madeira	0,00	0,00
3411	Papel e Celulose	1.485,96	5.046,89
3529	Produtos Químicos	1,19	1,71
3699	Minerais não Metálicos	1,29	1,89
3843	Veículos Automotores	0,03	0,13
3710	Metalurgia	0,95	13.958,22

Para efeito de localização geográfica dos usos de água pela indústria de transformação, estas foram associadas às zonas de influência urbana das sedes municipais, uma vez que existe uma forte vinculação entre essa atividade e as concentrações urbanas, seja devido à infraestrutura logística (energia, acessos...), seja pela proximidade do local de moradia dos empregados.

Os resultados finais da estimativa das demandas hídricas, do retorno de água aos mananciais e dos potenciais de poluição, segundo as Unidades de Planejamento, estão apresentados a seguir.

Quadro 6.118 Vazões de Retirada e de Retorno de Água das Indústrias de Transformação

UP	Demanda de Água (m^3/s)	Consumo de Água (m^3/s)	Retorno de Água (m^3/s)
CBH - Paraíba do Sul (SP)	5,13	1,86	3,34
CBH - Médio Paraíba do Sul	7,21	4,95	2,21
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	0,24	0,04	0,21
CBH - Preto Paraibuna	1,01	0,32	0,70
CBH- Piabanha	0,59	0,16	0,43
CBH - COMPÉ (MG)	1,50	0,45	1,05
CBH - Rio Dois Rios	0,44	0,12	0,31
CBH - Baixo Paraíba do Sul	2,03	0,49	1,54
TOTAL	**18,17**	**8,38**	**9,78**

Quadro 6.119 Potencial de Poluição das Indústrias de Transformação

UP	DBO_5 (Kg/dia)	Sólidos Totais (kg/dia)
CBH - Paraíba do Sul (SP)	16.624,31	215.733,14
CBH - Médio Paraíba do Sul	4.093,12	478.156,87
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	1.954,42	7.844,22
CBH - Preto Paraibuna	5.158,55	60.060,31
CBH- Piabanha	1.725,74	10.761,21
CBH - COMPÉ (MG)	8.825,97	25.996,57
CBH - Rio Dois Rios	2.179,84	9.864,61
CBH - Baixo Paraíba do Sul	5.408,00	22.984,06
TOTAL	**45.969,94**	**831.400,98**

Do **Quadro 6.120** ao **Quadro 6.127** são apresentadas as demandas da indústria de transformação indicando na primeira coluna os municípios, em seguida o percentual do município no Comitê, a demanda e o retorno, além da carga de DBO na última coluna, em cada Unidade de Planejamento.

Quadro 6.120 Demandas da Indústria – UP CBH Paraíba do Sul (SP)

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
APARECIDA	100,00	0,043113	0,035316	380,01
ARAPEÍ	100,00	0,002234	0,001702	2,23
AREIAS	100,00	0,000174	0,000087	0,00
ARUJÁ	100,00	0,143588	0,085249	145,65
BANANAL	100,00	0,009236	0,006368	31,93
CAÇAPAVA	100,00	0,383785	0,206387	268,51
CACHOEIRA PAULISTA	100,00	0,018773	0,009572	0,60
CANAS	100,00	0,011782	0,006089	0,75
CRUZEIRO	100,00	0,294606	0,184174	922,34
CUNHA	100,00	0,021215	0,016717	353,87
GUARAREMA	100,00	0,0614	0,038799	168,50
GUARATINGUETÁ	100,00	0,184051	0,120924	728,47
IGARATÁ	100,00	0,003495	0,002013	1,22
JACAREÍ	100,00	0,86397	0,678887	4.885,68
JAMBEIRO	100,00	0,025046	0,013211	9,69
LAGOINHA	100,00	0,005706	0,004781	46,56
LAVRINHAS	100,00	0,009016	0,006033	28,73
LORENA	100,00	0,152176	0,101169	846,08
MONTEIRO LOBATO	100,00	0,001968	0,001109	0,06
NATIVIDADE DA SERRA	100,00	0,002153	0,001581	31,56
PARAIBUNA	100,00	0,023843	0,014825	117,21
PINDAMONHANGABA	100,00	0,534375	0,398318	3.291,88

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
PIQUETE	100,00	0,032431	0,020416	87,50
POTIM	100,00	0,015799	0,011865	102,11
QUELUZ	100,00	0,009167	0,00679	44,20
REDENÇÃO DA SERRA	100,00	0,003056	0,002481	63,06
ROSEIRA	100,00	0,022535	0,014102	0,62
SANTA BRANCA	100,00	0,028414	0,016793	21,23
SANTA ISABEL	100,00	0,072523	0,051073	339,91
SÃO JOSÉ DO BARREIRO	100,00	0,003009	0,002431	63,05
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	100,00	1,264942	0,74695	2.175,20
SÃO LUÍS DO PARAITINGA	100,00	0,013241	0,010874	123,06
SILVEIRAS	100,00	0,007292	0,006484	31,52
TAUBATÉ	100,00	0,865764	0,474244	1.051,28
TOTAL (m³/s)		**5,133878**	**3,297814**	**16.364,29**

Quadro 6.121 Demandas da Indústria – UP CBH Médio Paraíba do Sul

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
BARRA DO PIRAÍ	100,00	0,170498	0,115741	696,63
BARRA MANSA	100,00	0,193044	0,117729	273,75
COMENDADOR LEVY GASPARIAN	100,00	0,023565	0,016064	61,17
ITATIAIA	100,00	0,028623	0,0182	71,79
MIGUEL PEREIRA	100,00	0,009537	0,005583	31,85
PARAÍBA DO SUL	100,00	0,066053	0,045819	291,54
PATY DO ALFERES	100,00	0,011713	0,009681	0,81
PINHEIRAL	100,00	0,01441	0,007647	1,95
PORTO REAL	100,00	0,359537	0,205021	57,98
QUATIS	100,00	0,011713	0,007139	44,47
RESENDE	100,00	0,455799	0,255399	333,26
RIO DAS FLORES	100,00	0,01044	0,008445	202,32
TRÊS RIOS	100,00	0,198727	0,135801	558,08
VALENÇA	100,00	0,063808	0,046787	628,89
VASSOURAS	100,00	0,018495	0,011278	65,06
VOLTA REDONDA	100,00	5,525567	1,200538	773,57
APARECIDA	100,00	0,043113	0,035316	380,01
ARAPEÍ	100,00	0,002234	0,001702	2,23
TOTAL (m³/s)		**7,206876**	**2,24389**	**4.475,36**

Quadro 6.122 Demandas da Indústria – UP Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
MENDES	100,00	0,005683	0,003497	12,76
PIRAÍ	100,00	0,212106	0,187082	1.883,73
RIO CLARO	100,00	0,024502	0,016184	57,92
TOTAL (m³/s)		**0,242291**	**0,206763**	**1.954,42**

Quadro 6.123 Demandas da Indústria – UP CBH Preto-Paraibuna

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
BELMIRO BRAGA	100,00	0,008727	0,007191	111,81
BIAS FORTES	100,00	0,006597	0,005213	91,44
BICAS	100,00	0,013414	0,008377	24,03
CHÁCARA	100,00	0,003079	0,002447	63,05
CHIADOR	100,00	0,003681	0,002139	0,16
EWBANK DA CÂMARA	100,00	0,009884	0,008268	89,70
GUARARÁ	100,00	0,007025	0,006108	160,83
JUIZ DE FORA	100,00	0,873102	0,588002	3.461,20
LIMA DUARTE	100,00	0,032431	0,027066	672,87
MAR DE ESPANHA	100,00	0,013854	0,008783	19,79
MARIPÁ DE MINAS	100,00	0,002697	0,001781	0,26
MATIAS BARBOSA	100,00	0,012454	0,00963	118,87
OLARIA	100,00	0,001505	0,001236	34,67
PASSA-VINTE	100,00	0,000463	0,000398	0,06
PEDRO TEIXEIRA	100,00	0,001667	0,001225	22,11
PEQUERI	100,00	0,001157	0,000843	18,91
RIO PRETO	100,00	0,002894	0,002345	47,33
SANTA BÁRBARA DO MONTE VERDE	100,00	0,003275	0,003051	49,25
SANTA RITA DE JACUTINGA	100,00	0,002755	0,002284	53,64
SANTANA DO DESERTO	100,00	0,003773	0,002356	22,12
SENADOR CORTES	100,00	0,001898	0,001389	6,32
SIMÃO PEREIRA	100,00	0,007593	0,007074	90,11
TOTAL (m³/s)		**1,013925**	**0,697206**	**5.158,55**

Quadro 6.124 Demandas da Indústria – UP Comitê Piabanha

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
AREAL	100,00	0,011481	0,006651	0,34
CARMO	100,00	0,027025	0,015797	65,29
PETRÓPOLIS	100,00	0,269583	0,185931	584,38
SÃO JOSÉ DO VALE DO RIO PRETO	100,00	0,052963	0,040943	31,83
SAPUCAIA	100,00	0,069572	0,062636	839,79
SUMIDOURO	100,00	0,004236	0,003507	0,48
TERESÓPOLIS	100,00	0,152465	0,113695	203,62
TOTAL (m³/s)		**0,587325**	**0,42916**	**1.725,74**

Quadro 6.125 Demandas da Indústria – UP Compé (MG)

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
ALÉM PARAÍBA	100,00	0,04809	0,031914	287,03
ANTÔNIO PRADO DE MINAS	100,00	0,001412	0,000935	15,76
ARACITABA	100,00	0,000278	0,000167	0,01
ARGIRITA	100,00	0,004514	0,003373	56,74
ASTOLFO DUTRA	100,00	0,029572	0,022806	77,54
BARÃO DE MONTE ALTO	100,00	0,001759	0,001225	15,85
CARANGOLA	100,00	0,049514	0,035073	457,11
CATAGUASES	100,00	0,155706	0,115641	979,30
CORONEL PACHECO	100,00	0,001331	0,000841	12,61
DESCOBERTO	100,00	0,001319	0,000861	0,03
DIVINO	100,00	0,011759	0,006363	34,75
DONA EUSÉBIA	100,00	0,007743	0,005106	10,04
ESTRELA DALVA	100,00	0,001088	0,000562	0,01
EUGENÓPOLIS	100,00	0,001134	0,000953	1,96
FARIA LEMOS	100,00	0,006481	0,004868	116,63
FERVEDOURO	100,00	0,001319	0,000687	0,02
GOIANÁ	100,00	0,005336	0,003132	2,37
GUARANI	100,00	0,018669	0,015349	187,44
GUIDOVAL	100,00	0,007431	0,004878	2,41
GUIRICEMA	100,00	0,029456	0,020767	329,02
ITAMARATI DE MINAS	100,00	0,008704	0,00569	17,38
LARANJAL	100,00	0,007211	0,004083	16,27
LEOPOLDINA	100,00	0,077847	0,050207	323,74
MERCÊS	100,00	0,019664	0,017443	249,42
MIRADOURO	100,00	0,008333	0,006752	167,12
MIRAÍ	100,00	0,019907	0,012867	180,09
MURIAÉ	100,00	0,130891	0,090214	1.198,66
OLIVEIRA FORTES	100,00	0,004815	0,003463	75,69
ORIZÂNIA	100,00	0,001505	0,000854	0,04
PAIVA	100,00	0,000648	0,000343	0,01
PALMA	100,00	0,003322	0,001916	9,52
PATROCÍNIO DO MURIAÉ	100,00	0,01162	0,009616	264,82
PEDRA DOURADA	100,00	0,000046	0,000023	0,00
PIAU	100,00	0,007187	0,005855	55,48
PIRAPETINGA	100,00	0,122488	0,113692	1.550,08
PIRAÚBA	100,00	0,012627	0,009289	57,72
RECREIO	100,00	0,007373	0,004431	3,03
RIO NOVO	100,00	0,004178	0,00277	3,64
RIO POMBA	100,00	0,062373	0,036547	202,56

Demandas da Indústria – UP Compé (MG) – Conclusão

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
ROCHEDO DE MINAS	100,00	0,004375	0,003222	7,02
RODEIRO	100,00	0,007697	0,005992	57,41
ROSÁRIO DA LIMEIRA	100,00	0,000532	0,000383	0,02
SANTA BÁRBARA DO TUGÚRIO	100,00	0,001806	0,001106	12,63
SANTANA DE CATAGUASES	100,00	0,006632	0,005059	96,02
SANTO ANTÔNIO DO AVENTUREIRO	100,00	0,003449	0,002519	25,24
SANTOS DUMONT	100,00	0,048565	0,032217	166,12
SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA	100,00	0,001042	0,000917	28,37
SÃO GERALDO	100,00	0,020185	0,013573	199,09
SÃO JOÃO NEPOMUCENO	100,00	0,023252	0,015148	62,52
SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	100,00	0,000926	0,000639	12,61
SILVERÂNIA	100,00	0,000116	0,000058	0,00
TABULEIRO	100,00	0,006204	0,004504	85,67
TOCANTINS	100,00	0,034456	0,023269	176,29
TOMBOS	100,00	0,007292	0,005344	48,77
UBÁ	100,00	0,109109	0,076427	327,02
VIEIRAS	100,00	0,001204	0,000988	15,77
VISCONDE DO RIO BRANCO	100,00	0,293866	0,178822	197,31
VOLTA GRANDE	100,00	0,033067	0,029729	346,22
TOTAL (m³/s)		**1,498425**	**1,051472**	**8.825,97**

Quadro 6.126 Demandas da Indústria – UP CBH Rio Dois Rios

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
BOM JARDIM	100,00	0,014549	0,010977	38,25
CANTAGALO	100,00	0,113692	0,085622	810,01
CORDEIRO	100,00	0,012998	0,007896	43,62
DUAS BARRAS	100,00	0,005046	0,003067	16,42
ITAOCARA	100,00	0,013056	0,010563	13,65
MACUCO	100,00	0,0075	0,005377	116,75
NOVA FRIBURGO	100,00	0,195208	0,142823	1.097,80
SANTA MARIA MADALENA	100,00	0,001979	0,001045	0,65
SÃO FIDÉLIS	100,00	0,071181	0,045256	42,66
SÃO SEBASTIÃO DO ALTO	100,00	0,001181	0,000655	0,03
TOTAL (m³/s)		**0,43639**	**0,313281**	**2.179,84**

Quadro 6.127 Demandas da Indústria – UP CBH Baixo Paraíba Do Sul

Município	% no Comitê	Demanda m³/s	Retorno m³/s	DBO Kg/dia
APERIBÉ	100,00	0,026262	0,016465	37,98
CAMBUCI	100,00	0,015833	0,008442	9,74
CAMPOS DOS GOYTACAZES	100,00	1,446875	1,098427	2.310,33
CARAPEBUS	100,00	0,006377	0,004846	8,25
CARDOSO MOREIRA	100,00	0,015104	0,011821	21,67
CONCEIÇÃO DE MACABU	100,00	0,012824	0,009456	114,76
ITALVA	100,00	0,016782	0,012524	219,04
ITAPERUNA	100,00	0,152338	0,109524	595,16
LAJE DE MURIAÉ	100,00	0,005775	0,003407	12,72
MIRACEMA	100,00	0,017847	0,01118	80,29
NATIVIDADE	100,00	0,017083	0,012224	44,94
PORCIÚNCULA	100,00	0,021481	0,015525	35,93
QUISSAMÃ	100,00	0,020926	0,017196	25,86
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	100,00	0,142454	0,128796	1.687,55
SÃO FRANCISCO DE ITABAPOANA	100,00	0,059919	0,04225	53,51
SÃO JOÃO DA BARRA	100,00	0,044884	0,033205	118,72
SÃO JOSÉ DE UBÁ	100,00	0,00294	0,00191	31,57
TRAJANO DE MORAES	100,00	0,000324	0,000292	0,00
TOTAL (m³/s)		**2,026028**	**1,53749**	**5.408,00**

INDÚSTRIA EXTRATIVA – MINERAÇÃO

As minerações (garimpos e minas) apesar de não apresentarem um expressivo consumo de água, esta é imprescindível para as diversas etapas de extração e beneficiamento do minério. A utilização da água é feita de maneira diferente nas minas e nos garimpos. Nos garimpos das principais substâncias minerais, a água é utilizada principalmente na fase de desmonte hidráulico (jateamento d'água) e, em alguns casos, no processo de decantação.

No caso das minas de substâncias metálicas, o maior consumo se dá durante a fase de beneficiamento, quando ocorre a lavagem do minério, decantação e flotação. Além disso, a água é utilizada para o resfriamento das máquinas.

Nas minas de substâncias não metálicas, geralmente, o processo de beneficiamento envolve apenas britagem, moagem e lavagem. Nesse caso, o uso de água é mais restrito, estando os processos de degradação dos recursos hídricos mais associados à erosão, assoreamento e contaminação por óleos e graxas.

A estimativa das demandas da indústria extrativa teve como base o levantamento da produção das substâncias minerais nos diversos municípios da Região Hidrográfica através de pesquisa no banco de dados do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, relativo ao recolhimento da Compensação Financeira pela Exploração Mineral – CFEM, conforme descrito no Relatório de Recursos Minerais.

As substâncias identificadas foram, então, agrupadas segundo o processo de extração e beneficiamento que apresentam demandas de água assemelhadas, conforme relacionado a seguir.

a) Materiais de Construção, englobando: areia, argila, saibro, materiais pétreos (brita, granito, gnaisse);
b) Minerais Metálicos: bauxita;
c) Minerais não Metálicos: caulim;
d) Gemas, quartzo, feldspato, calcita, mármore e sienito;
e) Fertilizantes: calcário.

O **Quadro 6.128**, a seguir, apresenta a quantidade de explorações ativas para as substâncias para as quais foram encontradas ocorrências nos municípios da bacia do Paraíba do Sul.

Quadro 6.128 Quantidade de Explorações Minerais Ativas

UP	QUANTIDADE DE EXPLORAÇÕES					
	FERTILIZANTE	GEMAS	MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	MINERAIS METÁLICOS	MINERAL NÃO METÁLICO	TOTAL
CBH – Paraíba do Sul (SP)	1	2	33	2	1	39
CBH – Médio Paraíba do Sul	---	---	20	---	---	20
CBH – Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	---	---	3	---	---	3
CBH – Preto Paraibuna	---	1	10	---	---	11
CBH–Piabanha	---	---	6	---	---	6
CBH –COMPÉ (MG)	---	1	25	4	---	30
CBH –Rio Dois Rios	1	---	7	---	---	8
CBH – Baixo Paraíba do Sul	1	2	18	---	---	21
TOTAL	**3**	**6**	**122**	**6**	**1**	**138**

Para a determinação dos coeficientes de demanda para cada uma das categorias foram adotados os valores constantes do relatório “Avaliação das Interferências Ambientais da Mineração nos Recursos Hídricos da Bacia do Alto Rio das Velhas, Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, Belo Horizonte, 2001”.

Os valores dos coeficientes utilizados para a estimativa de demandas de água e retorno aos mananciais estão apresentados no **Quadro 6.129** a seguir.

Quadro 6.129 Coeficientes de Demanda e de Retorno para as Atividades de Mineração

Categoria	Demanda (m^3/t.ano)	Coeficiente de Retorno	Retorno (m^3/t.ano)
Materiais de Construção	0,90	70%	0,63
Minerais Metálicos	0,53	70%	0,37
Minerais não Metálicos	2,00	90%	1,80
Gemas	0,58	80%	0,46
Fertilizantes	0,90	90%	0,81

Uma vez que os dados da CFEM disponibilizados pelo DNPM referem-se apenas aos valores recolhidos e não às quantidades extraídas, foi necessário realizar uma correlação desses dados, o que foi feito a partir de informações disponíveis relativas ao Plano Estratégico de Recursos Hídricos do Tocantins Araguaia – ANA, 2008.

À época da elaboração desse Plano (base dos dados no ano de 2006) as informações das quantidades extraídas eram disponibilizadas ao público em geral e, com base nos valores recolhidos para o mesmo período, atualmente disponíveis no “site” do DNPM, foi possível estabelecer uma relação de R$/tonelada para as substâncias cuja ocorrência foi detectada na bacia do Paraíba do Sul.

De posse dessa relação, os valores recolhidos foram convertidos em toneladas e aplicados os coeficientes do **Quadro 6.129** para a obtenção das demandas e dos retornos de água.

A seguir apresentam-se a demanda de água e os retornos aos mananciais, para a indústria extrativa, distribuídos pelos diversos Comitês.

Quadro 6.130 Vazões de Retirada e de Retorno de Água da Exploração Mineral

UP	Demanda (m³/s)	Retorno (m³/s)
CBH – Paraíba do Sul (SP)	1,72	1,22
CBH – Médio Paraíba do Sul	0,12	0,08
CBH – Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	0,01	0,01
CBH – Preto Paraibuna	0,19	0,13
CBH– Piabanha	0,03	0,02
CBH –COMPÉ (MG)	0,23	0,16
CBH –Rio Dois Rios	0,21	0,17
CBH – Baixo Paraíba do Sul	0,51	0,36
Total	**3,01**	**2,14**

Para a distribuição geográfica das demandas da mineração, as quantidades extraídas foram distribuídas pelas explorações ativas de cada substância, obtidas dos mapas do Cadastro Mineiro do DNPM, existentes nos municípios onde é feita a extração.

A definição da situação atual da atividade (ativa, em estudos, e paralisada ou abandonada) foi feita a partir dos dados referentes à fase de cada um dos registros.

Para efetuar-se esta classificação foram utilizados alguns conceitos relacionados abaixo:

- Requerimento de Pesquisa e Autorização de Pesquisa: Entende-se da pesquisa mineral a execução dos trabalhos necessários à definição das jazidas, sua avaliação e determinação da exequibilidade de seu aproveitamento econômico.

  As ocorrências que se encontram nessas fases foram classificadas como não exploradas.

- Regime de Licenciamento: O licenciamento depende da obtenção, pelo interessado, de licença específica, expedida pela autoridade administrativa local, no município de situação da jazida, e da efetivação do competente registro no Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, do Ministério das Minas e Energia, mediante requerimento cujo processamento será disciplinado em portaria do Diretor-Geral do DNPM.

- Concessão de Lavra: conjunto de operações coordenadas, objetivando aproveitamento industrial de jazida a começar da extração das substancias minerais úteis que contiver até o seu beneficiamento.

As ocorrências relativas aos dois itens anteriores que envolvem as fases de Concessão de Lavra, Licenciamento, Requerimento de Lavra e Requerimento de Lavra Garimpeira, foram classificadas como explorações ativas.

- Disponibilidade: são áreas cujo outorgado abriu mão do direito de exploração da lavra.

  As ocorrências enquadradas nessa fase foram classificadas como paralisadas ou abandonadas.

Isso feito, foram cruzadas as informações da CFEM em cada município com as explorações consideradas ativas nestes municípios, eliminando-se aquelas para as quais não há de recolhimento de valores.

É importante destacar aqui que as informações do Cadastro Mineiro referem-se a títulos minerários, que podem não corresponder necessariamente ao número de minas ou garimpos, uma vez que há limitações sobre a área máxima de licenciamento de pesquisa em função da classe do mineral a ser estudado. Desse fato decorre que, muitas vezes, um mesmo empreendedor solicita mais de uma licença para áreas vizinhas, de maneira a atender a legislação e atingir toda a superfície geográfica que deseja estudar, e prossiga com todas as parcelas solicitadas até a fase de exploração.

Ocorre muitas vezes também a superposição espacial das solicitações, gerando várias camadas de requisições de pesquisa sobre a mesma área.

Assim sendo, foram identificados os Produtores de Bens Minerais cadastrados junto ao DNPM, o que permitiu eliminar mais alguns títulos minerários, para os quais não há produtores cadastrados.

Dessa forma, nos títulos minerários remanescentes foram distribuídas as demandas de água de cada substância nos municípios correspondentes.

Em algumas situações ainda restavam mais de uma área de exploração de uma determinada substância, que foram resumidas a uma única área utilizando o critério do título minerário com data mais recente.

Assim sendo, a análise efetuada nesse relatório pode apresentar valores aparentemente minimizados com relação à quantidade de explorações, porém é confiável com relação à localização espacial da atividade mineira.

Quanto à indústria extrativista (mineração), do **Quadro 6.131** ao **Quadro 6.138** são apresentadas o município, a substância objeto da mineração, a demanda e o retorno para atendimento a esta atividade por Unidade de Planejamento.

Quadro 6.131 Demandas de Mineração – UP CBH Paraíba do Sul (SP)

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
APARECIDA	AREIA	0,000851	0,000596
APARECIDA	GRANITO	0,049816	0,034871
ARUJÁ	GRANITO P/ BRITA	0,055725	0,039008
CACHOEIRA PAULISTA	AREIA	0,008669	0,006069
CACHOEIRA PAULISTA	ARGILA	0,001149	0,000805
CANAS	AREIA	0,005531	0,003872
CRUZEIRO	BAUXITA	0,010461	0,007303
GUARAREMA	AREIA	0,008201	0,005741
GUARATINGUETÁ	AREIA	0,001902	0,001332
GUARATINGUETÁ	GNAISSE	0,010972	0,00768
GUARULHOS	AREIA	0,013775	0,009643
GUARULHOS	GRANITO	0,069751	0,048825
ITAQUAQUECETUBA	AREIA	0,01477	0,010339
JACAREÍ	AREIA	0,083468	0,058428
JACAREÍ	ARGILA REFRATÁRIA	0,052816	0,036971
JAMBEIRO	GNAISSE	0,081066	0,056746
LAGOINHA	ARGILA	0,012859	0,009001
LAVRINHAS	BAUXITA	0,007795	0,005442
LAVRINHAS	SIENITO	0,001069	0,000848
LORENA	AREIA	0,001646	0,001152
MOGI DAS CRUZES	AREIA	0,148667	0,104067
MOGI DAS CRUZES	ARGILA	0,17193	0,120351
MOGI DAS CRUZES	CAULIM	0,001243	0,001118
MOGI DAS CRUZES	GRANITO	0,209754	0,146828
PINDAMONHANGABA	AREIA	0,027239	0,019067
PINDAMONHANGABA	ARGILA REFRATÁRIA	0,010425	0,007297
QUELUZ	QUARTZITO	0,003802	0,002661
ROSEIRA	AREIA	0,042533	0,029773
ROSEIRA	GRANITO ORNAMENTAL	0,018922	0,013246
SANTA ISABEL	GNAISSE	0,044891	0,031424
SANTA ISABEL	GRANITO	0,030523	0,021366
SÃO LUÍS DO PARAITINGA	AREIA DE FUNDIÇÃO	0,000679	0,000475
SÃO LUÍS DO PARAITINGA	FELDSPATO	0,000059	0,000047
TAUBATÉ	AREIA	0,067376	0,047163
TAUBATÉ	ARGILA	0,156959	0,109871
TAUBATÉ	CALCÁRIO	0,046365	0,041728
TAUBATÉ	GNAISSE	0,07362	0,051534
TREMEMBÉ	AREIA	0,105055	0,04892
TREMEMBÉ	ARGILA	0,069886	0,073538
GUARARÁ	GNAISSE	0,001102	0,000771
GUARARÁ	SAIBRO	0,003752	0,002627
TOTAL (m³/s)		**1,727074**	**1,218544**

Quadro 6.132 Demandas de Mineração – UP CBH Médio Paraíba do Sul

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
BARRA DO PIRAÍ	ARGILA	0,007667	0,005367
BARRA DO PIRAÍ	GNAISSE	0,001019	0,000714
COMENDADOR LEVY GASPARIAN	AREIA	0,002051	0,001435
ITATIAIA	AREIA	0,000361	0,000253
PARAÍBA DO SUL	AREIA	0,000664	0,000465
PARAÍBA DO SUL	ARGILA	0,001901	0,001331
PIRAÍ	ARGILA	0,005299	0,00371
QUATIS	AREIA	0,014997	0,010498
QUATIS	GRANITO	0,014979	0,010485
RESENDE	AREIA	0,002369	0,001658
RESENDE	GNAISSE	0,000312	0,000219
RIO DAS FLORES	AREIA	0,002558	0,001791
TRÊS RIOS	GNAISSE	0,029282	0,020498
TRÊS RIOS	GRANITO	0,000849	0,000595
VALENÇA	GRANITO	0,001163	0,000814
VALENÇA	SAIBRO	0,004089	0,002862
VASSOURAS	AREIA	0,001313	0,000919
VASSOURAS	ARGILA	0,005317	0,003722
VOLTA REDONDA	AREIA	0,001311	0,000917
VOLTA REDONDA	GNAISSE	0,022546	0,015782
TOTAL (m³/s)		**0,120047**	**0,084035**

Quadro 6.133 Demandas de Mineração – UP Comitê Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
BARRA DO PIRAÍ	AREIA	0,001303	0,000912
BARRA DO PIRAÍ	GRANITO	0,010892	0,007624
RIO CLARO	AREIA	0,000258	0,000181
TOTAL (m³/s)		**0,012453**	**0,008717**

Quadro 6.134 Demandas de Mineração – UP CBH Preto-Paraibuna

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
GUARARÁ	GNAISSE	0,001102	0,000771
GUARARÁ	SAIBRO	0,003752	0,002627
JUIZ DE FORA	AREIA	0,002958	0,00207
JUIZ DE FORA	GNAISSE	0,095646	0,066952
LIMA DUARTE	AREIA INDUSTRIAL	0,000889	0,000622
MAR DE ESPANHA	MÁRMORE	0,000165	0,000131
MATIAS BARBOSA	GNAISSE	0,08146	0,057022
PEDRO TEIXEIRA	AREIA	0,00031	0,000217
RIO PRETO	AREIA	0,000549	0,000384
SANTA BÁRBARA DO MONTE VERDE	AREIA INDUSTRIAL	0,001148	0,000803
SANTA RITA DE JACUTINGA	AREIA	0,000333	0,000233
TOTAL (m³/s)		**0,188312**	**0,131832**

Quadro 6.135 Demandas de Mineração – UP Comitê Piabanha

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
CARMO	AREIA	0,001094	0,000766
PETRÓPOLIS	GRANITO	0,00286	0,002002
SAPUCAIA	AREIA	0,001844	0,001291
SAPUCAIA	GRANITO	0,001395	0,000976
TRÊS RIOS	AREIA	0,000553	0,000387
TRÊS RIOS	ARGILA	0,017294	0,012106
TOTAL (m³/s)		**0,02504**	**0,017528**

Quadro 6.136 Demandas de Mineração – UP Compé (MG)

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
ALÉM PARAÍBA	AREIA	0,003402	0,002381
CATAGUASES	AREIA	0,003268	0,002288
CATAGUASES	GNAISSE	0,010485	0,00734
DESCOBERTO	BAUXITA	0,01266	0,008838
DIVINO	GRANITO	0,000722	0,000505
ERVÁLIA	GNAISSE	0,004355	0,003048
FARIA LEMOS	GRANITO	0,002718	0,001903
GUIDOVAL	AREIA	0,000127	0,000089
GUIRICEMA	ARGILA	0,001354	0,000948
ITAMARATI DE MINAS	BAUXITA	0,043929	0,030667
LEOPOLDINA	AREIA	0,001216	0,000851
MERCÊS	AREIA	0,001731	0,001212
MIRAÍ	BAUXITA	0,032591	0,022752

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
MURIAÉ	GNAISSE	0,001334	0,000934
MURIAÉ	GRANITO	0,007313	0,005119
OLIVEIRA FORTES	GRANITO ORNAMENTAL	0,004313	0,003019
RIO NOVO	AREIA	0,000621	0,000435
RODEIRO	AREIA	0,000807	0,000565
RODEIRO	ARGILA	0,000793	0,000555
SÃO GERALDO	ARGILA	0,013867	0,009707
SÃO GERALDO	GNAISSE	0,000153	0,000107
SÃO GERALDO	GRANITO	0,007198	0,005039
SÃO SEBASTIÃO DA VARGEM ALEGRE	BAUXITA	0,035172	0,024554
TABULEIRO	QUARTZO	0,002138	0,001696
TOCANTINS	GNAISSE	0,004067	0,002847
TOMBOS	AREIA	0,000723	0,000506
TOMBOS	GNAISSE	0,000537	0,000376
TOMBOS	GRANITO	0,001245	0,000871
UBÁ	GNAISSE	0,00973	0,006811
VISCONDE DO RIO BRANCO	ARGILA	0,021749	0,015224
TOTAL (m³/s)		**0,230318**	**0,161187**

Quadro 6.137 Demandas de Mineração – UP CBH Rio Dois Rios

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
BOM JARDIM	GNAISSE	0,002024	0,001417
BOM JARDIM	GRANITO	0,001043	0,00073
CANTAGALO	AREIA	0,000122	0,000085
CANTAGALO	ARGILA	0,015119	0,010584
CANTAGALO	CALCÁRIO	0,119552	0,107597
DUAS BARRAS	GRANITO	0,001862	0,001303
NOVA FRIBURGO	GRANITO	0,027244	0,019071
SÃO FIDÉLIS	GRANITO	0,038199	0,026739
TOTAL (m³/s)		**0,205165**	**0,167526**

Quadro 6.138 Demandas de Mineração – UP CBH Baixo Paraíba do Sul

Município	Substância	Demanda m³/s	Retorno m³/s
APERIBÉ	AREIA	0,000117	0,000082
CAMBUCI	GRANITO	0,000711	0,000498
CAMPOS DOS GOYTACAZES	AREIA	0,007084	0,004959
CAMPOS DOS GOYTACAZES	ARGILA	0,10536	0,073752
CAMPOS DOS GOYTACAZES	GNAISSE	0,079348	0,055543
CAMPOS DOS GOYTACAZES	GRANITO	0,126504	0,088553
CAMPOS DOS GOYTACAZES	SAIBRO	0,100794	0,070556
CARDOSO MOREIRA	GRANITO	0,021565	0,015096
CONCEIÇÃO DE MACABU	AREIA	0,001192	0,000834
ITALVA	CALCÁRIO	0,011037	0,009934
ITALVA	CALCITA	0,000044	0,000035
ITALVA	GRANITO	0,004725	0,003308
ITALVA	MÁRMORE	0,000037	0,000029
ITAPERUNA	GRANITO	0,030127	0,021089
LAJE DO MURIAÉ	AREIA	0,000343	0,00024
PORCIÚNCULA	ARGILA	0,002215	0,001551
PORCIÚNCULA	GNAISSE	0,000296	0,000207
QUISSAMÃ	AREIA	0,000799	0,000559
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA	GRANITO	0,003973	0,002781
SÃO JOÃO DA BARRA	AREIA	0,00026	0,000182
TRAJANO DE MORAES	GRANITO	0,009139	0,006397
TOTAL (m³/s)		**0,50567**	**0,356185**

ÁGUA MINERAL

A exploração de água mineral, ainda que tecnicamente se enquadre dentro da Extração Mineral, foi abordada em separado apesar de suas retiradas serem insignificantes.

A grande maioria das explorações são de fontes ou poços e, portanto, altamente susceptíveis à poluição e, assim sendo, é importante caracterizar espacialmente estas explorações de forma a dispor-se de um instrumento de controle e monitoramento desta atividade.

A informação sobre as vazões captadas e a localização das explorações de água mineral são provenientes do SIGHIDRO do DNPM.

O **Quadro 6.139** e o **Quadro 6.140** a seguir apresentam a quantidade de explorações e as vazões de retirada de água mineral, distribuídas pelos Comitês de Bacia.

Quadro 6.139 Quantidade de Explorações de Água Mineral

UP	Quantidade de Explorações
CBH – Paraíba do Sul (SP)	4
CBH – Médio Paraíba do Sul	3
CBH – Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	2
CBH – Preto Paraibuna	1
CBH–Piabanha	8
CBH –COMPÉ (MG)	1
CBH –Rio Dois Rios	1
CBH – Baixo Paraíba do Sul	6
Total	**26**

Quadro 6.140 Vazões de Retirada da Exploração de Água Mineral

UP	Vazão Captada (m³/s)
CBH – Paraíba do Sul (SP)	0,003916
CBH – Médio Paraíba do Sul	0,009036
CBH – Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	0,006528
CBH – Preto Paraibuna	0,005225
CBH–Piabanha	0,013478
CBH –COMPÉ (MG)	0,000129
CBH –Rio Dois Rios	0,001375
CBH – Baixo Paraíba do Sul	0,014964
Total Geral	**0,054651**

USINAS TERMELÉTRICAS

As usinas termelétricas existentes na bacia do Paraíba do Sul foram identificadas a partir do Banco de Informações sobre Geração – BIG da ANEEL, considerando, para efeito de estimativa das demandas, as usinas em operação e as outorgadas.

Foram desconsideradas as usinas instaladas em supermercados e hospitais, visto que as mesmas encontram-se provavelmente ligadas a rede geral de abastecimento urbano.

A grande maioria das usinas utiliza combustíveis fósseis (gás ou óleo diesel) sendo que há apenas duas usinas que utilizam biomassa, uma de bagaço de cana-de-açúcar e outra de licor negro.

O **Quadro 6.141** a seguir apresenta a quantidade de Usinas Termelétricas distribuída pelos Comitês de Bacia.

Quadro 6.141 Quantidade de Usinas Termoelétricas

UP	Tipo de Combustível						
	Bagaço de Cana de Açúcar	Gás de Alto Forno	Gás de Refinaria	Gás Natural	Licor Negro	Óleo Diesel	Total
CBH - Paraíba do Sul (SP)	-	-	1	3	1	7	12
CBH - Médio Paraíba do Sul	-	1	-	1	-	1	3
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	-	-	-	-	-	-	-
CBH - Preto Paraibuna	-	-	-	2	-	-	2
CBH- Piabanha	-	-	-	1	-	-	1
CBH - COMPÉ (MG)	-	-	-	-	-	1	1
CBH - Rio Dois Rios	-	-	-	-	-	-	-
CBH - Baixo Paraíba do Sul	1	-	-	2	-	-	3
Total	**1**	**1**	**1**	**9**	**1**	**9**	**22**

Para a determinação da demanda unitária (L/s.MW instalado) foram coletados dados de demanda de diversas UTEs instaladas no Brasil, porém os valores são bastante discrepantes entre si, independente da idade da usina, do porte e do tipo de combustível utilizado.

Dessa maneira, optou-se por utilizar a média ponderada das demandas das três menores usinas identificadas, obtendo-se os valores mostrados no **Quadro 6.142** a seguir.

Quadro 6.142 Parâmetros de Captação e Retorno de Água das Usinas Termoelétricas

Parâmetros	Candiota	Eletrobolt	RIOGEN	Total	Média (L/s.MW)
Potência (MW)	350	379	532	1261	-
Captação (l/s)	291	83	333	707	0,56
Retorno (l/s)	97	75	250	422	0,33
Consumo (l/s)	194	8,3	83	285,3	0,23

O banco de dados não contém a localização geográfica das usinas, porém nos arquivos disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) sobre o setor elétrico existem "*shape files"* contendo a informação geográfica de todas as usinas.

A seguir apresenta-se a estimativa dos valores da demanda de água e dos retornos ao manancial decorrentes das usinas de geração termelétrica.

Quadro 6.143 Vazões de Retirada e de Retorno de Água das Usinas Termelétricas

UP	Retirada de Água (m^3/s)	Retorno de Água (m^3/s)	Consumo de Água (m^3/s)
CBH - Paraíba do Sul (SP)	0,135553	0,079879	0,055674
CBH - Médio Paraíba do Sul	0,143702	0,084681	0,059021
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	-	-	-
CBH - Preto Paraibuna	0,049867	0,029386	0,020481
CBH- Piabanha	0,000595	0,000351	0,000244
CBH - COMPÉ (MG)	0,10304	0,000061	0,102979
CBH - Rio Dois Rios	-	-	-
CBH - Baixo Paraíba do Sul	0,04368	0,02574	0,01794
Total	**0,476437**	**0,220098**	**0,220098**

Por fim, o **Quadro 6.144** apresenta, por Comitê, as usinas termoelétricas implantadas na Bacia, com o correspondente município e os dados de demanda e retorno desta atividade.

Quadro 6.144 DEMANDAS DE USINAS TERMOELÉTRICAS – UTES

UP	Município	Nome	Demanda m^3/s	Retorno m^3/s
CBH Paraíba do Sul (SP)	Guaratinguetá	Basf Guaratinguetá	0,001596	0,000941
	Guaratinguetá	Stollberg	0,000197	0,000116
	Jacareí	Celpav IV	0,077661	0,045764
	Jacareí	Energy Works Kaiser Jacareí	0,004812	0,002835
	Jacareí	PSJ	0,001008	0,000594
	Lorena	Cury	0,000104	0,000061
	Pindamonhangaba	Nobrecel	0,001792	0,001056
	São José dos Campos	Crylor	0,00448	0,00264
	São José dos Campos	Extra São José dos Campos	0,000806	0,000475
	São José dos Campos	Refinaria Henrique Lages (REVAP)	0,04256	0,02508
	São José dos Campos	Sams Club São José dos Campos	0,000358	0,000211
	Taubaté	Sociedade Assistencial Bandeirante	0,000179	0,000106
SUB-TOTAL			**0,135553**	**0,079879**

UP	Município	Nome	Demanda m³/s	Retorno m³/s
CBH Médio Paraíba do Sul	Volta Redonda	CTE II	0,131712	0,077616
	Volta Redonda	Sul Gás	0,00023	0,000135
	Volta Redonda	TRT	0,01176	0,00693
SUB-TOTAL			**0,143702**	**0,084681**
CBH Preto-Paraibuna	Juiz de Fora	Juiz de Fora	0,048747	0,028726
	Juiz de Fora	Paraibuna	0,00112	0,00066
SUB-TOTAL			**0,049867**	**0,029386**
Comitê Piabanha	Petrópolis	GE Celma	0,000595	0,000351
SUB-TOTAL			**0,000595**	**0,000351**
COMPÉ (MG)	Além Paraíba	Além Paraíba	0,10304	0,000061
SUB-TOTAL			**0,10304**	**0,000061**
CBH Baixo Paraíba do Sul	Campos dos Goytacazes	Campos (Roberto Silveira)	0,0168	0,0099
	Campos dos Goytacazes	Canabrava	0,02464	0,01452
	Campos dos Goytacazes	Policam	0,00224	0,00132
SUB-TOTAL			**0,04368**	**0,02574**
TOTAL GERAL			**0,476437**	**0,220098**

6.6.5 Resumo do Uso da Água nas Indústrias

Nesse item está apresentada a consolidação das vazões de captação e de retorno aos mananciais dos diversos tipos de indústrias abordados nos itens anteriores.

Não é feita nenhuma consideração a respeito do potencial de poluição, uma vez que o mesmo só foi tratado no caso das indústrias de transformação e, portanto, pode ser verificado no capítulo especifico deste tipo de indústria.

O **Quadro 6.145**, **Quadro 6.146**, a **Figura 6.35** e **Figura 6.36** a seguir apresentam os dados de captação e retorno para as indústria de transformação, indústria extrativa, exploração de água mineral e usinas termelétricas distribuídos pelas Unidades de Planejamento.

Quadro 6.145 Vazões de Retirada Segundo o Tipo de Indústria e por Unidade de Planejamento

UP	Vazão de Captação (m3/s)				
	Indústria de Transformação	Indústria Extrativa	Água Mineral	Usinas Termelétricas	Total
CBH - Paraíba do Sul (SP)	5,20	1,72	0,003916	0,135553	7,06
CBH - Médio Paraíba do Sul	7,16	0,12	0,009036	0,143702	7,43
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	0,24	0,01	0,006528	0,000000	0,26
CBH - Preto Paraibuna	1,01	0,19	0,005225	0,049867	1,26
CBH- Piabanha	0,59	0,03	0,013478	0,000595	0,63
CBH - COMPÉ (MG)	1,50	0,23	0,000129	0,103040	1,83
CBH - Rio Dois Rios	0,44	0,21	0,001375	0,000000	0,64
CBH - Baixo Paraíba do Sul	2,03	0,51	0,014964	0,043680	2,59
Total	**18,17**	**3,01**	**0,05**	**0,48**	**21,71**

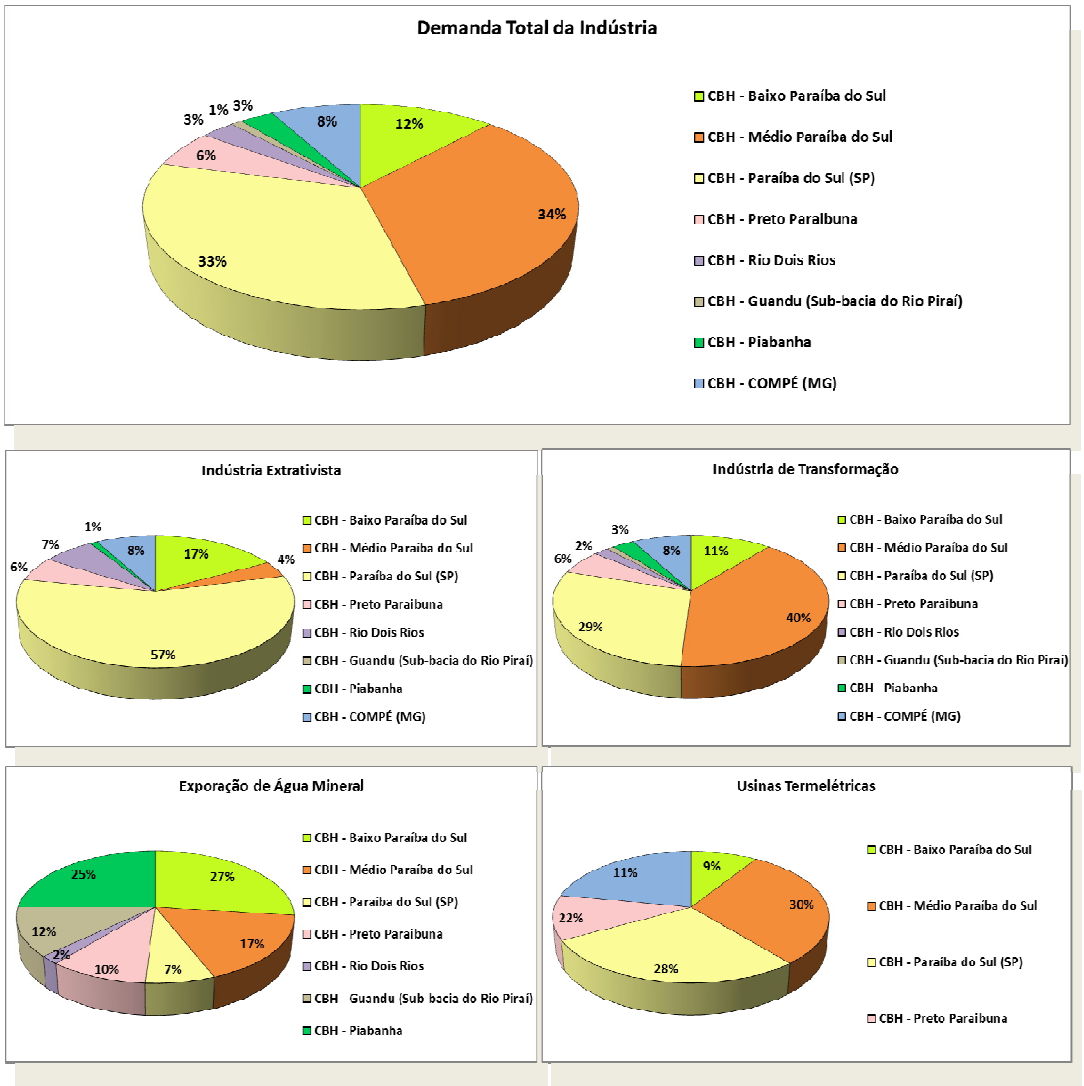


Figura 6.35 Distribuição das Demandas de Água Total e Segundo o Tipo de Indústria por Comitê de Bacia

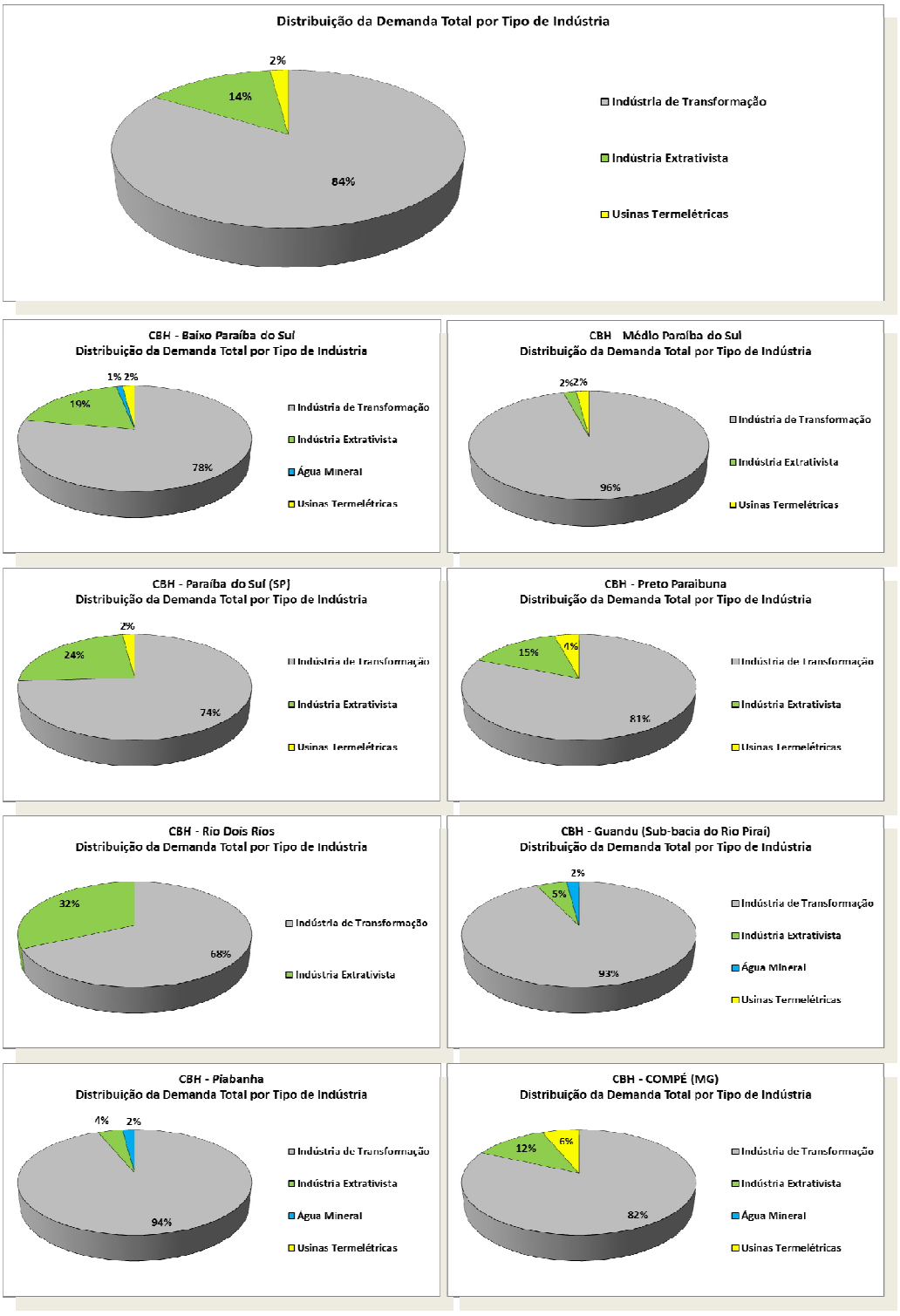


Figura 6.36 Distribuição das Demandas de Água por Tipo de Indústria- Total e por Comitê de Bacia

Quadro 6.146 Vazões de Retorno Segundo o Tipo de Indústria e por Unidade de Planejamento

UP	Vazão de Retorno (m3/s)				
	Indústria de Transformação	Indústria Extrativa	Água Mineral	Usinas Termelétricas	Total
CBH - Paraíba do Sul (SP)	3,34	1,22	0	0,079879	4,64
CBH - Médio Paraíba do Sul	2,21	0,08	0	0,084681	2,38
CBH - Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí)	0,21	0,01	0	0,000000	0,22
CBH - Preto Paraibuna	0,70	0,13	0	0,029386	0,86
CBH- Piabanha	0,43	0,02	0	0,000351	0,45
CBH - COMPÉ (MG)	1,05	0,16	0	0,000061	1,21
CBH - Rio Dois Rios	0,31	0,17	0	0,000000	0,48
CBH - Baixo Paraíba do Sul	1,54	0,36	0	0,025740	1,92
Total	**9,78**	**2,14**	**0,00**	**0,22**	**12,15**

6.7 DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

O desenvolvimento do SIG-Plano possibilitou espacializar as informações sobre a disponibilidade hídrica na bacia do Rio Paraíba do Sul, tendo como base os dados secundários obtidos através do estudo de Regionalização de Vazões, executado pela CPRM em 2013. Em estudo anterior, no ano de 2002, a CPRM, através de convênio com a ANEEL, executou o estudo de regionalização da sub-bacia 58 concluindo com o estabelecimento de 13 Regiões Homogêneas e suas respectivas equações regionais. Oportunamente, a CPRM reviu os estudos realizados e, no estudo atual (2013), a Regionalização definiu 20 Regiões Homogêneas e suas equações.

O maior detalhamento da área em estudo, fruto de acréscimo de dados com ampliação das séries históricas, permitiu melhor caracterizar o regime fluvial da bacia do Rio Paraíba do Sul.

É importante ressaltar que as equações regionais definidas pela CPRM levam em conta a área e a precipitação média a montante da posição onde se deseja conhecer a disponibilidade hídrica. Desta forma, considerando não apenas a área, mas, também, a precipitação, aumenta o grau de precisão da resposta, uma vez que para duas sub-bacias da mesma Região Homogênea, com áreas iguais, se a precipitação for maior em uma delas, o valor de sua descarga também será maior em função deste acréscimo de precipitação.

O estudo de regionalização (2013), através das curvas de permanência das vazões dos postos hidrométricos, definiu equações regionais para as vazões com 95% de permanência (Q_{95}).

A CPRM, no estudo de regionalização realizado em 2002, definiu equações regionais para a descarga média de longo período (QMLT) na Bacia. Estas equações foram utilizadas para calcular a QMLT em locais de interesse.

No **Quadro 6.147** são apresentados os valores da descarga média (QMLT) e descarga média específica, em pontos estratégicos, de forma a espacializar as respostas de disponibilidade hídrica na Bacia.

Da **Figura 6.37** à **Figura 6.40**, são apresentadas as Regiões Homogêneas da Bacia do Rio Paraíba do Sul, estabelecidas pela CPRM.

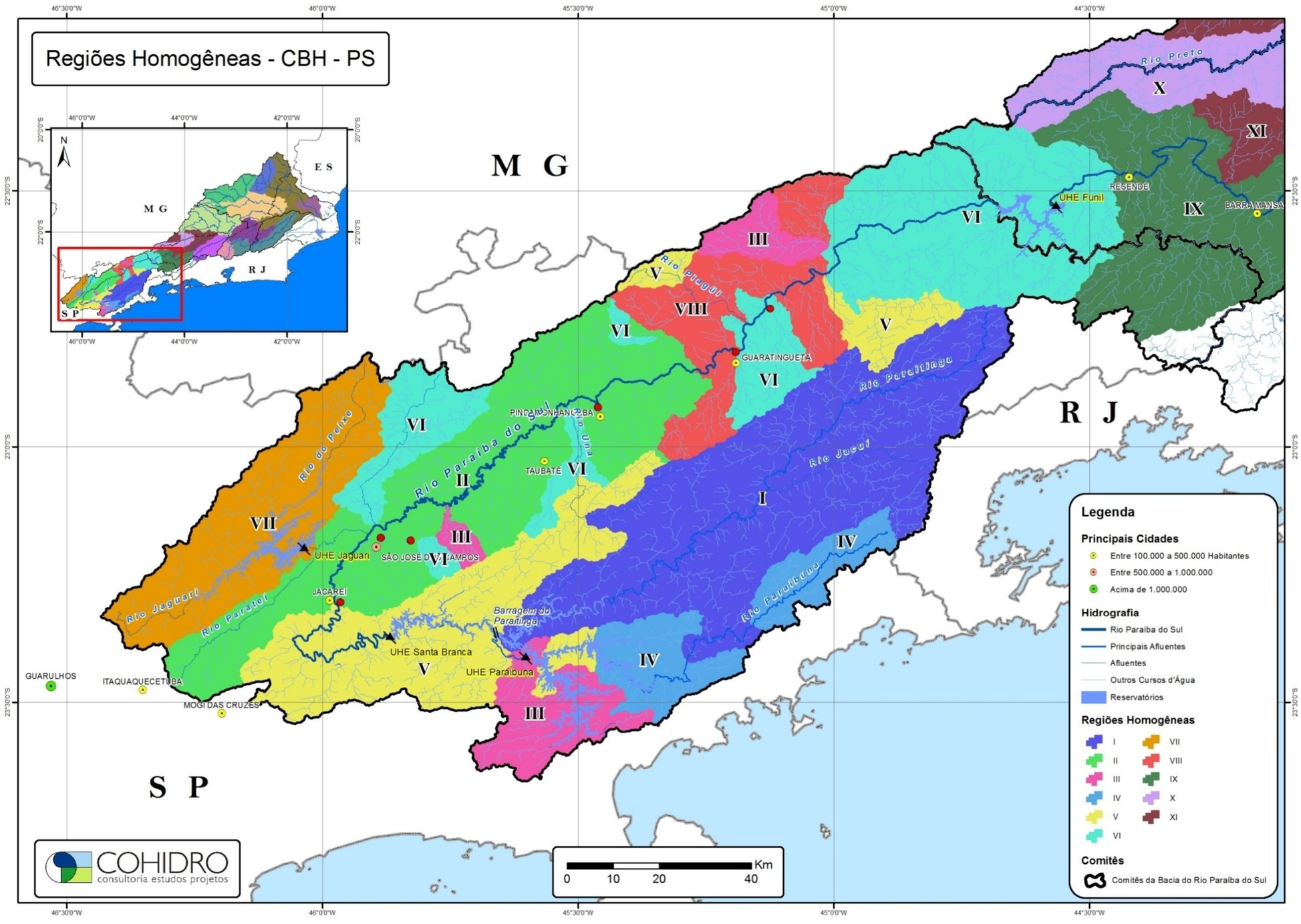


Figura 6.37 Regiões Homogêneas – CBH PS (São Paulo)

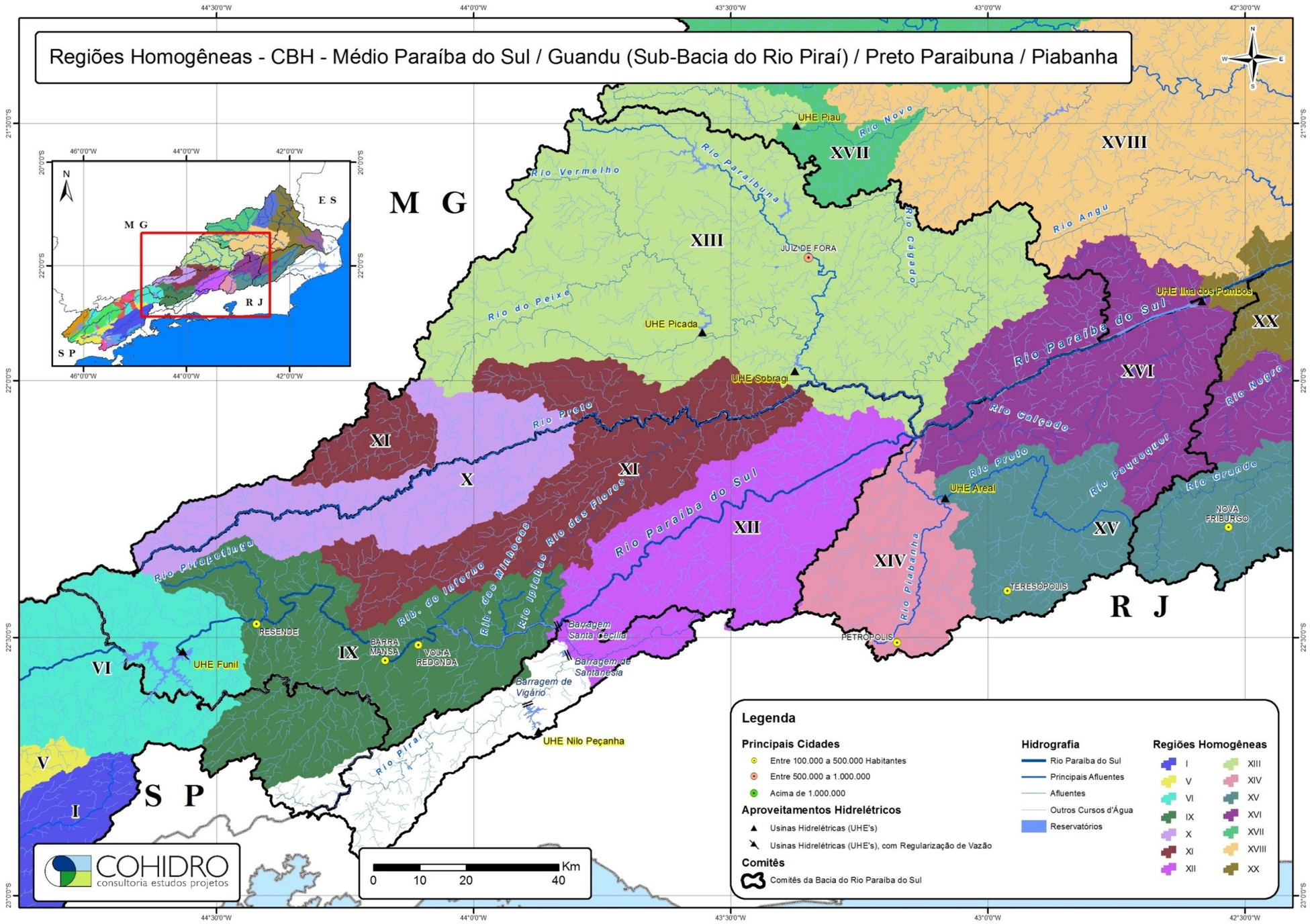


Figura 6.38 Regiões Homogêneas – CBH Médio Paraíba do Sul / Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) / Preto-Paraibuna / Piabanha

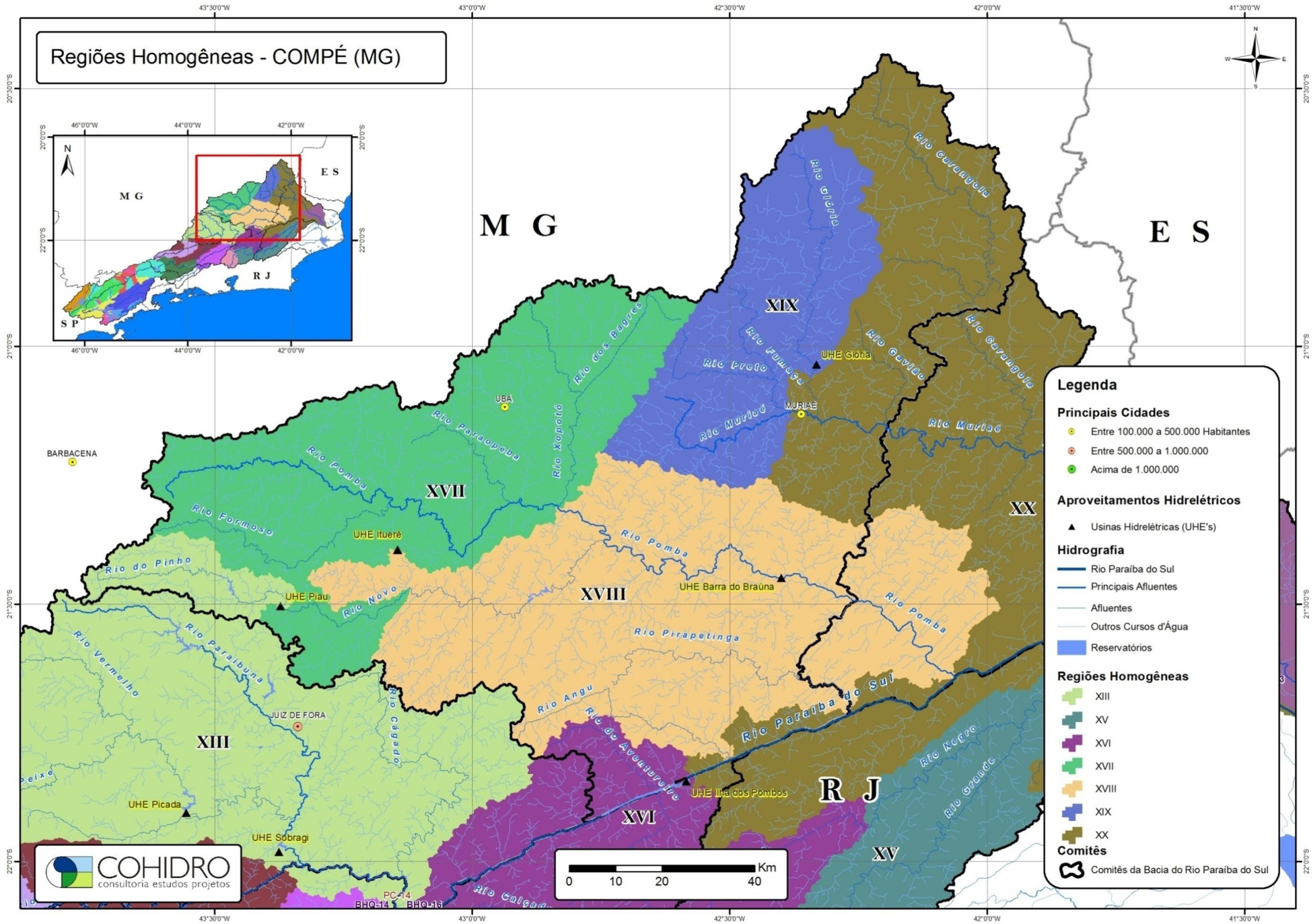


Figura 6.39 Região Homogênea – COMPÉ (MG)

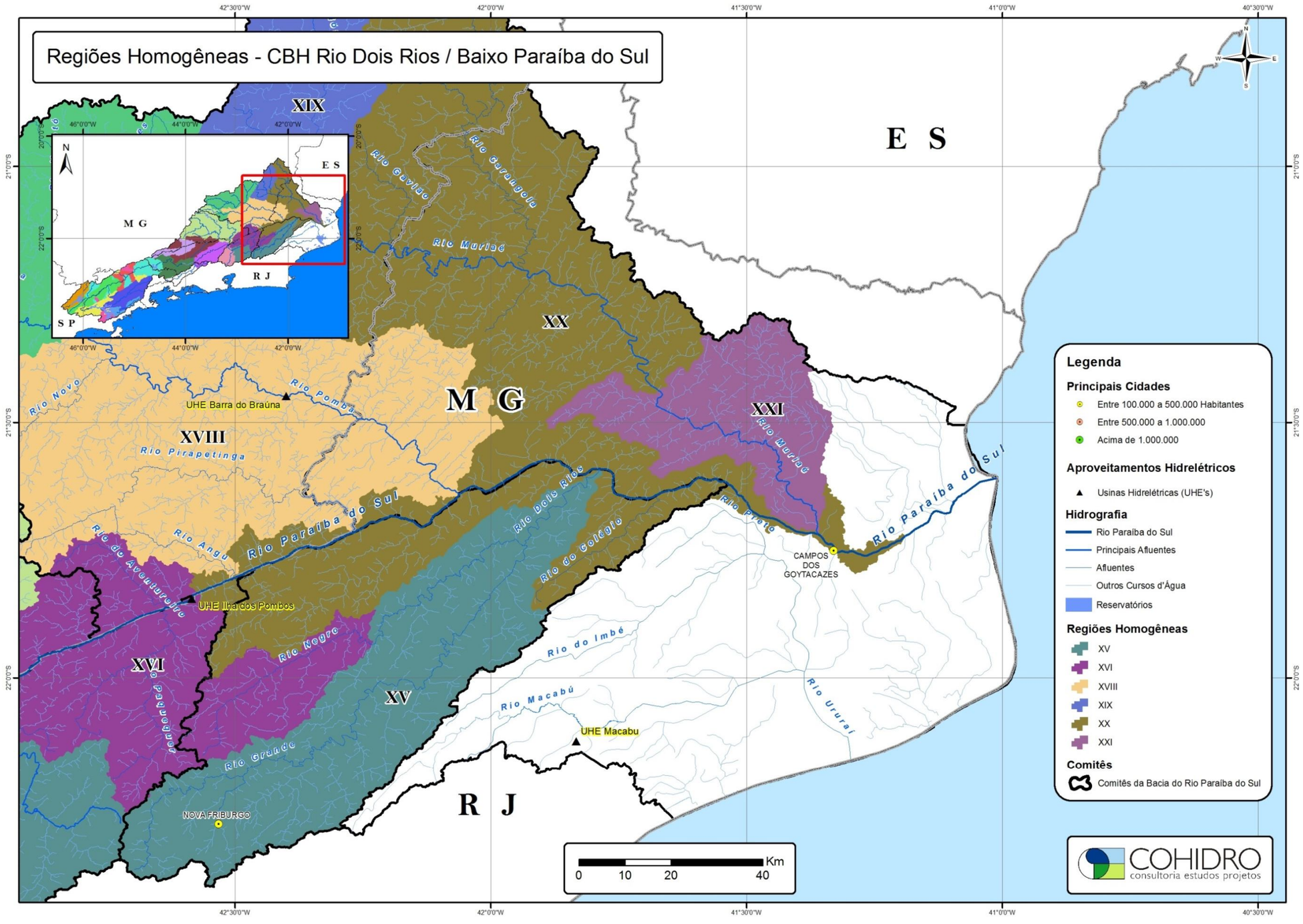


Figura 6.40 Região Homogênea – CBH Rio Dois Rios / Baixo Paraíba do Sul

Quadro 6.147 Vazões Médias de Longo Termo (QMLT) e Vazões Específicas Médias

UP	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	1.954	1.447	29,5	15,1
	Paraibuna	Paraibuna	1.572	1.582	37,1	23,6
	Santa Branca	Paraíba do Sul	4.935	1.453	81,8	16,6
	Guararema	Paraíba do Sul	5.203	1.445	91,9	17,7
	Igaratá 1	Jaguari	689	1.710	19,1	27,7
	Pindamonhangaba	Paraíba do Sul	9.557	1.455	167,0	17,5
	Cachoeira Paulista	Paraíba do Sul	11.491	1.448	196,0	17,1
	Cruzeiro	Paraíba do Sul	12.169	1.453	217,0	17,8
	Queluz	Paraíba do Sul	12.764	1.458	221,0	17,3
CBH Médio Paraíba do Sul	Itatiaia	Paraíba do Sul	13.505	1.469	228,0	16,9
	Resende	Paraíba do Sul	13.896	1.475	244,0	17,6
	Barra Mansa	Paraíba do Sul	15.748	1.494	294,0	18,7
	Volta Redonda	Paraíba do Sul	15.991	1.492	296,0	18,5
	Barra do Piraí	Paraíba do Sul	17.646	1.487	155,0	8,8
	Paraíba do Sul	Paraíba do Sul	19.319	1.463	170,0	8,8
	Três Rios	Paraíba do Sul	19.435	1.461	178,0	9,2
CBH Preto Paraibuna	Santa Rita do Jacutinga	Preto	356	1.896	11,8	33,1
	Rio Preto	Preto	1.803	1.849	56,9	31,6
	Manuel Duarte	Preto	3.119	1.667	82,2	26,4
	Afonso Arinos	Preto	3.387	1.634	87,0	25,7
	Juiz de Fora	Paraibuna	984	1.504	21,9	22,3
	Torreões	do Peixe	1.714	1.629	37,2	21,7
	Santa Fé	Paraibuna	8.572	1.531	186,0	21,7
CBH Piabanha	Petrópolis	Piabanha	41	1.936	2,31	56,3
	Pedro do Rio	Piabanha	411	1.704	11,0	26,8
	Areal	Piabanha	511	1.612	12,6	24,7
	Tristão Câmara	Piabanha	1.030	1.521	21,2	20,6
	Moura Brasil	Piabanha	2.050	1.477	36,7	17,9
CBH Compé (MG)	Piau	Piau	483	1.570	13,6	28,2
	Tabuleiro	Formoso	318	1.562	8,19	25,8
	Rio Novo	Novo	794	1.542	17,6	22,2
	Cataguases	Pomba	5.859	1.477	104,0	17,8
	Muriaé	Muriaé	1.083	1.407	23,5	21,7
	Patrocínio do Muriaé	Muriaé	2.665	1.369	47,4	17,8
	Carangola	Carangola	765	1.356	12,3	16,1
CBH Rio Dois Rios	Conselheiro Paulino	Bengala	174	1.779	4,48	25,7
	Bom Jardim	Grande	554	1.620	14,5	26,2
	Dois Rios	Dois Rios	3.113	1.326	44,0	14,1
CBH Baixo Paraíba do Sul	Santo Antônio de Pádua	Pomba	8.242	1.407	128,0	15,5
	Porciúncula	Carangola	1.332	1.308	20,0	15,0
	Itaperuna	Muriaé	5.814	1.324	95,5	16,4
	Cardoso Moreira	Muriaé	7.267	1.281	92,5	12,7
	São Fidélis	Paraíba do Sul	46.727	1.428	651,0	13,9
	Campos	Paraíba do Sul	55.450	1.397	812,0	14,6

6.8 BALANÇO HÍDRICO

6.8.1 Balanço Quantitativo

O algoritmo do balanço hídrico quantitativo foi desenvolvido utilizando o conceito das "ottobacias" idealizado pelo Eng. Otto Pfafestetter, dotando cada "ottobacia" de seus dados de demanda, retorno, vazões remanescentes dos dois trechos anteriores ao nó em análise e do acréscimo de vazão nos limites da "ottobacia" em referência.

Desta forma, é possível calcular o balanço em cada trecho de Rio codificado na bacia hidrográfica, mediante seleção das "ottobacias" a montante do trecho em destaque e aplicando o cálculo do somatório das vazões remanescentes dos trechos de montante, acrescido da produção de vazão do trecho, diminuído das demandas e somados aos retornos.

Equacionamento para cálculo do Balanço Hídrico:

- No início do trecho:

Disponibilidade Hídrica = $Q_{r\ (T2)} + Q_{r\ (T3)}$ ou

Disponibilidade Hídrica = Vazão Regularizada (Q_{reg})

- No final do trecho:

$\mathbf{Q_r} = \mathbf{Q_{r\ (T2)}} + \mathbf{Q_{r\ (T3)}} + \mathbf{Q_{95INC}} - \mathbf{Q_{DEM}} + \mathbf{Q_{RET}}$, onde:

$\mathbf{Q_r}$= Vazão Remanescente no final de um trecho de Rio T1

$\mathbf{Q_{r\ (T2)}}$ = Vazão Remanescente do trecho de montante T2

$\mathbf{Q_{r\ (T3)}}$ = Vazão Remanescente do trecho de montante T3

$\mathbf{Q_{95INC}}$ = Diferença entre as Vazões Q_{95} do final e início do trecho de Rio T1

$\mathbf{Q_{DEM}}$ = Somatório das Vazões de Demanda Hídrica no trecho T1

$\mathbf{Q_{RET}}$ = Somatório das Vazões de Retorno no trecho T1

A base para o cálculo das vazões produzidas em cada trecho de Rio foi o trabalho de regionalização de vazões, desenvolvido pela CPRM, concluído em 2013.

Tal estudo definiu 20 (vinte) Regiões Homogêneas para a Bacia e produziu, como resultado, a determinação de 20 (vinte) equações regionais para o cálculo da vazão Q_{95}, ou seja, vazão em que é garantida sua ocorrência ou valor de vazão superior a este em 95% do tempo.

As equações regionais calculam a vazão Q_{95} em função do somatório das áreas das bacias a montante do trecho e da precipitação média na porção da bacia a montante do local selecionado.

A precipitação média é obtida através do cálculo de média ponderada das precipitações atribuídas a cada "ottobacia", por interpolação de isoietas, tendo como peso a área de cada "ottobacia".

A seguir, o **Quadro 6.148** apresenta as equações regionais definidas pela CPRM para o cálculo das vazões Q_{95}.

Ressalta–se, ainda, que foram utilizados no processamento do balanço hídrico quantitativo, os valores das vazões regularizadas definidas no Caderno de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas – ANA, do ano de 2005 para os aproveitamentos hidrelétricos de:

- Paraibuna: Q reg = 64 m³/s
- Santa Branca: Q reg = 73 m³/s
- Jaguari: Q reg =25 m³/s
- Funil: Q reg = 150 m³/s

A **Figura 6.42** apresenta os resultados gráficos do Balanço Hídrico, identificando regiões com pressão sobre os recursos hídricos.

O Índice de Disponibilidade Hídrica (IUD) é obtido dividindo–se a demanda pela disponibilidade hídrica no início do trecho em estudo, sendo a disponibilidade igual ao somatório das vazões remanescentes dos dois trechos a montante, acrescido da vazão incremental do trecho, ou seja:

$$IUD = \frac{\text{Demanda}}{\text{Disponibilidade}}, \text{ sendo}$$

IUD: Índice de Disponibilidade Hídrica

Demanda = Somatório das Demandas do Trecho

Disponibilidade = $Q_{r\ (T2)} + Q_{r\ (T3)} + Q_{95\ (incremental)}$, onde:

$Q_{r\ (T2)}$ é a vazão remanescente do trecho de montante T2,

$Q_{r\ (T3)}$ é a vazão remanescente do trecho de montante T3 e

$Q_{95\ (incremental)}$ é a diferença entre a vazão Q_{95} do final e do início do trecho em estudo.

Na hipótese do trecho de rio estudado ser o primeiro trecho após um determinado Aproveitamento Hidrelétrico com regularização de vazão, a disponibilidade no trecho será igual à vazão regularizada acrescida da vazão incremental do trecho.

As respostas de IUD sinalizam os locais onde a disponibilidade hídrica está tendendo a ser insuficiente ao atendimento das demandas estabelecidas ou, até mesmo, já não possuem condições de atendimento.

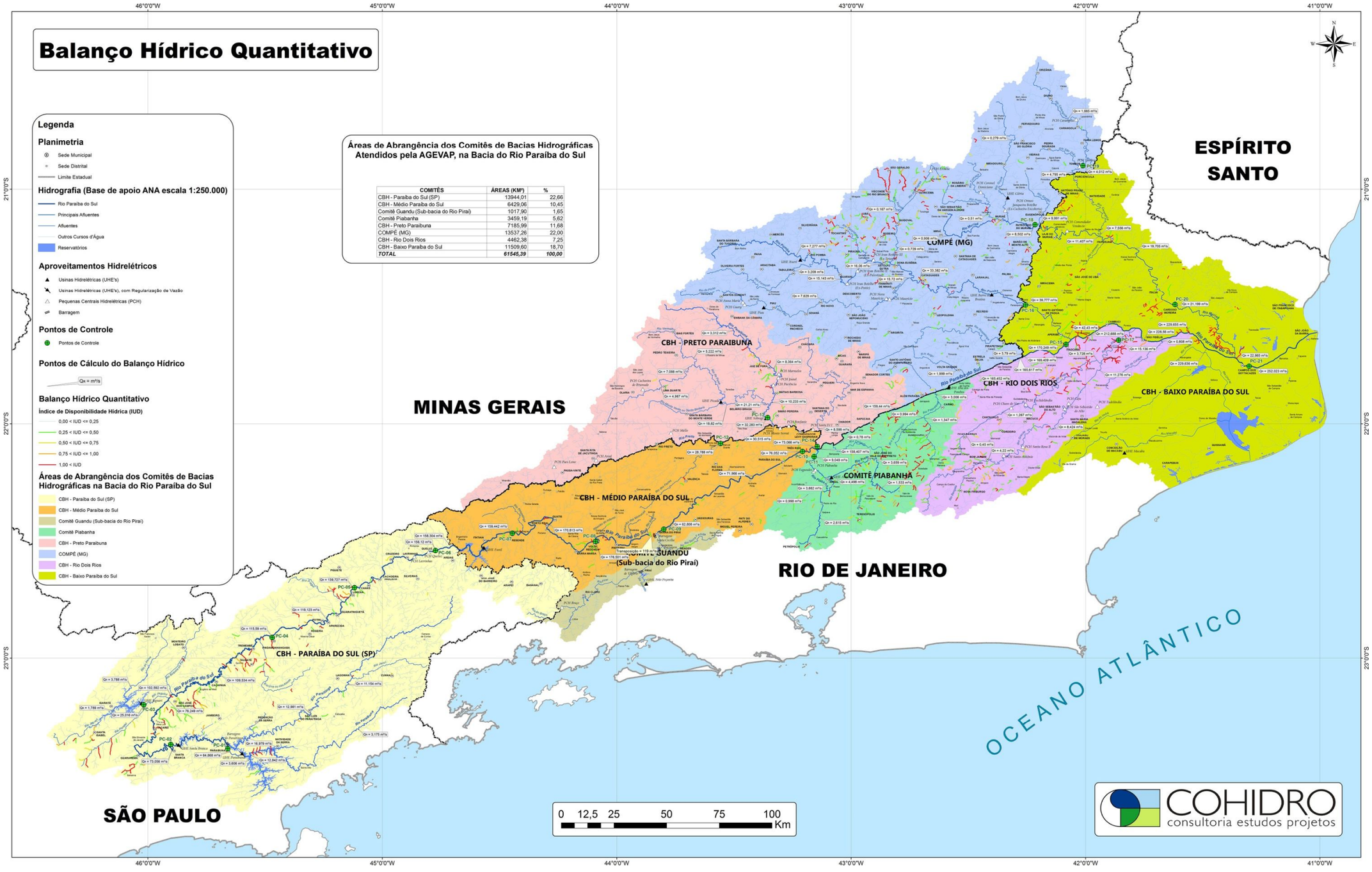
Quadro 6.148 Equações Regionais

Região Homogênea	Equação regional sendo: Q(m³/s), A (km²) e P (m)	R² ajustado	Validade Área (km²)
I	$Q95\%= 10^{-2,26383} \times A^{0,981583} \times P^{0,93712}$	0,9973	44 a 2.731
II	$Q95\% = 10^{-3,9075} \times A^{1,2633} \times P^{4,7935}$	0,9979	30 a 10.387
III	$Q95\% = 10^{-3,0826} \times A^{1,2269} \times P^{2,3806}$	0,9837	64 a 1396
IV	$Q95\% = 10^{-3,0144} \times A^{1,0872} \times P^{3,6730}$	0,9955	18 a 805
V	$Q95\% = 10^{-3,2422} \times A^{1,0780} \times P^{5,2034}$	0,9984	36 a 5.299
VI	$Q95\% = 10^{-3,6829} \times A^{1,2386} \times P^{4,3623}$	0,9992	35 a 14.020
VII	$Q95\% = 10^{-3,1867} \times A^{1,0469} \times P^{4,0610}$	0,9418	377 a 1.427
VIII	$Q95\% = 10^{-2,4055} \times A^{1,0823} \times P^{-0,0247}$	0,9994	37 a 11.583
IX	$Q95\% = 10^{-4,3915} \times A^{1,3558} \times P^{5,3897}$	0,9996	174 a 16.109
X	$Q95\% = 10^{-3,0657} \times A^{1,0762} \times P^{3,2795}$	0,9980	48 a 1.816
	$Q95\% = 10^{-1,8681} \times A^{0,9822}$	0,9928	
XI	$Q95\% = 10^{-2,6831} \times A^{1,0790} \times P^{1,7962}$	0,9989	176 a 3.421
XII	$Q95\% = 10^{-5,7925} \times A^{1,0999} \times P^{17,1952}$	0,9881	215 a 30.676
XIII	$Q95\% = 10^{-2,3902} \times A^{1,0215} \times P^{1,3749}$	0,9942	151 a 8.615
XIV	$Q95\% = 10^{-2,0482} \times A^{0,7785} \times P^{2,2227}$	0,9974	52 a 2.063
XV	$Q95\% = 10^{-1,7275} \times A^{0,8553} \times P^{0,1914}$	0,9890	95 a 1.814
	$Q95\% = 10^{-1,6581} \times A^{0,8446}$	0,9895	
XVI	$Q95\% = 10^{-2,7907} \times A^{0,9023} \times P^{6,2113}$	0,9969	290 a 32.364
XVII	$Q95\% = 10^{-6,5381} \times A^{1,2336} \times P^{20,3114}$	0,9551	315 a 2335
XVIII	$Q95\% = 10^{-2,4705} \times A^{1,1570} \times P^{2,4459}$	0,9869	335 a 8.273
XIX	$Q95\% = 10^{-9,7065} \times A^{2,0395} \times P^{33,4430}$	0,9952	151 a 1.083
	$Q95\% = 10^{-2,1608} \times A^{0,9893}$	0,9904	
XX	$Q95\% = 10^{-2,7858} \times A^{0,9428} \times P^{4,9495}$	0,9972	772 a 55.576

Quanto às disponibilidades hídricas para atendimento às demandas estabelecidas, é importante ressaltar que o objetivo não é verificar a Descarga Média de Longo Termo, que seria útil para programar a implantação de reservatórios com capacidade de regularizar vazões, aumentando as descargas mínimas naturais, no percentual que for possível em função das condições do local estudado.

A metodologia utilizada prevê o cálculo das descargas disponíveis na Bacia, nos períodos de estiagem, e a verificação das possibilidades de atendimento das demandas, via "Balanço Hídrico Quantitativo". Para tal, a vazão de referência utilizada foi a Q_{95}, ou seja, vazão em que é garantida sua ocorrência ou valor de vazão superior a este em 95% do tempo. Esta vazão Q_{95} é utilizada pela Agência Nacional de Águas – ANA como de referência de períodos de estiagem (vazão mínima).

A **Figura 6.41** apresenta o os resultados do Balanço Hídrico Quantitativo na Bacia, enquanto da **Figura 6.42** à **Figura 6.49**, são apresentados os resultados por Unidade de Planejamento, assinalando os trechos em que não há vazão suficiente para atendimento às demandas e os valores de disponibilidade hídrica em pontos selecionados na bacia do rio Paraíba do Sul, com informações sobre a vazão Q_{95}e vazão remanescente nestes locais.


Balanço Hídrico Quantitativo
Legenda
Planimetria
Sede Municipal
Sede Distrital
Limite Estadual
Hidrografia (Base de apoio ANA escala 1:250.000)
Rio Paraíba do Sul
Principais Afluentes
Afluentes
Outros Cursos d'Água
Reservatórios
Aproveitamentos Hidrelétricos
Usinas Hidrelétricas (UHE's)
Usinas Hidrelétricas (UHE's), com Regularização de Vazão
Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)
Barragem
Pontos de Controle
Pontos de Controle
Pontos de Cálculo do Balanço Hídrico
Qx = m³/s
Balanço Hídrico Quantitativo
Índice de Disponibilidade Hídrica (IUD)
0,00 < IUD <= 0,25
0,25 < IUD <= 0,50
0,50 < IUD <= 0,75
0,75 < IUD <= 1,00
1,00 < IUD
Áreas de Abrangência dos Comitês de Bacias Hidrográficas na Bacia do Rio Paraíba do Sul
CBH - Paraíba do Sul (SP)
CBH - Médio Paraíba do Sul
Comitê Guandu (Sub-bacia do Rio Piraí)
Comitê Piabanha
CBH - Preto Paraibuna
COMPÉ (MG)
CBH - Rio Dois Rios
CBH - Baixo Paraíba do Sul
Áreas de Abrangência dos Comitês de Bacias Hidrográficas Atendidos pela AGEVAP, na Bacia do Rio Paraíba do Sul
COMITÊS | ÁREAS (KM²) | %
CBH - Paraíba do Sul (SP) | 13944,01 | 22,66
CBH - Médio Paraíba do Sul | 6429,06 | 10,45
Comitê Guandu (Sub-bacia do Rio Piraí) | 1017,90 | 1,65
Comitê Piabanha | 3459,19 | 5,62
CBH - Preto Paraibuna | 7185,99 | 11,68
COMPÉ (MG) | 13537,26 | 22,00
CBH - Rio Dois Rios | 4462,38 | 7,25
CBH - Baixo Paraíba do Sul | 11509,60 | 18,70
TOTAL | 61545,39 | 100,00
MINAS GERAIS
ESPÍRITO SANTO
RIO DE JANEIRO
SÃO PAULO
OCEANO ATLÂNTICO
CBH - PRETO PARAIBUNA
COMPÉ (MG)
CBH - RIO DOIS RIOS
CBH - BAIXO PARAÍBA DO SUL
CBH - MÉDIO PARAÍBA DO SUL
COMITÊ PIABANHA
CBH - PARAÍBA DO SUL (SP)
COMITÊ GUANDU (Sub-bacia do Rio Piraí)
Rio Paraíba do Sul
Rio Paraíba do Sul
Rio Paraíba do Sul

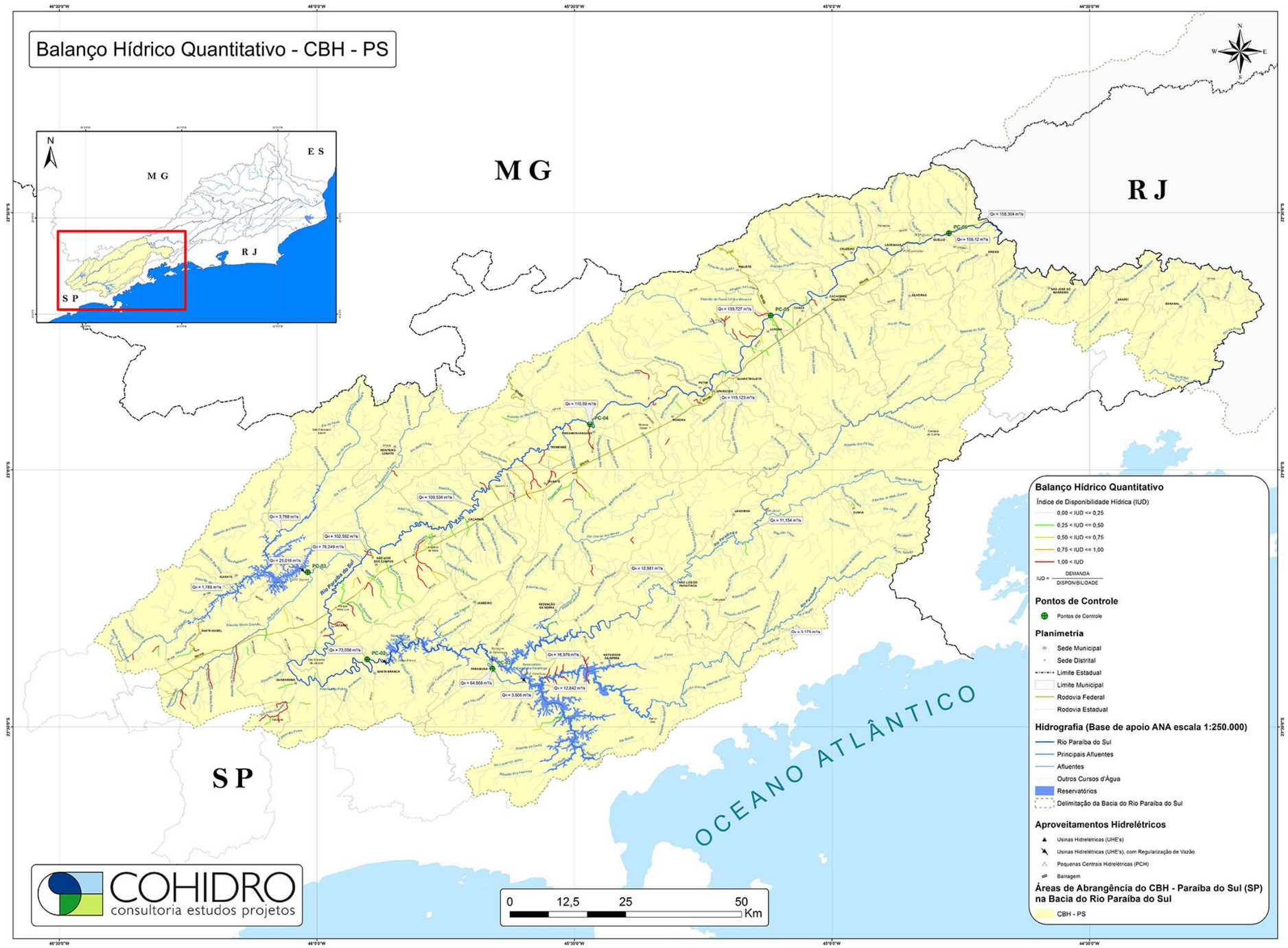


Figura 6.42 Balanço Hídrico Quantitativo da UP CBH – PS (São Paulo)

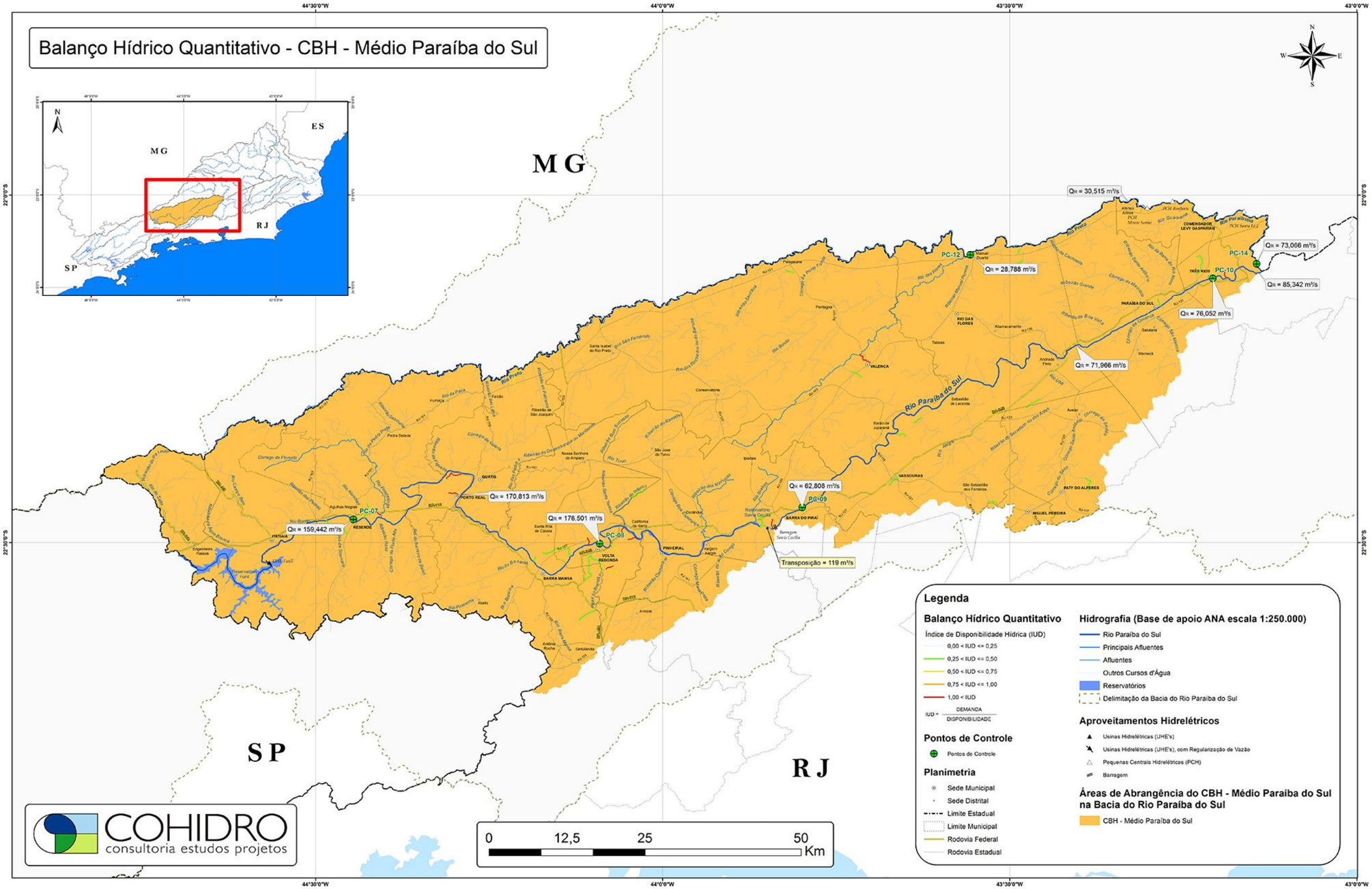


Figura 6.43 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH Médio Paraíba do Sul

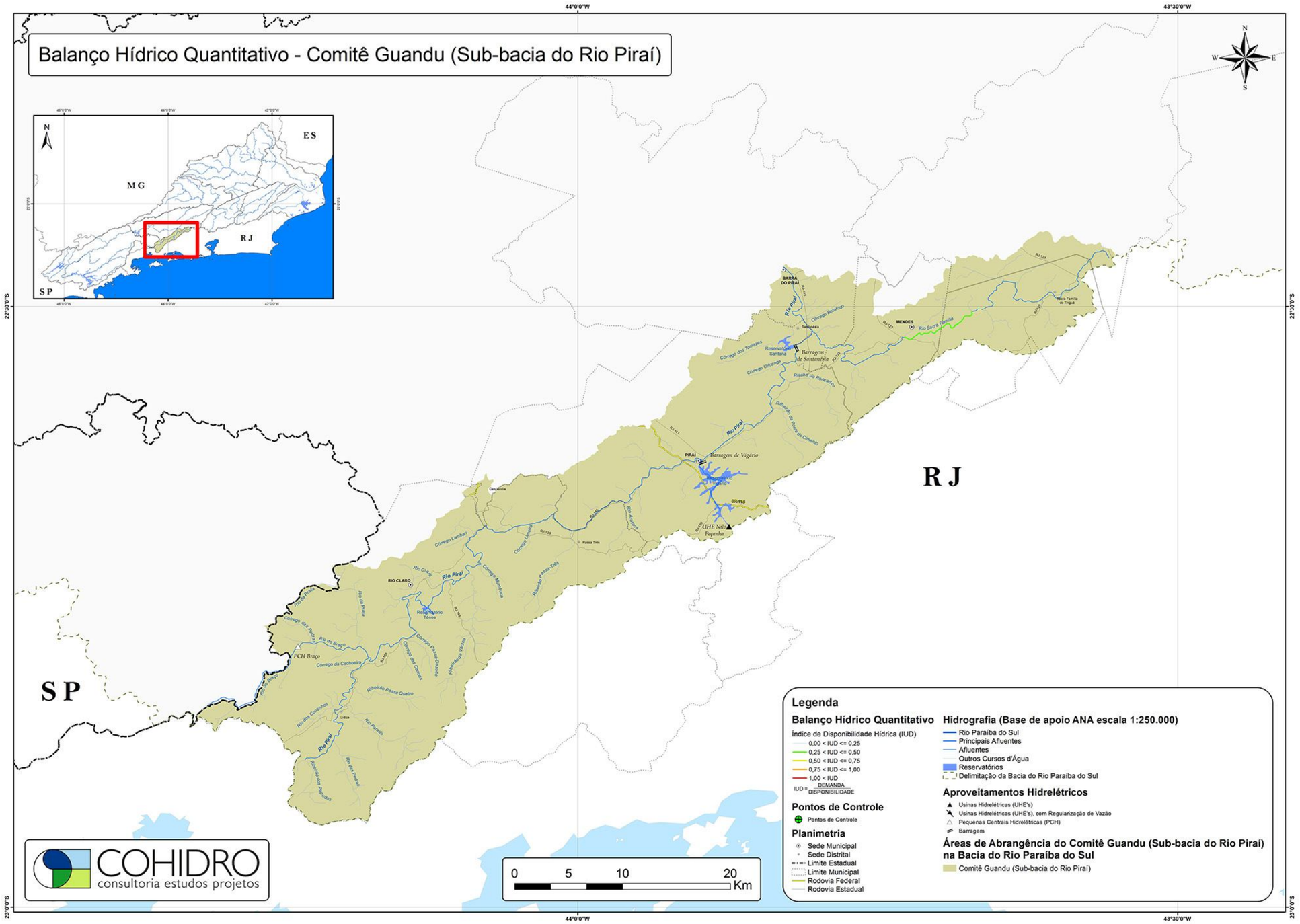


Figura 6.44 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH Guandu (Sub-bacia do Rio Piraí)

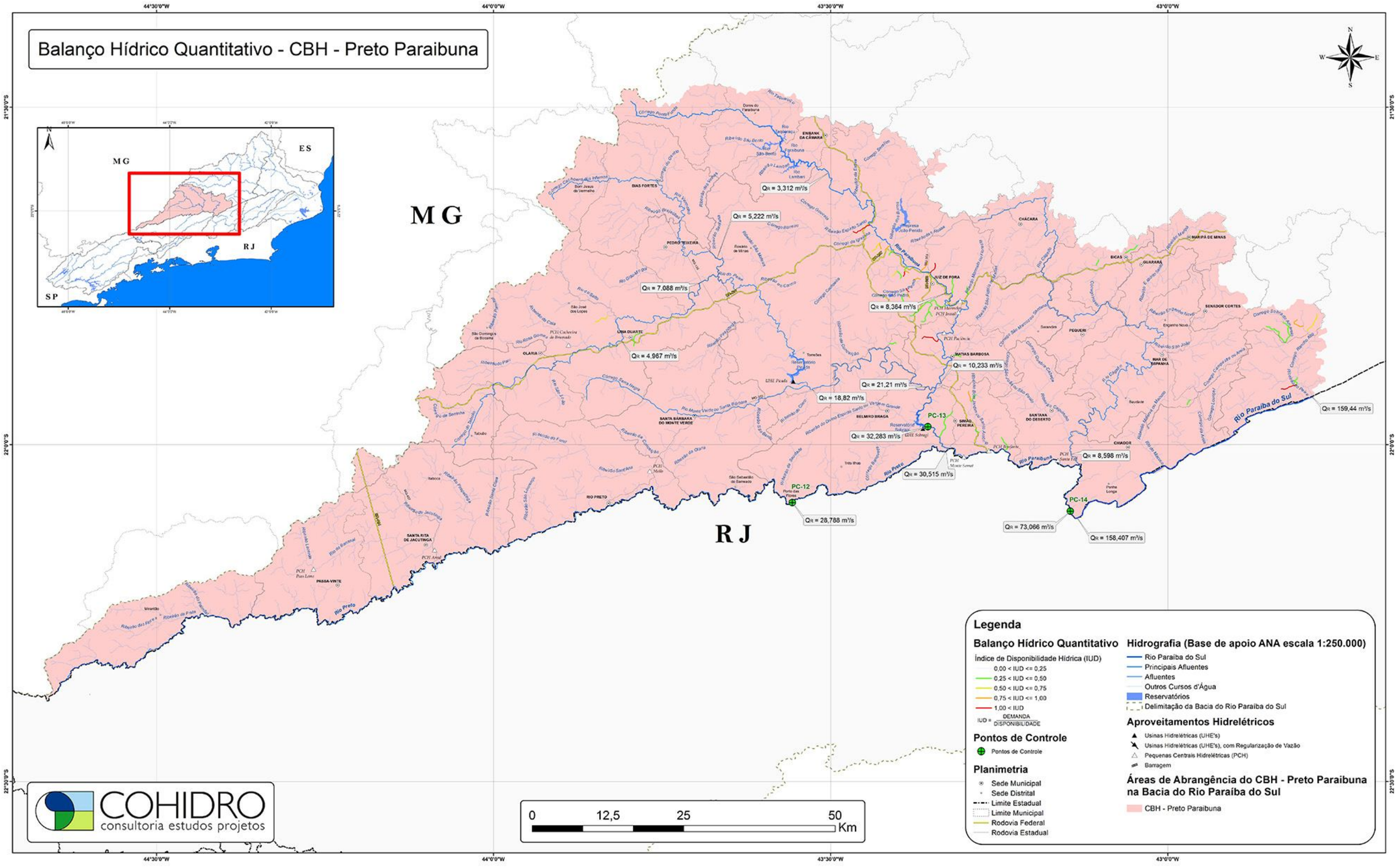


Figura 6.45 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH Preto-Paraibuna

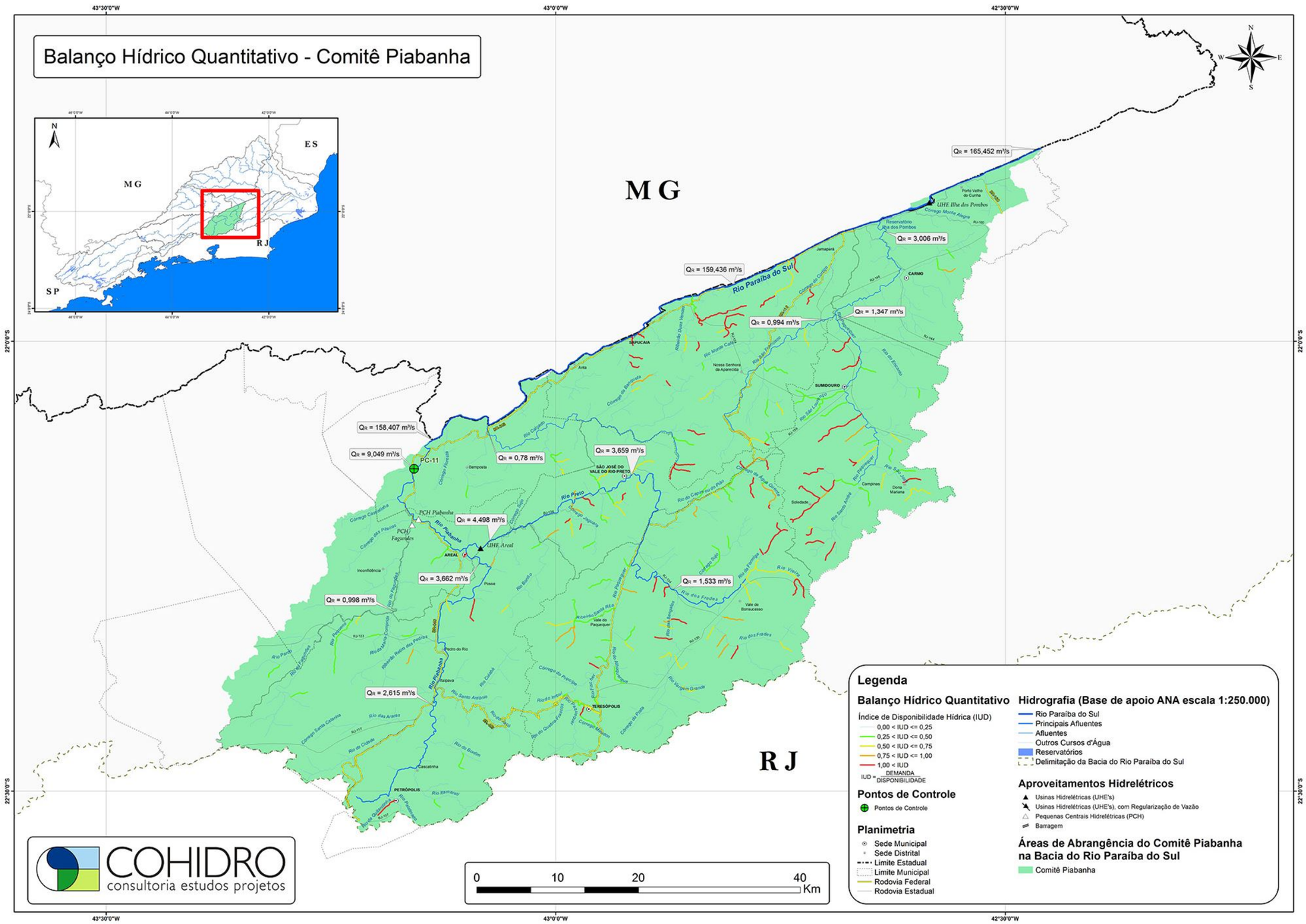


Figura 6.46 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH Piabanha

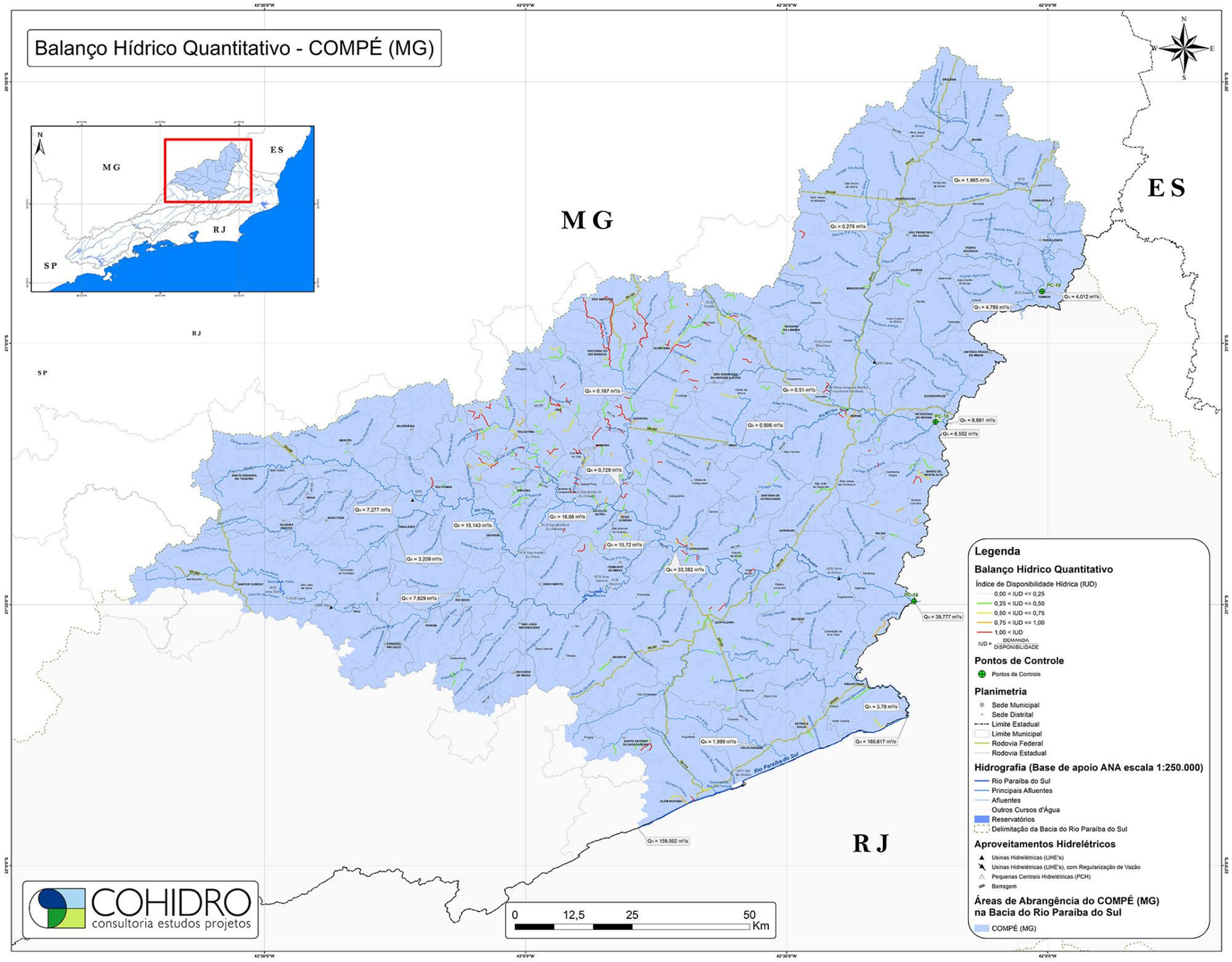


Figura 6.47 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH COMPÉ (MG)

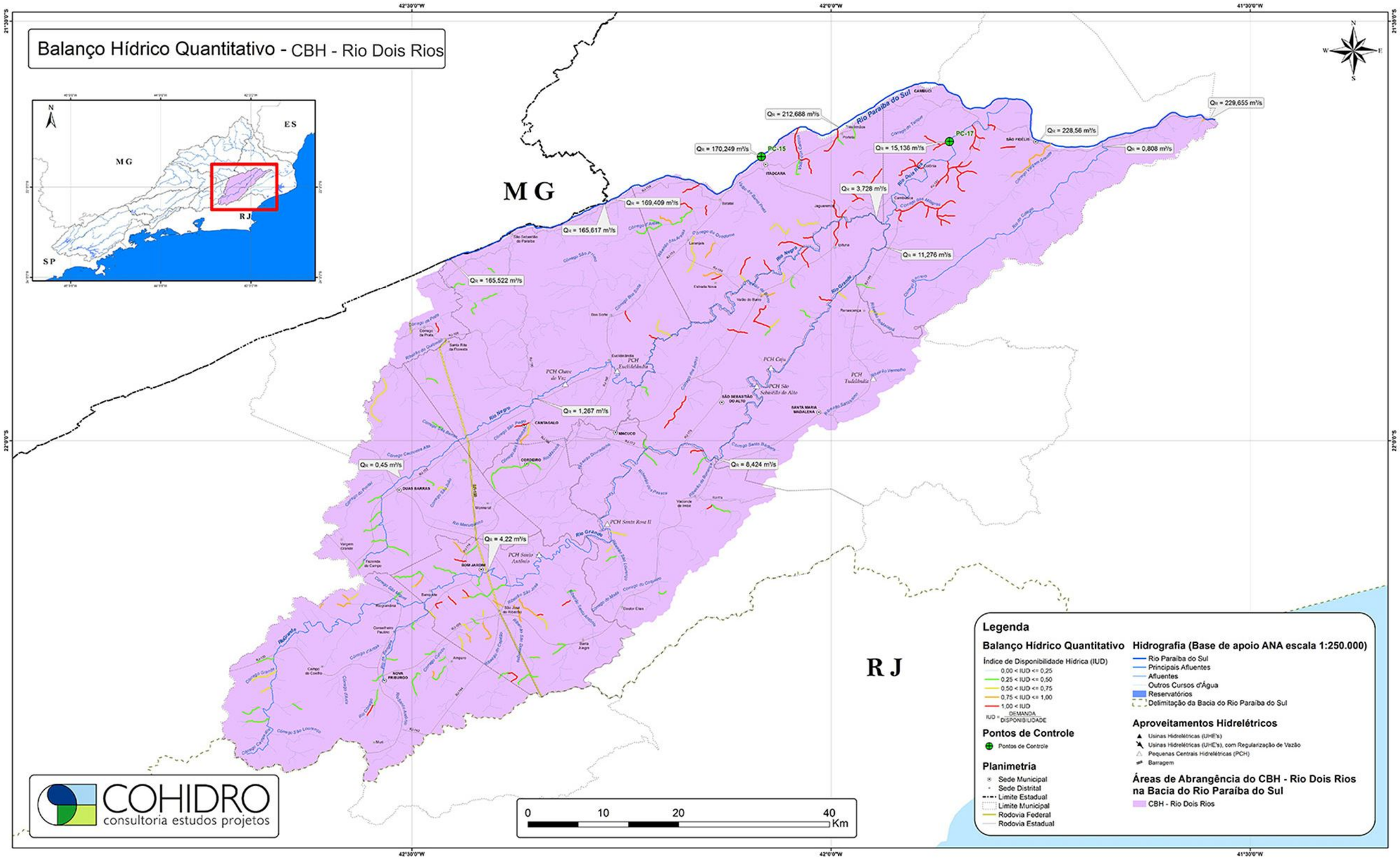


Figura 6.48 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH – Rio Dois Rios

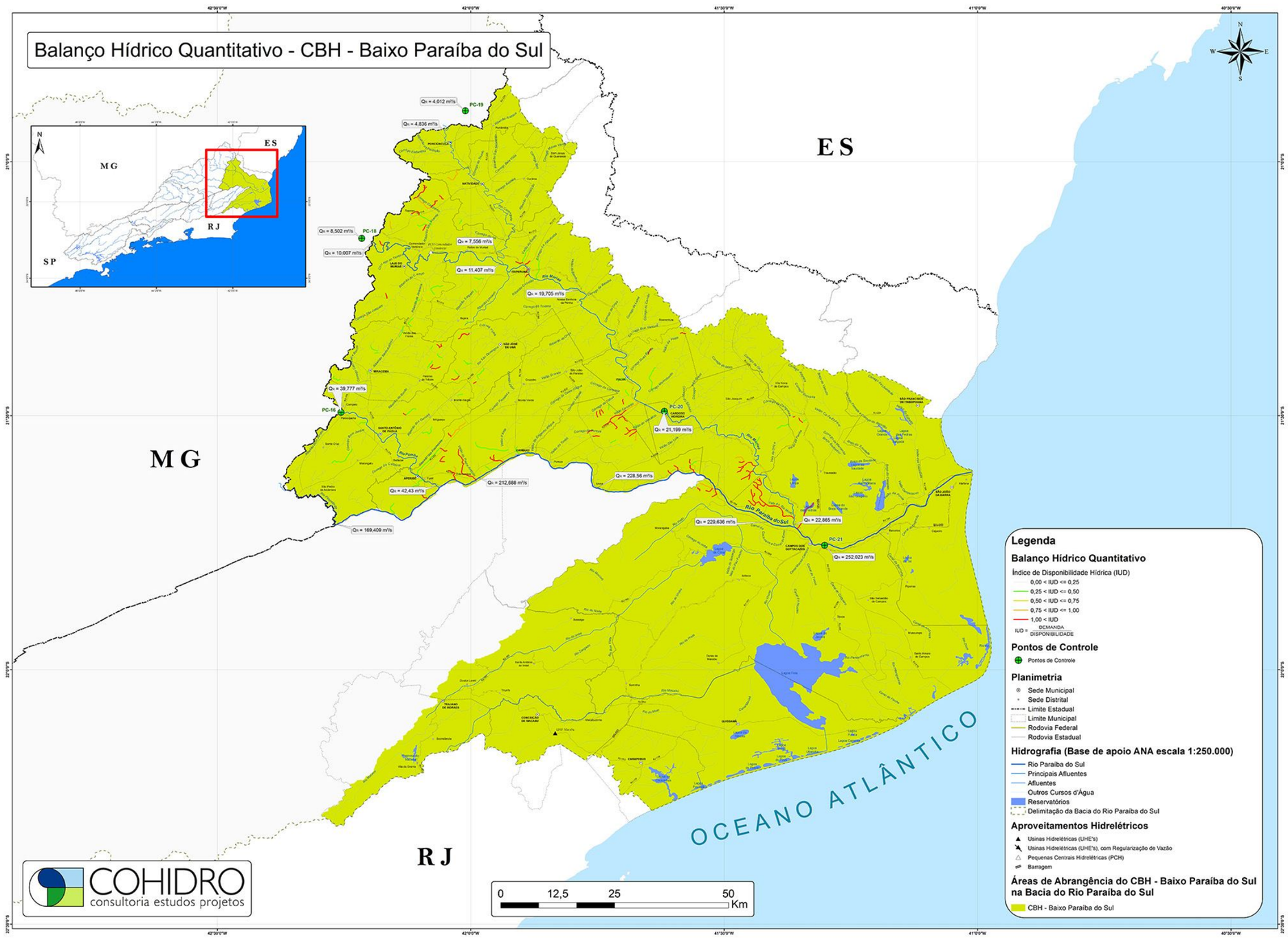


Figura 6.49 Balanço Hídrico Quantitativo – UP CBH – Baixo Paraíba do Sul

O **Quadro 6.149** apresenta os resultados correlatos em locais com valores de área de drenagem e vazão remanescente.

Quadro 6.149 Pontos de Cálculo do Balanço Hídrico

Código	Local	Área de Drenagem (Km²)	Vazão Remanescente (m³/s)
BHQ-1	Montante UHE Paraibuna	1.373,29	16,84
BHQ-2	Foz do Paraitinga	2.677,24	17,15
BHQ-3	Jusante UHE Paraibuna	4.485,84	65,67
BHQ-4	Jacareí	5.479,07	75,08
BHQ-5	Foz do Jaguari	1.772,61	26,31
BHQ-6	Tremembé	8.881,03	112,57
BHQ-7	Guaratinguetá	10.766,31	133,71
BHQ-8	Lorena	11.128,03	139,57
BHQ-9	Queluz	12.772,37	156,22
BHQ-10	Resende	13.912,24	159,44
BHQ-11	Volta Redonda	16.020,41	176,50
BHQ-12	Montante Santa Cecília	16.607,44	180,94
BHQ-13	Jusante Santa Cecília	16.634,96	62,17
BHQ-14	Jusante Três Rios	18.637,87	76,29
BHQ-15	Foz do Piabanha	2.062,09	9,76
BHQ-16	Foz do Paraibuna	8.578,89	73,07
BHQ-17	Foz do Rio Preto	3.413,11	30,47
BHQ-18	Confluência Paraibuna/Preto	3.758,05	32,40
BHQ-19	Itaocara	33.601,72	172,08
BHQ-20	Foz do Pomba	8.581,98	42,43
BHQ-21	Montante São Fidélis	3.160,65	15,98
BHQ-22	Foz do Muriaé	8.161,72	22,87
BHQ-23	Paraíba Montante Foz Muriaé	46.422,19	232,07
BHQ-24	Paraoquena	7.716,40	39,78
BHQ-25	Jusante Patrocínio Muriaé	3.038,28	9,99
BHQ-26	Montante Porciúncula	1.306,01	4,84

6.8.2 Balanço Hídrico Quantitativo por Unidade de Planejamento

Na UP CBH – Paraíba do Sul (SP), no trecho entre Guararema e Lorena já existe comprometimento de afluentes do rio Paraíba do Sul, com forte pressão sobre os recursos hídricos, provocado, sobretudo, pela grande concentração de indústrias nesta região, demandando 7,06 m³/s de água para atendimento deste uso.

Na UP CBH Paraíba do Sul também é expressivo o uso da água para atender demandas de irrigação.

É importante ressaltar que a região do CBH – Paraíba do Sul (SP) é grande produtora e armazenadora de água, regularizando com suas barragens a vazão do rio Paraíba do Sul, o que dá sustentação aos empreendimentos implantados a jusante e que dependem destes recursos hídricos para sua viabilidade. Esta região abriga o reservatório Paraibuna / Paraitinga que regulariza a vazão de 64 m³/s, o reservatório de Santa Branca, regularizando 73 m³/s e o reservatório de Jaguari que regulariza 25 m³/s.

Na área de abrangência do Comitê do Médio Paraíba do Sul, o trecho entre as cidades de Barra do Piraí e Três Rios, fica prejudicado, sem a vazão mínima necessária, uma vez que o Balanço Hídrico apresentou como resultado em Barra do Piraí a vazão remanescente de 62 m³/s, portanto abaixo da vazão mínima em situação de emergência (71m³/s), conforme Resolução nº 211 da ANA (26/05/2003). Por outro lado, na região entre Volta Redonda e Resende estão estabelecidas várias indústrias, incluindo aí não só as automobilísticas, implantadas nos municípios de Resende e Porto Real, como, também, a Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, em Volta Redonda, que demanda a vazão de 4,8 m³/s para seu abastecimento e merece, por conseguinte,destaque especial.

A região do CBH – Médio Paraíba do Sul é de baixa produção hídrica, apresentando os valores mínimos de vazão específica média da Bacia Hidrográfica, na ordem de 9 l/s.km2. A região depende, fundamentalmente, das regularizações de vazões dos reservatórios de montante (Paraibuna/Paraitinga, Santa Branca, Jaguari e Funil).

Na UP CBH Piabanha também são identificados problemas que chegam a atingir o curso principal de um de seus mais importantes corpos hídricos, o rio Preto, que apresenta déficits hídricos na região de sua cabeceira. Quase toda a bacia é bastante sobrecarregada com demandas de irrigação, comprometendo os afluentes dos rios Preto, Paquequer e São Francisco.

A principal demanda hídrica nesta UP refere-se ao uso da água para irrigação, totalizando a vazão de 6,37 m³/s enquanto que a indústria totaliza 0,59 m³/s.

Esta região é grande produtora de água, apresentando vazões especificas médias na ordem de 25 l/s.km². O rio Piabanha entrega ao rio Paraíba do Sul, após atendimento de suas demandas, a vazão remanescente de 9 m³/s, enquanto que o rio Paquequer entrega 3 m³/s.

A UP CBH – Preto-Paraibuna não apresenta grandes áreas de estresse hídrico, à exceção da região no entorno de Juiz de Fora, que necessita de atenção especial, principalmente, no que respeita ao abastecimento de suas indústrias que totalizam a demanda hídrica de 0,87 m³/s, equivalente aproximadamente a 70% da demanda total das indústrias estabelecidas na área deste Comitê.

Nesta Unidade de Planejamento - UP é grande a produção de água, com vazões especificas médias que atingem o valor de 30 l/s.km² e apresenta demandas hídricas de valor reduzido, o que faz com que a região apresente superávit significativo em seus recursos hídricos, entregando, conforme resultados do Balanço Hídrico, ao corpo principal do rio Paraíba do Sul, através do rio Paraibuna a vazão mínima remanescente, ou seja, após o atendimento das demandas de montante, no valor de 73 m³/s, dos quais 30 m³/s são contribuição do rio Preto.

Este forte aporte de água do rio Paraibuna (73 m³/s), aliado à contribuição do rio Piabanha de 9 m³/s, faz com que o rio Paraíba do Sul se recupere da transposição para o Guandu, uma vez que ao chegar na cidade de Três Rios, local de encontro dos três corpos hídricos, o rio Paraíba do Sul apresenta, pelos resultados do Balanço Hídrico, a vazão remanescente de apenas 76 m³/s.Portanto, cabe ressaltar que com o reforço das entradas do rios Paraibuna e Piabanha, o rio Paraíba do Sul dobra o seu volume d'água transportado na unidade de tempo (vazão).

Na UP CBH – Rio Dois Rios, embora seus rios principais continuem com suporte para atendimento às demandas hídricas, a sobrecarga nos corpos hídricos, pelas demandas de irrigação, é bastante significativa, já apresentando situação de alerta na Bacia. Isto se destaca nos afluentes de sua parte alta, nos municípios de Nova Friburgo, Bom Jardim e Duas Barras, assim como os afluentes do rio Negro no município de Itaocara e nos pequenos afluentes do Paraíba do Sul, na região do município de São Fidélis.

A principal demanda hídrica nesta UP refere-se ao uso da água para irrigação com vazão de 3,47 m³/s. É importante salientar que a seção do rio Negro apresenta problemas de contaminação de água fruto do uso intensivo de qualidade na cultura de morangos.

A UP CBH – Rio Dois Rios é boa produtora de água, com vazões especificas médias em seus formadores, na ordem de 25 l/s.km² no rio Grande e de 14 l/s.km² no rio Negro.

Os resultados do Balanço Hídrico apresentaram uma vazão remanescente de entrega do rio Dois Rios para o rio Paraíba do Sul na ordem de 15 m³/s.

Quanto ao CBH - COMPÉ, de forma geral, seus corpos hídricos apresentam bom suporte hídrico às requisições, excetuando-se as sub-bacias dos rios Paraopeba e dos Bagres, afluentes pela margem esquerda do rio Pomba, que estão por demais comprometidos com demandas de irrigação, que totalizam vazão de demanda de 3,00 m³/s.

De qualquer forma, a região de abrangência do CBH – Compé é uma produtora importante de água, com vazões específicas médias variando entre 16 l/s.km² e 28 l/s.km². O Balanço Hídrico apresenta resultados que demonstram que seus corpos hídricos principais, ou seja, rios Pomba, Muriaé e Carangola encontram-se em situação de superávit hídrico, com entrega de água entre os estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro de 39,8 m³/s, 10,0 m³/s e 4,8 m³/s respectivamente.

O Balanço identificou, ainda, que na foz do rio Carangola a vazão mínima remanescente, após o atendimento dos usos de montante, é de 7,61 m³/s, enquanto que o rio Muriaé em sua foz apresenta vazão mínima remanescente de 22,9 m³/s e, no rio Pomba, o valor encontrado pelo Balanço é de 42,4 m³/s.

Na UP CBH – Baixo Paraíba do Sul, de forma geral, os rios apresentam bom suporte hídrico. Como exceção, os municípios de Cardoso Moreira e Itaperuna apresentam estresse hídrico em afluentes do rio Muriaé, com pressão advinda de irrigação.

É importante salientar que embora o corpo principal do rio Paraíba do Sul apresente, pelos resultados do Balanço Hídrico, vazão remanescente na ordem de 252,00 m³/s, na região da ponte da cidade de Campos dos Goytacazes. Não obstante, a diminuição das vazões ao longo do tempo, sobretudo nos momentos de estiagem severa, como a seca atual, tem provocado danos para a região do CBH – Paraíba do Sul, trazendo como consequência assoreamento em grandes trechos do rio, notadamente no trecho entre São Fidélis e Campos dos Goytacazes.

Por outro lado, a diminuição de vazão no rio Paraíba do Sul, com alterações na quantidade e qualidade de suas águas, tem afetado as condições da região de captação para abastecimento da população do município de São João da Barra. Tal diminuição, ainda, permite que a intrusão da cunha salina alcance regiões anteriormente livres desta interferência, que provoca o aumento da salinidade, dificultando ou, as vezes, inviabilizando o uso da água para abastecimento humano.

A UP CBH – Baixo Paraíba do Sul apresenta, ainda, outro fator que contribui para aumentar as adversidades no que diz respeito aos seus recursos hídricos, qual seja, a menor incidência de chuvas de toda a Bacia Hidrográfica, apresentando áreas com total anual médio de chuva na ordem de 790 mm. A produção de água na região dispõe de indicadores de vazões específicas médias entre 14 l/s.km^2 e 16 l/s.km^2.

No aspecto qualitativo, o Balanço Hídrico Quantitativo apresentou um quadro bastante comprometedor, com insuficiência de disponibilidade hídrica para diluição de efluentes em grande parte da Bacia.

6.8.3 Balanço Qualitativo

Com o processamento do algoritmo do “Balanço Hídrico Quantitativo” e de posse dos cálculos das vazões necessárias para diluição de cargas de esgoto, o “Balanço Qualitativo” identificou os locais com disponibilidade hídrica insuficiente para atender a diluição dessas cargas.

O Índice de Qualidade das Águas (IDQ), que é obtido dividindo-se a Vazão de Diluição pela Disponibilidade Hídrica de cada trecho de rio, é o indicador das regiões onde a qualidade das águas fica comprometida por não atender a requisição da vazão de diluição no local.

A AGEVAP tem promovido ações importantes neste sentido, com a contratação de Projetos de Esgotamento Sanitário, os quais serão decisivos na solução deste problema. O investimento em sistemas de coleta e tratamento de esgotos nos municípios que fazem parte da Bacia, diminuirá a necessidade das vazões de diluição.

A **Figura 6.50** apresenta os resultados do Balanço Hídrico Qualitativo para toda a Bacia. Da **Figura 6.51** à **Figura 6.54**, esses resultados são apresentados por Unidade de Planejamento, indicando o comprometimento da qualidade das águas onde não existe vazão remanescente suficiente para diluição de efluentes lançados no corpo hídrico.

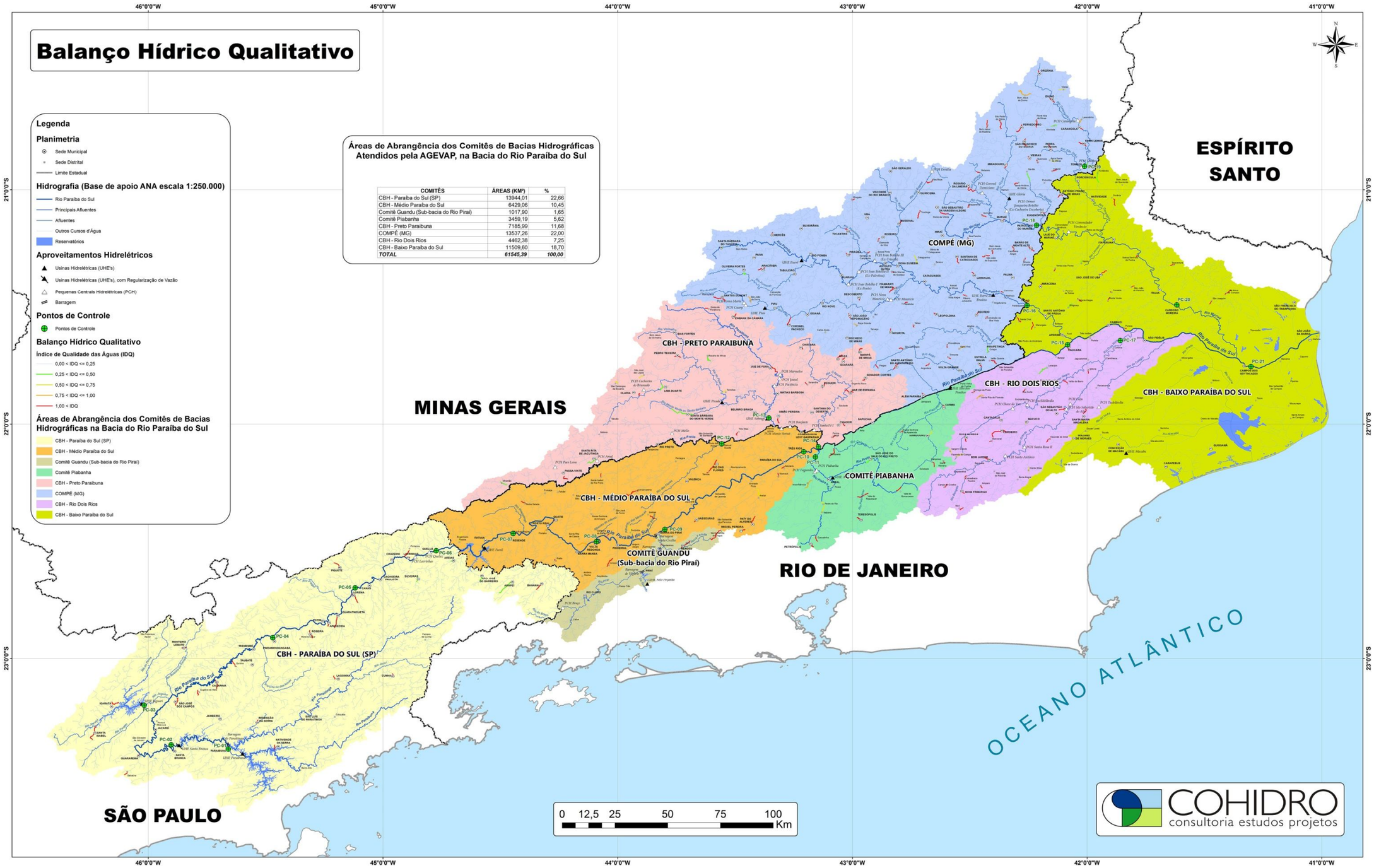


Figura 6.50 Balanço Hídrico Qualitativo

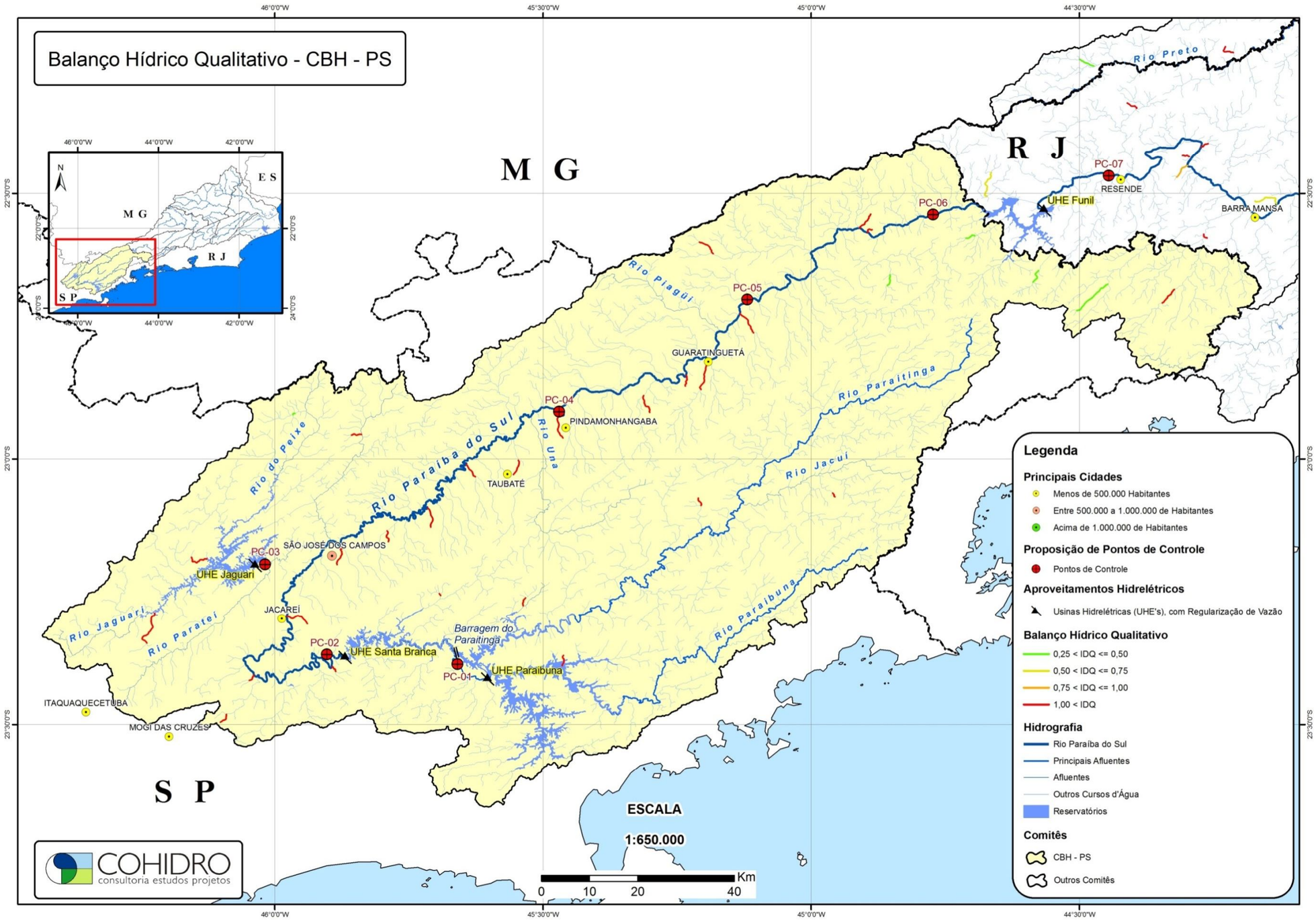


Figura 6.51 Balanço Hídrico Qualitativo – CBH PS (São Paulo)

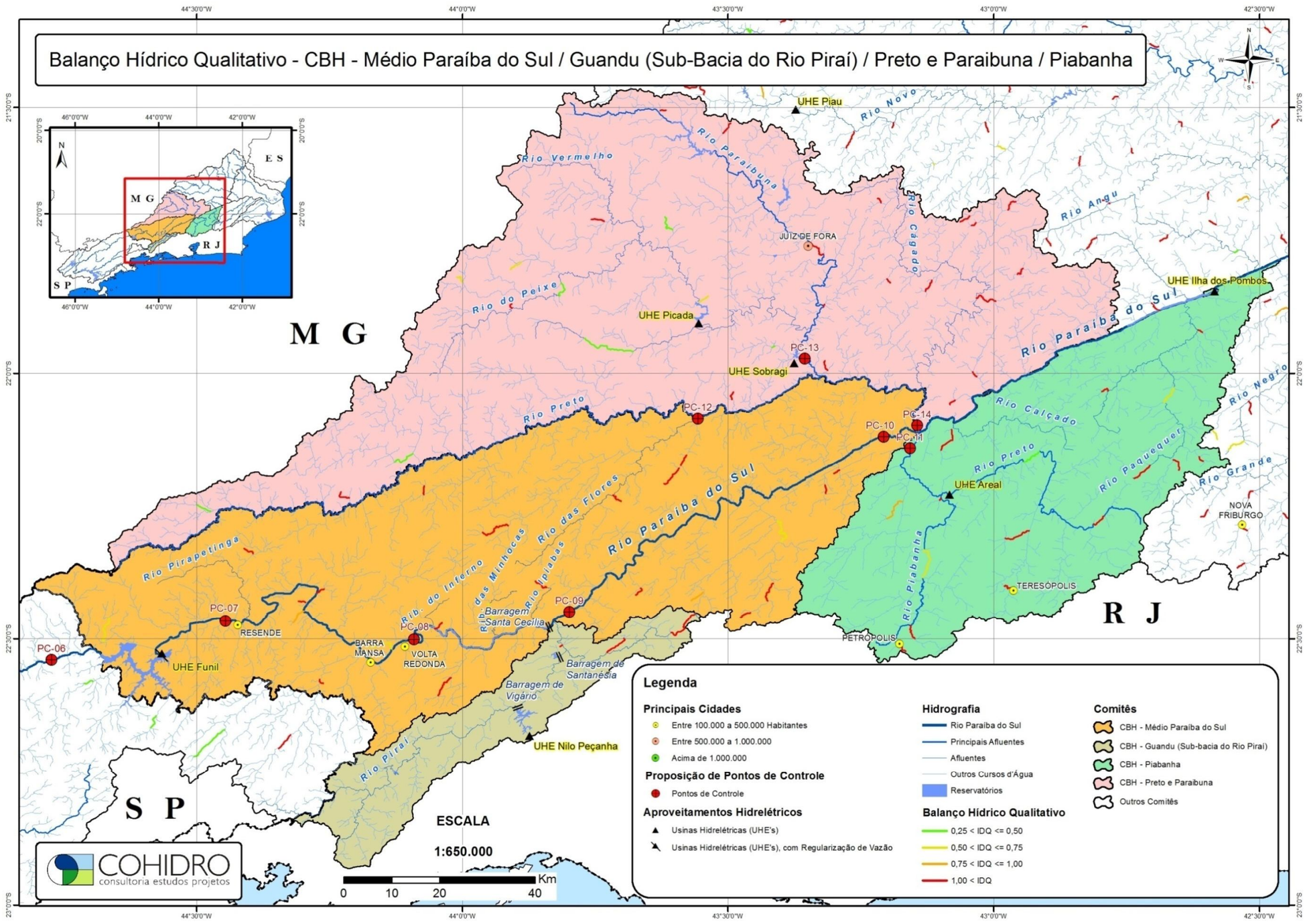


Figura 6.52 Balanço Hídrico Qualitativo – CBH Médio Paraíba do Sul / Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí) (Sub-Bacia do Rio Piraí) / Preto-Paraibuna / Piabanha

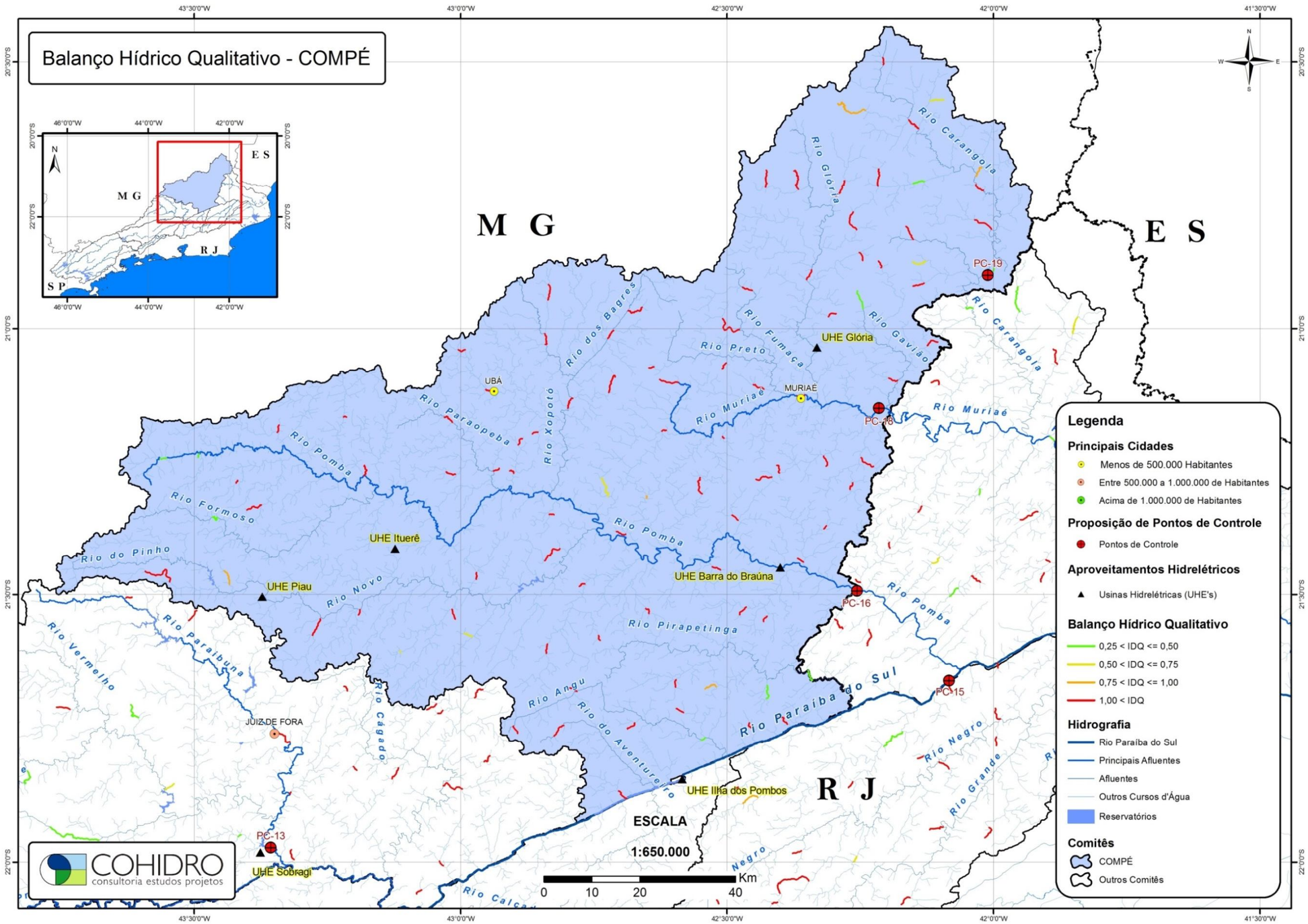


Figura 6.53 Balanço Hídrico Qualitativo – COMPÉ (MG)

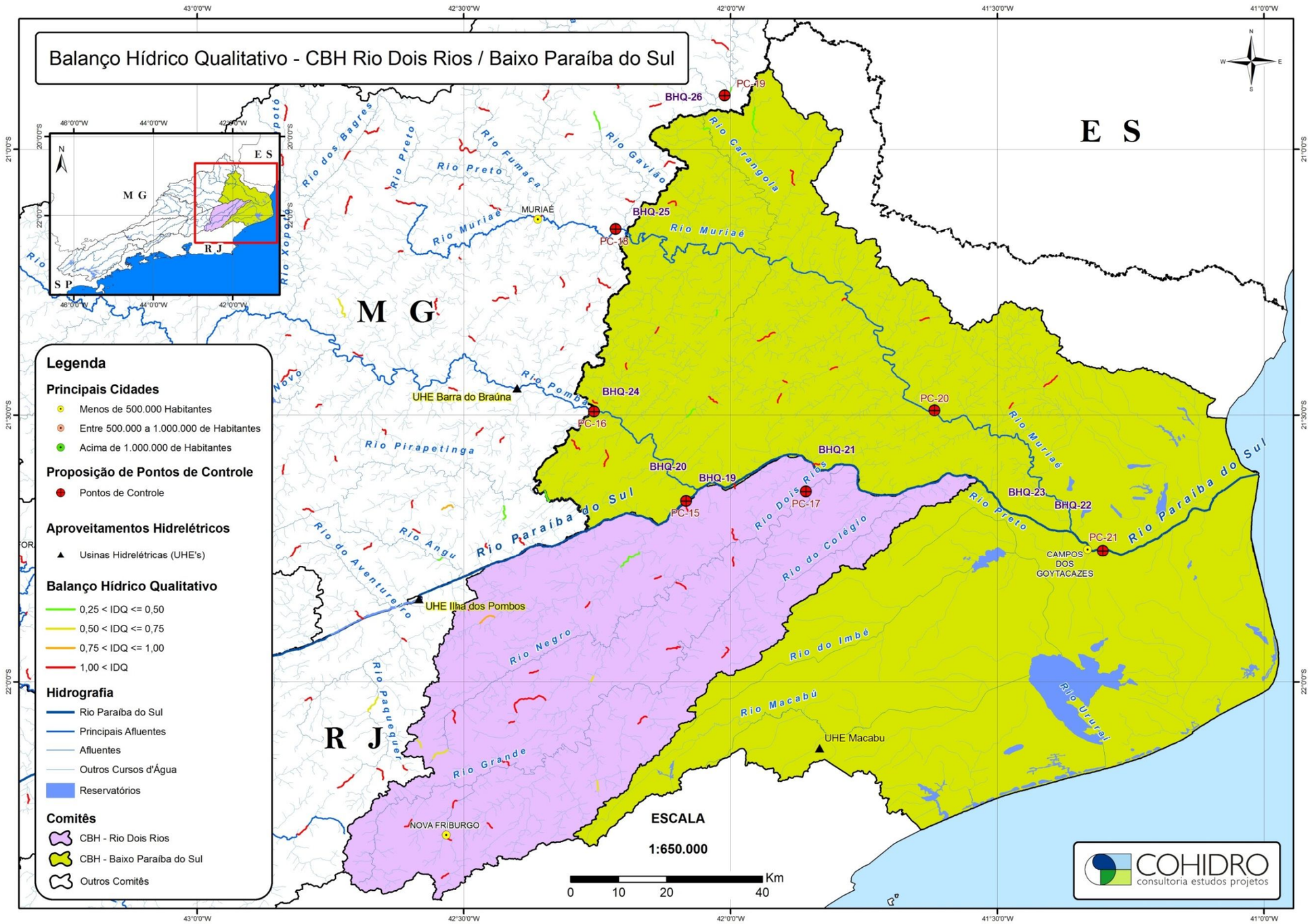


Figura 6.54 Balanço Hídrico Qualitativo – CBH Rio Dois Rios / Baixo Paraíba do Sul

6.9 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS DOS BALANÇOS HÍDRICOS

Com base nos resultados do Balanço Hídrico Quantitativo, pode-se identificar claramente que as regularizações proporcionadas pelos reservatórios implantados na Região do CBH – Paraíba do Sul-PS (SP) são vitais a todo o rio Paraíba do Sul, sem o que, grandes prejuízos afetariam inclusive o trecho paulista do Vale do Paraíba, na região entre Guararema e Queluz.

É importante ressaltar que, se não existissem as regularizações proporcionadas pelos reservatórios implantados no estado de São Paulo, nas localidades de Paraibuna (64m³/s), Santa Branca (70m³/s) e Jaguari (25m³/s), aliados à regularização de 150m³/s do reservatório de Funil, já no estado do Rio de Janeiro, seria uma catástrofe para o Rio de Janeiro, que depende, para sua sobrevivência, da transposição de águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul para a bacia do rio Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí), a montante da cidade de Barra do Piraí, através da elevatória de Santa Cecília.

Esta transposição de águas é responsável não só pelo abastecimento d'água para atender às necessidades de 10 milhões de pessoas na região metropolitana do Rio de Janeiro, como, também, é a base de apoio para o parque industrial implantado ao longo dos anos, na bacia hidrográfica do rio Guandu.

Como destaque do uso destas águas para atender demandas industriais, citam-se os distritos industriais de Santa Cruz e Queimados, a Casa da Moeda do Brasil (produção de todo o numerário em circulação no país), Furnas, CVRD, Gerdau, CSA (uma das maiores siderúrgicas do Brasil), AMBEV, enfim a transposição viabilizou o desenvolvimento desta porção do estado do Rio de Janeiro.

Para esta transposição é garantida a vazão de 160m³/s, em condições normais, e de 119m³/s, no mínimo, em situações de emergência, conforme Resolução nº 211 de 26 de maio de 2003, da Agência Nacional de Águas – ANA. Da mesma forma, é garantido por tal Resolução, que a descarga remanescente neste trecho do rio Paraíba do Sul alcance, em condições normais o valor de 90m³/s e de 71m³/s nas situações de emergência. Este pressuposto indica que a vazão afluente em Santa Cecília em condições normais deve atingir o valor de 250 m³/s e, em situações de emergência,o valor mínimo de 190 m³/s.

O Balanço Hídrico, que leva em conta os efeitos das regularizações de vazão e das demandas estabelecidas no trecho de Rio anterior à transposição, apresenta disponibilidade hídrica de 180,96 m³/s afluente em Santa Cecília. Após a transposição do valor mínimo para

situação de emergência (119m³/s) a vazão remanescente do rio Paraíba do Sul, se reduz para 62 m³/s, abaixo do mínimo garantido pela Resolução da ANA (71m³/s).

Verifica-se que, embora com a ajuda das regularizações nos quatro reservatórios, a bacia do rio Paraíba do Sul só consegue atender, assim mesmo já com sinais de estresse hídrico, a porção a montante da transposição.

Quando ocorre a situação de emergência, em que deixa de ser atendida a vazão mínima de 71 m³/s a jusante de Santa Cecília, o trecho do rio Paraíba do Sul entre as cidades de Barra do Piraí e Três Rios, localizado na UP CBH Médio Paraíba é extremamente afetado por ser uma região de baixa produção hídrica e, consequentemente, com forte dependência das águas do rio Paraíba do Sul para atender suas demandas.

Municípios como Barra do Piraí e Paraíba do Sul apresentam, nestes momentos de redução de vazão para valores inferiores a 71 m³/s, dificuldades para captação de água visando o abastecimento de suas populações.

A vazão remanescente a jusante de Santa Cecília de 71 m³/s é prevista na resolução nº 211 da Agência Nacional de Águas – ANA. Entretanto com a atual seca (ano de 2014) que vem ocorrendo na região, as regras de operação previstas nesta Resolução foram alteradas, reduzindo-se as vazões mínimas previstas na região da transposição, com vazão afluente em Santa Cecília para 177 m³/s, dos quais 115 m³/s devem ser transpostos para a bacia do Rio Guandu, ficando uma vazão de 62 m³/s como remanescente para trecho a jusante de Santa Cecília.

O déficit de 9 m³/s (71 m³/s - 62 m³/s)indicado pelo balanço se propaga ao longo da Bacia, com reflexos inclusive na região do CBH – Baixa Paraíba, que também apresenta dificuldades para atendimento de suas demandas, com graves problemas já identificados na captação de água para abastecimento humano da população do município de São João da Barra, face a redução das vazões disponíveis na região da transposição.

Com base nos resultados do Balanço Hídrico Quantitativo, descritos por UP, no subitem 6.8.2, ressaltam-se no **Quadro 6.150** a seguir, as peculiaridades das regiões ao longo da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, procurando desta forma sintetizar as informações obtidas, ressaltando que a ferramenta desenvolvida pela COHIDRO tem a possibilidade de produzir uma gama enorme de informações em cada “ottobacia” representada no modelo.

A ferramenta servirá como apoio às ações de gestão dos recursos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul, fornecendo em cada “ottobacia”, que é a menor célula do sistema, dados

sobre disponibilidade hídrica, demandas de água para atendimento a usos implantados na Bacia, áreas de drenagem e Balanço Hídrico com determinação das vazões remanescentes em cada trecho de rio estudado.

A **Figura 6.41** e a **Figura 6.50** apresentam, respectivamente, os resultados encontrados nos Balanços Hídricos Quantitativo e Qualitativo procurando fornecer uma visão geral e espacializada das potencialidades hídricas em momentos de estiagem, além de apresentar fragilidades e fatores de pressão aos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica.

Como conclusão do Diagnóstico, os Balanços Hídricos indicam que no aspecto quantitativo a Bacia tem sérios problemas para resolver, quanto à Gestão de Recursos Hídricos, uma vez que com as demandas hídricas estabelecidas, em algumas regiões, já não existe suporte hídrico para atendimento.

Já quanto ao aspecto qualitativo, é importante reforçar a necessidade de investimento maciço nas ações de saneamento, com projetos de esgotamento sanitário, implantação de redes coletoras de esgoto e estações de tratamento de esgoto, além da definitiva extinção de “lixões”, de forma a caminhar para a condição de não precisar reservar água para diluição, podendo utilizar esses volumes para outros fins.

Quadro 6.150 Análise de Resultados dos Estudos de Disponibilidades e Demandas Hídricas - Balanço Hídrico Quantitativo

UNIDADES DE PLANEJAMENTO	ÁREA DE DRENAGEM (Km²)	VAZÃO ESPECÍFICA MÉDIA (l/s.Km²)	DEMANDAS (m³/s)		VAZÕES MÍNIMAS REMANESCENTES DE ENTREGA (m³/s)	POTENCIALIDADES	FRAGILIDADES	SITUAÇÃO DIAGNOSTICADA
			TOTAL	PREPONDERANTES				
CBH – Paraíba do Sul (SP)	13.944,01	JAGUARI = 27,7 PARAIBUNA = 23,6 PARAITINGA = 15,1 PARAÍBA DO SUL = 17,0	20,61	ABASTECIMENTO HUMANO = 8,75 INDÚSTRIA = 5,14 IRRIGAÇÃO = 4,46	RIO PARAÍBA DO SUL = 158,30	GRANDE PRODUTOR E ARMAZENADOR DE ÁGUA	DEPENDENTE DE REGULARIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS DE PARAIBUNA, SANTA BRANCA E JAGUARI	ESTRESSE HÍDRICO EM REGIÕES DENSAMENTE POVOADAS, COM CONCENTRAÇÃO DE INDÚSTRIAS E IRRIGAÇÃO
CBH - Médio Paraíba do Sul	6.429,06	9,0 a 18,0	10,93	ABASTECIMENTO HUMANO = 7,21 INDÚSTRIA = 2,55 TRANSPOSIÇÃO = 119,00	VAZÃO REMANESCENTE DO RIO PARAÍBA = 63,00 TRANSPOSIÇÃO = 119,00	PRODUZ ÁGUA SUFICIENTE PARA SUAS DEMANDAS	ALTERAÇÃO DAS REGRAS DE OPERAÇÃO COM REDUÇÃO DE VAZÃO REGULARIZADA	DÉFICIT HÍDRICO PARA ATENDIMENTO AO TRECHO BARRA DO PIRAÍ / TRÊS RIOS
Comitê Guandu (Sub-bacia do Rio Piraí)	1.017,90	RECEPTOR DA TRANSMISSÃO	0,65	ABASTECIMENTO HUMANO = 0,33 INDÚSTRIA = 0,24	RECEPTOR DA TRANSPOSIÇÃO DE 119,00 m²/s	REDUZIDAS (PEQUENA PRODUÇÃO DE ÁGUA)	DEPENDENTE TOTAL DA TRANSPOSIÇÃO DO PARAÍBA DO SUL / GUANDU	PREOCUPAÇÃO COM OS RISCOS DE DESABASTECIMENTO DE 10.000.000 DE PESSOAS
Comitê Piabanha	3.459,19	22,0	8,50	ABASTECIMENTO HUMANO = 6,37 INDÚSTRIA = 1,44 IRRIGAÇÃO = 0,59	RIO PIABANHA = 9,05 RIO CALÇADO = 0,78 RIO PAQUEQUER = 3,01 TOTAL = 12,84	BOM PRODUTOR DE ÁGUA; ENTREGA AO RIO PARAÍBA MAIS DO QUE CONSOME	FORTE PRESSÃO AOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA (IRRIGAÇÃO INTENSIVA)	DÉFICIT HÍDRICO EM PARTE DA BACIA (RIOS PRETO, PAQUEQUER E SÃO FRANCISCO)
CBH - Preto Paraibuna	7.185,99	PARAIBUNA = 22,0 PRETO = 29,0	3,66	ABASTECIMENTO HUMANO = 1,72 INDÚSTRIA = 1,01 IRRIGAÇÃO = 0,48	RIO PARAIBUNA = 73,07	GRANDE PRODUTOR E PEQUENO CONSUMIDOR DE ÁGUA (RECOMPÕE O RIO PARAÍBA DO SUL)	PRESSÃO AOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO DE JUIZ DE FORA	SUPERÁVIT HÍDRICO (GRANDE RESERVA HÍDRICA)
COMPÉ (MG)	13.537,26	CARANGOLA = 16,0 MURIAÉ = 20,0 POMBA = 23,0	7,10	ABASTECIMENTO HUMANO = 3,01 INDÚSTRIA = 1,77 IRRIGAÇÃO = 1,50	RIO CARANGOLA = 4,79 RIO MURIAÉ = 9,99 RIO POMBA = 39,78 RIO PIRAPETINGA = 3,79 RIO ANGU = 2,58	GRANDE PRODUTOR E PEQUENO CONSUMIDOR DE ÁGUA (REFORÇA O RIO PARAÍBA DO SUL)	PRESSÃO AOS RECURSOS HÍDRICOS, ADVINDA DE IRRIGAÇÃO (RIOS PARAOPEBA E DOS BAGRES)	SUPERÁVIT HÍDRICO (GRANDE RESERVA HÍDRICA)

UNIDADES DE PLANEJAMENTO	ÁREA DE DRENAGEM (Km²)	VAZÃO ESPECÍFICA MÉDIA (l/s.Km²)	DEMANDAS (m³/s)		VAZÕES MÍNIMAS REMANESCENTES DE ENTREGA (m³/s)	POTENCIALIDADES	FRAGILIDADES	SITUAÇÃO DIAGNOSTICADA
			TOTAL	PREPONDERANTES				
CBH - Rio Dois Rios	4.462,38	GRANDE = 26,0 DOIS RIOS = 14,0	5,03	ABASTECIMENTO HUMANO = 3,47 INDÚSTRIA = 0,75 IRRIGAÇÃO = 0,44	RIO DOIS RIOS = 15,14 RIO DO COLÉGIO = 0,81	BOM PRODUTOR DE ÁGUA; ENTREGA AO RIO PARAÍBA O TRIPLO DA VAZÃO CONSUMIDA	PRESSÃO AOS RECURSOS HÍDRICOS, ADVINDA DE IRRIGAÇÃO	SUPERÁVIT HÍDRICO EM GERAL, COM SITUAÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO NOS AFLUENTES(IRRIGAÇÃO)
CBH - Baixo Paraíba do Sul	11.509,60	15,0	16,20	ABASTECIMENTO HUMANO = 11,27 INDÚSTRIA = 2,03 IRRIGAÇÃO = 1,86	RIO PARAÍBA DO SUL NA PONTE DE CAMPOS = 252,00	RECEPTOR DE GRANDES RESERVAS HÍDRICAS (RIOS POMBA E MURIAÉ)	PRESSÃO AOS RECURSOS HÍDRICOS, ADVINDA DE IRRIGAÇÃO	DIMINUIÇÃO DE VAZÃO NO RIO PARAÍBA DO SUL, PROVOCANDO ASSOREAMENTO E DIFICULDADES PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA
TOTAL	**61.545,39**	**-**	**72,67**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**

6.10 PONTOS DE MONITORAMENTO ESTRATÉGICO

Visando estabelecer pontos de monitoramento estratégico visando o controle dos recursos hídricos, nos aspectos quantitativos e qualitativos na bacia do rio Paraíba do Sul, são sugeridos 22 locais, onde, através de instrumentação automatizada, deverão ser registrados e transmitidos, em tempo real, os dados necessários para tal monitoramento.

Os dados das variáveis monitoradas deverão ser utilizados para abastecer um futuro Centro de Controle e Monitoramento dos Recursos Hídricos da Bacia.

Na **Figura 6.55** estão assinalados os locais escolhidos para os pontos de monitoramento estratégico. Dentre os critérios de escolha dos pontos foi considerado o de aproveitamento de estações existentes na Bacia, de forma a preservar e dar continuidade às séries de dados já disponíveis, além das demais justificativas adiante relacionadas. Na mesma figura são apresentados os valores de Q_{95}em cada ponto proposto.

- PC-01: No rio Paraibuna, para controle da vazão regularizada (64m³/s) do reservatório de Paraibuna/Paraitinga,único novo posto a ser instalado na sub-bacia;
- PC-02: No rio Paraíba do Sul, para controle da vazão regularizada (73m³/s) da UHE Santa Branca. O posto existente para apoio é a estação de Santa Branca, com código 58099000, da rede da ANA.
- PC-03: No rio Jaguari, para controle de vazão regularizada (25m³/s) da UHE Jaguari. O posto existente para apoio é a estação de PCH Jaguari Jusante, com código 58128200, da rede da CESP.
- PC-04 e PC-05: No rio Paraíba do Sul. Estes postos de controle têm como objetivo monitorar a quantidade e, sobretudo, a qualidade das águas em trecho de intensa atividade industrial na Bacia. O posto existente para apoio do PC-04 é a estação de Pindamonhangaba, com código 58183000, da rede da ANA e, para apoio do PC-05 é a estação Lorena/Piquete com código 58214000, da rede FCTH/DAEE-SP.
- PC-06: No rio Paraíba do Sul. Este posto tem como objetivo a alocação de água do estado de São Paulo para o estado do Rio de Janeiro. O posto existente de apoio é Queluz com código 58235100, da rede da ANA.

- PC-07: No rio Paraíba do Sul para controle da vazão regularizada (150m³/s) do reservatório de Funil. O posto existente de apoio é Itatiaia, com código 58242000, da rede da ANA.
- PC-08: No rio Paraíba do Sul, controlando as vazões afluentes à região da transposição de suas águas para a bacia hidrográfica do rio Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí). O posto existente de apoio é Volta Redonda, com código 58305001, da rede da ANA.
- PC-09: No rio Paraíba do Sul, na cidade de Barra do Piraí, para controle da vazão residual (remanescente) após a transposição para o rio Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí). O posto existente de apoio é Barra do Piraí, com código 58321000, da rede da ANA.
- PC-10: No rio Paraíba do Sul, na cidade de Três Rios, com o objetivo de controlar a manutenção da vazão mínima necessária para o trecho do Rio entre Barra do Piraí e Três Rios, local de maior fragilidade, com redução drástica da vazão em função da transposição para o rio Guandu (Sub-Bacia Rio Piraí). O posto existente de apoio é Três Rios, com código 58385000, da rede da LIGHT.
- PC-11: No rio Piabanha, controlando a contribuição deste tributário ao rio Paraíba do Sul em termos quantitativos e qualitativos. O posto existente de apoio é Moura Brasil, com código 58440000, da rede da ANA.
- PC-12: No rio Preto, controlando sua contribuição quantitativa e a qualidade de suas águas antes da confluência com o rio Paraibuna. O posto existente de apoio é Manoel Duarte, com código 58585000, da rede da ANA.
- PC-13: No rio Paraibuna, controlando sua contribuição em termos quantitativos e qualitativos na confluência com o rio Preto. O posto existente de apoio é Rio Paraibuna (Jusante Sobragi), com código 58520100, da rede do IGAM.
- PC-14: No rio Paraibuna, controlando a contribuição dos corpos hídricos da área de abrangência do CBH – Preto/Paraibuna, nos seus aspectos quantitativos e qualitativos. O posto existente de apoio é Rio Paraibuna (Próx. Foz), com código 58611000, da rede do IGAM.
- PC-15: No rio Paraíba do Sul, antes de receber a contribuição da bacia hidrográfica do rio Pomba. O posto existente de apoio é Itaocara, com código 58680001, da rede da ANA.

- PC-16: No rio Pomba, controlando a alocação de água do estado de Minas Gerais para o estado do Rio de Janeiro. O posto existente de apoio é Rio Pomba (em Paraoquena), com código 58772000, da rede do IGAM.
- PC-17: No rio Dois Rios, controlando a contribuição da bacia hidrográfica do rio Dois Rios, em termos quantitativos e a qualidade das águas entregues ao rio Paraíba do Sul. O posto existente de apoio é Rio Dois Rios, com código 58874000, da rede da ANA.
- PC-18: No rio Muriaé, controlando a alocação de água do estado de Minas Gerais para o estado do Rio de Janeiro. O posto existente de apoio é Patrocínio do Muriaé, com código 58920000, da rede da ANA.
- PC-19: No rio Carangola, controlando a alocação de água do estado de Minas Gerais para o estado do Rio de Janeiro. O posto existente de apoio é Rio Carangola (mont. Tombos), com código 58931000, da rede do IGAM.
- PC-20: No rio Muriaé, controlando a contribuição da bacia hidrográfica do rio Muriaé para o rio Paraíba do Sul. O posto existente de apoio é Cardoso Moreira-RV, com código 58960000, da rede da ANA.
- PC-21: No rio Paraíba do Sul, no município de Campos dos Goytacazes, controlando a vazão total da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. O posto existente de apoio é Campos-Ponte Municipal, com código 58974000, da rede da ANA.
- PC-22: No rio Paraíba do Sul, no município de São José dos Campos. A estação de referência para este ponto é o posto denominado Fazenda Igacaba, código 58140100, da FCTH/DAEE, no Rio Paraíba do Sul.

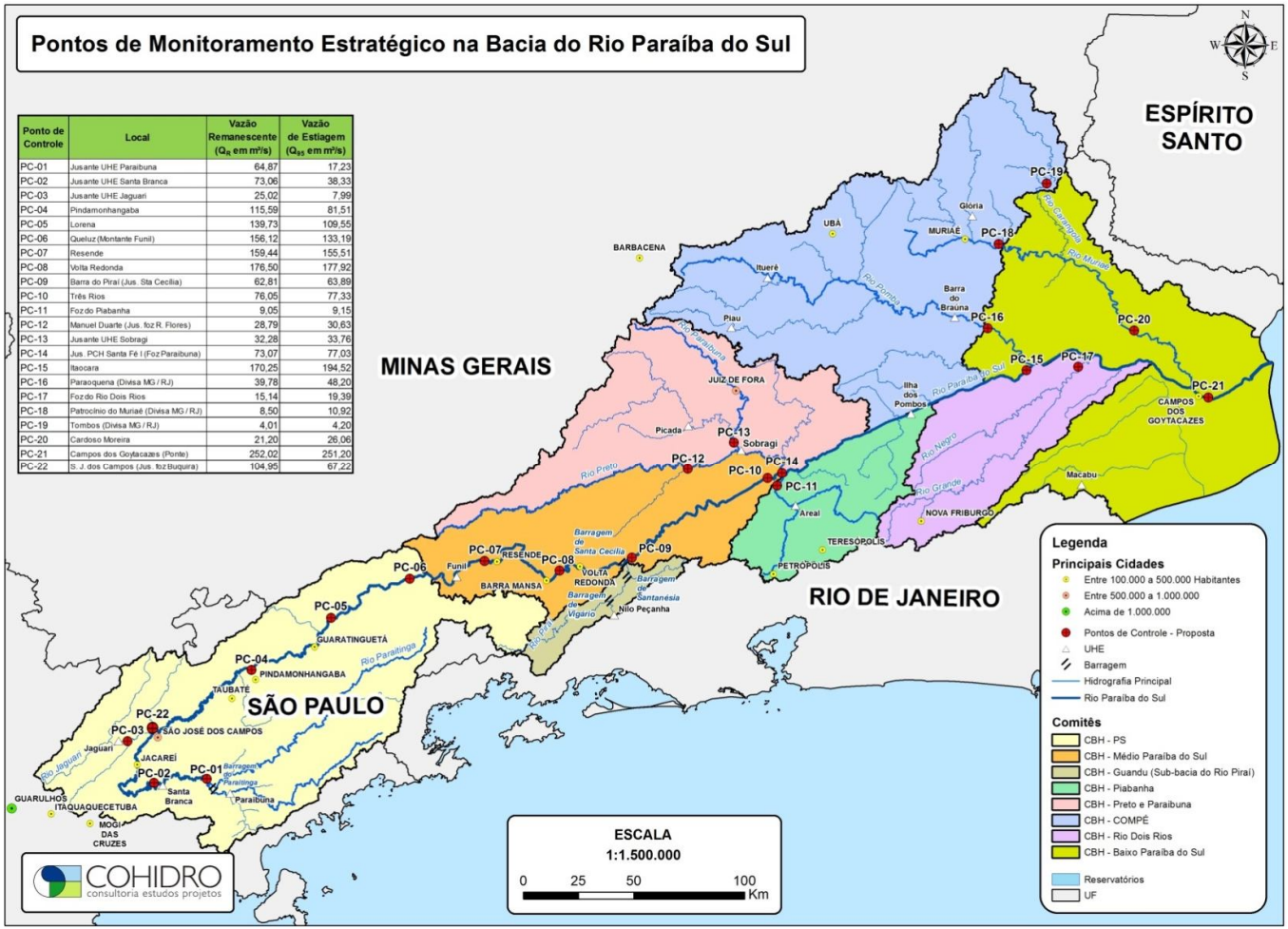


Figura 6.55 Proposição de Pontos de Monitoramento Estratégico para a Bacia do Paraíba do Sul

O **Quadro 6.151** apresenta a relação com a identificação dos pontos de monitoramento estratégico de recursos hídricos, constando, ainda, as estações de referência já instaladas e que precisam de modernização na instrumentação e forma de operação, com alteração de tipo, de forma a adequá-las para as funções idealizadas. O código das estações de referência e a entidade responsável pelo posto também são relacionadas.

Quadro 6.151 Proposição de Modernização das Estações dos Pontos de Monitoramento Estratégico

Ponto de Controle	RIO	Estação de Referência	Código	Entidade	Tipo Atual	Tipo Proposto
PC-01	RIO PARAIBUNA	A ser instalada	-	-	-	FrDSQT
PC-02	RIO PARAÍBA DO SUL	SANTA BRANCA	58099000	ANA	FrDSQ	FrDSQT
PC-03	RIO JAGUARI	PCH JAGUARI JUSANTE	58128200	CESP	FT	FrDSQT
PC-04	RIO PARAÍBA DO SUL	PINDAMONHANGABA	58183000	ANA	FDSQT	FrDSQT
PC-05	RIO PARAÍBA DO SUL	LORENA / PIQUETE	58214000	FCTH/DAEE-SP	FD	FrDSQT
PC-06	RIO PARAÍBA DO SUL	QUELUZ	58235100	ANA	FDSQT	FrDSQT
PC-07	RIO PARAÍBA DO SUL	ITATIAIA	58242000	FURNAS	FrDSQ	FrDSQT
PC-08	RIO PARAÍBA DO SUL	VOLTA REDONDA	58305001	ANA	FDQT	FrDSQT
PC-09	RIO PARAÍBA DO SUL	BARRA DO PIRAÍ	58321000	ANA	FDSQ	FrDSQT
PC-10	RIO PARAÍBA DO SUL	TRÊS RIOS	58385000	LIGHT	FrDT	FrDSQT
PC-11	RIO PIABANHA	MOURA BRASIL	58440000	ANA	FDQ	FrDSQT
PC-12	RIO PRETO	MANOEL DUARTE	58585000	ANA	FrDT	FrDSQT
PC-13	RIO PARAIBUNA	RIO PARAIBUNA (Jus. Sobragi)	58520100	IGAM	Q	FrDSQT
PC-14	RIO PARAIBUNA	RIO PARAIBUNA (Próx. Foz)	58611000	IGAM	Q	FrDSQT
PC-15	RIO PARAÍBA DO SUL	ITAOCARA	58680001	ANA	FrT	FrDSQT
PC-16	RIO POMBA	RIO POMBA (em Paraoquena)	58772000	IGAM	Q	FrDSQT
PC-17	RIO DOIS RIOS	DOIS RIOS	58874000	ANA	FrDQ	FrDSQT
PC-18	RIO MURIAÉ	PATROCÍNIO DO MURIAÉ	58920000	ANA	FDQT	FrDSQT
PC-19	RIO CARANGOLA	RIO CARANGOLA (mont. Tombos)	58931000	IGAM	Q	FrDSQT
PC-20	RIO MURIAÉ	CARDOSO MOREIRA - RV	58960000	ANA	FDSQ	FrDSQT
PC-21	RIO PARAÍBA DO SUL	CAMPOS - PONTE MUNICIPAL	58974000	ANA	FrDSQT	FrDSQT
PC-22	RIO PARAÍBA DO SUL	FAZENDA IGACABA	58140100	FCTH/DAEE	FDQ	FrDSQT

OBS: O tipo de estação FrDSQT está programado para operar monitorando níveis d'água com equipamentos automáticos e transmissão em tempo real, além de medições de descargas líquidas, sólidas e de qualidade das águas.

O **Quadro 6.152** apresenta as vazões remanescentes nos pontos de monitoramento estratégico, obtidas com o processamento do Balanço Hídrico Quantitativo.

Quadro 6.152 Vazões Remanescentes nos Pontos de Monitoramento Estratégico

Pontos de Monitoramento Estratégico	Local	Vazão Remanescente (m³/s)
PC-01	Jusante UHE Paraibuna	64,87
PC-02	Jusante UHE Santa Branca	73,06
PC-03	Jusante UHE Jaguari	25,02
PC-04	Pindamonhagaba	115,59
PC-05	Lorena	139,73
PC-06	Queluz	156,31
PC-07	Itatiaia	159,44
PC-08	Volta Redonda	176,50
PC-09	Barra do Piraí	62,81
PC-10	Três Rios	76,05
PC-11	Moura Brasil	9,76
PC-12	Manuel Duarte	28,79
PC-13	Jusante UHE Sobragi	32,28
PC-14	Jusante PCH Santa Fé I	73,07
PC-15	Itaocara	172,08
PC-16	Paraoquena	39,78
PC-17	Dois Rios	15,77
PC-18	Patrocínio do Muriaé	8,50
PC-19	Tombos	4,01
PC-20	Cardoso Moreira	21,20
PC-21	Campos dos Goytacazes	254,10
PC-22	São José dos Campos	102,59

7 SITUAÇÕES DE PLANEJAMENTO ESPECIAIS

A COHIDRO elaborou (dez/2013), no âmbito do presente PIRH o relatório parcial RP-05 intitulado Situações de Planejamento Especiais que reúne os seguintes temas:

- Cenários de Transposições para o Rio Guandu– Análise da situação atual da transposição das águas do Paraíba do Sul para o Rio Guandu, no Complexo de Lajes, incluindo as questões relativas à vazão remanescente do Rio Piraí entre o desvio de Tocos e o reservatório Santana, à manutenção da operação (túneis), aos impactos decorrentes de possíveis novas transposições do Rio Paraíba do Sul com comprometimento da vazão, aumento de demandas no Rio Paraíba do Sul em relação à manutenção da vazão transposta.
- Projeto em análise pelo governo de São Paulo, que estuda a viabilidade de transposição do Rio Paraíba do Sul naquele estado – Análise dos impactos na disponibilidade hídrica e na qualidade das águas – Macrometrópole.
- Canais de Campos – Análise do arranjo institucional existente para o gerenciamento da rede de canais de Campos dos Goytacazes frente aos conflitos estabelecidos na região, oriundos do uso do solo e dos recursos hídricos.
- Barragens de Rejeitos – Inventário a partir do cadastro dos órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos; levantamentos por estes empreendidos quanto à situação atual das barragens de rejeitos existentes na bacia; análise das condições de monitoramento e manutenção preventiva das mesmas, especialmente na Zona da Mata; e proposição de ações no sentido de diminuir a probabilidade de ocorrência e recorrência de acidentes deste tipo.
- Impactos sinérgicos de PCHs na Bacia do Rio Paraíba do Sul.
- Usos Insignificantes - Desenvolvimento de um estudo para proposição de patamares de redefinição dos usos insignificantes considerando as diversidades regionais quanto à disponibilidade hídrica, à sazonalidade e os usos e usuários existentes.
- Sistematização de estudos contratados pela AGEVAP por solicitação do CEIVAP que estão diretamente relacionados com a gestão dos recursos hídricos da Bacia, quais sejam:

- Avaliação Ambiental Integrada (AAI);
- Macrófitas, estudos que permitam identificar, localizar e quantificar as causas da proliferação de plantas aquáticas;
- Impacto de Novas Transposições de Vazões na bacia do Rio Paraíba do Sul;
- Projeto Piloto de Regularização Fundiária Sustentável de áreas urbanas situadas nas margens do Rio Paraíba do Sul – Trecho Barra Mansa;
- SIEMEC/SISPREC, elaborado pela Agência Nacional de Águas;
- Revisão da Metodologia de Cobrança;

A maioria destes temas permeia o presente relatório RP-06 nos tópicos que lhes são correlatos, mas dois deles mereceram especial atenção devido à relevância das questões de interesse para a Bacia, referentes à disponibilidade hídrica e geração de energia, que neles são abordados, e ora transcritos, a saber:

- Cenários de Transposições e
- Impactos sinérgicos de PCHs e Avaliação Ambiental Integrada de Bacias.

7.1 CENÁRIOS DE TRANSPOSIÇÕES

7.1.1 Cenário Atual

O cenário atual da bacia do Rio Paraíba do Sul é caracterizado pela transposição para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (sistema LIGHT/CEDAE), a maior transposição implantada no Brasil. Foi a primeira implantada no Rio e a maior em termos de altura manométrica. Tendo sido projetada para fins de geração de energia elétrica, atualmente é considerada um aproveitamento de uso múltiplo.

No cenário atual, duas questões básicas se apresentam:

- O crescimento das demandas da bacia do Rio Paraíba do Sul em relação à manutenção das vazões transpostas para a bacia do Rio Guandu;
- A questão da vazão remanescente do Rio Piraí entre o desvio de Tocos e o reservatório de Santana.

Quanto à primeira questão, ficou claro no trabalho de Avaliação de Novas Transposições, que as situações porventura adversas no futuro da bacia do Rio Guandu terão que ser

solucionadas na própria Bacia, seja para atender aos usuários ou para conter a intrusão de lâmina salina. Isto porque a bacia do Rio Paraíba do Sul não terá condições de suportar um aumento na vazão captada sem prejudicar o atendimento a vazões consuntivas.

O atendimento da restrição de vazão mínima na foz do Rio Guandu para contenção da cunha salina é fundamental para os empreendimentos situados no canal de São Francisco, tais como UTE de Santa Cruz, Gerdau, Fábrica Carioca de Catalisadores (FCC) e Inepar Energia, uma vez que viabiliza a concessão das outorgas solicitadas/concedidas nessa área. Essas questões já foram relatadas por CAMPOS, J. D. et al. e devem ser objeto de reavaliação na revisão do Plano Diretor da bacia do Rio Guandu.

Considera-se que mesmo outorgas já concedidas terão que ser revistas e limitadas, visando garantir, principalmente, o abastecimento da ETA Guandu da CEDAE e da cidade do Rio de Janeiro.

A Nova Transposição para atender a cidade de São Paulo encontra-se sob discussão e questionamento.

Na avaliação realizada, a situação atual foi considerada como fixa para os cenários futuros, conforme resultados do trabalho de avaliação de novas transposições, não sendo avaliados cenários de aumento de captação de vazão na barragem de Santa Cecília.

Em relação ao reservatório de Santana e trecho do Rio Piraí, os problemas para a bacia são mais complexos. Como se pode ver na **Figura 7.1**, a barragem de Santana possibilitou a inversão do Rio Piraí, que hoje não é mais um contribuinte da bacia do Rio Paraíba do Sul. As vazões captadas na elevatória da barragem de Santa Cecília são conduzidas por meio de um canal até esse reservatório e desse, por sua vez, até a captação para o reservatório de Vigário e desse ponto para as usinas hidrelétricas da LIGHT.

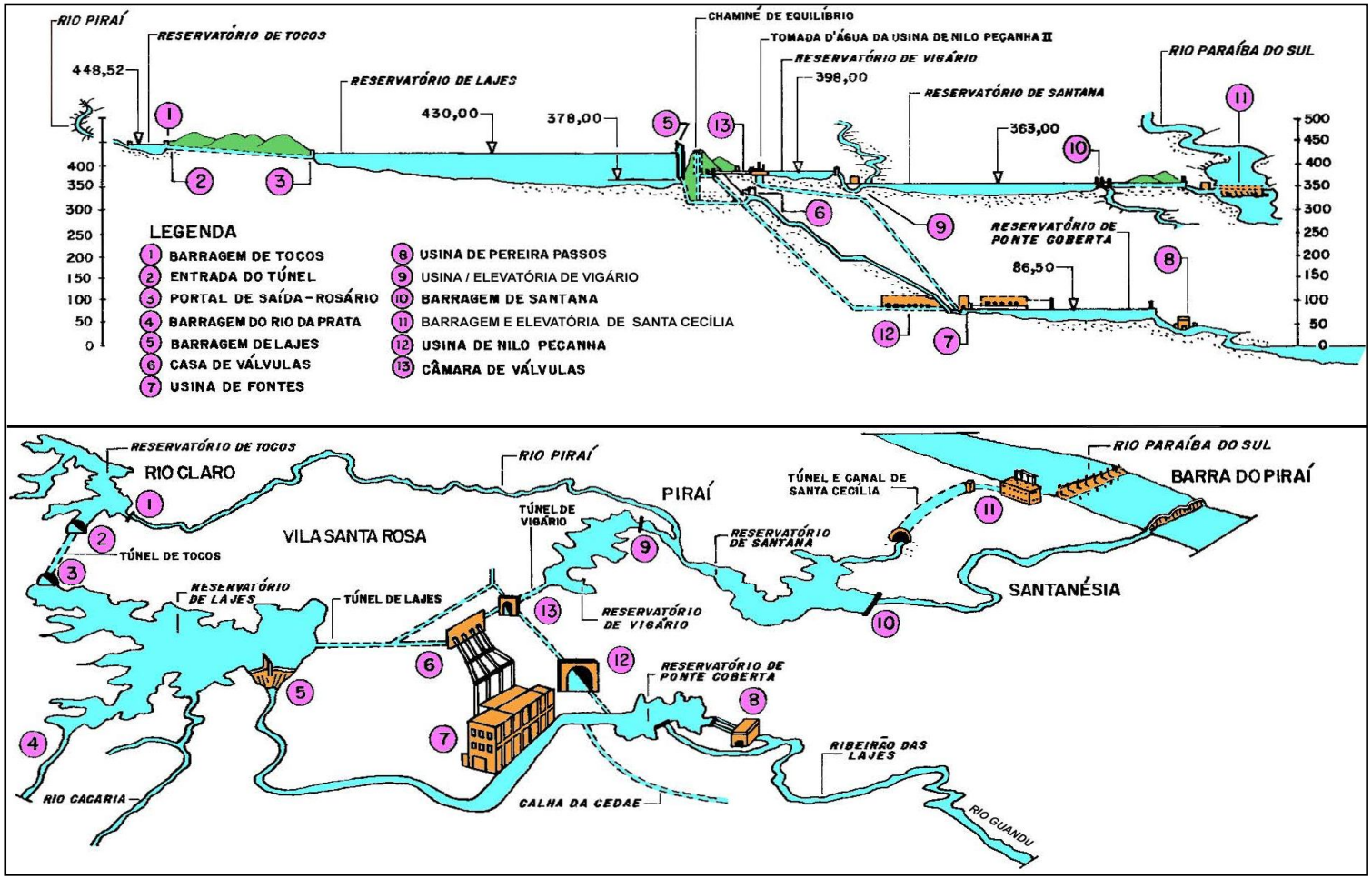


Figura 7.1 Esquema do Complexo Hidrelétrico de Lajes

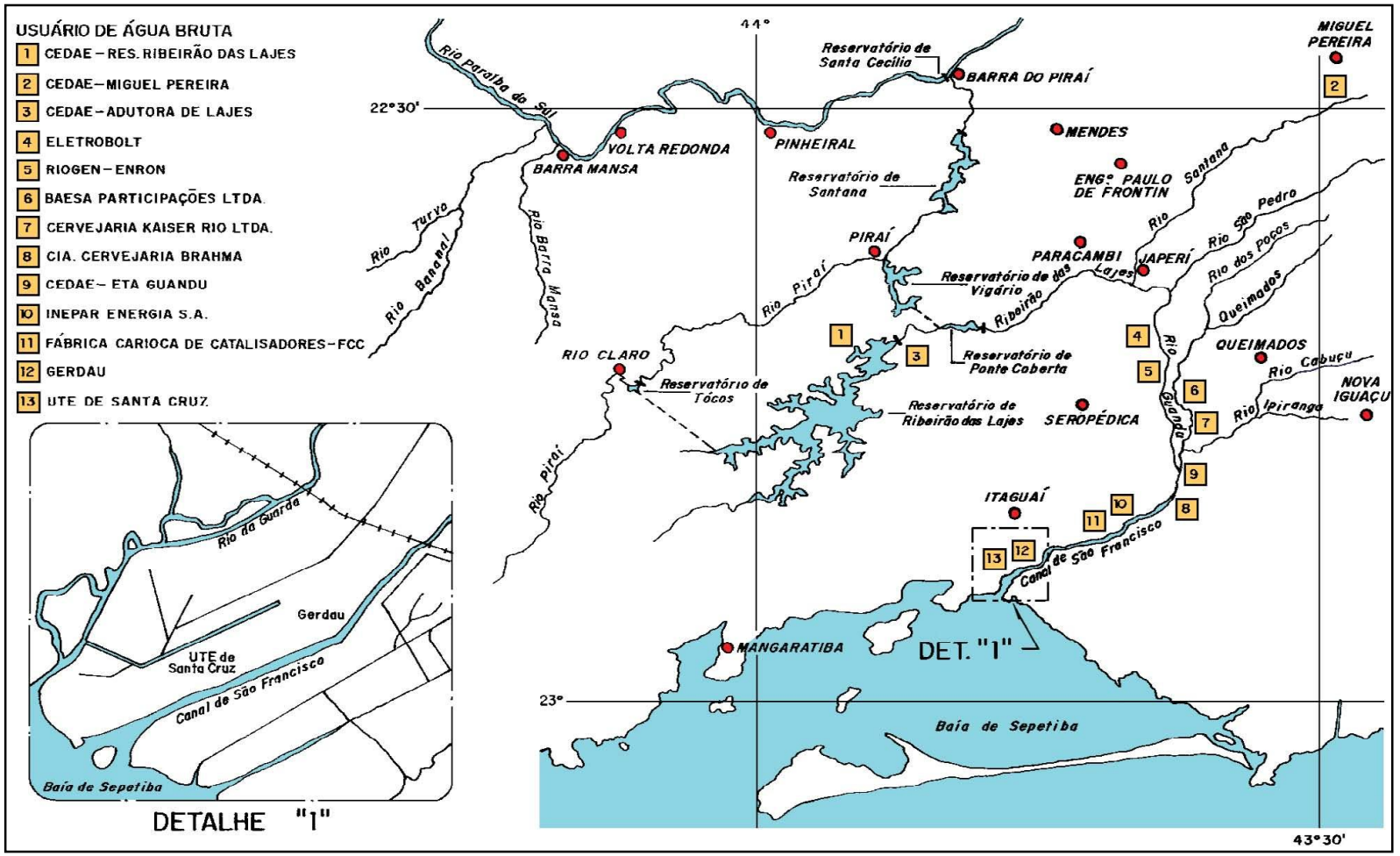


Figura 7.2 Usuários da Bacia do Rio Guandu

7.1.2 Cenários Futuros

A AGEVAP contratou a PSR Soluções e Consultoria em Energia, para Avaliação dos Impactos de Novas Transposições de Vazão no Rio Paraíba do Sul, Relatório Final, Junho 2013. Em seguida apresenta-se sucintamente os estudos e resultados obtidos pela PSR.

Para a projeção de cenários futuros, em especial para os anos de 2025 e 2035, foi consultado o estudo elaborado pela COBRAPE- Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (Elaboração do Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista – Janeiro 2010) para obtenção das alternativas de arranjos de transposição.

No estudo em referência foram realizadas diversas simulações de arranjos alternativos de aproveitamentos de recursos hídricos para a Macrometrópole Paulista, tendo como resultado final arranjos que reúnem as melhores condições para atender as demandas hídricas no horizonte do planejamento, sendo que um deles apresenta, ainda, uma variante.

O **Quadro 7.1**, a seguir, resume as características desses arranjos com foco nos arranjos que contemplam a bacia do Rio Paraíba do Sul.

Quadro 7.1 Transposição de Vazões para a Macrometrópole

Regiões	Alternativa	Vazões máximas (m^3/s)					
		#6	#7	#8	#9	#10	#11
Vertente Marítima da Serra do Mar e Bacia Hidrográfica do Alto Tietê	Itatinga-Itapanhaú	4,9	4,9				
	Braço Pequeno Billings	2,2		2,2			
Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape (São Lourenço/ Juquiá)	Alto Juquiá	16,5		15,0			
	São Lourencinho - Mambu		16,5				
	São Lourenço	4,7		4,7	4,7	4,7	
Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul	Jaguari-Atibainha	5,0	5,0	11,0	10,0	11,5	5,0
	Guararema-Biritiba				4,0	4,0	5,0
Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí	Barragem Jundiuvira						
	Barragem Campo Limpo						
	Barragem Piraí						
	Barragem Duas Pontes						
	Barragem Pedreira						
	Barragem Capivari Mirim						
Bacias do Médio Tietê (Sorocaba, Sarapuí) e Alto Paranapanema	Jurumirim-Sorocaba		5,0				6,5
	Sarapuí-Sorocaba	2,0	4,0	4,0	2,0		4,0
Total		**18,8**	**18,0**	**21,9**	**20,7**	**21,8**	**20,5**

Esses cenários futuros consideraram: a captação de Santa Cecília como demanda pontual, os cenários futuros de usos consuntivos e não consuntivos na bacia produzidos pelas demandas, a atualização das séries de vazões naturais na bacia e das séries observadas, a seleção de pontos críticos na calha do rio e a análise de vazões mínimas para simulação de modelagem hidrodinâmica com verificação de condições inadequadas para a qualidade da água.

7.1.3 Conclusões das Avaliações dos Cenários de Transposição

Do ponto de vista quantitativo pode-se concluir que as diferenças encontradas entre a situação atual e a futura não se afiguram como muito elevadas, mesmo considerando os cenários mais severos de retirada de água para atender outras bacias.Foram simuladas todas as alternativas que retiravam água do Paraíba do Sul e avaliada aquela selecionada pelo estudo da COBRAPE.

Considerando a existência de condições hidrológicas adversas, a vazão de restrição passa a ser 190 m³/s, sendo 119 m³/s para bombeamento de Santa Cecília e 71 m³/s defluente desta barragem, a jusante no rio Paraíba do Sul. Nesta situação, avaliando o cenário de 2010, no que corresponde ao trecho junto à captação em Santa Cecília, percebe-se que a vazão de restrição é garantida em 96% do tempo para a situação atual (alternativa A0) e em 94% para o arranjo 10 (alternativa A10). Já no cenário de 2035 a vazão de restrição é garantida em 95% do tempo para a situação atual (alternativa A0) e em 92% para o arranjo 10 (alternativa A10).

No que concerne ao trecho junto à captação em Santa Cecília, percebe-se uma diferença importante entre o cenário atual (alternativa A0) e o da transposição com o Arranjo 10 (alternativa A10), sendo este de aproximadamente 30 m³/s para uma permanência de 95% e 15 m³/s para uma permanência de 100%.

As perdas energéticas, considerando apenas as usinas hidrelétricas acima de 30 MW, não são percentualmente muito grandes, podendo chegar a 4,17% na alternativa de maior demanda para as transposições, mas são significativas para os geradores da bacia.

Essas perdas energéticas representariam R$ 20 milhões anuais de prejuízo para as geradoras, com as usinas de potência maior que 30 MW instaladas na bacia.

Quadro 7.2 Perda Energética por Transposição Prevista

CENÁRIO	Perda Energética - Totais Anuais					
	ARRANJOS(*)					
	A0	A6&A7	A8	A9	A10	A11
2012	100,00%	98,77%	97,66%	97,22%	96,76%	98,04%
2025	99,54%	98,23%	97,07%	96,69%	96,37%	97,58%
2035	98,97%	97,57%	96,52%	96,17%	95,83%	97,07%

(*) Alternativas do estudo da COBRAPE. Fonte: Avaliação do Impacto de Novas Transposições...PSR, 2013

O quadro mais grave, no entanto, corresponde à qualidade da água nas situações mais críticas. Na situação atual, utilizando um modelo de simulação hidrodinâmico, evidencia-se esse problema para vazões de estiagem, sem as transposições. Esse quadro já foi verificado em amostragens do INEA-RJ em trechos de rio a jusante da UHE Funil.

Para simular as condições dinâmicas do escoamento na calha foram utilizados dados de seções topobatimétricas levantadas pela ANA/AGEVAP em situações de vazões mínimas históricas e com demandas atuais e futuras da água, para identificar alterações de padrão, com o aumento das demandas e da velocidade de escoamento. Tais alterações são indicadoras de pontos onde a qualidade da água tenderia a ser pior, podendo mesmo criar condições de explosão de cianobactérias.

A **Figura 7.3** e a **Figura 7.4** ilustram, para o trecho paulista próximo a São José dos Campos, a situação de vazões mínimas, sem considerar retiradas de água para as novas transposições e com a retirada de vazão, respectivamente. Os trechos em vermelho e amarelo mostram situações críticas de circulação de água, baixas velocidades, e piores condições de qualidade da água para vazões observadas nesses trechos. Em ambos os casos as velocidades são muito baixas.

Observa-se que há subtrechos relativamente longos, com extensões de 1 a 3 km, com velocidades bastante baixas, menores que 0,1m/s, para os quais o tempo de percurso é bastante longo, alcançando de 2 a 4 h. O modelo não detalha suficientemente as margens, mas certamente, podem ocorrer, em pontos específicos, velocidades ainda menores, o que pode levar a uma situação de boom de algas, em função das condições meteorológicas e de concentração de nutrientes existentes nesses trechos.



Figura 7.3 Trecho Modelado na Área Urbana de São José dos Campos Cenário de 2010– Vazão Mínima de 38 m³/s – Sem Transposição

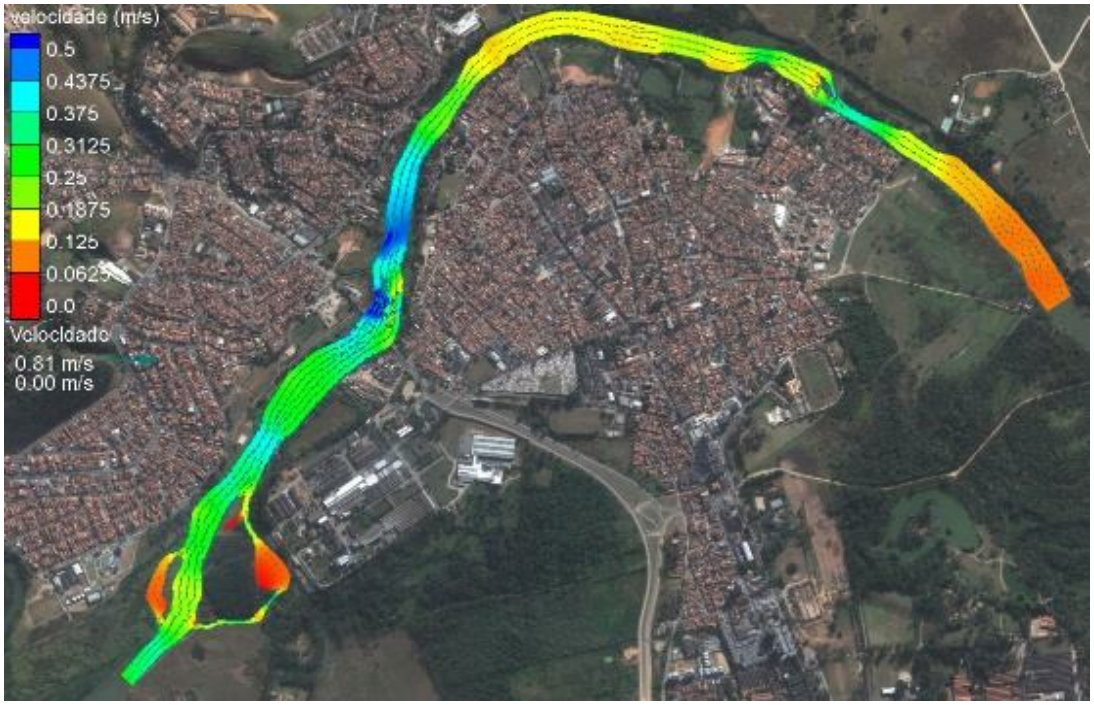


Figura 7.4 Trecho Modelado na Área Urbana de São José dos Campos – Vazão de Mínima Histórica de 31 m^3/s – Cenário de 2035- Com Transposição

É importante ressaltar que essas conclusões não incluem a análise completa de qualidade da água. Trata-se de resultado inicial a partir das informações disponíveis de monitoramento de qualidade da água na situação atual, a partir do qual foram realizadas algumas avaliações.

Da **Figura 7.5** à **Figura 7.9**, são apresentadas a concentração de vários parâmetros de qualidade e sua variação espacial ao longo do rio. Procurou-se utilizar os valores medidos mais recentemente, apenas de 2011 (dados mais recentes disponíveis), para que se pudesse ter um panorama recente da evolução ao longo do rio. Todos os parâmetros são mostrados na média e também os dados crus para se ter uma ideia do desvio em torno da média. O primeiro ponto do gráfico médio é sempre o limite para a classe 2 das Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011.

Note-se uma pequena tendência de melhoria do par OD/DBO ao longo do rio e, curiosamente, também uma piora das concentrações de nitrato, fósforo, e coliformes à medida que o rio ganha volume. Com exceção dos coliformes, cujas concentrações são extremamente altas, certamente devido a altas cargas orgânicas urbanas (provavelmente na sua maioria de esgotos), o rio parece ser razoavelmente capaz de manter um mínimo de qualidade. No caso da melhoria de OD/DBO, certamente isso se deve a uma boa capacidade de auto depuração. Não parece haver problema crônico de superfertilização/eutrofização.

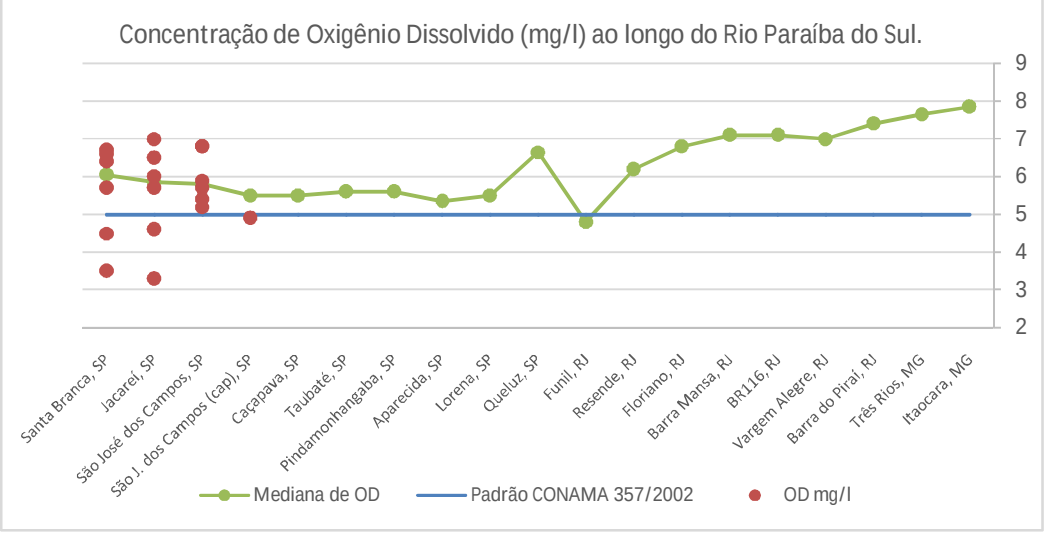


Figura 7.5 Oxigênio dissolvido ao longo do Rio Paraíba do Sul.

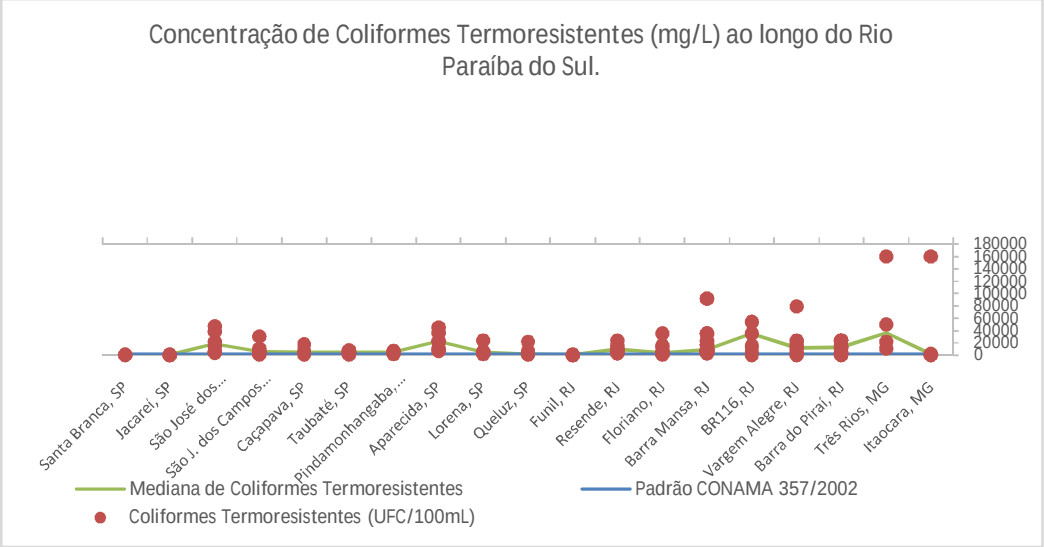


Figura 7.6 Coliformes termorresistentes ao longo do Rio Paraíba do Sul

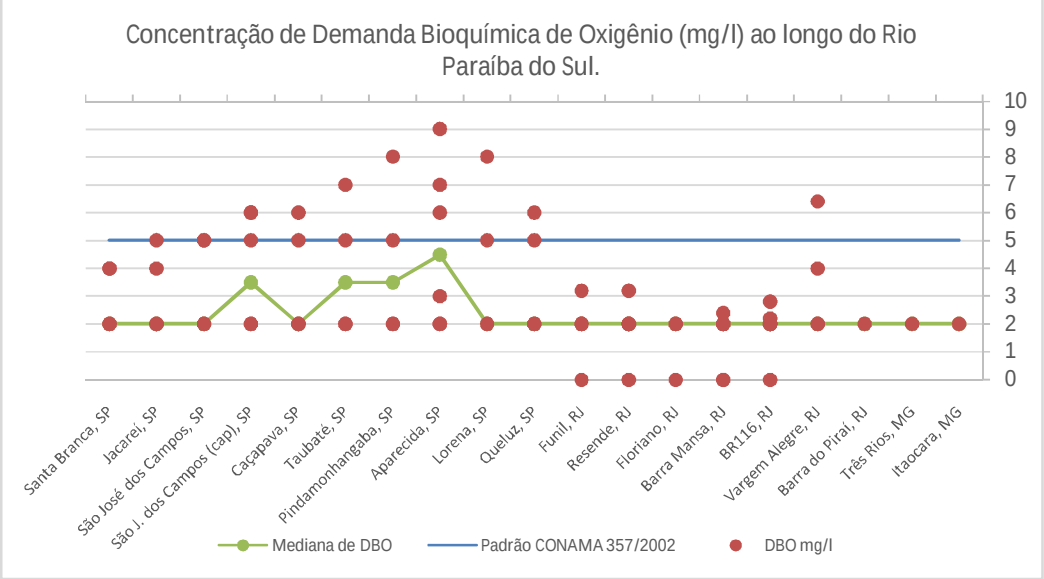


Figura 7.7 Demanda bioquímica oxigênio ao longo do Rio Paraíba do Sul

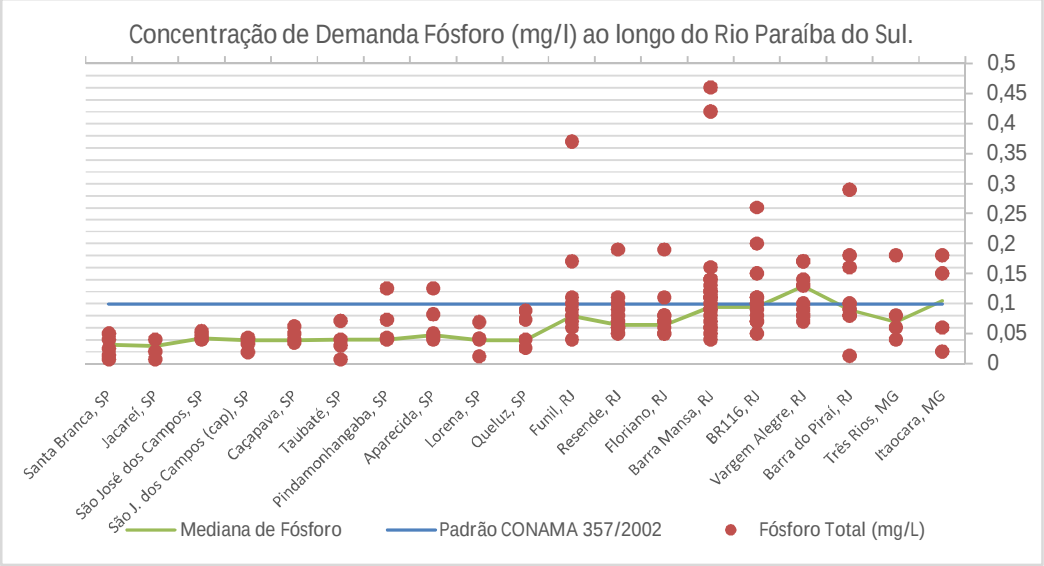


Figura 7.8Fósforo total ao longo do Rio Paraíba do Sul

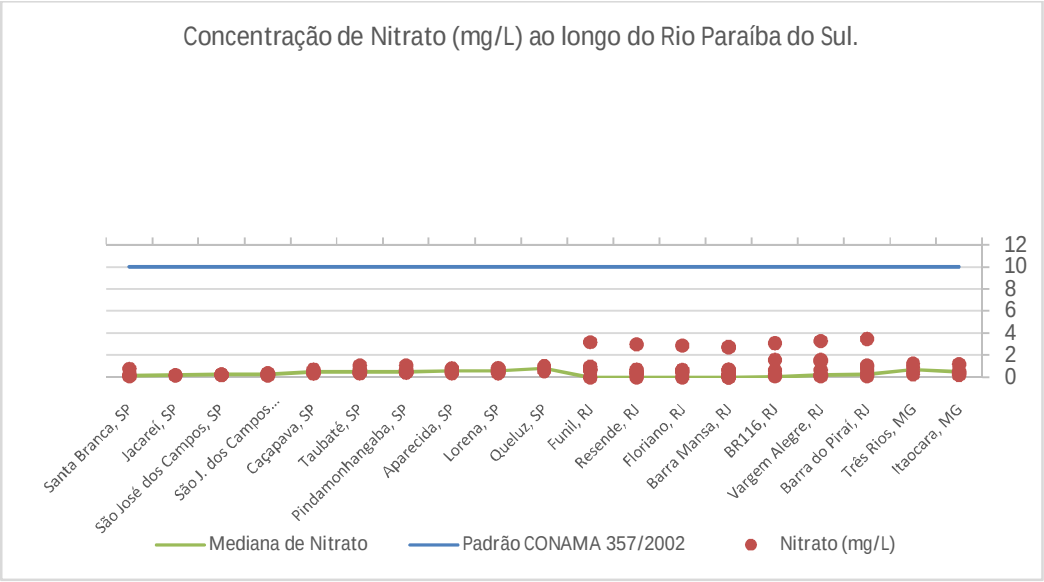


Figura 7.9 Nitrato ao longo do Rio Paraíba do Sul

Os impactos na qualidade da água averiguados são relevantes para os casos de ocorrência de vazões mínimas em todos os trechos estudados. Após a avaliação apresenta-se a seguinte síntese relativa aos cenários de transposição:

- A ocorrência de vazões extremas baixas em todos os trechos estudados pode acarretar, em situações desfavoráveis de qualidade da água, condições de eutrofização ou surgimento de algas;

- As condições encontradas para as vazões simuladas para os cenários com e sem a transposição de vazões mostram situações indesejáveis para qualidade da água;

- Para maior acurácia dos resultados e definição dos pontos mais críticos nessas localidades selecionadas como mais relevantes, é necessário investir em novos levantamentos de seções topobatimétricas e aferição de parâmetros de qualidade da água nesses trechos em situações de vazões baixas;

A aprovação de novas transposições só deve piorar as condições de qualidade da água nesses trechos, onde apenas um investimento intenso em saneamento básico e tratamento de efluentes poderia reverter os quadros atual e o futuro.

7.2 IMPACTOS SINÉRGICOS DE PCHS E AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA DE BACIAS

7.2.1 Avaliação Ambiental Integrada das Bacias dos Rios Paraíba do Sul, Grande, Paraibuna, Piabanha, Preto, Pomba e Muriaé

A avaliação ambiental integrada foi um instrumento estabelecido a partir do Termo de Ajuste de Conduta no licenciamento da UHE Barra Grande no rio Uruguai e que foi incorporado nos estudos de inventário hidrelétrico de bacias, como estabelecido no novo Manual de Estudos de Inventário Hidrelétrico (Cepel-Eletrobrás-2007).

O Ministério Público tem exigido a elaboração desses estudos para seguimento dos estudos de licenciamento de usinas, mesmo de PCHs, como ocorreu na sub-bacia do Rio Grande.

A Avaliação Ambiental Integrada (AAI) se insere no planejamento energético e ambiental como um instrumento intermediário entre a realização de inventários e os estudos de viabilidade, tendo como objetivo geral subsidiar a definição de diretrizes e orientações para o planejamento e a implementação de ações para a região, no âmbito da Política Energética Nacional.

A partir do conhecimento da bacia e dos principais aspectos ambientais que a compõem, os estudos puderam então formar um sistema de informações, associado aos indicadores de diversas naturezas, de maneira a compreender a complexidade dos ambientes que constituem a bacia, sua dinâmica ambiental e as principais pressões socioeconômicas, resultantes especialmente das atividades produtivas desenvolvidas pelo homem na bacia.

As avaliações ambientais integradas cujos resultados são comentados em seguida, são as seguintes:

- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Elaborado pela Sondotécnica S.A. para a Empresa de Pesquisa Energética - EPE – Início do trabalho em setembro de 2006 e concluído em maio de 2007.

- Avaliação Ambiental Integrada do rio Grande – Elaborado pelas empresas PSR Soluções em Energia e Consultoria, Aecogeo Soluções Ambientais, NP Ambiental Consultoria para o Instituto Estadual do Ambiente – INEA – Início dos trabalhos em dezembro de 2010 e conclusão em maio 2012, após grande interação entre os Órgãos Gestores. Vale ressaltar que a bacia do rio Grande está inserida na área de abrangência do CBH rio Dois Rios.

- Avaliação Ambiental Integrada das bacias dos rios Paraibuna, Preto, Pomba, Muriaé e Piabanha – Em elaboração pela Holos Engenharia Sanitária para Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP – Início dos trabalhos em julho 2012 e previsão de conclusão em 2014.

Observa-se que as AAI contratadas pela EPE, foram direcionadas para avaliação apenas de PCHs, enquanto que as cinco AAI contratadas pela AGEVAP têm por objetivo avaliar os efeitos cumulativos e sinérgicos de usinas, UHEs, PCHs (usinas com potência instalada 1<P≤30 MW) e CGHs (usinas com P≤ 1MW), além de avaliar os efeitos de outras atividades humanas, como agricultura, indústrias e áreas urbanas.

As avaliações da EPE levaram em conta os efeitos de conjunto de usinas hidrelétricas, com potência superior a 30 MW, e conjunto de mais de três PCHs instaladas na mesma bacia, pois se considerou que comparativamente, os efeitos de PCHs são muito menores do que de uma UHE, mas conjuntos de três PCHs na mesma bacia podem causar um impacto significativo.

A avaliação desses estudos realizados e já concluídos está apresentada no RP-05, Situações de Planejamento Especiais. A metodologia utilizada é a mesma adotada pela EPE para o Rio Paraíba do Sul, com adaptações para as demais sub-bacias para considerar as PCHs e CGHs de forma individualizada.

7.2.2 Abrangência dos Impactos

Foram identificadas como abrangências às quais os impactos podem estar associados:

- O reservatório;
- O trecho a jusante;
- A sub-bacia;
- Os municípios.

Foram definidas as seguintes áreas de abrangência:

Quadro 7.3 Impactos Socioambientais– AAI Paraíba do Sul – EPE 2007

Impactos		Abrangências
IMP 01	Alteração no transporte de sedimentos nos cursos d'água	Trecho jusante
IMP 02	Alteração da qualidade de água dos corpos hídricos	Trecho jusante
IMP 03	Alteração da diversidade e abundância da biota aquática	Sub-bacia
IMP 04	Interferência nos processos migratórios de peixes	Sub-bacia
IMP 05	Perda de habitats e redução da diversidade e abundância da biota terrestre	Reservatório + 2 km
IMP 06	Interferências com áreas protegidas (UC)	Reservatório + 10 km
IMP 07	Perda de cobertura vegetal (carbono, controle de erosão, microclima)	Reservatório + 2 km
IMP 08	Geração de expectativas	Reservatório
IMP 09	Proliferação de doenças de veiculação hídrica	Sub-bacia
IMP 10	Comprometimento das atividades turísticas e perda de patrimônio	Reservatório + 2 km
IMP 11	Risco de desestruturação de redes comunitárias de agricultura familiar	Municípios
IMP 12	Perda de terras para agropecuária	Reservatório + 2 km
IMP 13	Potencialização dos conflitos sociais	Municípios
IMP 14	Desarticulação da base territorial	Municípios
IMP 15	Aumento da arrecadação tributária	Municípios

7.2.3 Composição dos Indicadores de Impacto

A partir da ponderação dos valores atribuídos aos impactos ambientais, pelo cruzamento de sua significância, de sua intensidade e de sua abrangência, estes passam a exercer uma função de indicadores capazes de serem integrados ao SIG, permitindo sua espacialização e posterior cruzamento com os mapas de sensibilidade ambiental da bacia.

A figura a seguir apresenta esquematicamente os elementos utilizados para a composição dos impactos ambientais.

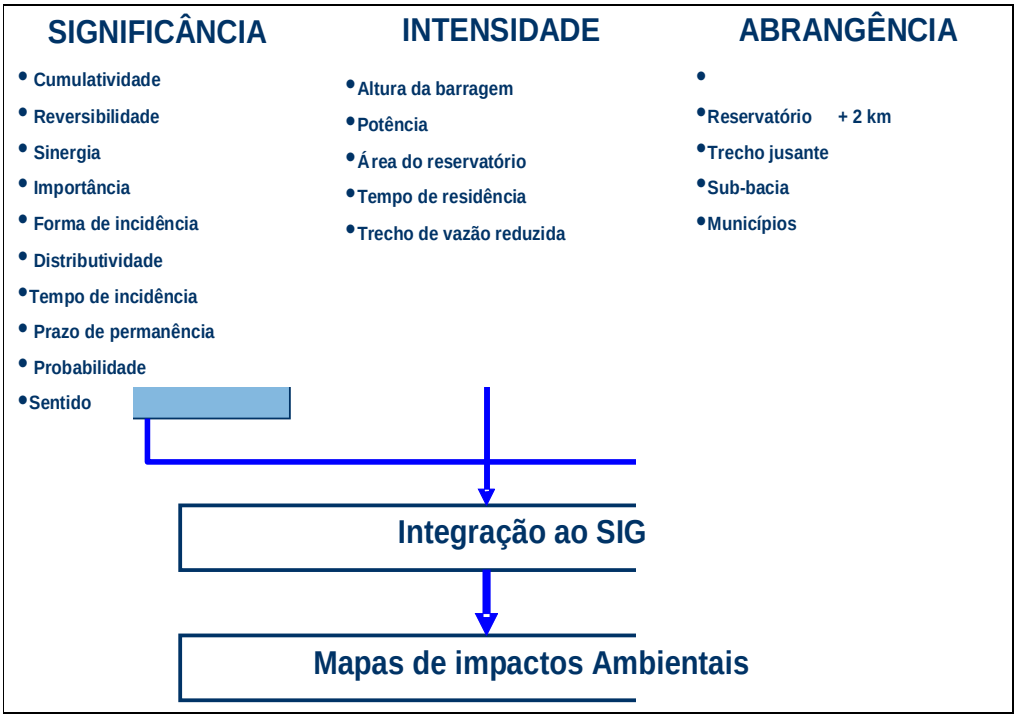


Figura 7.10 Elementos de Composição dos Impactos Ambientais– AAI Paraíba do Sul – EPE 2007

7.2.4 Conclusões Obtidas dos Estudos de AAI e dos Levantamentos Realizados

Os estudos de AAI realizados na bacia do Rio Paraíba do Sul e nas sub-bacias dos rios Grande, Piabanha, Paraibuna, Preto, Pomba e Muriaé, mostraram as áreas mais sensíveis do ponto de vista ambiental, os efeitos sinérgicos e cumulativos das UHEs, e PCHs, e os estudos em andamento na bacia irão mostrar inclusive os efeitos das CGHs.

Os resultados dos mapeamentos de indicadores ambientais, notadamente pelos resultados da bacia do Rio Grande, feitos especificamente para PCHs, demonstram que existem muitos conflitos de usos dos recursos naturais de vários setores da economia regional. Nesse caso, tais conflitos devem ser entendidos como de uso potencial, pois a decisão de explorar um recurso mineral em uma área poderá potencializar os impactos decorrentes do transporte de sedimentos, na qualidade da água e nos habitats

- Mineração x conservação dos solos e habitats
- Ocupação de encostas e nascentes x qualidade da água;
- Atividades agropecuárias x conservação dos solos e habitats ;
- Desmatamentos em áreas protegidas x conservação dos habitats;
- Efluentes não tratados de indústrias e áreas urbanas x qualidade das águas.

Esses efeitos negativos estão muito evidentes nas bacias assim como a presença das usinas hidrelétricas, mesmo as PCHs com pequenos reservatórios, que também trazem impactos negativos, principalmente à ictiofauna.

As usinas têm implantado sistemas de monitoramento e controle, mas há uma falta de uma ação coordenada e conjunta para tornar tais medidas mais efetivas nas bacias, tais como sistemas de transposição de peixes. Se planejados junto com as obras de engenharia podem ser uma boa solução para o manejo da ictiofauna.

Na avaliação de conjunto da bacia observou-se que os mais relevantes efeitos negativos ficaram demarcados no entorno e na superposição de efeitos das usinas hidrelétricas (com potência superior a 30 MW), principalmente aquelas de maior porte e com maiores áreas alagadas e, em alguns casos, com regularização.

No caso de qualidade da água os efeitos de efluentes em geral (domésticos e industriais), não tratados da bacia, são muito mais relevantes do que os provocados pelos lagos criados pelas barragens, mesmo nos maiores reservatórios.

Tratados os efluentes, os efeitos das PCHs seriam muito reduzidos, e mesmo das UHEs, que parecem funcionar hoje como filtros ou lagoas de estabilização. Por exemplo, a água a

jusante da UHE Funil tem melhores valores para os indicadores de fósforo, OD e mesmo IQA do que a montante.

Nos últimos eventos de chuvas intensas ficou evidente que os conflitos de ocupação desordenada são muito graves. Algumas ações indicadas nos licenciamentos das usinas mostram um melhor manejo ambiental. As ações nos programas ambientais das UHEs e nas PCHs trouxeram um ganho ambiental e diminuíram as vulnerabilidades, apesar dos inegáveis impactos ambientais locais.

Na bacia do rio Grande foi verificado:

- Continuidade dos monitoramentos da ictiofauna e qualidade da água, que antes não existiam;
- Reflorestamento das APPs após a implantação das usinas em antigas pastagens;
- Implantação de rede de alerta meteorológico na bacia;
- Negociação com os atingidos,em número relativamente pequeno. Sem ocorrência de passivos nas inspeções realizadas.

No caso de UHEs também o licenciamento e os estudos ambientais trouxeram ganhos como na UHE Simplício, em que um lixão que havia à margem do rio Paraíba do Sul foi removido, tendo sido construído um aterro sanitário em substituição, além de redes de esgotos e tratamento de efluentes no Município de Sapucaia localizado no trecho de vazão reduzida.Assim, a avaliação ambiental integrada pode e deve servir para o CEIVAP e os órgãos ambientais como instrumento de cobrança em ações conjuntas para melhorar os indicadores ambientais de sensibilidade e minimizar os efeitos cumulativos das usinas hidrelétricas e das demais atividades antrópicas na bacia. O pagamento pelos serviços ambientais de algumas atividades difusas pode servir para que os próprios usuários tenham interesse em investir em conservação dos recursos naturais.

8 SUMÁRIO EXECUTIVO

A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul tem apresentado, nas últimas décadas, um apreciável crescimento econômico apoiado, principalmente, na disponibilidade dos seus recursos naturais: água, solos e recursos minerais, potencialidades que se somam à importante malha de transportes da região e a proximidade com grandes polos de desenvolvimento como as cidades de São Paulo e do Rio de Janeiro.

As potencialidades hídricas, e a pujança dos setores industrial, agropecuário, energético e mineral, que tornam a Bacia importante para os Estados e para o País, e os indicadores de fragilidade da disponibilidade dos seus recursos naturais, sinalizam para que o desenvolvimento socioeconômico regional deva ser repensado em bases sustentáveis. O papel que a água desempenha na estruturação e no desenvolvimento da região e o grau de interferência que pode sofrer, tanto em disponibilidade quanto em qualidade, demonstram a necessidade do adequado planejamento da sua utilização e conservação.

Pelo histórico de ocupação da Bacia observa-se que o modelo de desenvolvimento econômico, pautado na concentração produtiva e o de crescimento urbano, baseado nas aglomerações casuais e não em projetos urbanísticos e territoriais adequados, foram fatores de alteração substancial da cobertura vegetal, das condições naturais que, por consequência, ocasionaram a diminuição da disponibilidade e a piora da qualidade dos recursos hídricos. Além disso, o aumento da industrialização e o natural aumento populacional, que ocorrem em áreas de produção intensa, conduziram ao aumento da demanda por água e, consequentemente, a uma maior pressão sobre a sua disponibilidade.

No presente relatório, as análises, avaliações e consolidações de informações em tabelas, gráficos e figuras, por vezes, são abrangentes, quando o foco principal é o próprio Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul - PIRH e, por outras, associadas especificamente às áreas de abrangência dos Comitês de Bacias Hidrográficas Afluentes – CBHs Afluentes, também entendidas como Unidades de Planejamento, visando os futuros Planos de Ação de Recursos Hídricos – PARH destas bacias, conforme adiante discriminadas:

- CBH Paraíba do Sul-SP;
- CBH Médio Paraíba do Sul;
- CBH Guandu (sub-bacia rio Piraí);
- CBH Preto – Paraibuna;
- CBH Piabanha;
- CBH Compé;
- CBH Rio Dois Rios e
- CBH Baixo Paraíba do Sul.

8.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – BIÓTICAS

A bacia do rio Paraíba do Sul, localizada entre as latitudes 20º e 24º Sul, na região Sudeste do Brasil, abrangendo parte de três estados brasileiros (São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro), se desenvolve em uma região predominantemente de planalto (Alto e Médio Paraíba do Sul) entre duas grandes serras: a Serra da Mantiqueira, ao norte e a Serra do Mar ao sul. No seu trecho inferior (Baixo Paraíba do Sul) a bacia se transforma numa vasta região de planície.

Esta sua localização geográfica e conformação do relevo determinam o clima da bacia, que apresenta variações de quente e úmido a mesotérmico brando, de acordo com as variações de altitude determinadas pela presença das serras. Onde o vale perde altitude, do curso médio para o curso inferior da bacia, observa-se uma grande área de clima quente e semiúmido, com estacionalidade pronunciada com 4 a 5 meses secos.

As serras da Mantiqueira e do Mar formam uma barreira à penetração da umidade que vem da região amazônica e do oceano, respectivamente, fazendo com que as precipitações se concentrem nas áreas mais elevadas das bordas norte e sul da bacia, onde os totais anuais alcançam cerca de 2.000 mm, sendo bem menores no interior do vale, da ordem de 1.200 mm.

Predomina na bacia o tipo de relevo de “mar de morros” com amplitude topográfica entre 200 e 400 m formado por topos arredondados ou alongados, gradiente de vertente médio a elevado sendo principalmente formados por depósitos inconsolidados constituídos por colúvios e depósito de tálus sobre um substrato do embasamento cristalino.

Inseridas no complexo cristalino encontram-se, ao longo dos cursos d'água principais, áreas planas com depósitos sedimentares aluvionares. Essas áreas estão fortemente associadas ao aspecto meandrado do rio Paraíba do Sul. Dentre essas merecem destaque as bacias sedimentares de Taubaté e Resende, em face de sua importância para as diferentes formas de uso da terra que acontecem nessa região como a urbanização, atividade agrícola ligada às áreas de várzeas e às atividades de mineração de agregados (extração de areia).

Após estes trechos, o rio Paraíba do Sul segue de forma retilínea e encaixada, sendo controlado por lineamentos tectônicos, até encontrar, no seu trecho inferior, uma vasta área de planície sedimentar (o Baixo Paraíba do Sul).

A planície do Baixo Paraíba do Sul, de amplitude topográfica inferior a 20 m, com gradiente das vertentes praticamente nulas, é formada por material inconsolidado de composição diversa como argilo-arenosas e fluviais e alúvio-coluviais em terrenos com drenagem variável. Nessa região, altamente suscetível a inundações, o nível freático encontra-se próximo à superfície e, dado à sua proximidade com o mar e baixa altitude, com forte tendência à salinização.

A bacia do rio Paraíba do Sul encontra-se inserida plenamente no bioma da Mata Atlântica. A expansão das áreas antropizadas devido ao desenvolvimento econômico da bacia vem promovendo, ao longo dos anos, uma forte pressão sobre os remanescentes da sua cobertura vegetal.

A fragmentação florestal provoca a perda e subdivisão do habitat, modificando o grau de isolamento da mata e alterando seus processos ecológicos. Este cenário pode conduzir a degradação do fragmento e consequente redução de sua diversidade.

Esta situação é preocupante, não só no que se refere à 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.

Na bacia do rio Paraíba do Sul encontram-se 332 Unidades de Conservação (UCs) distribuídas nas diversas categorias estabelecidas pelo Sistema Nacional de Unidades de

Conservação da Natureza (SNUC), abrangendo 17.357 km², ou seja, 28,3% da área total da Bacia.

Dos 61.307 km^2 da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, que compõem a área de atuação do CEIVAP, objeto deste Diagnóstico, hoje, há apenas 43% de remanescentes florestais, 40% de Campos e Pastagens, 10% de áreas agrícolas e 5% de áreas urbanas, onde vivem cerca de 6,3 milhões de pessoas e concentra a maior parte da produção industrial, agrícola e prestadora de serviços do país.O complemento (2%) diz respeito aos corpos hídricos e às áreas não classificadas.

Integrando e avaliando todos os estudos disponíveis sobre a ictiofauna da Bacia chega-se ao quantitativo de 185 espécies, número considerado elevado dentro da realidade das bacias que, juntamente com a do rio Paraíba do Sul, integram a unidade ictiogeográfica do leste brasileiro.

Este valor tende a aumentar como resultado das revisões de grupos cuja taxonomia ainda não se encontra plenamente solucionada e pela descrição de novas espécies.

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 sua própria formação e permite remontar a complexa história evolutiva deste sistema.

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.

POLAZ (2011) relacionou como principais impactos sobre a fauna aquática os seguintes: desmatamento, lançamento de esgotos doméstico e de efluentes industriais, introdução de espécies exóticas, assoreamento, fragmentação do habitat, pesca sem respeito às capacidades suporte do ambiente e os desastres ambientais (i.e., derramamento de produtos químicos em grande escala)

A estes se somam 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.

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.

Com a promulgação da Portaria MMA Nº 107, de 11 de outubro de 2012 o Plano de Ação Nacional (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 espécies.

8.2 CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS

A ocupação da Bacia se deu através de ciclos sucessivos de exploração agrícola (“ciclos” da cana-de-açúcar e do café) seguido da pecuária (com a formação de pastagens) que criaram condições de degradação e removeram a cobertura vegetal original da Mata Atlântica. Grande parte dessa cobertura foi devastada e hoje as poucas manchas de florestas remanescentes se apresentam na condição de floresta secundária em estágio de intermediário a avançado de regeneração natural. Algumas pequenas concentrações de matas originais situam-se acantonadas nas gargantas do relevo, nos grotões e nas escarpas altas e muito íngremes, lugares de difícil acesso, onde a ocupação humana torna-se quase inviável e desinteressante e em unidades de conservação de proteção integral.

Posteriormente, o ciclo da industrialização do país ocasionou a implantação de diversas indústrias na bacia (Companhia Siderúrgica Nacional-CSN, Rhodia Indústria Química eTêxtil S/A, Fábrica de Produtos Alimentares Vigor S/A, Mecânica Pesada, Volkswagen, Ericsson do Brasil S.A., General Motors, Ford do Brasil S.A., entre outras), a construção de loteamentos urbanos e aberturas de estradas vicinais, sem os devidos cuidados com a preservação dos recursos naturais, provocando a degradação do meio ambiente (desmatamento, impermeabilização de grandes áreas, poluição das águas e do ar), principalmente no Médio Vale do Paraíba.

Encontram-se na Bacia alguns eixos de penetração ao longo do qual vem se expandindo a ocupação humana e onde se concentram os maiores problemas de agressão ao meio ambiente e de uso dos recursos hídricos.

O principal deles se encontra ao longo do eixo da Rodovia Presidente Dutra - em extenso trecho coincidente com a calha central do Vale, apresentando núcleos urbanos com elevadas densidades populacionais e fortemente industrializados destacando-se o novo "cluster" sidero-metal-mecânico do Médio Paraíba do Sul.

Outro eixo de concentração populacional ocorre ao longo da BR-040 (Rio – Belo Horizonte): iniciado no Rio de Janeiro no alinhamento Petrópolis–Areal–Três Rios, este eixo passa por Juiz de Fora, Santos Dumont e Barbacena em direção a Belo Horizonte.

Um terceiro eixo, de menor densidade populacional que os anteriores, segue ao longo da BR-116 (Rio - Bahia): partindo de Teresópolis-RJ, cruza a fronteira com MG em Além Paraíba e prossegue por Leopoldina e Muriaé até deixar a bacia, no limite Nordeste, no Município de Orizânia. Uma derivação parte da BR-116 para Noroeste na altura de Leopoldina e forma um alinhamento de concentrações ao longo da rodovia BR-120, passando por Cataguases e atravessando o limite da bacia em Ubá.

Alguns núcleos de concentração populacional se formaram devido ao incentivo de uma atividade econômica local. É o caso da Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, abrangendo as cidades de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, que cresceram graças ao turismo, e do centro regional de Campos dos Goytacazes, no Norte Fluminense, que se desenvolveu durante o ciclo da agricultura da cana-de-açúcar.

Algumas áreas da Bacia apresentam ocupação mais rarefeita, como é o caso da região próxima à vertente interiorana dos maciços da Serra do Mar, no sudoeste da bacia, de relevo mais movimentado, onde correm os rios Paraibuna e Paraitinga, formadores do rio Paraíba do Sul. Nessa área ainda encontram-se várias manchas do bioma Mata Atlântica preservado e poucos conflitos no uso dos recursos hídricos.

Outra área de baixa densidade populacional encontra-se no Baixo Vale do Rio Paraíba do Sul, no noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Essa área, embora pouco povoada, apresenta-se fortemente degradada, com altos índices de desmatamento e sérios

problemas de erosão, de perda de solos agrícolas e no uso e controle dos recursos hídricos, ocorrendo constantemente eventos extremos de cheias e de secas.

8.3 USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Na bacia do rio Paraíba do Sul,95,4% da população urbana é servida por sistemas públicos de abastecimento de água, com municípios apresentando índices de cobertura da ordem de 99%, como é o caso dos municípios das UPs CBH Paraíba do Sul, em São Paulo e CBHs COMPE e Preto-Paraibuna, em Minas Gerais; enquanto os municípios das UPs pertencentes ao Estado do Rio de Janeiro encontram-se com índices de cobertura inferiores a 90%.

Cerca de 90% do volume de água captado para abastecimento público urbano advém de cursos d'água superficiais e o restante é oriundo de aquíferos subterrâneos.Os municípios da Unidade de Planejamento CBH Paraíba do Sul (SP) apresentam a maior percentagem de volume captado em mananciais subterrâneos (17%), enquanto os municípios das demais UPs captam menos de 10%.

A bacia do rio Paraíba do Sul se caracteriza, espacialmente, por dois tipos de aquíferos subterrâneos: 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 à grande maioria da Bacia, relacionado às rochas ígneas e metamórficas que possuem baixíssima permeabilidade dependendo, portanto, da intensidade e variabilidade das fissuras para que possam ocorrer vazões que justifiquem a sua exploração. 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. Portanto, em torno de 75% dos municípios ocupam área cuja única alternativa de aproveitamento de água subterrânea será feita através de aquíferos fissurais.

Para aumentar a disponibilidade hídrica superficial nos Alto e Médio Vales do rio Paraíba do Sul, onde se encontram localizados vários núcleos urbanos com elevadas densidades

populacionais e fortemente industrializados, foram implantados na década de 1960 – 1970 os seguintes reservatórios com finalidade de regularização de vazões e geração de energia:

- Paraibuna/Paraitinga: Q reg = 64 m³/s
- Santa Branca: Q reg = 73 m³/s
- Jaguari: Q reg =25 m³/s
- Funil: Q reg = 150 m³/s

As vazões regularizadas no reservatório de Paraibuna/Paraitinga são lançadas no rio Paraíba do Sul e regularizadas no reservatório de Santa Branca, recebendo mais a jusante a contribuição das vazões regularizadas no reservatório de Jaguari. No início do Médio Vale, novamente essas vazões são regularizadas no reservatório de Funil. A operação desses reservatórios além de garantirem vazões mínimas que atendam às demandas hídricas a jusante, tem também como objetivo a formação de um volume de espera para o amortecimento de cheias e a geração de energia elétrica.

Localizada no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Barra do Pirai, encontra-se implantada a barragem-elevatória de Santa Cecília que retira água do rio Paraíba do Sul transferindo-a para a bacia do rio Guandu, para atender a geração de energia, usos industriais e ao abastecimento público da região metropolitana do Rio de Janeiro.

De acordo com a Resolução nº 211 de 26 de maio de 2003, da Agência Nacional de Águas – ANA, as vazões mínimas de transposição neste local, em situação de estiagem e normal, devem ser de 119m³/s e 160m³/s, respectivamente, sendo mantidas no rio Paraíba do Sul, para jusante, vazões mínimas de 71m³/s e 90m³/s. Assim para se atender essa Resolução deve se ter disponível em Santa Cecília vazões mínimas de 190m³/s a 250m³/s.

Merecem ainda destaque, neste trecho crítico da Bacia (UPs CBH Paraíba do Sul-SP e CBH Médio Paraíba do Sul), as demandas de água para o abastecimento dos núcleos urbanos e das indústrias aí existentes, que assumem valores significativos. Já o suprimento hídrico à agricultura (irrigação)apresenta a máxima demanda por tipologia de usuário na UP CBH Baixo Paraíba do Sul, como se observa no **Quadro 8.1**a seguir:

Quadro 8.1 Demandas Hídricas (m³/s) por tipologia de usuário

COMITÊ	ABASTECIMENTO HUMANO		INDÚSTRIA	UTE	MINERAÇÃO	IRRIGAÇÃO	PECUÁRIA	TOTAL
	URBANO	RURAL						
CBH Paraíba do Sul (SP)	**8,64**	0,12	**5,13**	0,14	**1,72**	**4,46**	0,40	20,61
CBH Médio Paraíba do Sul	**2,51**	0,04	**7,21**	0,14	0,12	0,69	0,21	10,93
CBH Guandu	0,33	0,01	0,24	-	0,01	0,02	0,03	0,65
CBH Preto Paraibuna	1,72	0,03	1,01	0,05	0,19	0,48	0,18	3,66
CBH Piabanha	1,38	0,05	0,59	0,00	0,03	**6,37**	0,08	8,50
CBH Compé	1,66	0,11	1,50	0,10	0,23	3,01	0,50	7,10
CBH Rio Dois Rios	0,70	0,05	0,44	-	0,21	3,47	0,17	5,03
CBH Baixo Paraíba do Sul	1,77	0,10	2,03	0,04	**0,51**	**11,27**	0,49	16,20
Total	**18,70**	**0,50**	**18,15**	**0,48**	**3,01**	**29,78**	**2,06**	**72,67**

A demanda de água para a agricultura irrigada assume valores expressivos nas regiões: da Baixada Campista (UP CBH Baixo Paraíba do Sul), utilizada no plantio da cana de açúcar; na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, ao longo dos vales dos afluentes do rio Piabanha (UP CBH Piabanha), onde predomina o plantio de hortícolas; na UP do CBH Paraíba do Sul-SP, principalmente no plantio de arroz irrigado, nas várzeas marginais ao rio Paraíba do Sul, no trecho de São José dos Campos a Lorena. Ainda com demandas significativas, porém menores, aparecem as UPs dos CBHs Rio Dois Rios e COMPÉ.

A atividade mineral na bacia do rio Paraíba do Sul está concentrada na exploração de agregados para construção civil como areia e argila, rochas ígneas e metamórficas, ocorrendo principalmente nas áreas sedimentares de Taubaté (UP CBH Paraíba do Sul – SP) e do Baixo Vale (UP CBH Baixo Paraíba do Sul) e, na extração de bauxita na parte alta das bacias dos rios Pomba e Muriaé (UP CBH COMPE). Embora essa atividade não demande muita água (ver Quadro 8.1) traz graves problemas ao meio ambiente da região, alterando o regime sedimentológico dos rios provocando o seu assoreamento. No caso da extração e beneficiamento da bauxita podem ainda representar riscos diretos para o meio

ambiente pelo rompimento das barragens de rejeitos, construídas para impedir que os sedimentos finos sejam carreados para os cursos d´água.

As demais tipologias de uso apresentam demandas hídricas pouco significativas.

8.4 BALANÇO HÍDRICO

O Balanço Hídrico, disponibilidade x demanda hídrica, foi realizado tomando-se como referência cada uma das cerca de 17.000“ottobacias” que compõem a bacia do rio Paraíba do Sul.

Para o trecho da bacia que abrange as UPs CBH Paraíba do Sul-SP e CBH Médio Paraíba do Sul, até o local onde se processa a transposição de vazões para a bacia do rio Guandu, o balanço hídrico resulta em uma vazão de 181m³/s afluente à região da estação elevatória de Santa Cecília, o que é insuficiente para atender às condições mínimas previstas para as situações de emergência na Resolução nº 211 de 26/05/2003da ANA, que determina que a vazão mínima liberada à barragem de Santa Cecília seja de 190 m^3/s.

Considerando-se a transposição, em Santa Cecília, de uma vazão de 119 m³/s, para o rio Guandu, tem-se como resultado do balanço hídrico uma vazão remanescente no rio Paraíba do Sul de 62 m³/s, em Barra do Piraí, quando a mesma Resolução fixava este valor em 71 m^3/s. Isto já demonstra um déficit hídrico estabelecido de 9 m^3/s.

Na atual seca que vem sofrendo a região (2013/2014), as regras de operação previstas nessa Resolução vêm sendo modificadas continuamente pela ANA reduzindo-se as vazões mínimas afluentes em Santa Cecília, as vazões transpostas e as vazões remanescentes deixadas para jusante, como relacionado a seguir:

- Resolução nº 1.038 de 17/07/2014: reduz até 15/08/2014 a vazão afluente em Santa Cecília de 190 m^3/s para 160m^3/s;
- Resolução nº 1.309 de 29/08/2014: prorroga a redução de vazão de 190 m^3/s para 160m^3/s até 30/09/2014;
- Resolução nº 1.516 de 29/09/2014: prorroga a redução de vazão de 190 m^3/s para160 m^3/s até 31/10/2014;

- Resolução nº 1.603 de 30/10/2014: prorroga a redução de vazão de 190 m^3/s para 160 m^3/s até 30/11/2014;

- Resolução nº 1.779 de 27/11/2014: prorroga a redução de vazão de 190 m^3/s para 160 m^3/s até 31/12/2014.

Face à redução das vazões afluentes a Santa Cecília para 160 m³/s, os valores de vazões transpostas e defluentes de Santa Cecília também tiveram que ser reduzidos observando-se a partição de vazões.

Conforme estabelecido nas próprias Resoluções, enquanto elas estiverem vigendo, ficam suspensos, temporariamente, os limites estabelecidos no Art. 1º, inciso I, alíneas “e” e “f” e inciso III da Resolução ANA nº 211/2013.

Essas vazões defluentes reduzidas vêm afetando os trechos do rio Paraíba do Sul a jusante do ponto de transposição, principalmente o estirão fluvial entre Barra do Piraí e Três Rios.

Cabe lembrar, ainda, que a expansão da ocupação humana para o interior do Vale no trecho da bacia que abrange as UPs CBH Paraíba do Sul-SP e CBH Médio Paraíba do Sul vem causando forte pressão sobre os recursos hídricos locais de forma que, no trecho paulista entre Guararema e Lorena, já existe comprometimento dos afluentes do rio Paraíba do Sul, assim como na região de Resende a Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro.

O balanço hídrico realizado nas “ottobacias” que compõem as sub-bacias dos rios Preto e Paraibuna mineiro (UP CBH Preto-Paraibuna) não mostrou maiores problemas de atendimento às demandas hídricas atuais, a não ser em alguns cursos d’água de menor porte e no entorno da cidade de Juiz de Fora, que necessita de atenção especial, face ao adensamento da população e de indústrias nesta região.

A contribuição do rio Paraibuna, com uma vazão remanescente em sua foz, da ordem de 73m³/s, alivia o estresse hídrico observado no trecho final da UP CBH Médio Paraíba do Sul.

O balanço hídrico realizado nas “ottobacias” que abrangem a UP CBH Piabanha, que compara disponibilidade *versus* demandas atuais nos diversos cursos d’água que contribuem para o rio Piabanha e rio São Francisco, identificou problemas de conflitos de uso por escassez e qualidade de água em diversos rios menores que chegam a atingir o

curso principal de um de seus mais importantes afluentes, o rio Preto, que apresenta déficits hídricos na região de sua cabeceira. A atividade da agricultura irrigada, bastante intensa nessa região, vem pressionando os recursos hídricos dos afluentes dos rios Preto, Paquequer e São Francisco. Ao final da bacia, o rio Piabanha lança no rio Paraíba do Sul uma vazão remanescente de 12,84 m³/s.

Com a contribuição dos rios Paraibuna e Piabanha e de outros pequenos cursos d'água, as vazões do rio Paraíba do Sul voltam a aumentar gradativamente, atingindo em Itaocara o valor de 170 m³/s. Logo a jusante de Itaocara o rio Paraíba do Sul recebe a contribuição do rio Pomba que lança em seu curso uma vazão remanescente de 42,43 m³/s.

Na sub-bacia do rio Dois Rios (UP CBH Dois Rios) o balanço hídrico indicou que, embora seus cursos d'água principais (Grande e Negro) continuem com vazões disponíveis para atender às demandas hídricas, nos afluentes da parte alta da Bacia, nos municípios de Nova Friburgo, Bom Jardim e Duas Barras, a atividade da agricultura irrigada já exerce forte pressão sobre os recursos hídricos, onde já se apresentam algumas situações de déficit hídrico. Situação semelhante ocorre com os afluentes do rio Negro no município de Itaocara e nos pequenos afluentes do Paraíba do Sul, na região do município de São Fidélis.Ao final da bacia, o rio Dois Rios lança no rio Paraíba do Sul uma vazão remanescente da ordem de 16m³/s.

Nas bacias dos rios Pomba e Muriaé, no território mineiro (UP CBH COMPÉ) as disponibilidades hídricas são suficientes para atender às demandas atuais, excetuando-se as demandas para irrigação nas sub-bacias do rio Paraopeba e do rio dos Bagres, afluentes pela margem esquerda do rio Pomba, onde se identificou a existência de déficit hídrico. O rio Pomba e o rio Muriaé deixam passar para os trechos a jusante, que atravessam o estado do Rio de Janeiro, vazões remanescentes da ordem de 40 m³/s e 10 m³/s, respectivamente.

No trecho inferior das bacias dos rios Pomba e Muriaé, em território do estado do Rio de Janeiro, as disponibilidades hídricas nos cursos principais são suficientes para atender as demandas atuais. Entretanto, no entorno dos municípios de Itaperuna e Cardoso Moreira, os pequenos afluentes a esses rios apresentam estresse hídrico devido às demandas para irrigação.

No trecho do Baixo Paraíba do Sul, a jusante da foz do rio Muriaé, o rio Paraíba do Sul apresenta vazões remanescentes da ordem de 252 m³/s, atendendo ao abastecimento das cidades de Campos dos Goytacazes e São João da Barra diretamente, e às demandas de irrigação da Baixada Campista através de canais que partem do rio principal.

Há que se considerar também a necessidade de se manter uma descarga remanescente junto à foz do rio Paraíba do Sul para conter a penetração da cunha salina.

8.5 ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Embora a bacia do Rio Paraíba do Sul tenha grande parte de sua área sob influência direta das cidades mais desenvolvidas do País (São Paulo e Rio de Janeiro), com índices de coleta e tratamento de esgoto superiores à média nacional, a situação do saneamento básico na Bacia ainda é insatisfatória. Cerca de 80% da população urbana é servida com redes de coleta de esgotos, porém, desse total, só 39% tem seus esgotos tratados.

Destacam-se as UPs de CBH Paraíba do Sul-SP e CBH Preto-Paraibuna como as de maior cobertura de coleta, com índices de 90% e 95%, respectivamente, e as UPs de CBH Baixo Paraíba do Sul e CBH Guandu como as de menores índices de cobertura de 51% e 39%, respectivamente.

No tocante ao índice de cobertura de tratamento de esgotos em relação à população urbana atendida por rede de esgoto, a situação é bem pior. A UP que apresenta o maior índice de cobertura é a do CBH Paraíba do Sul-SP (68%) enquanto a do CBH Preto-Paraibuna trata apenas 9% do esgoto coletado. As UPs CBH COMPÉ e CBH Guandu apresentam os piores índices de tratamento de esgoto: 7% e 0% do esgoto coletado, respectivamente.

Esses baixos índices de coleta e tratamento de esgoto sanitário resultam na baixa qualidade dos recursos hídricos da região que, em sua maioria, se encontram comprometidos, principalmente aqueles cursos d'água de menor porte, que atravessam ou margeiam áreas urbanas.

8.6 RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE,2008), 97% da população urbana da bacia do rio Paraíba do Sul possuem algum serviço de coleta e disposição de resíduos. A Unidade de Planejamento que apresenta o maior índice de

atendimento é a do CBH Paraíba do Sul-SP (99%) e a de menor é a do CBH Médio Paraíba do Sul (93%).

A grande maioria dos municípios da Bacia reportou ser servido com coleta de lixo domiciliar/comercial (99%), com coleta regular de vias e logradouros (91%) e com serviços de coleta de lixos especiais (82%).

Cerca de 70% dos municípios possuem coleta de lixo pelo menos três vezes por semana, sendo que 46,3% têm coleta diária. Os piores índices são observados nos municípios das Unidades de Planejamento CBH Paraíba do Sul-SP, CBH Piabanha e CBH Preto Paraibuna, onde apenas um pouco mais da metade dos municípios possuem coleta de lixo pelo menos três vezes por semana.

Um dos aspectos mais importante na avaliação dos impactos causados pela geração de resíduos sólidos, além da sua coleta, vem a ser a sua disposição final.

Na bacia do Paraíba do Sul, cerca de 28% do lixo produzido é disposto em aterros sanitários, localizados principalmente nas bacias das unidades de planejamento CBH Paraíba do Sul-SP e CBH Guandu (sub bacia Rio Piraí). A grande maioria dos municípios ainda utiliza os aterros controlados, o que representa cerca de 34% do lixo coletado na Região. Geralmente estas alternativas são utilizadas em municípios com população acima de 60 mil habitantes, com maior produção de lixo. Uma razoável quantidade de municípios ainda utiliza os lixões como alternativa de disposição para 23,7% do lixo produzido, o que causa contaminação do solo, das águas subterrâneas e superficiais das proximidades do local de disposição. A pior situação encontra-se nos municípios das Unidades de Planejamento dos CBHs Baixo Paraíba do Sul, Médio Paraíba do Sul onde mais de 60% do lixo coletado é depositado em vazadouros a céu aberto (lixões).

A produção de chorume na Região é de cerca de 1,5 mil m³/dia, representando aproximadamente 14,7 toneladas de DBO por dia. Cerca de 11,4 toneladas de DBO por dia ainda chegam aos cursos d'água, provenientes da percolação do chorume.

8.7 QUALIDADE DAS ÁGUAS

No trecho inicial da UP CBH Paraíba do Sul-SP, até o reservatório de Santa Branca, onde a ocupação humana ainda é rarefeita, os rios Paraibuna, Paraitinga e Paraíba do Sul

apresentam ótima qualidade da água, com índices IQA superiores a 90. A partir do reservatório de Santa Branca a ocupação vai se tornando mais intensa e esse índice vai caindo, chegando até São José dos Campos com valores da ordem de 60, ainda com uma qualidade de água considerada boa, observando-se no afluente Jaguari índices de IQA variando de 90 a 56. Mais a jusante, à medida que a ocupação vai se adensando e é maior a contribuição de efluentes domésticos e industriais, não tratados, a qualidade da água vai piorando e no trecho entre Caçapava-SP e Aparecida-SP já passa a ser regular, com índices da ordem de 50. No trecho final da UP CBH Paraíba do Sul-SP, a partir de Lorena-SP (IQA 51), face ao aumento da vazão do rio Paraíba do Sul, aliado a melhores índices de coleta e tratamento de esgoto, a qualidade da água vai melhorando, atingindo em Queluz-SP índices da ordem de 59, sendo classificada como de boa qualidade.

Na UP CBH Médio Paraíba do Sul, após o reservatório de Funil, o rio passa outra vez a sofrer diretamente os efeitos das atividades antrópicas a partir do município de Itatiaia-RJ. Deste ponto em diante é severamente impactado por receber toda a carga de esgotos domésticos sem tratamento, assim como efluentes líquidos de indústrias e de atividades agropecuárias localizadas na sua bacia de drenagem, piorando a qualidade de suas águas, sendo, entretanto, classificadas como aceitável.

Na sub-bacia do rio Paraibuna mineiro – UP CBH Preto Paraibuna – as águas do curso d'água principal, em seu alto curso, apresentam-se com qualidade boa, piorando após a cidade de Juiz de Fora devido ao lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais desta cidade. Quando alcança o rio Paraíba do Sul, a qualidade da água do rio Paraibuna, no entanto, é boa, confirmando a excelente capacidade de depuração desse rio, resultante da diluição dos efluentes proporcionada pelas afluências dos rios Preto e do Peixe, que possuem águas de boa qualidade.

A sub-bacia do rio Piabanha (UP CBH Piabanha) é pouco estudada quanto à qualidade de suas águas e sua biota aquática como um todo. No entanto, os dados obtidos de recente monitoramento sugerem que a principal interferência na qualidade das águas do rio é oriunda de lançamentos de esgotos domésticos sem tratamento, de determinados despejos industriais e de efluentes de áreas agrícolas, além, da água de chuva que carreia material fecal das áreas de pastagens e resíduos sólidos das áreas urbanas para o interior dos cursos d'água.

De acordo com KLING (2005) que analisou dados do CEIVAP (2002),12 parâmetros exibiram violações aos patamares das Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 para rios Classe 2.Os coliformes fecais apresentaram a maior quantidade de violações de classe, demonstrando o alto grau de comprometimento dos rios por matéria fecal, em face do baixo índice de tratamento dos esgotos domésticos. O fósforo total apresenta altos índices de violação. Os esgotos domésticos e determinados despejos industriais são importantes fontes de fosfato.Os parâmetros coliformes totais, fenóis, ferro solúvel e manganês, apresentam percentuais de violação que indicam necessidade de atenção.

O rio Piabanha e seu afluente rio Quitandinha já apresentam em seu alto curso indícios de avançado grau de alteração de sua qualidade nos trechos que se encontram em áreas urbanas muito adensadas do município de Petrópolis-RJ e vai se degradando à medida que recebe novos afluentes poluídos.

Além da avaliação do canal principal do rio Piabanha, deve-se considerar a influência do rio Preto e de seu afluente rio Paquequer sobre a qualidade de água do curso médio inferior do rio Piabanha.

Os rios Paquequer e Preto se destacam, dentre outros aspectos, pela forte degradação na qualidade de suas águas, visto que apresentam altas concentrações de metais pesados, devido à contaminação de suas áreas de drenagem. A atividade agrícola e os insumos a ela associados foram considerados as principais vias de acesso de Cr, Cu e Pba esses rios (BIZERRIL & LIMA, 2000).

Na região de Petrópolis e Teresópolis, onde é forte a agricultura, até hoje se observam práticas inadequadas de uso e manejo do solo tais como o plantio morro abaixo, uso indiscriminado de agrotóxicos, substituição da vegetação marginal, o que ocasiona o incremento do aporte de sedimentos e de poluentes aos cursos d'água.

Na área urbana, os efluentes domésticos podem representar a principal fonte de Zn para a bacia. O mercúrio, por sua vez pode, assim como Cu, Pb e Cr, refletir o uso de defensivos, intensamente aplicados nas plantações locais. Alguns outros parâmetros representam fortes indícios de degradação ambiental, como a alta concentração de fosfato total, resultando num processo de eutrofização das águas do rio Preto, que limita as possibilidades de usos das águas.

O perfil de contaminação bacteriológica observada no rio Preto está intimamente relacionado à ausência de saneamento básico na região. Neste contexto, a população local lança diretamente nas águas do rio Preto esgotos sanitários *in natura*, apresentando valores extremamente elevados de coliformes, podendo acarretar doenças para os usuários da água.

As amostras de água coletadas tanto no rio Piabanha quanto nos rios Paquequer e Preto apontam para uma melhora na qualidade da água ao longo do curso destes rios, o que se explica pelo distanciamento dos principais centros urbanos (respectivamente Petrópolis e Teresópolis) e pela autodepuração dos rios.

As sub-bacias dos rios Pomba e Muriaé, no seu trecho mineiro, que formam a UPCBH COMPÉ, fortemente degradadas pela prática da pecuária extensiva e da agricultura, além da mineração de bauxita no seu trecho superior, apresentam seus cursos d'água com a qualidade de água comprometida, principalmente nos trechos onde atravessam ou margeiam núcleos urbanos.

Os frequentes acidentes de rompimento de barragens de rejeitos da atividade de mineração de bauxita e da indústria de papel e celulose, existentes nessas sub-bacias, provocando o vazamento de resíduos tóxicos para os rios Pomba e Muriaé têm causado sérios prejuízos às comunidades ribeirinhas interrompendo temporariamente o abastecimento de diversas cidades dos estados de Minas Gerais e do Rio de Janeiro.

A poluição difusa desses corpos hídricos é causada por fertilizantes orgânicos oriundos de áreas agrícolas, por material fecal das áreas de pastagens e resíduos sólidos das áreas urbanas carreados para o interior dos cursos d'água pela chuva e, também, por nutrientes presentes no esgoto doméstico.

Apesar destes impactos, o rio Pomba é hoje um dos tributários em melhor estado de conservação na bacia do Paraíba do Sul, principalmente por caracterizar-se como um rio de corredeiras com expressivo aumento do oxigênio dissolvido em suas águas ao longo de seu percurso.

A bacia do rio Dois Rios (UP CBH Dois Rios), formada pelas sub-bacias dos rios Grande e Negro apresenta, situações diferenciadas quanto à qualidade de suas águas, em função do grau de desenvolvimento e das condições de integridade ambiental.

Na sua parte superior da bacia, no alto curso do rio São Lourenço (ou Grande) e do rio Santo Antônio, face à sua baixa ocupação, as águas desses rios podem ser classificadas como “boas”.

Em alguns trechos mais a jusante, devido ao seu alto grau de desenvolvimento, com a presença de núcleos urbanos com elevadas concentrações humanas e industriais que utilizam suas águas para diversos fins, inclusive para a diluição de seus efluentes domésticos e industriais, levaram ao comprometimento na qualidade de suas águas, fazendo com que essas sejam classificadas como “ruins”.

Esta condição é particularmente notável no rio Bengala e seus afluentes que atravessam a área urbana de Nova Friburgo e no rio Grande, a partir da PCH Xavier, onde efluentes domésticos e industriais tornam-se mais expressivos, culminando na área de encontro do rio Bengala com o rio Grande, no município de Bom Jardim.

Amostras de água do rio Bengala se destacam por apresentarem valores expressivamente elevados de coliformes termotolerantes e fósforo, enquanto as amostras de água coletadas no rio Grande, em áreas mais afastadas do ambiente urbano e com maiores interações com áreas agrícolas, apresentam maiores concentrações de Cd e Pb, ambos presentes em defensivos e herbicidas.

Por fim, o distanciamento dos maiores centros urbanos, associado com a formação de diversas corredeiras devido ao relevo no qual fui o rio Grande tem como resultado uma progressiva melhora na integridade geral do ambiente e particularmente na qualidade de suas águas que passam a ser classificadas como “intermediária”. Esse processo de autodepuração ocorre de forma eficiente, de tal modo que a partir do terço final da bacia a qualidade das águas e as condições de integridade ambiental mostram-se bastante aceitáveis.

No trecho final da bacia do rio Paraíba do Sul que compõe a UP CBH Baixo Paraíba do Sul, observa-se uma melhoria da qualidade das águas em relação às águas das sub-bacias contribuintes o que, provavelmente, é reflexo da diluição promovida pelas maiores vazões do rio Paraíba do Sul.

Os principais parâmetros com potencial de comprometimento deste trecho foram: fósforo total, coliformes termo-tolerantes, chumbo e alumínio solúvel.

No estirão final do rio Paraíba do Sul tem-se observado a penetração da cunha salina nos períodos de estiagem e durante as marés altas, por longo trecho a partir da foz. Na presente seca, com a redução da vazão do rio Paraíba do Sul, a cunha salina tem alcançado pontos bem para o interior do rio, causando paralisações na captação da ETA de São João da Barra, situada a 4 km da foz, segundo informações da CEDAE.

8.8 CONCLUSÕES

De forma geral, a bacia do rio Paraíba do Sul apresenta os problemas de uma região cuja ocupação se deu em processos pouco comprometidos com a conservação dos recursos naturais e sem o planejamento integrado do uso de seus recursos hídricos o que levou ao comprometimento na quantidade e qualidade de suas águas.

A expansão da agricultura e da pecuária extensiva sem os cuidados devidos de conservação dos solos e eliminando partes significativas da cobertura vegetal, causaram problemas de erosão e lixiviação do solo resultando no assoreamento dos corpos d'água. A atividade minerária de extração de areia cria o desequilíbrio do regime sedimentológico dos rios agravando esse assoreamento.

A implantação de núcleos urbanos ocupando áreas marginais aos cursos d'água removendo a mata ciliar e lançando nos corpos d'água os despejos domésticos e oriundos da atividade industrial, sem o devido tratamento, vem causando a degradação dos recursos hídricos e reduzindo a disponibilidade hídrica devido à redução da sua qualidade.

O balanço hídrico realizado mostrou que, embora ao longo do curso d'água principal, à exceção do trecho do Médio Paraíba do Sul, não se observe a existência de conflito de uso dos recursos hídricos, a disponibilidade nas bacias contribuintes ao rio Paraíba já se encontram fortemente pressionadas para atender às demandas atuais, ocorrendo déficit hídrico em cursos d'água de menor porte..

Conclui-se que as questões do saneamento básico e de proteção, preservação, conservação e recuperação de mananciais e a recomposição da cobertura vegetal marginal assumem importância capital na gestão dos recursos hídricos da Bacia e, portanto, devem ser encaradas como prioritárias conforme explicitado na Deliberação CEIVAP nº 199/2012 que instituiu o Plano de Aplicação Plurianual da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul para o período de 2013 a 2016, de forma a minorar os lançamentos de esgotos *in natura* e a favorecer a preservação das áreas de recarga dos mananciais. Adicionalmente, deve ser

intensificado o controle da qualidade dos efluentes industriais lançados nos cursos d'água da Bacia. Ações determinadas de combate às perdas nos sistemas de distribuição de água devem ser tomadas de forma a aumentar a oferta de água para abastecimento público atualmente e no futuro.

Será necessário incentivar municípios a adotar em seus Planos Diretores, diretrizes de disciplinamento de construções em terrenos situados nas faixas marginais de proteção visando minimizar a ocorrência de inundações com risco à vida e às propriedades. Os estudos contratados pela AGEVAP para o município de Barra Mansa e, mais recentemente, pelo INEA para Volta Redonda são exemplos a serem seguidos em outros trechos sujeitos a inundações frequentes.

Ressalta-se que as ações de gestão dos recursos hídricos nos aspectos quantitativos e qualitativos são vitais na preservação e orientação do uso da água de forma harmoniosa, sustentável e adequada, de forma a garantir esta alavanca ao desenvolvimento da região da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul.

Para tal, é necessária a consolidação da implantação dos 22 pontos estabelecidos para a Bacia, visando o controle e o monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos da região, em pontos estratégicos de entrega de água, monitoramento de reservatórios de regularização e controle dos recursos hídricos na calha principal do rio Paraíba do Sul e seus principais afluentes.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, COPPETEC, 2007, Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul (2007-2010), Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial de Cobrança (2002-2006), http://www.ceivap.org.br/planobacia.php
- Almeida, F.F.M. 1967 Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Bol. Div. Geol. Min,. Rio de Janeiro, DNPM, n. 241. p. 1-36.
- Carneiro, C.D.R.; Hasui, Y.; Giancursi, F.D. 1976 Estrutura da Bacia de Taubaté na região de São José dos Campos. In: Cong. Bras. Geologia, 29. 1976, Ouro Preto. Anais...Ouro Preto, v.4, p. 247-256.
- Fernandes, F.L.; Chang, H.K. 2001 Modelagem gravimétrica da Bacia do Taubaté – Vale do Rio Paraíba do Sul, Leste do Estado de São Paulo. Brazilian Journal of Research, 19 (2).
- Fúlfaro, V.; Bjomberg, J. 1993 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.
- Hasui, Y.; Ponçano, W.L. 1978 Organização estrutural e evolução da Bacia de Taubaté. In: Cong. Bras. Geologia, 30. Recife. Anais...Recife, v.1, p.368-381.
- Hasui, Y.; Bistrichi, C.A.; Carneiro, C.R.; Stein, D.; Melo, S.; Pires Neto, A.G.; Ponçano, W. 1978 Geologia da Folha de São José dos Campos – SP (SF-23-Y-D-II). São Paulo, IPT. p. 50.
- IPT (Instituto Tecnológico do Estado de São Paulo, 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. Nota explicativa. IPT, São Paulo. n. 6, 126p.
- IPT (Instituto Tecnológico do Estado de São Paulo, 1990. Geologia das Folhas Jacareí, Tremembé, Taubaté e Pindamonhangaba, escala 1:50.000, IPT, Estado de São Paulo.
- Oliveira, J. B., Camargo, M. N., Rossi, M., Calderano Filho, B., 1999. Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. 1:500.000. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas (IAC).
- Ponçano, W. L.; Carneiro, C. D. R.; Bistrichi, C. A; Almeida, F. F. M.; Prandini, F. L., 1981. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. São Paulo, IPT. 94p.
- Ricommini, C. 1989 O rift continental do Sudeste do Brasil. São Paulo. 256p. (Tese de Doutoramento). Inst. Geociências, USP.
- Ross, J.L.S., Moroz, I. C., 1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, FFLCH/USP, 10: 41-56.
- Saad, 1990 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.

9.1 GEOMORFOLOGIA

- 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.
- CPRM – Unidades geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro (www.cprm.org.br).

- FLOREZANO, t.g. (Org.) Geomorfología. Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo, Editora Oficina de Textos. 2010.
- 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.S. & MUNOZ, - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala 1:500.000. USP/Fapesp.

9.2 RECURSOS MINERAIS

- Devide, A.C.; Castro, C.M.; Ribeiro, R.L.C.; Abboud, A.C.; Pereira, M.G.; Runijanek, N.G. História ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. Revista de Biociências, 20 (1): 12-29, 2014
- DNPM - Águas minerais do Brasil: Distribuição, classificação e importância econômica. Brasília, DF, MME/DNPM. 135 p,.2004
- 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.

9.3 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

- CBH-PS Plano da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, Trecho do Estado de São Paulo. 2011-2014. Relatório Final. Vol.1. 2011
- CABRAL, j.; LOIDE, S. SIMÕES, S.; MONTENEGRO, S. –Recursos hídricos subterrâneos. Porto Alegre, ABRH. P.. 237-277. 2001.
- 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. Obtido no site: <www.cetesb.sp.gov.br>..2007.

- 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. Rev. 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. 37190/958São Paulo. 1998.
- IRITANI, , M.A.. –Modelagem matemática tridimensional para a proteção das captações de água subterrânea. Instituto de Geociências, USP (Tese de Doutoramento). São Paulo, 1998.

9.4 COBERTURA VEGETAL E UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

- EPE/SONDOTÉCNICA, 2007, Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, http://epe.gov.br/MeioAmbiente/Paginas/AAI/MeioAmbiente_6.aspx?CategoriaID=101.

9.5 ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

- AB'SABER, A, N. Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.
- 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.
- ALVES, C.B.M., 2005 - Espécies Exóticas de Peixes em Minas Gerais – Situação atual e estudo de caso: Rio Glória (Bacia do Rio 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.
- APARPS, 1998 - Projeto Piabanha. Associação de Pescadores e Amigos do Rio Paraíba do Sul, Itaocara. 63pp.
- 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, 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.
- ATTAYDE, J.L. & L.A. HANSSON, 2002 – Fish mediated nutrient recycling and the trophic cascade in 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, *Oreochromisniloticus*, sobre a estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos do bioma caatinga. Oecol. Bras., 11 (3): 450-461, 2007
- BACELLAR, L. A. P., 2005 – O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. Geo.br.
- 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 Rio Paraíba 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. São Paulo, 355 p.
- 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, International 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., 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 - 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., 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) A Ictiofauna: 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.; 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.
- CARNEIRO, P. R. F., 2000 - Água e Conflito na Baixada dos Goytacazes. XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, Resumos. Caxambu, Minas Gerais.
- CASADO F.C., M.L. C.ETCHEBEHERE,J.C.STEVAUX, P.E.OLIVEIRA& A.R.SAAD, 2011 - Estratigrafia e paleoambienteneoquaternário 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
- COSTA, G., 1994 – Caracterização histórica, geomorfológica e hidráulica do estuário do Rio Paraíba do Sul. Dissertação de mestrado. UFRJ, Rio de Janeiro.
- 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.
- ENERGISA/NP CONSUTORIA AMBIENTAL, 2010 – Avaliação Sinérgica 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
- GARAVELLO, J.C., 2005 - Revisionof genus Steindachneridion (Siluriformes: Pimelodidae). Neotrop. ichthyol. vol.3 no.4 Porto Alegre Oct./Dec. 2005
- GÉRY, J. 1977 - Characoids of the world. T.F.H., Neptune City. 672p.
- 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.
- HARRIS, L.D., 1984 - The fragmented forest. Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. The Universityof Chicago Press, Chicago. 211 pp.
- 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.
- 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.
- LIMA, R.S., 1997 – Ictiofauna do alto curso do Rio Paraíba do Sul. Dissertação de mestrado. USP, São Paulo.
- 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 BiologyandConservation 3(2):73-77.
- 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.
- 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., 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.
- 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.
- NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008 – Programa de Monitoramento da Ictiofauna – UHE Picada. Relatório Consolidado.
- 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.
- OLIVEIRA, D, 2010 - River capture as reliefevolutionevidences: a review. Revista do Departamento de Geografia, n. 20, p. 37 - 50.
- 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..
- POLAZ, C. N.M., et al., 2011 – Plano de Ação Nacional para a conservação das espécies aquáticas ameaçadas de extinção do Rio Paraíba do Sul. ICMBio, Brasília.
- 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.
- 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
- SOFFIATI A., s/d- Os canais de navegação do século XIX no Norte Fluminense.
- SOFFIATI A., 2005 - História 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.
- 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
- SOFFIATI, A., P.B. PRIMO & C.R.S.F. BIZERRIL, 2002 – Lagoas do norte fluminense. SEMADS, RJ.
- THOMS, M.C.; PARSONS, M., 2002 - Eco-geomorphology: an interdisciplinary approach to river science. InternationalAssociationofHydrologicalSciences 276: 113–120.
- WARD, J.V. , 1989 - The four-dimensional nature of lotic ecosystems. Journalofthe North American BenthologicalSociety 8, 2-8.
- WU, J.; LOUCKS, O.L., 1995 - From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. QuarterlyReviewofBiology 70:439–466.
- WU, J., 1999 - Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. CanadianJournalof Remote Sensing 25: 367–380, 1999.

9.6 QUALIDADE DA ÁGUA

- 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.
- 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
- DESENVIX/NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008 – PCH Bonança – Relatório Ambiental Simplificado. Rio de Janeiro.
- DESENVIX/NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008 – PCH Sossego – Estudo de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro.
- KLING, A.S.M., 2005 – Aplicação do método Batelle na avaliação do impacto ambiental na bacia hidrográfica do rio Piabanha. Dissertação de Mestrado – Fundação Oswaldo Cruz.
- LEÃO, M.M., 2011 – Monitoramento da qualidade de água do rio Grande – bacia do rio Paraíba do Sul. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa.
- PETTS, G.E. & C. AMOROS, 1997.Fluvial hydrosystems. London, Chapman & Hall. 322 pp.

- PSR, NP CONSULTORIA AMBIENTAL & AECOGEO, 2011– Avaliação ambiental integrada – Bacia do rio Grande. Rio de Janeiro.
- 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.
- WATERMARK, 1999 - UHE Santa Rosa - Estudo de Impacto Ambiental. WATERMARK/LEME ENGENHARIA. Rio de Janeiro.

9.7 ÁREAS VULNERÁVEIS E EVENTOS CRÍTICOS

- CASTRO, Antônio Luiz C. Glossário de Defesa Civil, Estudos de Riscos e Medicina de Desastres. 5ª ed. Secretaria Nacional de Defesa Civil, Ministério da Integração Nacional. Brasília, 2003.
- CEPED/UFSC. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2010. Volume Minas Gerais. Coordenação do Prof. Dr. Antônio EdésioJungles. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.
- CEPED/UFSC. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2010. Volume Rio de Janeiro. Coordenação do Prof. Dr. Antônio EdésioJungles. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.
- CEPED/UFSC. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2010. Volume São Paulo. Coordenação do Prof. Dr. Antônio EdésioJungles. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina. 2011.
- GAEE/SP. Desastres Naturais e Riscos Geológicos no Estado de São Paulo: Cenário de Referência - 2012. BROLLO, Maria José e TOMINAGA, Lídia Keiko (Orgs.). Boletim nº 1. Grupo de Articulação de Ações Executivas (GAEE), Governo do Estado de São Paulo. Dez 2012.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO. Defesa Civil Nacional. Relatórios Avadan e Nopred do período 2000-2012 dos municípios pertencentes à bacia do rio Paraíba do Sul. Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres. http://www.integracao.gov.br/defesa-civil/s2id
- PERHI-RJ-RT-03. Vulnerabilidade a Eventos Críticos. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro (PERHI-RJ). Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente (LabHid-Coppe/UFRJ) e Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Relatório estratégico preliminar, julho 2013.

9.8 PATRIMÔNIO HISTÓRICO

- http://www.institutoestradareal.com.br/estrada-real/ (acesso em 02/05/2014).
- http://www.iepha.mg.gov.br/bens-protegidos/bens-culturais-tombados (acesso em 03/05/2014)
- http://www.cultura.sp.gov.br/SEC/Condephaat/Bens%20Tombados/lista_fev.13_BensTombOrdMunicipios_Site.pdf (acesso em 03/05/2014)
- http://www.inepac.rj.gov.br/index.php/bens_tombados/realizabusca?municipios=74&BemCultural=&PalavraChave (acesso em 03/05/2014)

9.9 INSTRUMENTOS DE GESTÃO

- COSTA, 2009. O que é enquadramento dos corpos d'água? Palestrahttp://189.114.223.236:8484/dspace/bitstream/123456789/234/6/Marcelo_Pires_da_Costa_ANA.pdf (acessado em 15/06/2013)
- VALLENGE/AGEVAP/CEIVAP. Relatório Técnico sobre Outorga com Subsídios para Ações de Melhoria da Gestão na Bacia do Rio Paraíba do Sul, 2010b.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos, 2013, http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sof/MANUALDEProcedimentosTecnicoseAdministrativosdeOUTORGAdeDireitodeUsodeRecursosHidricosdaANA.pdf

9.10 SANEAMENTO AMBIENTAL

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, Cadastro Nacional De Recursos Hídricos, Estado Do Rio De Janeiro, Março 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, Cadastro Nacional De Recursos Hídricos, Estado de Minas Gerais, Março 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, Outorgas de direito de uso, 2007 a 2011.
- ANPED – Associação Nacional de Pesquisas em Ecodesenvolvimento. O Processo de Avaliação de Impactos Ambientais e Geral, a Hidrelétrica no Brasil. In: Política Ambiental e Ecodesenvolvimento. Rio de Janeiro: ANPED, 1992.
- ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL – AGEVAP, Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, 2007.
- BACHFISCHER, R. Métodos para Integração dos Recursos Ambientais no Processo de Planejamento Espacial: Métodos Voltados para a Análise de Efeitos Ecológicos Brasília. IBAMA, 2001.
- BARRETO, A.B.C., MONSORES, A.L.M., LEAL, A.S., et al., 2000, Caracterização Hidrogeológica do Estado do Rio de Janeiro. In: Estudo Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro, MME (Ministério de Minas e Energia), SMM (Secretaria de Minas e Metalurgia), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), Brasília.
- CAETANO, L. C., 2000, Água Subterrânea no Município de Campos dos Goytacazes (RJ): Uma Opção para o Abastecimento. Tese de Mestrado, Instituto de Geociências/UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.
- CONSÓRCIO ICF-KAISER-LOGOS, 1999, Caracterização Hidrogeológica da Bacia do Rio Paraíba do Sul no Estado de São Paulo – Nota Técnica NT-01-015 – Revisão A. In: Projeto Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul, São Paulo.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, Dados de Qualidade da Água, 2002 a 2012.
- CUMULATIVE EFFECTS ASSESMENT. Integrated Environmenthal Management Information Series. South África: DepartmentofEnvironmenthalAffairsandTourism, 2005.
- EPE-EMPRESA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO/SONDOTÉCNICA – AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL -2007/2008-
- FORRESTER, J. W. Industrial Dynamics. Portland, Oregon, EUA: Productivity Press, 1961. 464p.

- FORRESTER, J. W. System Dynamics and the Lessons of 35 Years. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, 1991.
- HELLER, L. Saneamento e Saúde, Brasília 1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Censo Demográfico, 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Censo Agropecuário, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE, Dados de Qualidade da água, 1980 a 2010.
- INSTITUDO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS, Dados de qualidade da água, 2002 a 2010.
- OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA-NOS/AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional -2005.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – Irrigação e Fertirrigação em Citros, Eugênio Ferreira Coelho, Antonia Fonseca de Jesus Magalhães, Maurício Antonio Coelho Filho, 2004.

9.11 QUALIDADE DAS ÁGUAS DE SUPERFÍCIE

- 🕮 AB'SABER, A, N. Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.
- 🕮 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.
- 🕮ALERJ-Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro, 2006. Relatório técnico. Rio Paraíba do Sul – Reservatório do Funil: Poluição e Degradação Ambiental. Comissão permanente de defesa do Meio Ambiente. 52p
- 🕮BRANCO, C. W.C. KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; SOUSA-FILHO, I.F., GUARINO, A.W.S.; ROCHA, R.J., 2009. Impact of climate on the vertical water column structure of lajes reservoir (brazil): a tropical reservoir case. LakesandReservoir. 14: 175-191.
- 🕮 BRANCO, C.W.C.; SENNA, P.A.C. 1994. Factors influencing the development of Cylindrospermopsisraciborskii and Microscystis aeruginosa in the Paranoá Reservoir, Brasília, Brazil. AlgologicalStudies, v. 75, p. 85-96.
- 🕮BRANCO, C.W.C., ROCHA, M.I.A., PINTO, G.F.S., GÔMARA, G.A., DE FILIPPO, R, 2002. Limnological features of Funil reservoir (RJ, Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community. Lakes&Reservoirs: Researchand Management 7: 87-92
- 🕮 BRANCO, C.W.C; KOZLOWSKY-SUZUKI, B.; SOUSA-FILHO, I.F.; GUARINO, A.W.S.; ROCHA, R.J. 2009. Impact of climate on the vertical water column structure of Lajes Reservoir (Brazil): A tropical reservoir case. Lakes&Reservoirs: Researchand Management 14: 175–191

- 🕮 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
- 🕮 DESENVIX/NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008 – PCH Bonanca – Relatório Ambiental Simplificado. Rio de Janeiro.
- 🕮 DESENVIX/NP CONSULTORIA AMBIENTAL, 2008 – PCH Sossego – Estudo de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro.
- 🕮 ECOLOGY, 2011- UHE Itaocara - Estudo de Impacto Ambiental. Rio de Janeiro.
- 🕮 ELETROBRÁS, 1990 - Plano Diretor de Meio Ambiente do Setor Elétrico 1991/1993. Rio de Janeiro (2 vols).
- 🕮 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).
- 🕮GUEDES, H.A. S., D.D. da SILVA, A.A., C.B. M. RIBEIRO; A.T. de MATOS; A. ELESBON; B.M.B. da SILVA; C.R.GOMES; L.LISBOA& V.S.MARTINS, 2010 – Avaliação da qualidade da água do médio rio Pomba (MG) Utilizando análise de agrupamento. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
- 🕮GUEDES, H.A. S., D.D. da SILVA, A.A. A. ELESBON, C.B. M. RIBEIRO, A.T. de MATOS & J.H. P. SOARES, 2012 - Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.5, p.558–563.
- 🕮 HARRIS, L.D., 1984 - The fragmented forest. Island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. The Universityof 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.
- 🕮 HOLOS, 2013 – Avaliação ambiental integrada – Bacias dos rios Paraibuna/Preto, Piabanha, Pomba e Muriaé. Agevap.
- 🕮INEA, 2010 - Avaliação ambiental do rio Paraíba do Sul - Trecho Funil - Santa Cecília - Relatório técnico.
- 🕮 IPT, 2011-2014 - Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, Trecho do Estado de São Paulo (UGRHI 02), Relatório Final.
- 🕮 KLING, A.S.M., 2005 – Aplicação do método Batelle na avaliação do impacto ambiental na bacia hidrográfica do rio Piabanha. Dissertação de Mestrado – Fundação Oswaldo Cruz.
- 🕮 LEÃO, M.M., 2011 – Monitoramento da qualidade de água do rio Grande – bacia do rio Paraíba do Sul. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa.

- 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.
- MACHADO, Pedro José de Oliveira. Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial: instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'Uvas/MG. Niterói: UFF, 2012 (Tese de Doutorado em Geografia).
- 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.
- ORLANDO, Paulo Henrique Kingma. Produção do Espaço e Gestão Hídrica na Bacia do Rio Paraibuna (MG-RJ): uma Análise Crítica. Presidente Prudente: UNESP, 2006. (Tese de Doutorado em Geografia).
- PAYNE, A.L., 1986 - The ecology of tropical lakes and rivers. Jonh Wiley & Sons, New York. 301 pp.
- PETTS, G.E. & C. AMOROS, 1997.Fluvial hydrosystems.London, Chapman & Hall. 322 pp..
- PSR, NP CONSULTORIA AMBIENTAL & AECOGEO, 2011– Avaliação ambiental integrada – Bacia do rio Grande. Rio de Janeiro.
- ROCHA, M.I.A., BRANCO, C.W.C., SAMPAIO, G.F., GÔMARA, G.A., DEFILIPPO, R., 2002. Spatial and temporal variation of limnological features, Microcystis aeruginosa and zooplankton in an eutrophic reservoir (Funil Reservoir, Rio de Janeiro). Acta Limnol. Bras. 14(3): 73-86.
- ROCHA, M.I.A, 2012, Avaliação de fatores que contribuem para a dominância de cianobactérias no reservatório do Funil e proposição de medidas para a melhoria da qualidade da água. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- ROCHA, M.I.A. 2007. Estudo da variação sazonal do fitoplâncton e zooplâncton e da concentração de microcistinas nesses dois níveis tróficos no Reservatório do Funil (Resende-RJ). Dissertação de Mestrado. IBCCF-UFRJ.
- ROCHA, M.I.A., BRANCO, C.W.C., SAMPAIO, G.F., GÔMARA, G.A., DEFILIPPO, R., 2002. Spatial and temporal variation of limnological features, Microcystis aeruginosa and zooplankton in an eutrophic reservoir (Funil Reservoir, Rio de Janeiro). Acta Limnol. Bras. 14(3): 73-86.
- STAICO, Jorge. A bacia do rio Paraibuna em Juiz de Fora. Juiz de Fora: UFJF, 1977
- ROSA, D.M., 2012 – Evolução da qualidade de água do rio Paraíba do Sul. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.
- 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 rivercontinuumconcept. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 130-137.
- WATERMARK, 1999 - UHE Santa Rosa - Estudo de Impacto Ambiental. WATERMARK/LEME ENGENHARIA. Rio de Janeiro.

9.12 CARACTERIZAÇÃO DE PLANOS E PROGRAMAS EXISTENTES

- AGERIO: http://www.agerio.com.br/index.php/pt_br/
- BDMG: http://www.bdmg.mg.gov.br/Paginas/default.aspx
- BNDES: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt
- CEDAE: http://www.cedae.com.br/
- CETESB: http://www.cetesb.sp.gov.br/#
- COPASA: http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home
- DESENVOLVESP: http://desenvolvesp.com.br/
- FIEMG: http://www5.fiemg.com.br/
- FIESP:http://www.fiesp.com.br/
- FIRJAN: http://www.firjan.org.br/main.jsp?lumChannelId=402880811F24243A011F243843420638
- Orçamento do Governo de Minas Gerais - http://www.Planejamento.mg.gov.br /planejamento-e-orcamento/orcamento-do-estado-de-minas-gerais
- Orçamento do Governo do Rio de Janeiro - http://www.rj.gov.br/web/seplag /exibeconteudo?article-id=186183
- Orçamento do Governo de São Paulo - http://www.planejamento.sp.gov.br /index.php?id=13
- Orçamento Federal 2013 - http://www.planejamento.gov.br/secretaria.asp?cat =50&sub=654&sec=8
- Planejamento Energético - http://www.mme.gov.br/mme/menu/acesso_a_ informacao/acoes_e_programas/acoes/spe.html
- Plano Plurianual do Governo de Minas Gerais 2012-2015 - http://www. planejamento.mg.gov.br/planejamento-e-orcamento/plano-plurianual-de-acao-governamental
- Plano Plurianual do Governo do Rio de Janeiro 2012-2015 - http://www.rj.gov. br/web/seplag/exibeConteudo?article-id=1519294.
- Plano Plurianual do Governo de São Paulo 2012-2015 - http://www. planejamento.sp.gov.br /index.php?id=14
- Plano Plurianual Mais Brasil (PPA 2012-2015) - http://www.planejamento.gov. br/secretaria.asp?cat =155&sub=175&sec =10#%23ppaAtual

9.13 REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; Sistema de Informações Hidrológicas – HIDROWEB. Disponível em: http://hidroweb.ana.gov.br; Acesso em: 26 abr. 2013, às 15:40hs.
- Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP (Dados coletados no próprio órgão através de mídia removível).
- Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – CEIVAP (Dados coletados no próprio órgão através de mídia removível).

- Companhia de Saneamento Básico de São Paulo – CETESB. Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo. 2010-2012. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 2013.
- Dias, C.L;; Barbour, E.D.; Modesto, R.P.; Casarini, D.C. A importância do monitoramento das águas subterrâneas na gestão de recursos hídricos. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2002.Empresa de Pesquisa Energética – EPE (Dados coletados no próprio órgão através de mídia removível).
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Downloads – Geociências; Disponível em http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm; Acesso em 07 mar. 2013.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE DO RJ – INEA; Qualidade da Água; Disponível em http://www.inea.rj.gov.br/fma/qualidade-agua.asp.
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM.
- Mourão, M.A.; Peixinho, F.C. A rede de monitoramento de águas subterrâneas do Serviço geológico do Brasil: Desafios e estágio atual de implantação. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2012.
- Nascimento, F. Aquíferos do estado do Rio de Janeiro. XVII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2012.
- Ramos, M.L.S.; Martins, J.C. Abordagem preliminar do uso de água subterrânea em Minas Gerais através do instrumento de outorga. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2008.
- SISÁGUA – Sistema de Informação de Qualidade da Água dos Reservatórios da CEMIG, disponível em http://www2.cemig.com.br/SAG/Controles/ ColetasGrid.aspx).