LEVANTAMENTO DE DADOS - TRANSPOSIÇÃO DE VAZÕES DO PARAÍBA DO SUL

ESTUDOS COM OBJETIVO DE AVALIAR OS IMPACTOS DE NOVAS TRANSPOSIÇÕES DE VAZÃO NO RIO PARAÍBA DO SUL

R2: LEVANTAMENTO DE DADOS

Preparado para:

AGEVAP

02/2012

VERSÃO 1

Sumário

1.	Introdução
2.	Projetos de Captação e Ampliação de Usos da Água
3.	Projetos do Setor Elétrico
	3.1. Cenário atual (ou de curto prazo)
	3.2. Cenário de médio prazo
	3.3. Cenário de longo prazo
4.	Vazões27
5.	Cartografia
6.	Demandas de Água
	6.1. Usos consuntivos
	6.2. Usos Não-consuntivos
7.	Qualidade da Água47
8.	Modelagem Hidrodinâmica
9.	Outorgas e Disponibilidade Levantadas
1(). Conclusão
	10.1. Projetos de Captação e Transposição
	10.3. Vazões e hidrometria
	10.4. Cartografia
	10.1. Cuitogrand

1. INTRODUÇÃO

Este documento é o segundo produto previsto na Proposta Técnica ao Ato Convocatório nº 18 publicado pela AGEVAP. Como indicado no Plano de Trabalho, o objetivo é descrever o conjunto de dados levantados nas diversas entidades e instituições que servirão de insumos para as fases posteriores do estudo, sobretudo aquelas que envolverão simulações da bacia do Paraíba do sul que envolvem o emprego de modelos computacionais. Sendo assim, o presente documento pretende:

- Descrever os dados necessários para cada um dos estudos e produtos;
- Realizar uma avaliação da suficiência das informações para cada um dos estudos e modelagens e eventualmente as simplificações que se podem fazer; e
- Informar para a AGEVAP o conjunto de informações adicionais que serão necessárias nas fases posteriores do trabalho que ainda não foram levantadas e, nestes casos, discutir com a AGEVAP alternativas para dar seguimento ao trabalho.

Conforme exposto no Plano de Trabalho, a avaliação hidrológica e hidráulica da bacia para previsão de sua capacidade de suporte para novas intervenções deve se focar e tentar obter os seguintes dados básicos:

- Dados hidrométricos nos diversos trechos de interesse, isto é: dados limnimétricos, dados de vazão e relações cota-descarga nos postos;
- Dados cartográficos e topobatimétricos nos trechos onde se terá que executar as modelagens de rio e reservatórios;
- Dados dos reservatórios e das captações existentes;
- Dados dos futuros reservatórios e captações;
- Levantamentos de Bases Cartográficas e imagens disponíveis no IBGE, DSG, SPU, INEA, IGAM, DAEE, prefeituras, etc.;
- Séries de níveis d'água e vazões, curva-chave, medições de descarga de estações fluviométricas localizadas ao longo do rio Paraíba do Sul e de seus principais afluentes;
- Estudos existentes de regionalização de vazões, de consistência de dados e de cálculo de disponibilidade hídrica para fins de outorga;
- Cálculo de usos da água, como os realizados pelo Operador Nacional do Sistema-ONS;
- Séries de parâmetros de qualidade da água, das estações localizadas ao longo do rio Paraíba do Sul e de seus principais afluentes;
- Estudos existentes de qualidade da água no trecho de interesse que contenham informações a respeito da base de dados, diagnósticos e prognósticos e modelagem de qualidade da água, como os realizados pela CETESB e INEA;

- Planos de recursos hídricos realizados para a bacia;
- Estudos de inventário e projeto básico de PCH's e UHE's localizadas no rio Paraíba do Sul;
- Avaliação Ambiental Integrada dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Paraíba do Sul, como o realizado pela Empresa de Planejamento Energético EPE;
- Estudos existentes de modelagem hidrodinâmica do rio Paraíba do Sul;
- Estudos de Impacto Ambiental, como o da UHE Simplício;
- Levantamentos topobatimétricos existentes para os estirões a serem modelados;
- Mapeamento dos usos do solo na bacia; e
- Dados socioeconômicos para as projeções de demanda.

A estratégia básica será obter uma base de dados confiável e consistente e focada na resolução desses problemas, com uso de:

- 1. Base de dados da NASA, SRTM, para corroborar as informações coletadas e suprir eventuais inconsistências; e
- 2. Os dados hidrométricos serão avaliados e sua consistência verificada antes de inciar a modelagem.

No caso da modelagem da qualidade da água, além dos dados fisiográficos e hidrométricos, será necessário obter dados de análise da água. Um dos pontos principais para a realização da modelagem hidrodinâmica é a base de dados cartográficas e topobatimétricas, e a ausência destas informações implica em grande dificuldade para este fim.

2. PROJETOS DE CAPTAÇÃO E AMPLIAÇÃO DE USOS DA ÁGUA

Para a realização do Estudo solicitado, são necessários os conhecimentos dos projetos de Captação e Ampliação de Usos da Água. É sabido que existem projetos nesse sentido tais como:

- Região Metropolitana de São Paulo;
- Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Light/Cedae); e
- Baixo Paraíba do Sul (desvio em Campos para Lagoa Feia).

As informações referente à tais projetos encontram-se de posse da Contratada e serão avaliadas as Captações com base nos dados disponíveis.

Além disso, serão analisados dois cenários distintos, haja vista que projetos de Tratamento de Efluentes Municipais poderão ser realizados. Sendo assim, a modelagem das captações contemplará a situação atual e também o cenário futuro com tratamento de efluentes domiciliares nos municípios.

2.1. Transposição para atender a Região Metropolitana de São Paulo

Recentemente a Sabesp elaborou um estudo para avaliar alternativas para atendimento de consumo humano e industrial da região urbana de São Paulo para horizontes futuros. Esse trabalho foi feito dentro do escopo do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Macrometrópole, que abrange 18 municípios:

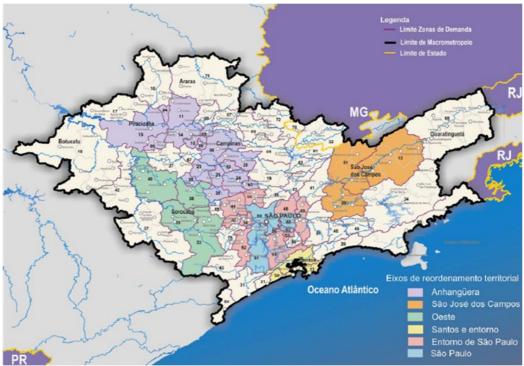


Figura 2.1: Macrometrópole de São Paulo

A região onde se insere a cidade é uma área de cabeceira de várias bacias hidrográficas: Tietê, Ribeira do Iguapé e Paraíba do Sul, e, portanto puderam ser elencadas várias possibilidades

de suprimento das demandas, a partir de obras de engenharia compostas por reservatórios, canais e estações elevatórias, a serem implantadas nessas bacias.

A PSR participou desse trabalho de seleção de alternativas executando as seguintes atividades:

- Levantamento dos usos e avaliação dos conflitos no que concerne a Garantia Física de usinas, e uso da água assegurado para os diversos cenários analisados pela Cobrape;
- 2. Análise dos conflitos sob pontos de vista institucional e regulatório;
- 3. Avaliação das usinas reversíveis nos cenários futuros de demandas e de remuneração e suas vantagens estratégicas com relação à aumento de confiabilidade e economia na construção de linhas de transmissão cenários das usinas de ponta;
- 4. Elaboração de soluções para futuras negociações com o setor elétrico e promover articulações institucionais entre a Secretaria de Energia e Saneamento de SP e o Setor Elétrico, representado ONS e EPE.

As demandas futuras (2035) e atuais identificadas contemplam os seguintes cenários:

- Demanda total de recursos hídricos (m³/s)
 - Aumento de 182 m³/s para 238 m³/s entre 2008 e 2035
 - Participação por segmento: abastecimento cai de 60% para 56%, irrigação sobe de 17% para 19%, indústria sobe de 23% para 25%
- Distribuição nas UGRHI em 2008 (m³/s)
 - Alto Tietê (82), PCJ (36), Tietê/Sorocaba (20), Paraíba do Sul* (17), Baixada Santista (15), Mogi Guaçu* (11)
- Evolução nas UGRHI entre 2008 e 2035 (%)
 - Redução no Alto Tietê e Paraíba do Sul de 55% para 50%
 - Aumento em PCJ, Mogi Guaçu e Tietê/Sorocaba de 36% para 41%
- Redução do Índice de perdas de distribuição (IPD), que em 2008 corresponde a **38%** do volume produzido para abastecimento urbano (41 m³/s)
- Potencial de redução da necessidade de produção d'água para abastecimento em até 24 m³/s em 2035
- · Perdas avaliadas no estudo
 - Base: IPD de 2035 iguais ao atual (38%)
 - Alternativo: IPD de 28% em 2035

Foi elaborado um sistema de suporte a decisão que envolveu:

- Construção de cenários de demanda de recursos hídricos a partir de inputs (IPD, maior eficiência na irrigação, programa de redução de consumo, etc.)
- Seleção do modelo AcquaNet (LabSid/USP) como SSD
 - Modelagem da rede hídrica da Macrometrópole por Nós (produção, confluência, demanda ou armazenamento da água) e Arcos (rios, canais, tubulações, etc.)
 - Definição de prioridades de uso d'água (10P-1000), P=1..99
 - Restrições de vazões e volumes (mínimos e máximos)
 - Balanço hídrico para histórico de vazões de 1931 a 2006
 - Simulação para diferentes cenários permite investigar pontos críticos de abastecimento e efeitos da incorporação de alternativas de oferta de recursos hídricos.

Esse sistema foi aplicado a metrópole e abrangeu:

- Uma rede com 73 zonas de demanda (ZDs) definidas
 - 3 nós para cada ZD: (i) abastecimento urbano, (ii) demanda industrial e (iii) irrigação
- A modelagem dos principais rios que cortam região
 - 130 nós ao longo dos rios Tietê, Sorocaba, Piracicaba, Atibaia, Jaguari, Paraíba sendo 60 reservatórios existentes ou projetados e 70 nós de passagem
- Uma rede hídrica
 - Foram criados nós para os pontos de captação de água e links conectando-os aos nós das demandas da ZDs
 - Para Região Metropolitana foram criados nós para ETAs e links conectando estes aos mananciais e links conectando as ETAs aos nós de abastecimento urbano
 - Transposições (bombeamentos, ligação entre reservatórios, etc.) modeladas com links e nós apropriados

Foram estudadas, após uma avaliação do contexto geográfico das unidades, as seguintes alternativas:

Regiões	Alternativas		
	Itatinga – Itapanhaú (SABESP/PDAA)		
Vertente Marítima da Serra do Mar e Bacia Hidrográfica do Alto Tietê	Capivari – Monos (SABESP/PDAA)		
That ogranisa do 7 lito Fisio	Esquema Braço do Rio Pequeno - Billings		
Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul	Esquema Paraibuna – Ponte- Nova		

Regiões	Alternativas			
	Esquema Jaguari - Atibainha			
	Esquema Jaguari – Atibainha (Variante)			
	Esquema Guararema – Biritiba (Variante)			
	Esquema Reservatórios na Bacia do Rio Paraíba do Sul			
	Esquema Cascata do Rio Juquiá			
	Esquema Alto Juquiá			
Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguapé	Esquema São Lourenço			
	Esquema Baixo Juquiá			
	Esquema São Lourencinho - Mabu			
	Esquema Barragens HIDROPLAN			
Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari	Esquema Barragem Capivari Mirim			
e Jundiaí	Esquema Barragens REPLAN – Pedreira e Duas Pontes			
	Esquema Barra Bonita (Bacias PCJ, e Sorocaba Médio Tietê)			
Bacia Hidrográfica do Médio Tietê	Esquema Jurumirim-Sorocaba			
(Sorocaba/Sarapuí) e do Alto do Paranapanema	Esquema Sarapui-Sorocaba			

Tabela 2.1: Alternativas de atendimento à Captação

A PSR avaliou as diversas alternativas e as perdas energéticas da retirada da água para as várias bacias hidrográficas que poderiam receber impactos das diversas alternativas de captação e transposição:

- 1. Rio Tietê
- 2. Rio Paraíba do Sul
- 3. Rio Paranapanema
- 4. Rio Paraná
- 5. Rio Cubatão
- 6. Rio Jaguari

Na metodologia aplicada simula-se a operação integrada das usinas hidrelétricas do Sistema Interligado Nacional (SIN) com o modelo Monalisa e onde as vazões utilizadas provêm das seguintes fontes:

- AcquaNet: vazões totais afluentes resultantes da simulação do modelo para os postos hidrológicos Jaguari, Santa Branca, Paraibuna, Funil, Billings, Ponte Nova, Guarapiranga, Jurumirim e Barra Bonita
- ONS: vazões naturais consolidadas para os demais postos hidrológicos do SIN.

A figura a seguir ilustra o fluxograma de atividades:

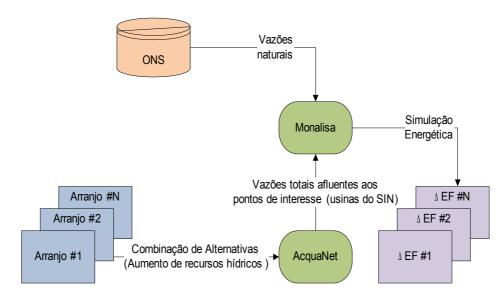


Figura 2.2: Fluxo das Atividades.

E a figura a seguir mostra a um esquema das bacias com usinas hidrelétricas a serem afetadas:

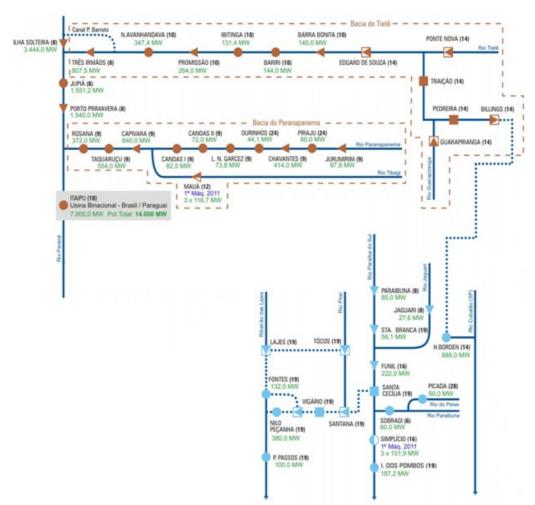
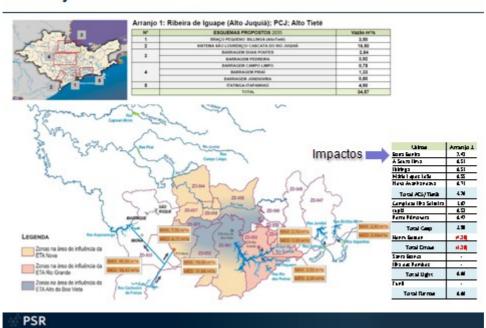


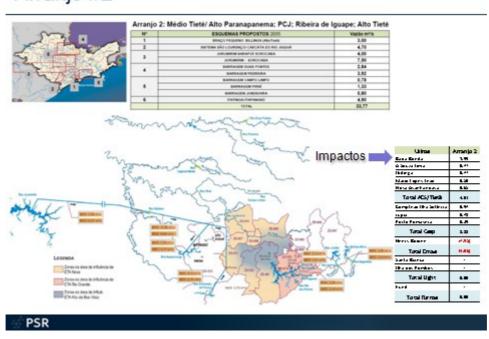
Figura 2.3: Esquema das Bacias com Usinas Hidrelétricas a serem afetadas

Foram avaliadas 8 alternativas para atendimento das demandas nos diversos cenários que são resumidos a seguir. Como se pode notar que os arranjos 4 a 8 afetam a bacia do Paraíba do Sul e serão avaliados no presente estudo, no que tange aos usos e restrições da bacia e gestão da Agevap:

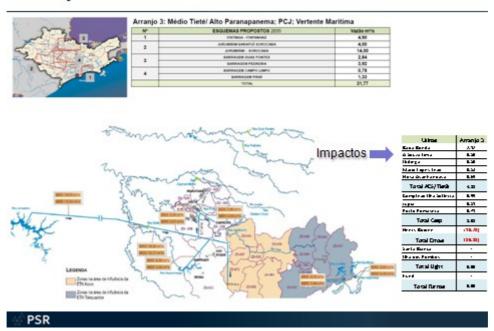
Arranjo #1



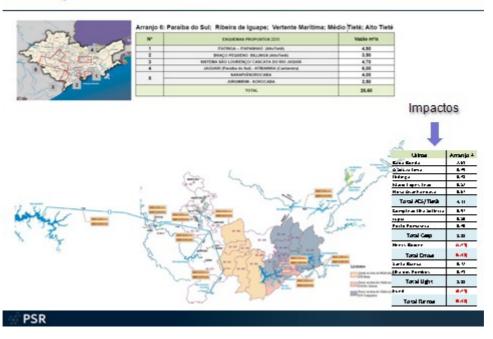
Arranjo #2



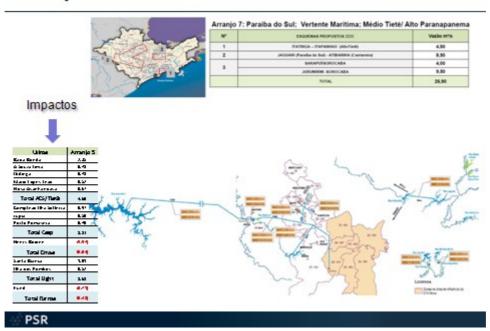
Arranjo #3



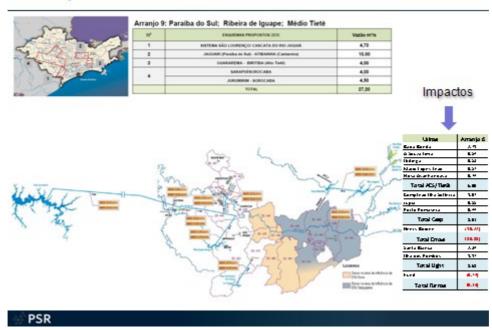
Arranjo #4



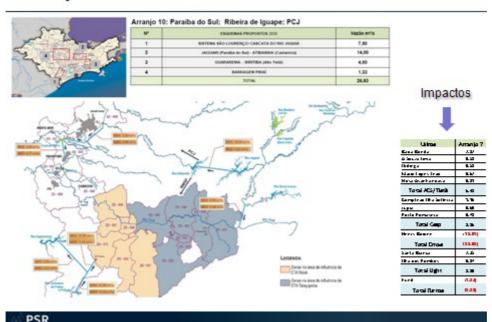
Arranjo #5



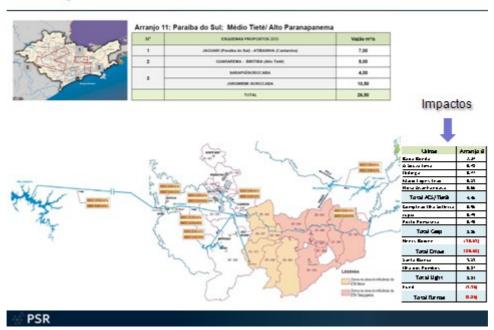
Arranjo #6



Arranjo #7



Arranjo #8



2.2. Transposição para atender a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (Light/Cedae)

Esse sistema na realidade não foi planejado para atender as demandas da área metropolitana do Rio de Janeiro, mas hoje é fundamental para o suprimento de água dessa região.

O sistema é composto por captações, reservatórios elevatórias e usinas hidrelétricas que permitem o uso múltiplo da água para geração hidráulica e para consumo humano e industrial.

O sistema pode ser descrito por 14 elementos ao todo, resumidamente descritos na Tabela 2.2. Por conveniência, a Bacia foi agrupada em três trechos distintos, com regras operativas próprias. O trecho I compreende aos bombeamentos de Santa Cecília e Vigário, além dos aproveitamentos do Rio Piraí. O trecho II reúne os reservatórios de cabeceira do Paraíba do Sul, responsáveis pela regularização das vazões afluentes à Santa Cecília. Por último, o trecho III contém o reservatório de Lajes e as unidades geradoras de Fontes e Nilo Peçanha.

Esta classificação será útil para a descrição das regras operativas que foram incorporadas no modelo de simulação detalhado do Paraíba do Sul.

	Nome	Descrição
1	Paraibuna	Res. c/ geração
2	Santa Branca	Res. c/ geração
3	Jaguari	Res. c/ geração
4	Funil	Res. c/ geração
5	Lajes	Res. s/ geração
6	Fontes	Usina a fio d'água
7	Nilo Peçanha	Usina a fio d'água
8	Pereira Passos	Usina a fio d'água
9	Ilha dos Pombos	Usina a fio d'água
10	Tocos	Res. s/ geração
11	Santana	Res. s/ geração
12	Santa Cecília	Conjunto Bombas
13	Vigário	Bombas/Reservatório
14	Ponte Coberta	Res. s/ geração

Tabela 2.2: Descrição dos elementos

2.2.1. Dicionário de variáveis

No sistema elaborado pela PSR para avaliar o sistema foi utilizado o seguinte dicionário de variáveis:

QAfl^{XX} Vazão afluente em XX m^3/s QBomXX Vazão bombeada em XX m^3/s QDefXX Vazão defluente de XX m^3/s QDes^{XX} Vazão desviada de XX m^3/s QEva^{XX} Vazão evaporada em XX m^3/s $QInc^{XX}$ Vazão incremental afluente em XX m^3/s $QMax^{XX}$ Vazão máxima de saída em XX m^3/s

QMin^{xx}Vazão mínima de saída em XX m³/s

QVer^{xx} Vazão vertida em XX m³/s

QNat^{xx} Vazão natural afluente em XX m³/s

QTaB^{sc} Tabela de vazão bombeada em S. Cecília m³/s

QTaD^{sc} Tabela de vazão de descarga em S. Cecília m³/s

QUso^{xx} Vazão de uso consuntivo em XX m³/s

2.2.2. Trecho I

A Figura 2.4 apresenta os elementos que compõem o trecho I.

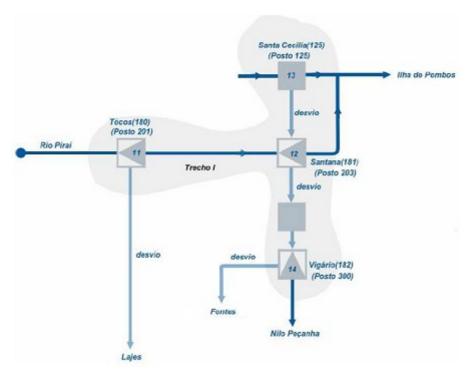


Figura 2.4: Detalhamento do Trecho I

2.2.2.1. Vazão regularizada em Santa Cecília

O primeiro ponto que foi considerado para o Trecho I é a da regularização da vazão afluente à Santa Cecília, feita pelos quatro reservatórios de cabeceira. Grande parte desta vazão é retirada (transposta) do Paraíba do Sul através do bombeamento em Santa Cecília.

A determinação da vazão a ser transposta e a defluência de Santa Cecília depende da disponibilidade hídrica, medida pelo estoque de água armazenado nos quatro reservatórios de cabeceira, a saber: Paraibuna / Paraitinga (PA), Jaguari (JA), Santa Branca (SB) e Funil (FU) em cada mês. De acordo com o estoque do reservatório equivalente, caracteriza-se a faixa de armazenamento k do sistema, limitada inferiormente pela curva limite $CL_{k-1}(m)$ e superiormen-

te pela curva limite $CL_k(m)$, onde m é o mês do ano. Matematicamente, tem-se que a porcentagem do volume útil do reservatório equivalente foi calculada por:

$$V_{EQ} = 100 \times (V^{PA} + V^{JA} + V^{SB} + V^{FU}) / (V_{MAX}^{PA} + V_{MAX}^{JA} + V_{MAX}^{SB} + V_{MAX}^{FU})$$

Onde: $V^{(xx)}$ e $V_{MAX}^{(xx)}$ são respectivamente os volume úteis corrente e máximo do reservatório xx.

Se $CL_{k-1}(m) \le V_{EQ} \le CL_k(m)$ então tem-se o modo operativo k:

{QTaB^{SC}(k), QTaD^{SC}(k)}. Observe que a afluência regularizada em Santa Cecília é simplesmente QTaB^{SC}(.) + QTaD^{SC}(.) e que estes valores poderão sofrer alterações em função de condições operativas, como manutenção das bombas, excesso de água vindo pelo Rio Piraí, que limite o bombeamento em Vigário, e, por conseguinte em Santa Cecília, aumentando a defluência em Santa Cecília, e outros.

Atualmente, existe apenas uma curva limite, como mostra a Figura 2.5. Portanto, caso o volume do reservatório equivalente for menor que este valor, haverá um modo de operação (restritivo, i.e. com valores mais baixos) e caso contrário, haverá uma operação "normal".

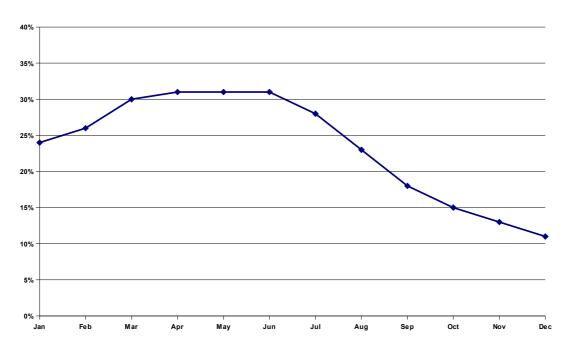


Figura 2.5: Curva limite do reservatório equivalente (%). Fonte: Relatório SCEN-CEARP, 1985

2.2.2.2. Tocos

Parte da afluência natural ao Reservatório Tocos pelo Rio Piraí é desviada para o Reservatório de Lajes. A determinação da vazão desviada de Tocos é simplesmente:

 $QDes^{TO} = min \{19.5, QNat^{TO}\} + 0.125*max \{0,QNat^{TO} - 19.5\}$, onde $QNat^{TO}$ é a vazão natural afluente à Tocos.

A vazão defluente de Tocos é, portanto: $QDef^{TO} = QNat^{TO} - QDes^{TO} - QUso^{TO}$.

2.2.2.3. Santana

A afluência incremental a Santana é dada por: QInc^{SA} = QNat^{SA} - QNat^{TO} - QUso^{SA}.

Portanto a afluência total à Santana pelo Rio Piraí será: QAfl^{SA} = QDef^{TO} + QInc^{SA}.

Já a defluência em Santana (descarga para o Paraíba do Sul) só ocorre quando QAfl^{SA} é superior ao limite de bombeamento de Vigário, sendo portanto determinada por:

$$QDef^{SA} = Max\{0, QAfl^{SA} - QMax^{VI}(m) - QUso^{SA}\}$$

2.2.2.4. Defluência em Santa Cecília

Como visto anteriormente, a descarga meta em Santa Cecília é determinada pela curva-limite do reservatório equivalente formado pelos quatro reservatórios de cabeceira.

2.2.2.5. Bombeamento em Santa Cecília

$$QBom^{SC} = min \{ QTaB^{SC}(k), QMax^{SC}(m), max\{0, QMax^{VI}(m) - QAfl^{SA} \} \}$$

Onde:

QTaB^{SC}(k) é o valor tabelado para o bombeamento meta em Santa Cecília, associado à k-ésima faixa do reservatório equivalente.

QMax^{SC}(m) e QMax^{VI}(m) são as vazões máximas bombeadas em Santa Cecília e Vigário no mês m. Estes valores podem sofrer alterações por manutenção, por exemplo.

QAfl^{SA} é a vazão afluente ao Reservatório de Santana pelo Rio Piraí.

2.2.2.6. Vigário

O bombeamento em Vigário é dado por:

$$OBom^{VI} = OBom^{SC} + OAfl^{SA} - ODef^{SA} - OUso^{SA}$$

Caso este valor seja superior à capacidade de turbinamento de Nilo Peçanha, o excesso é desviado para Fontes BC. Este excesso é limitado pela capacidade física da tubulação (70 m³/s). Portanto, se o excesso calculado for superior a 70 m³/s, deverá haver uma redução do bombeamento de Vigário, e também de Santa Cecília, aumentando a descarga desta última para o Paraíba do Sul.

O Desvio de Vigário para Fontes BC será dado por:

QDes^{VI} = $min\{70, max [0,QBom^{VI} - QMax^{NP}]\}$ onde 70 m³/s é a capacidade da tubulação.

2.2.3. Trecho II

A seguir, apresenta-se o detalhamento do Trecho II e respectivo calculo de volume útil do reservatório equivalente.

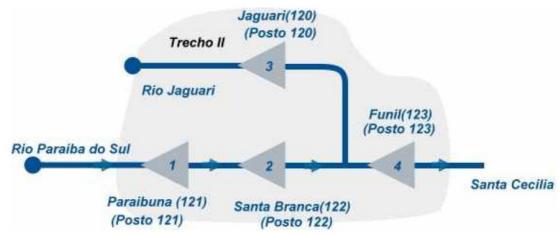


Figura 2.6: Detalhamento do Trecho II

Em cada instante de tempo (mês), calcula-se o armazenamento do reservatório equivalente (em p.u. do volume útil máximo):

$$V_{REq,t} = \frac{\sum_{i} \left(V_{i,t}\right) - V_{REq}^{min}}{V_{REq}^{max} - V_{REq}^{min}}$$

Onde: i=1, 2, 3 e 4, sendo 1=Paraibuna, 2=Santa Branca, 3=Jaguari, 4=Funil.

Verifica-se em qual curva limite se situa o reservatório equivalente. Se $V_{\it REq,t}$ estiver entre [0, $\it CL(\%)/100$] o sistema utiliza valores de bombeamento e descarga de Santa Cecília conservadores. Caso contrário, (volume armazenado do reservatório equivalente acima da curva limite), Santa Cecília opera com valores normais.

2.2.4. Trecho III

A Figura 2.7 apresenta os elementos que compõem o trecho III.

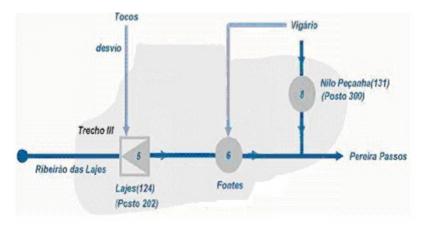


Figura 2.7: Detalhamento do Trecho III

2.2.4.1. Lajes

A vazão afluente a Lajes QAfl^{LA} é dada por QAfl^{LA} = QNat^{LA} + QDes^{TO} - QUso^{LA}.

A vazão máxima defluente em Lajes é dada por QMax^{LA} = QMax^{FA} + QMax^{FB} - QDes^{VI}.

A defluência mínima de Lajes é dada por QMin^{LA} = max(QMin^{LA}, Calha), onde Calha é a retirada de água da Cedae para o abastecimento do Rio de Janeiro.

Caso o reservatório de Lajes esteja cheio, existem duas maneiras para que o bombeamento em Vigário diminua, e consequentemente haja a redução em Santa Cecília. Para diminuir a afluência a Lajes, o túnel de Tocos pode ser fechado e caso não seja suficiente, coloca-se todas as máquinas de Fontes turbinando água do reservatório de Lajes. Ambas as operações poderão causar a redução do bombeamento em Vigário e em Santa Cecília, acarretando numa redistribuição da água que pode ser armazenada nos reservatórios de cabeceira nos períodos mais críticos, ou numa maior descarga para o rio Paraíba do Sul nos períodos de cheia.

2.3. Transposição do Baixo Paraíba do Sul (desvio em Campos para Lagoa Feia)

O último sistema de transposição de vazões refere-se a transferência de águas dos sistemas de captação para irrigação e canais de drenagem implantados para atividades agrícolas no Baixo Curso do Rio Paraíba do Sul para os quais será ainda preciso obter dados como:

- Captações e vazões dos canais de irrigação;
- Sistemas de drenagem, seus níveis de operação e pontos de conexão com sistemas de desague.

Esses dados deverão ser obtidos junto ao INEA, e possivelmente atualizados com imagens e fotos da região.É importante obter dados de cartografia e topografia dessa rede, suas dimensões, controles hidráulicos e vazões. Esta região é composta pela seguinte rede de drenagem principal:

- Canais de Campos no PBS
- Margem Direita
 - Tereré
 - Cacomanga
 - Campos /Macaé
 - Coqueiros
 - Cambaíba
 - São Bento Quitingute (aduz do São Bento)
- Margem esquerda
 - Jacaré (muriaé) só drenagem

- Vigário
- Cataia
- Cacimbas

A figura a seguir mostra a rede de canais



Fonte: Elaborado a partir de base cartográfica do IBGE e Imagem LANDSAT.

Figura 2.8: Rede de Canais do Baixo Paraíba do Sul

No período que vai da década de 1930 até meados da década de 1970 caracterizou-se pela implementação dos grandes projetos de drenagem na região da Baixada Campista, pretendendo iniciar um processo de "controle" das águas, com motivações que vão desde o desenvolvi-

mento agrícola ou sua melhoria nessa região, até questões de saúde pública para a erradicação da malária e febre amarela.

A criação do Departamento Nacional de Obras de Saneamento -DNOS, órgão que esteve à frente das obras, esteve intimamente ligada à expansão das atividades econômicas da Baixada Fluminense. De todas as planícies do Rio de Janeiro, era exatamente a Baixada de Goytacazes que se afigurava como a principal no que tange ao aproveitamento agrícola.

O efeito prático da atuação do órgão foi uma ampla drenagem da baixada outrora pantanosa e repleta de lagoas e lagunas perenes e temporárias, mediante a construção de uma complexa rede de canais de drenagem, de mais de 1.300 km de extensão, favorecendo a expansão das atividades agrícolas locais. E aparentemente o DNOS sempre esteve orientado pelos interesses da agroindústria canavieira. As questões sociais relativas à outros atores sociais, em particular aos pescadores, nunca foram consideradas, muito menos a questão ambiental propriamente dita, relativamente aos ecossistemas naturais dessa região.

Mais tarde os antigos canais de drenagem passaram, então, a ser utilizados com dupla função. Por um lado, era necessário mantê-los desobstruídos, para permitir o rápido esgotamento das águas acumuladas com as chuvas. Por outro lado, a necessidade de preservação de níveis de água no solo suficientes para atender a atividade agrícola, o que induzia os proprietários rurais e usinas de açúcar a obstruir o curso d'água com pequenas barragens, dificultando o escoamento das águas.

Assim as terras úmidas, com freático elevado, inúmeras lagoas permanentes e temporárias na Baixada Campista passaram a ter terras secas e até em alguns locais salinizadas, sobretudo nos períodos de baixa pluviosidade, sem água suficiente para suprir as necessidades agrícolas.

Com o paulatino abandono das estruturas hidráulicas e da manutenção dos canais, as condições, já precárias, do sistema hidráulico se agravaram rapidamente. Nos períodos de seca, quando o rio Paraíba do Sul tem o seu nível d'água bastante baixo, diversas captações que alimentam os canais ficam desafogadas, comprometendo o abastecimento das propriedades rurais. A diminuição da água nos canais acarreta um maior comprometimento da contaminação por efluentes não tratados de áreas urbanas. No período de cheias, como na mais recente de 2011/2012, os diques e canais dificultam o escoamento das águas aumentando os riscos de inundação de várias áreas.

Os proprietários rurais, carentes de água para a agricultura e para a operação das unidades fabris, passaram a buscar elevar o nível d'água dos canais, as pequenas barragens. Essas barreiras interceptam o já pequeno fluxo de água, prejudicando todos os outros usuários localizados a jusante. Tais soluções individuais disseminam os conflitos por água por praticamente toda a região drenada pelos canais.

Os períodos secos dos últimos anos agravaram a situação, forçando mudanças de postura dos usineiros e proprietários rurais. Se no passado a lógica que prevalecia era a "recuperação das terras", ou seja, a ampliação da área produtiva com a incorporação de terras drenadas onde antes eram lagoas e brejos, agora se admite a elevação do nível d'água de algumas lagoas, através da operação de comportas nos canais, irrigando-se os solo.

Já nos anos 80 e, mais significativamente, a partir dos anos 90, vários fatores concorreram para o agravamento dos conflitos:

- 1. o aumento do uso da água em sistemas de irrigação, cuja intensificação ocorreu ao final dos anos 70;
- 2. a extinção do DNOS;
- 3. a diminuição dos índices pluviométricos regionais;
- 4. a deterioração dos canais de drenagem;
- 5. o comprometimento das tomadas d'água que aduzem água do rio Paraíba do Sul, por assoreamento; e
- 6. a diminuição da vazão do rio Paraíba do Sul em tempo seco, impossibilitando a adução de água pelos canais de drenagem.

Os conflitos pelo uso da água ocorrem em praticamente toda a baixada. Entretanto, em algumas regiões esses conflitos se tornaram mais frequentes, como é o caso da região central da baixada, drenada pelos canais Coqueiros e Cambaíba.

A lógica recorrente que tentaram instalar é a de que os conflitos devem ser resolvidos "fora" das instituições públicas. Com o fim do DNOS, os proprietários rurais e usinas assumiram boa parte do controle das estruturas hidráulicas, operando comportas e barrando os cursos d'água de acordo com seus interesses. A fragilidade institucional das entidades públicas abriu caminho para a condução privada do sistema de canais e, também, para a mediação privada desses conflitos.

A complexidade das situações de conflito encontradas indica a necessidade de uma urgente gestão das águas nesse trecho da bacia, e constituição de fóruns de discussão entre os diversos atores sociais, incluindo também as questões ambientais.

3. PROJETOS DO SETOR ELÉTRICO

O setor de geração de energia é um dos maiores usuários das águas da bacia, alguns deles fazendo uso de transposição de águas, outros com reservatório de regularização e a grande maioria apenas fazendo uso de sua passagem em aproveitamentos a fio d'água.

Nesse item apresentamos os cenários atuais e futuros de geração hidrelétrica no curso principal e em seus principais afluentes.

Para definição dos cenários de geração hidrelétrica, foram consideradas as condições iniciais do Sistema Interligado Nacional – SIN, isto é, as usinas hidrelétricas em operação com potência superior a 30 MW e as premissas conjunturais estabelecidas pelo Plano de Expansão - PDEE 2020, produzido pela EPE.

A geração hidrelétrica incremental, no PDEE, foi elaborada a partir de programas de obras decorrentes das licitações de concessões já realizadas, das autorizações para usinas concedidas pela ANEEL, de informações sobre as próximas licitações previstas e de usinas com projetos em estágio de viabilidade e de inventário. As datas mínimas previstas na expansão dos projetos foram obtidas em consonância com a avaliação socioambiental e os prazos estimados de todas as etapas do projeto e de licenciamento até o início de operação da primeira unidade geradora.

Foi considerada também a expansão da oferta de energia obtida através do desenvolvimento do potencial de PCHs na bacia do rio Paraíba do Sul. Com isso, a potência total instalada para o cenário de longo prazo na bacia do rio Paraíba do Sul foi estimada em aproximadamente 3.133 MW, sendo 2.083 MW das usinas maiores e 1.050 MW das pequenas centrais.

No caso da bacia do rio Paraíba do Sul existe uma particularidade que a distingue de todas as outras estudadas: a existência de uma transposição de vazões, realizada a partir de uma captação na barragem de Santa Cecília, nas proximidades da cidade de Barra do Piraí, e de uma barragem no rio Piraí. Essas estruturas hidráulicas possibilitam a inversão do curso do rio Piraí e a transferência de até 160 m³/s das águas do rio Paraíba do Sul.

Essa transposição associada a outras estruturas hidráulicas em bacias vizinhas a do Paraíba do Sul, com drenagem para o Oceano Atlântico, já na bacia do rio Guandu e seus formadores, possibilita a geração de energia nas seguintes usinas:

Nome	Rio	Estágio	Regime de operação	Potência (MW)
Nilo Peçanha		Operação	fio d'água	380,0
Fontes Nova		Operação	fio d'água	132,0
Lajes	Ribeirão das Lajes	Viabilidade	fio d'água	18,0
Pereira Passos		Operação	fio d'água	100,0
Paracambi		Em construção	fio d'água	30,0

Tabela 3.1: Usinas na bacia do rio Guandu

Este dado pode ser considerado um caso muito particular de empreendimentos hidrelétricos, pois o benefício da geração de energia se dá na bacia do rio Guandu e de seus formadores, como já mencionado, mas os impactos dos reservatórios e estruturas hidráulicas, para que essa transposição seja possível, estão localizadas nos rios Paraíba do Sul e Piraí. Os reservatórios em questão são: Santa Cecília, Tocos, Vigário e Santana.

Na seleção de usinas e inclusão nos diversos cenários de geração hidrelétrica da bacia do rio Paraíba do Sul, foram adotados os seguintes critérios:

- No cenário atual (curto prazo), foram incluídas todas as usinas com potência superior a 30 MW existentes ou já com concessão do aproveitamento.
- No cenário de médio prazo, foram incluídos adicionalmente todos os aproveitamentos hidrelétricos com potência superior a 30 MW que aparecem no PDEE 2, mas que ainda não têm uma concessão estabelecida para o empreendimento ou que não dispõem de licença prévia.
- Para o cenário de longo prazo, foram consideradas todas as usinas com potência superior a 30 MW que fazem parte de estudos de inventário hidrelétrico disponíveis e aprovados, mas que ainda não avançaram no processo de aprovação técnica-econômica e ambiental.

3.1. Cenário atual (ou de curto prazo)

A bacia do rio Paraíba do Sul tem nove aproveitamentos hidrelétricos (acima de 30 MW) em operação: Paraibuna-Paraitinga, Santa Branca, Funil, Picada, Sobragi, Simplício, Ilha dos Pombos, Nova Maurício e Barra do Braúna.

A Figura 3.1 apresenta a localização dos nove empreendimentos que compõem o cenário atual da bacia do rio Paraíba do Sul, totalizando 1.054,8 MW de potência instalada, conforme exposto na Tabela 3.2.

Nome	Rio	Estágio	Regime de operação	Altura da barragem (m)	Potência (MW)	Área do reservatório (km²)	Tempo de residência (dias)
Paraibuna-Paraitinga		Operação	regularização	87,6	85,0	177,2	794
Santa Branca	Paraíba	Operação	regularização	44,8	50,0	27,0	63
Funil	do Sul	Operação	regularização	85,0	222,0	39,0	44
Santa Cecília		Operação	fio d'água	10,0	Sem geração	2,7	0,2
Tócos		Operação	regularização	20,0	Sem geração	0,5	2
Vigário	Piraí	Operação	fio d'água	36,0	Sem geração	4,0	3
Santana		Operação	fio d'água	15,0	Sem geração	4,7	7
Picada	Peixe	Operação	fio d'água	10,0	50,0	1,1	0,2
Sobragi	Paraibuna	Operação	fio d'água	7,5	60,0	0,1	0,01
Simplício	Davetha	Construção	fio d'água	33,0	333,7	15,3	4
Ilha dos Pombos	Paraíba do Sul	Operação	fio d'água	9,5	183,0	4,0	0,2
Nova Maurício	uo Sui	Operação	regularização	20,0	32,1	3,4	8
Barra do Braúna	Pomba	Com Concessão	fio d'água	24,4		8,5	3

Tabela 3.2: UHE Reservatórios - Cenário atual

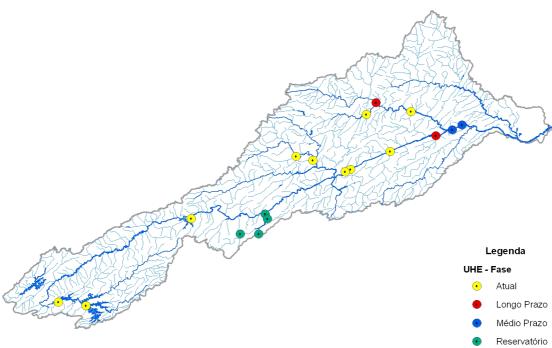


Figura 3.1: Empreendimentos (UHE) na bacia do rio Paraíba do Sul

3.2. Cenário de médio prazo

Nesse cenário foram incluídos todos os aproveitamentos hidrelétricos com potência superior a 30 MW previstos no PDEE, mas que ainda não estão concessionados ou que mesmo concessionados não dispõem de viabilidade ambiental aprovada, e portanto não detêm a licença prévia (LP).

Nessa condição estão três aproveitamentos: AHE Itaocara, Barra do Pomba e Cambuci no rio Paraíba do Sul, que foram concessionados e por ainda não dispor de licença prévia emitida pelo órgão ambiental, que somam 325 MW.

Nome	Rio	Estágio	Regime de operação	Altura da barragem (m)	Potência (MW)	Área do reservatório (km²)	Tempo de residência (dias)
Itaocara	Paraíba	Viabilidade	fio d'água	46,0	195,0	76,1	22
Barra do Pomba	do Sul	Viabilidade	regularização	10,9	80,0	5,5	1,5
Cambuci	uo Sui	Operação	regularização	9,5	50,0	5,7	0,5

Tabela 3.3: UHE – Cenário de médio prazo

Cabe ressaltar que esses empreendimentos tem problemas na obtenção de sua viabilidade ambiental.

O primeiro foi revisto pela atual detentora da concessão a Light S.A. para o aproveitamento do mesmo trecho de rio da UHE Itaocara e propôs a instalação de duas usinas, uma denominada Itaocara com potência instalada de 110 MW, mas com um lago menor, e outra usina para aproveitamento da queda restante com potência de 50 MW. A usina de maior potência está em processo de aprovação ambiental no IBAMA.

As duas outras tiveram sua viabilidade ambiental reprovada pelo INEA e dificilmente serão implantadas.

3.3. Cenário de longo prazo

Para o horizonte de 2025, está prevista a implantação de apenas mais uma usina: o AHE Monte Cristo no rio Pomba, com potência instalada de 33 MW.

Estão previstas e identificadas 117 PCHs, sendo que 30 delas já estão em operação, 4 em construção e 83 identificadas a nível de inventário.

As tabelas a seguir mostram o resumo das características principais das usinas e PCHs para esse cenário.

Nome	Rio	Estágio	Regime de operação	Altura da barragem (m)	Potência (MW)	Área do reservatório (km²)	Tempo de residência (dias)
Itaocara	Paraíba do Sul	Viabilidade	fio d'água	46,0	195	76,1	22
Monte Cristo	Pomba	Inventário	fio d'água	35,4	33,0	4,40	5

Tabela 3.4: UHE – Cenário de longo prazo

Nome	Rio	Fase
CHALÉ		
LAVRINHAS	PARAÍBA DO SUL	Oper.
QUELUZ		Oper.
LÍDICE		·
BRAÇO	DO BRAÇO	
FAZENDA SANTANA		
PROVIDÊNCIA	DDETO 2	
POÇO FUNDO	PRETO 2	
CAPIM	CAPIM	
MORRO GRANDE (AREAL)	PRETO 2	Oper.
POSSE		·
SÃO SEBASTIÃO	DIADANIIIA	
MONTE ALEGRE	PIABANHA	
PIABANHA		Oper.
SECRETÁRIO	FAGUNDES	·
CORONEL FAGUNDES	FAGUNDES	Oper.
FERREIRA GUIMARÃES	SÃO PEDRO	Oper.
MARMELOS 1-2		Oper.
JOASAL	PARAIBUNA	Oper.
PACIÊNCIA		Oper.
ÁGUA FRIA	DO PEIXE	
VISTA ALEGRE	DO PEIXE	
CALO	DO CALO	
PEREIRA		
GROTINHA		
ENGENHO	BRUMADO	
COXO		
CACHOEIRA DO BRUMADO		
MONTE VERDE	SANTA BÁRBARA	
SANTA BÁRBARA	SANTA BARBARA	
MONTE VERDE		
SERRINHA	PEIXE	
COTEGIPE		
MATO LIMPO		
PONTE		
CAPELA	SANTANA	
MELLO		Oper.
REZENDE		

Nome	Dio	Face
Nome BOLSA	Rio RIBEIRÃO	Fase
ALÇA	CONCEIÇÃO	
MONTE SERRAT	CONCLIÇÃO	Oper.
BONFANTE	PARAIBUNA	Oper.
SANTA FÉ	- I AIVAIDOINA	Oper.
BOA VISTA	+	Орог.
BARRILHA	ANGÚ	
FOZ DO ANGÚ	ANGO	
ERVÁLIA	DOS BAGRES	Oper.
ITUERÊ	DOO BAGILLO	Орсі.
ITUERÊ	-	Oper.
BOM SUCESSO		орог.
PONTE	POMBA	Oper.
PALESTINA		Oper.
BARRA DOS CARRAPATOS	7	
IVAN BOTELHO III (Triunfo)	7	Oper.
PIAU	PIAU	Oper.
ANA MARIA		Oper.
GUARY	PINHO	Oper.
LAJE	NOVO	'
ARACI	NOVO	
CATAGUASES		
BELA VISTA		
ESTIVA	7	
PARAOQUENA	7	
CACHOEIRA ALEGRE	POMBA	
BALTASAR		
FRECHEIRAS		
APERIBÉ	1	
NOVO XAVIER		
XAVIER	7	Oper.
RIO GRANDINA	7	
SANTO ANTÔNIO	7	
SANTA ROSA II	_	Oper.
SOSSEGO	CDANDE	
BONANÇA	GRANDE	
JAMBO	7	
S.S DO ALTO		Oper.
CAJU		Oper.
BOA VISTA		Oper.
PIMENTEL I		
CHAVE DO VAZ	NEGRO	Oper.
EUCLIDELÂNDIA	NEGRO	Oper.
CACHOEIRA DA FUMAÇA		
SANTA ROSA 1	PRETO	
PRETO 4	_ TRETO	
PRETO 1		
CARANGOLA		
SÃO LOURENÇO	CARANGOLA	
TOMBOS (Ampliação)		Oper.
HANS	SANTO ANTÔNIO	Oper.
SÃO PEDRO		
BICUÍBA		
SÃO FRANCISCO DO GLÓRIA		
MARIANO	GLÓRIA	
SANTA CRUZ		
GLÓRIA		Oper.
CACHOEIRA ENCOBERTA (ORMEU JUNQUEIRA BOTELHO)		Oper.
COMENDADOR VENÂNCIO		
ITAPERUNA		
ARÉ	MURIAÉ	
PARAÍSO	WONAL	
SÃO JOAQUIM	_	
ITALVA		
CORONEL DOMICIANO (AMPLIAÇÃO)	SEM PEIXE	Oper.
CATETE	BENGALA	Oper.

- 1	Nome	Rio	Fase
	CABUÍ	PARAIBUNA	

Tabela 3.5: PCH do Cenário de longo prazo

A Figura 3.2 apresenta a consolidação dos aproveitamentos hidrelétricos existentes e previstos considerados na AAI da bacia do rio Paraíba do Sul, classificados segundo o cenário de implantação adotado no presente estudo.

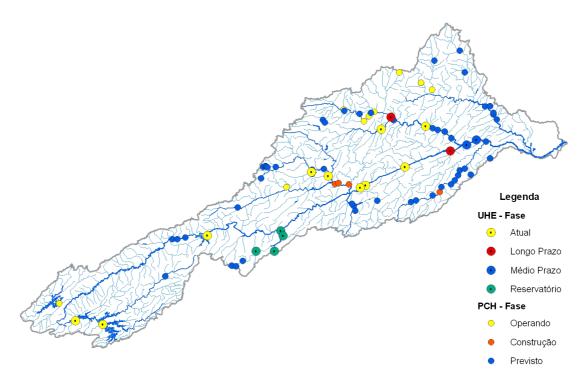


Figura 3.2: Empreendimentos da bacia do rio Paraíba do Sul segundo o cenário de implantação

4. VAZÕES

No que consiste as vazões do rio Paraíba do Sul, serão consultadas as base de dados fornecidas pela ONS – Operador Nacional de Sistema e ANA – Agência Nacional de Águas.

Conforme disponível na webpage da ONS, foi realizado o levantamento de dados referentes às vazões naturais diárias e mensais, além dos dados de regularização e hidrológicos do rio Paraíba do Sul.

De forma a elucidar as mudanças no regime das águas, a Tabela 4.1 a seguir informa dos reservatórios de regularização de vazão existentes no rio em estudo, sua data de operação e demais características.

Reservatórios	Data de Operação	Vol. Máx. (hm³)	Vol. Mín. (hm³)	Vol. Útil (m³)	Distr. do Vol. Útil (%)
Paraibuna	04/1978	4731,7	2095,6	2636,1	61
Santa Branca	01/1960	439	131	308	7
Jaguari	05/1972	1235,6	443,1	792,5	18
Funil	02/1970	888,3	283	605,3	14

Tabela 4.1: Reservatórios de regularização de Vazões

Em paralelo, a ANA fornece todas as informações disponíveis de cotas linimétricas, medições de vazão e relações cota-descarga dos postos existentes na bacia.

Após consulta e análise dos dados pôde-se comprovar que a base é suficiente para que se possa avaliar as vazões em trânsito nos diversos trechos da bacia, e que espacialmente a área mais carente de dados e estações localiza-se no estirão fluvial a jusante da UHE Ilha dos Pombos.

As Tabelas a seguir mostram a base de dados existente, os tipos de informações disponíveis e a disponibilidade temporal das estações.

Estação		Período Amostrado		Coordenadas		AD (km²)	Doonono	Operadora	
Código	Nome	Início	Fim	Latitude	Longitude	AD (KIII-)	Respons.	Operadora	
58088000	Estrada de Paraibuna	01/50	12/58	-23:21:30	-45:41:30	4.540	ANA	DESATIVADA	
58096000	UHE S. Branca Jus.	12/56	06/04	-23:22:02	-45:52:40	5.031	LIGHT	LIGHT	
58099000	Santa Branca	07/52	03/11	-23:22:08	-45:54:08	4.935	ANA	CPRM	
58105000	Guararema	01/32	02/80	-23:24:55	-46:01:30	5.201	ANA	DESATIVADA	
58110000	Jacareí	03/31	07/72	-23:18:40	-45:58:18	5.690	ANA	DESATIVADA	
58110002	Jacareí - SAAE	01/00	08/09	-23:18:38	-45:58:16	5.690	ANA	CPRM	
58152000	Caçapava	08/33	04/75	-23:04:45	-45:42:40	8.342	ANA	DESATIVADA	
58158000	Tremembé	07/34	12/71	-22:57:38	-45:33:10	9.080	ANA	DESATIVADA	
58183000	Pindamonhangaba	01/39	09/06	-22:54:40	-45:28:13	9.576	ANA	CPRM	
58204000	Guaratinguetá	01/39	12/08	-22:48:43	-45:10:57	10.810	LIGHT	DESATIVADA	
58218000	Cachoeira Paulista	07/35	12/09	-22:39:42	-45:00:45	11.481	ANA	FURNAS	
58230000	Cruzeiro	01/34	02/80	-22:35:21	-44:57:21	12.155	ANA	DESATIVADA	

Estação		Período Amostrado		Coordenad	as	AD (1::==2)	Decrees	Operadora	
Código	Nome	Início	Fim	Latitude	Longitude	AD (KIII-)	Respons.	Орегацога	
58230200	Cruzeiro	09/70	10/95	-22:35:00	-44:57:00	12.170	LIGHT	DESATIVADA	
58235000	Queluz	11/34	12/10	-22:32:24	-44:46:26	12.749	FURNAS	FURNAS	
58235100	Queluz	11/34	03/11	-22:32:24	-44:46:22	12.749	ANA	CPRM	
58242000	Itatiaia	09/56	12/10	-22:30:01	-44:33:17	13.494	FURNAS	FURNAS	
58250000	Resende	01/30	12/08	-22:28:00	-44:26:43	13.882	ANA	FURNAS	
58300000	Barra Mansa	05/40	12/08	-22:32:18	-44:10:32	15.742	ANA	FURNAS	
58300001	Barra Mansa	07/52	03/96	-22:32:18	-44:10:32	15.660	LIGHT	LIGHT	
58305001	Volta Redonda	11/40	03/11	-22:30:03	-44:05:27	15.980	LIGHT	LIGHT	
58321000	Barra do Piraí	01/22	11/95	-22:26:58	-43:47:56	17.639	ANA	CPRM	
58380001	Paraíba do Sul	11/72	03/11	-22:09:46	-43:17:11	19.300	ANA	CPRM	
58630002	Anta	10/30	03/11	-22:02:07	-42:59:27	30.579	ANA	CPRM	
58795000	Três Irmãos	01/79	01/11	-21:37:33	-41:59:07	43.118	ANA	CPRM	
58880001	São Fidélis	01/74	01/11	-21:38:43	-41:45:08	46.731	ANA	CPRM	
58972000	Guarus	01/55	12/73	-21:44:00	-41:20:00	55.083	ANA	DESATIVADA	
58974000	Campos - Ponte Mun.	01/34	03/11	-21:45:12	-41:18:01	55.500	ANA	CPRM	

Tabela 4.2: Resumo de Vazões Diárias. Fonte: ANA

Estação		Período Amostrado		Coordenadas		AD	Respons.	Operadora	OBS
Código	Nome	Início	Fim	Latitude	Longitude	(km²)			
58088000	Estrada de Paraibuna	01/50	12/58	-23:21:30	-45:41:30	4.540	ANA	DESATIVADA	Descarga Líquida
58096000	UHE Santa Branca - Jusante	12/56	06/04	-23:22:02	-45:52:40	5.031	LIGHT	LIGHT	Descarga Líquida
58097000	Santa Branca	10/64	03/74	-23:22:00	-45:54:00	5.030	CESP	DESATIVADA	Leitura de Régua
58099000	Santa Branca	07/52	03/11	-23:22:08	-45:54:08	4.935	ANA	CPRM	Descarga Líquida
58105000	Guararema	01/32	02/80	-23:24:55	-46:01:30	5.201	ANA	DESATIVADA	Descarga Líquida
58110000	Jacareí	03/31	07/72	-23:18:40	-45:58:18	5.690	ANA	DESATIVADA	Descarga Líquida
58110001	Jacareí - Régua da Margem	01/46	12/47	-23:19:00	-045:58:00	5.690	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58110002	Jacareí	01/00	08/09	-23:18:38	-45:58:16	5.690	ANA	CPRM	Descarga Líquida
58140000	São José dos Campos	07/50	12/53	-23:09:25	-045:54:00	7.740	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58140100	Fazenda Igacaba	08/58	03/11	-23:09:16	-045:53:28	7.756	FCTH/DAEE -SP	FCTH/DAEE- SP	Leitura de Régua
58141000	Monteiro Lobato	08/65	10/78	-22:57:00	-045:51:00	158	CESP	DESATIVADA	Leitura de Régua
58141800	Barragem Buquira	08/64	03/74	-23:07:00	-045:55:00	392	CESP	DESATIVADA	Leitura de Régua
58152000	Caçapava	08/33	04/75	-23:04:45	-45:42:40	8.342	ANA	DESATIVADA	Descarga Líquida
58152010	Parque Moçota	08/05	03/11	-23:04:39	-045:42:42	8.440	ANA	CPRM	Leitura de Régua
58152100	Caçapava	10/64	03/74	-23:04:00	-045:42:00	8.460	CESP	DESATIVADA	Leitura de Régua
58158000	Tremembé	07/34	12/71	-22:57:38	-45:33:10	9.080	ANA	DESATIVADA	Descarga Líquida
58158100	Tremembé	08/98	09/09	-22:57:35	-045:33:14	8.860	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58182500	Ponte de	10/80	03/11	-22:54:43	-045:28:16	9.506	FCTH/DAEE	FCTH/DAEE-	Leitura de

Estação		Período Amostr		Coordena	das	AD	Respons.	Operadora	OBS
Código	Nome	Início	Fim	Latitude	Longitude	(km²)		·	
	Pindamonhan.	0.1/0.0	00/00	20 = 1 12	1-0010		-SP	SP	Régua Descarga
58183000	Pindamonhan Várzea do	01/39	09/06	-22:54:40	-45:28:13	9.576	ANA FCTH/DAFE	CPRM FCTH/DAEE-	Líquida Leitura de
58192000	Paraíba	09/55	03/11	-22:52:27	-045:24:23	9.733	-SP	SP	Régua
58201000	Potim	11/69	03/11	-22:50:38	-045:15:07	10.218	FCTH/DAEE -SP	FCTH/DAEE- SP	Leitura de Régua
58204000	Guaratinguetá	01/39	12/08	-22:48:43	-45:10:57	10.810	LIGHT	DESATIVADA	Descarga Líquida
58206000	Bairro Rio Comprido	06/53	03/11	-22:47:36	-045:10:42	10.696	FCTH/DAEE -SP	FCTH/DAEE- SP	Leitura de Régua
58214000	Lorena/Piquete	12/64	03/11	-22:41:59	-045:07:07	11.090	FCTH/DAEE -SP	FCTH/DAEE- SP	Leitura de Régua
58214300	Lorena	03/28	07/34	-22:43:00	-045:07:00	11.200	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58218000	Cachoeira Paulista	07/35	12/09	-22:39:42	-45:00:45	11.481	ANA	FURNAS	Descarga Líquida
58218100	Cachoeira Paulista	10/64	03/74	-22:39:00	-045:01:00	11.620	CESP	DESATIVADA	Leitura de Régua
58218200	Cachoeira Paulista	06/55	08/92	-22:39:42	-045:00:44	11.411	FURNAS	FURNAS	Leitura de Régua
58230000	Cruzeiro	01/34	02/80	-22:35:21	-44:57:21	12.155	ANA	DESATIVADA	Descarga Líquida
58230100	Cruzeiro	09/66	03/11	-22:35:08	-044:57:18	12.075	FCTH/DAEE -SP	FCTH/DAEE- SP	Leitura de Régua
58230200	Cruzeiro	09/70	10/95	-22:35:00	-44:57:00	12.170	LIGHT	DESATIVADA	Descarga Líquida
58235000	Queluz	11/34	12/10	-22:32:24	-44:46:26	12.749	FURNAS	FURNAS	Descarga Líquida
58235100	Queluz	11/34	03/11	-22:32:24	-44:46:22	12.749	ANA	CPRM	Descarga Líguida
58241000	Itatiaia	10/64	03/11	-22:27:00	-044:28:00	13.630	CESP	CESP	Leitura de Régua
58242000	Itatiaia	09/56	12/10	-22:30:01	-44:33:17	13.494	FURNAS	FURNAS	Descarga Líquida
58250000	Resende	01/30	12/08	-22:28:00	-44:26:43	13.882	ANA	FURNAS	Descarga Líquida
58250001	Resende - R2	04/31	04/38	-22:28:00	-044:27:00	13.800	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58300000	Barra Mansa	05/40	12/08	-22:32:18	-44:10:32	15.742	ANA	FURNAS	Descarga Líguida
58300001	Barra Mansa	07/52	03/96	-22:32:18	-44:10:32	15.660	LIGHT	LIGHT	Descarga Líguida
58305001	Volta Redonda	11/40	03/11	-22:30:03	-44:05:27	15.980	LIGHT	LIGHT	Descarga Líquida
58315000	Vargem Alegre	07/55	03/11	-22:30:00	-043:55:00	16.274	ANA	CPRM	Leitura de Régua
58320000	Barra do Piraí - R2	01/22	12/60	-22:28:00	-043:50:00	16.947	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58321000	Barra do Piraí	01/22	11/95	-22:26:58	-43:47:56	17.639	ANA	CPRM	Descarga Líquida
58323000	Barra do Piraí	04/45	08/60	-22:28:00	-043:50:00	16.947	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58370000	Barra do Piraí - Oficial	07/48	03/11	-22:27:00	-043:47:50	17.803	LIGHT	LIGHT	Leitura de Régua
58380000	Paraíba do Sul - RV	08/29	12/57	-22:04:43	-043:17:05	18.534	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58380001	Paraíba do Sul	11/72	03/11	-22:09:46	-43:17:11	19.300	ANA	CPRM	Descarga Líquida
58384960	Três Rios -	05/88	04/98	-22:07:56	-043:14:33	19.659	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de
58384970	Captação Três Rios - Ponte BR 393	04/88	04/98	-22:07:35	-043:13:48	19.664	FURNAS	DESATIVADA	Régua Leitura de Régua
58384990	Três Rios S17	02/88	04/98	-22:07:17	-043:12:07	19.693	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58385000	Três Rios	05/54	03/11	-22:07:10	-043:12:27	19.700	LIGHT	LIGHT	Leitura de

Estação		Período Amostr		Coordena	das	AD	Respons.	Operadora	OBS
Código	Nome	Início	Fim	Latitude	Longitude	(km²)	гсэронэ.	Орегацога	
50005400	T . D:	00/07	0.4/0.0	00.07.00	040 40 45	40.700	FURNIAG	DECATIVADA	Régua Leitura de
58385100	Três Rios	09/87	04/98	-22:07:09	-043:12:15	19.700	FURNAS	DESATIVADA	Régua
58385110	Três Rios S16	02/88	04/98	-22:06:59	-043:12:02	19.700	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58385120	Três Rios S15	02/88	04/98	-22:07:03	-043:11:19	19.706	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58385130	Três Rios S14	02/88	04/98	-22:07:05	-043:11:10	19.706	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58385140	Três Rios - Ponte das Garças	02/88	04/98	-22:07:21	-043:10:42	19.729	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58385150	Três Rios - Parque Ind. Triângulo	04/88	04/98	-22:06:56	-043:10:30	19.730	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58385160	Três Rios - Ponte BR 040	02/88	04/98	-22:06:16	-043:10:03	19.732	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58385170	Montante Foz do Piabanha	04/87	04/98	-22:06:50	-043:08:50	19.743	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629600	Três Barras	04/87	04/98	-22:04:51	-043:06:11	29.515	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629700	KM 12 BR 393	04/87	04/98	-22:05:24	-043:03:52	29.710	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629800	Areal BR 393	04/87	04/98	-22:04:07	-043:02:06	29.714	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629900	Barreiro BR 393	04/87	02/88	-22:03:21	-043:02:02	29.715	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629950	Anta A	09/87	05/98	-22:02:19	-043:01:19	29.720	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629955	Anta A1	02/88	05/98	-22:01:59	-043:00:48	29.720	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629960	Anta B	09/87	05/98	-22:01:51	-043:00:33	29.731	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629963	Anta B2	11/88	05/98	-22:01:58	-042:59:59	29.802	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629965	Anta B1	02/88	05/98	-22:01:47	-043:00:16	29.803	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629967	Anta B3	10/88	05/98	-22:01:59	-043:00:12	29.803	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629970	Anta C	04/87	05/98	-22:01:58	-042:59:59	29.805	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629985	Anta D	09/87	05/98	-22:01:59	-042:59:57	29.805	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58629990	Anta E	09/87	05/98	-22:02:06	-042:59:47	29.805	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58630000	Anta F	05/25	03/98	-22:02:00	-043:00:00	30.250	LIGHT	DESATIVADA	Leitura de Régua
58630001	Anta	10/22	12/60	-22:02:00	-042:59:00	32.700	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58630002	Anta	10/30	03/11	-22:02:07	-42:59:27	30.579	ANA	CPRM	Descarga Líquida
58630010	Anta H	01/87	05/98	-22:01:57	-042:59:20	29.816	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58630020	Anta I	09/87	05/98	-22:01:52	-042:59:11	29.816	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58630030	Anta J	09/88	05/98	-22:01:46	-043:59:04	29.816	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58630040	Anta K	09/88	05/98	-22:01:40	-042:59:10	29.816	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58631100	Sapucaia A	09/87	04/98	-21:58:20	-042:53:32	30.102	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58631110	Sapucaia B	04/87	05/98	-21:57:49	-042:52:46	30.102	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58631120	Sapucaia C	05/87	05/98	-21:57:35	-042:52:50	30.106	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58631130	Sapucaia D	10/87	05/98	-21:57:31	-042:52:43	30.106	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua

Estação		Período		Coordena	das	AD			000
Código	Nome	Amostr Início	ado Fim	Latitude	Longitude	(km²)	Respons.	Operadora	OBS
	Benjamin				Ĭ	20 442	ELIDNAS	DECATIVADA	Leitura de
58631140	Constant Benjamin	04/87	04/98	-21:57:19	-042:52:33		FURNAS	DESATIVADA	Régua Leitura de
58631150	Constant - Jusante	05/87	04/98	-21:57:11	-042:52:17	30.443	FURNAS	DESATIVADA	Régua
58631160	Fazenda Santa Rosa	04/87	04/98	-21:57:02	-042:51:39	30.446	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua Leitura de
58631190	Ilha Mangueiral	04/87	04/98	-21:56:07	-042:48:17	30.524	FURNAS	DESATIVADA	Régua Leitura de
58631200	Belém	04/87	04/98	-21:55:44	-042:47:32	30.531	FURNAS	DESATIVADA	Régua
58632010	Suplício A	02/87	04/98	-21:55:50	-042:47:24	30693	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632020	Suplício B	04/87	04/98	-21:55:46	-042:47:11	30.693	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632030	Suplício J	32082	35886	-21:55:40	-042:47:28	30693	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632040	Suplício I	11/87	04/98	-21:55:37	-042:47:09	30.693	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632050	Suplício G	04/87	04/98	-21:55:26	-042:46:52	30.693	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632060	Suplício C	04/87	04/98	-21:55:36	-042:46:45	30.693	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632070	Suplício D	04/87	04/98	-21:55:28	-042:46:32	30.694	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632085	Suplício F	04/87	04/98	-21:55:18	-042:46:30	30.697	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632090	Suplício - Barragem	12/54	03/64	-21:55:00	-042:47:00	31.000	LIGHT	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632095	Suplício E	04/87	04/98	-21:55:19	-042:46:10	30.698	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632100	Suplício H	04/87	04/98	-21:55:15	-042:46:58	30.703	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632110	Jamapara	01/90	04/98	-21:53:44	-042:41:55	33.200	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632120	Além Paraíba (ESIM.T)	01/90	04/98	-21:52:44	-042:41:06	33.300	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58632130	Marambaia	04/87	04/98	-21:52:21	-042:39:50	33.300	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58642000	Porto Novo do Cunha	09/22	12/65	-21:51:00	-042:41:00	31.130	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58654100	Porto Velho do Cunha	04/87	04/98	-21:49:28	-042:32:59	31.511	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58657000	Escola São João	04/87	04/98	-21:48:42	-042:31:13	31.562	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58659050	São Sebastião do Paraíba	04/87	11/88	-21:45:00	-042:22:00	35.000	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58659060	São Sebastião do Paraíba - Jus	11/88	04/98	-21:45:05	-042:22:57	32.194	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58659100	Porto do Tuta	04/87	04/98	-21:44:24	-042:19:05	32.290	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58678000	Porto das Cruzes	04/87	04/98	-21:41:44	-042:12:57	33.032	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58678010	Itaocara A	04/87	04/98	-21:41:29	-042:09:55	33.196	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58678020	Itaocara B	04/87	04/98	-21:41:52	-042:09:13	33.212	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58678030	Itaocara C	04/87	04/98	-21:42:01	-042:09:07	32.213	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58678040	Itaocara D	04/87	04/98	-21:41:33	-042:08:48	33.213	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58678050	Itaocara E	04/87	08/87	-21:42:00	-042:07:00	34.213	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58678060	Itaocara F	04/87	04/98	-21:42:07	-042:07:46	33.549	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58678065	Itaocara H	06/92	04/98	-21:42:00	-042:08:00	33.550	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de

Estação		Período Amostrado		Coordenadas		AD	Respons.	Operadora	OBS
Código	Nome	Início	Fim	Latitude	Longitude	(km²)			
									Régua
58678070	Itaocara G	04/87	04/98	-21:41:27	-042:06:19	33.554	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58680001	Itaocara	08/67	03/11	-21:39:57	-042:04:52	33.628	ANA	CPRM	Leitura de Régua
58795000	Três Irmãos	01/79	01/11	-21:37:33	-41:59:07	43.118	ANA	CPRM	Descarga Líquida
58879800	São Fidélis - montante	01/87	04/98	-21:36:28	-041:45:51	45.907	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58879900	São Fidélis - jusante	01/87	04/98	-21:37:01	-041:45:45	45.913	FURNAS	DESATIVADA	Leitura de Régua
58880000	São Fidélis	02/21	07/72	-21:38:40	-041:44:50	45.945	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58880001	São Fidélis	01/74	01/11	-21:38:43	-41:45:08	46.731	ANA	CPRM	Descarga Líquida
58895000	Itereré	12/24	12/57	-21:41:00	-041:29:00	49.500	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58972000	Guarus	01/55	12/73	-21:44:00	-41:20:00	55.083	ANA	DESATIVADA	Descarga Líquida
58973000	Campos	01/44	12/54	-21:45:05	-041:19:40	55.500	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58974000	Campos - Ponte Municipal	01/34	03/11	-21:45:12	-41:18:01	55.500	ANA	CPRM	Descarga Líquida
58980000	Usina São João	10/32	07/57	-21:46:00	-041:17:00		ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58985000	Usina Barcelos	09/35	07/72	-21:43:00	-041:11:00	56.440	ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua
58990000	São João da Barra	12/24	04/62	-21:39:00	-041:15:00		ANA	DESATIVADA	Leitura de Régua

Tabela 4.3: Resumo de vazões totais.

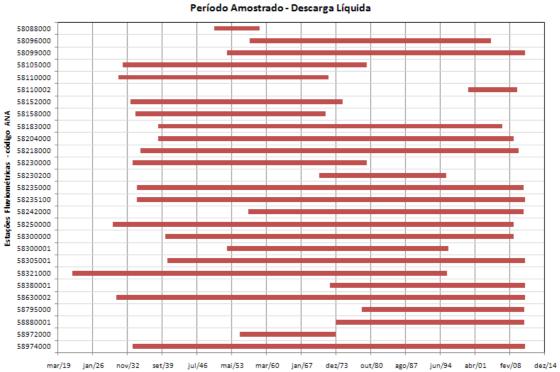


Figura 4.1: Período Amostrado das Estações Disponíveis de medição de Descarga Líquida

5. CARTOGRAFIA

De forma a permitir a visualização das captações de água existentes além da espacialização da mesma, será realizada cartografia em escala de 1:250.000, contemplando os seguintes fatores:

- Geração de Energia com alteração no regime de vazões (Santa Branca e Funil)
- Captação para Abastecimento Humano;
- Localização de Emissão de Efluentes;
- Postos da ONS; e
- Postos da ANA.

As bases operacionais disponíveis para a Bacia do Paraíba do Sul foram organizadas de forma a permitir a agregação das informações dos diversos temas estudados em uma base de dados única. Entre os principais procedimentos adotados para estruturação das bases destacam-se os seguintes

Fonte	Escala	Apresentação
Milionésimo digital	1:1.000.000	Digital (shapefile)
Censo 2010	1:1.000.000	Digital (shapefile)
IBGE/DSG	1:250.000	Digital (dgn)/ impresso
PROBIO/MMA (Áreas Prioritárias para Unidades de Conservação)	1:2.500.000	Digital (shapefile)
DNPM / SIGMINE	1:250.000	Digital (shapefile)
Modelo Digital de Terreno - SRTM (Suttle Radar Topografic Mission)	1:250.000	Digital (shapefile)
Revisão das Séries de Vazões – Mapas	-	Digital (cad)
HIDROWEB	1:250.000	Digital (shapefile)
Imagens de Satélite Landsat 5 ETM	1:100.000	Digital (Geotiff)
Imagens de Satélite CBERS - INPE	1:100.000	Digital (Geotiff)

Para a integração de informações estatísticas à base de mapas, serão realizadas análises dos dados estatísticos que terão o apoio da incorporação de informações ao Sistema de Informações Geográficas, realizado através da associação das bases de dados a elementos da base cartográfica. Além disso, serão utilizados mapeamentos através do Modelo Digital de Terreno - SRTM (*Suttle Radar Topografic Mission*) e de forma a delimitar automaticamente a partir da informação da cota máxima, os reservatórios. Para o Mapa de Declividade serão realizados mapeamentos baseados no Modelo Digital de Terreno.

Para a uniformização das bases de dados e de classificações será realizada a compatibilização de vários trabalhos haja vista a variedade de escalas e datas distintas de publicação, com nomenclatura também diferente, em distintos níveis e grande volume de informação e elevada deficiência de georreferenciamento das informações.

Com a utilização de metodologias mais avançadas é possível que haja necessidade de ajustar as unidades nos mapas, polígono a polígono, compatibilizando e uniformizando as legendas diferenciadas para cada Estado, devendo ser redesenhados mais de 1000 polígonos, com um total de 160 unidades de mapeamento.

Poderá haver também, necessidade de ajustes cartográficos demorados, requerendo a interpretação de imagens de satélites ortorretificadas, modelos digitais do terreno, modelos sombrea-

dos, curvas de nível e mapas hipsométricos e de declividade. Com a obtenção dos novos mapas, as unidades de mapeamento serão organizadas em uma única legenda e transferidas para as bases cartográficas na escala 1 : 250.000.

O principal objetivo desta análise é fornecer subsídios para a realização do Estudo de Transposição de Vazões para a Bacia do Rio Paraíba do Sul.

6. DEMANDAS DE ÁGUA

6.1. Usos consuntivos

Os usos consuntivos são aqueles associados às demandas de água que diminuem a disponibilidade de água do corpo hídrico onde se implantará a captação, isto é haverá um consumo de parte da água captada, ou mesmo a deterioração de sua qualidade, como ocorrem em áreas onde não se procede ao tratamento de efluentes.

Em suma, são denominados usos consuntivos aqueles para os quais se retira água na bacia hidrográfica e que parte é consumida e não volta para a mesma.

Na maior parte das bacias hidrográficas brasileiras, ainda não estão implantados sistemas de gestão dos recursos hídricos e de outorgas. No entanto, este sistema encontra-se em processo de implantação na bacia do rio Paraíba do Sul.

Nesse item, revisa-se a metodologia para avaliação dos diversos usos e os dados necessários para obtê-los. Procurar-se-á seguir a metodologia já adotada pelo ONS/ANA para definição dos outros usos da água da bacia do Paraíba do Sul.

Serão consideradas vazões de retirada, de retorno e de consumo definidas como:

- vazão de retirada somatório das vazões captadas pelos municípios e agregadas para as bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico (incluindo, também, as captações nos próprios reservatórios), para atividades de uso consuntivo da água;
- vazão de retorno somatório das vazões lançadas pelos municípios e agregadas para as bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico, decorrentes de despejo de parcela remanescente da vazão de retirada para atividades de uso consuntivo da água (parcela não consumida da vazão de retirada); e
- vazão de consumo somatório das diferenças entre as vazões de retirada e de retorno, nas bacias de contribuição de cada aproveitamento hidrelétrico.

As categorias de uso consuntivo a serem abordadas por este estudo serão:

- irrigação;
- abastecimento urbano;
- abastecimento rural;
- criação animal; e
- abastecimento industrial.

6.1.1. Irrigação

Os parâmetros necessários para a obtenção da vazão de retirada para irrigação se baseiam na avaliação das seguintes informações básicas:

• Área Irrigada (Ai);

- Evapotranspiração real das culturas (ETrc);
- Precipitação (P); e
- Eficiência de Aplicação (Ea) dos sistemas de irrigação.

6.1.1.1. Estimativa da área irrigada

Como não se dispõe de um cadastro atualizado das demandas ou outorgas de água, e como as informações de imagem de satélite não permitiriam obter avaliações para o passado e para as previsões futuras com a precisão necessária foi adotada a estratégia de utilizar como fonte principal de informação os Censos Agropecuários do IBGE.

Serão utilizados os Censos Agropecuários dos anos de 1995 / 1996 de 2006, pois representariam melhor a realidade no que concerne ao uso da irrigação, iniciada nos últimos anos na região serrana da bacia. A área total irrigada por município está disponível somente a partir de 1960, período que coincide com o início da expansão da prática da irrigação no Brasil, mas na região só aparece nos anos mais recentes, e por este motivo a adoção de somente este período.

Como os dados constantes nos censos após 1960 referem-se apenas à área total irrigada e à área ocupada com cada cultura no município – ou seja, uma vez que não existe no censo informação específica de área irrigada por cultura no nível de desagregação municipal – será necessário estimá-la. Para isso, se iniciará com base na informação de área irrigada por cultura que os censos disponibilizam para os Estados. Admitiu-se que, em cada município, a proporção entre área colhida e área irrigada com uma determinada cultura é a mesma verificada no Estado ao qual pertence o município.

Se considerará , portanto, que, em média, os municípios têm a mesma relação área irrigada / área colhida, para cada cultura, que os Estados aos quais pertencem.

O processo de obtenção da área irrigada por cultura no município será dividido em duas etapas. Na primeira, um valor inicial da área irrigada de cada cultura no município será obtido pela equação:

$$A_{i c,a} = (A_{c e,a} / A_{c e,c,a}) x A_{i e,c,a}$$

Onde:

A_{i c.a} = Valor da área irrigada no município, para a cultura (c) e ano (a), em ha;

 $A_{i\,e,c,a}$ = Valor da área irrigada no Estado (e) para a cultura (c) e ano (a), em ha, obtida no censo do IBGE:

 $A_{c e,c,a}$ = Valor da área colhida no Estado (e) para a cultura (c) e ano (a), em ha, obtida no censo do IBGE;

 $A_{c c,a}$ = Área colhida no município, para a cultura (c) e ano (a), em ha, obtida no censo do IBGE.

Na segunda etapa, procurar-se-á garantir que o valor de área irrigada total do município, obtido do IBGE, seja preservado, ou seja, impediu-se que a soma dos valores iniciais de cada cul-

tura, obtida na etapa anterior para um determinado município, fosse diferente do valor de área irrigada total fornecido pelos censos para esse município.

Garantir-se-á, em outras palavras, que os valores de área irrigada por cultura fossem, no total, iguais ao valor da área irrigada total do município obtida do IBGE. Esta segunda etapa consistirá em aplicar um fator de proporção de área adimensional dado por:

$$Fp = \sum A_{i c,a,vi} / A_{i t,a}$$
 onde:

 $A_{i,t,a}$ = área total (t) irrigada no município, no ano (a), em hectares, obtida nos censos agropecuários do IBGE.

Assim, o valor da área anual irrigada por cultura no município ($A_{i c,a}$), nos anos dos censos agropecuários, será obtido por:

$$A_{i c,a} = A_{i c,a,vi} \times F_p$$

Para converter os valores de área irrigada por cultura de cada município em valores mensais será utilizado o calendário de colheita do Censo Agropecuário. O calendário de colheita representa a divisão da área total colhida no Estado para cada cultura nele presente, nos meses nos quais ocorre a colheita.

A sua aplicação no nível municipal exigirá a conversão dos valores apresentados em percentuais do total colhido. Com isso, será possível estabelecer, para cada município, um calendário de colheitas, multiplicando a área colhida no município com uma determinada cultura pelos valores percentuais do calendário estadual.

A área irrigada da cultura "A" em um determinado mês é a soma de todas as faixas presentes nesse mês. Nos demais meses, quando não há faixas, a área irrigada receberá valor zero ($A_i = 0$). Essa rotina será adotada para todas as culturas presentes em cada um dos municípios contidos nas bacias estudadas. A área irrigada total (A_{it}) em um determinado mês é a soma das áreas irrigadas de cada uma das n culturas presentes nesse mês.

Por outro lado para que se possa avaliar o potencial futuro de utilização se procederá ao cálculo da área irrigada pelo levantamento da aptidão agrícola, já que esta experiência na região e no Brasil é relativamente recente, e não aparece nos Censos.

Será então elaborado o mapa de solos e aptidão agrícola da bacia com base nas informações do RADAM, e usada no nível de reconhecimento apenas. Considerando como aptas apenas as áreas de classe 1 a 3.

6.1.1.2. Estimativa da evapotranspiração

O termo evapotranspiração foi utilizado pela primeira vez por THORNTHWAITE (1944), para expressar a ocorrência simultânea da evaporação e da transpiração com uma comunidade vegetal de pequeno porte que cobre totalmente o solo.

Segundo THORNTHWAITE e HARE (1965), citados por VAREJÃO-SILVA (2000), Thorn-thwaite introduziu o termo evapotranspiração potencial (ET_p) com o objetivo de estabelecer

um parâmetro comparativo, definindo-o como a perda de água por parcela de solo úmido, totalmente revestida de vegetação e suficientemente extensa para eliminar o efeito oásis.

PENMAN, em 1956, citado por TANNER & PELTON (1960), modificou um pouco o conceito original de evapotranspiração potencial, definindo-a como sendo a quantidade de água transpirada na unidade de tempo, a partir de uma vegetação rasteira e verde, recobrindo totalmente o solo, com altura uniforme e sem jamais sofrer limitações hídricas.

BERNARDO (1989) definiu:

- Evapotranspiração de Referência (Et_o) como sendo a evapotranspiração de uma superfície extensiva, totalmente coberta com grama de tamanho uniforme, com 8 a 15 cm de altura e em fase de crescimento ativo, em solo com ótimas condições de umidade;
- Evapotranspiração Potencial da Cultura (Et_{pc}) como a evapotranspiração de determinada cultura quando há ótimas condições de umidade e nutrientes no solo, de modo a permitir a produção potencial dessa cultura nas condições de capacidade de campo; e
- Evapotranspiração Real da Cultura (ET_{rc}) como a quantidade de água evapotranspirada por uma determinada cultura, sob condições normais de cultivo, isto é, sem a obrigatoriedade de o teor de umidade do solo permanecer próximo da capacidade de campo.

Sendo a capacidade de campo a percentagem de umidade do solo quando toda a água foi drenada por efeito gravitacional, ficando retida apenas por efeito de tensão superficial.

Uma vez que a medida direta da evapotranspiração ET_{rc} é difícil, onerosa e exige instalações e equipamentos especiais, o que justifica sua utilização apenas em condições experimentais, THORNTHWAITE (1948), PENMAN (1948), BLANEY & CRIDDLE (1950) e TURC (1955), citados por BUTLER & MIRANDA (1984) entre outros, desenvolveram equações matemáticas para estimá-la a partir de parâmetros meteorológico, isto é, por meio indireto.

Em trabalhos recentes o método de Penman–Monteith–FAO foi recomendado por ser o mais preciso e, portanto, considerado como referência para este tipo de estimativa (LUCHIARI JR. & RIHA, 1991; SMITH, 1991; DECKER, 1994; FERREIRA, 1998, FERREIRA *et al.*, 2001). Estudos comparativos entre estimativas da evapotranspiração de referência e medidas diretas de lisímetros realizados por ALLEN *et al.* (1989), em diversos locais do mundo, indicaram o método de Penman–Monteith como o mais confiável, tendo sido adotado pela FAO a partir de 1990. De acordo com AMORIM *et al.* (2001), tal método representa uma boa opção para estimar a evapotranspiração de cultivos agrícolas, por ser estruturado dentro de conceitos que associam a termodinâmica atmosférica a parâmetros fisiológicos dos vegetais (resistência aerodinâmica e estomática), no tocante às diversidades do local e do clima.

As séries de vazões para a irrigação $\,$ a serem obtidas no presente estudo terão como base a $\rm ET_{rc}$, com a $\rm ET_{o}$ estimada pelo método Hargreaves Para isso serãom utilizados os seguintes parâmetros meteorológicos:

- i. Temperatura média (°C);
- ii. Umidade relativa (%);

Os parâmetros serão obtidos das Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia — INMET, dos períodos de 1931 a 1960 e 1961 a 1990. Como a irrigação passou a ser relevante a partir da década de 60, as Normais do período 1961 a 1990 serão adotadas nas estações em que estavam disponíveis. As do período 1931 - 1960 serão utilizadas nas estações em que não se dispunha de Normais calculadas para 1961 a 1990.

Também se fará a estimativa da evapotranspiração de referência, utilizando o método de Hargreaves:

$$ET_o = (MF \times (32+1.8 T_c) \times (0.158(100-RH_{med})^{0.5})$$

Onde:

ET_o= evapotranspiração de referência (mm/dia);

MF= fator que depende do mês e latitude do posto de observação, e que reflete a oportunidade de horas de sol da região(sazonalidade);

 T_c = temperatura em graus centígrados($^{\circ}$ C);

 RH_{med} = umidade relativa média do ar(%);

A evapotranspiração real dos cultivos será obtida a partir do cálculo da evapotranspiração de referência multiplicada pelo coeficiente dos cultivos que procura representar o comportamento da evapotranspiração real da cultura que acompanha o crescimento progressivo das culturas, do plantio até a colheita (conforme PEREIRA *et al.* (2001). Contemplar tal variação nos cálculos é fundamental, pois ela representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais.

No estudo do Projeto São Francisco (ANA/GEF/PNUMA/OEA), que abrangeu 55 projetos de irrigação, em 82% das avaliações realizadas em propriedades que utilizam irrigação localizada esta foi deficitária e, em 58% dos casos, foi feita após o momento adequado. Para os sistemas de irrigação por aspersão, 77% das avaliações indicaram irrigações com déficit e 68% das irrigações foram feitas após o momento adequado.

Assim sendo, a consideração da evapotranspiração real como sendo igual a da referência de fato promoveria uma grande super estimativa da vazão de retirada.

Os valores estimados e espacializados de evapotranspiração de referência serão, então, convertidos em evapotranspiração potencial da cultura (ET_{pc}) e desta em evapotranspiração real da cultura (ET_{rc}), com a utilização do coeficiente de cultura (K_c) e do coeficiente de umidade do solo (K_s), respectivamente.

A partir das datas de colheita específicas de cada Estado, obtidas do Censo Agropecuário do IBGE, e dos principais cultivos explorados em cada município, obtidos de cada um dos Censos Agropecuários utilizados, será possível a utilização do coeficiente de cultivo (K_c) reco-

mendado por ALLEN *et al.* (1998), no boletim *FAO Irrigation and Drainage* para o cálculo da ET_{pc} pela equação apresentada por BERNARDO (1989):

 $ET_{pc}=ET0xK_{c}$

Em que:

ET_{pc} = evapotranspiração potencial da cultura (mm);

ET_o = evapotranspiração de referência (mm);

 K_c = Coeficiente da cultura (adimensional).

A Figura 6.1 a seguir ilustra a curva de variação dos coeficientes dos cultivos ao longo das estações.

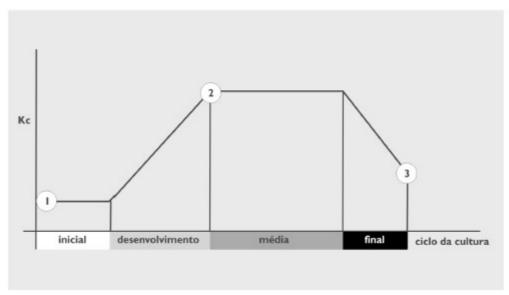


Figura 6.1: curva de variação dos coeficientes dos cultivos ao longo das estações

A ET_{rc} será estabelecida mediante aplicação da seguinte equação (BERNARDO, 1989):

ETrc=K_s x ET_{pc}

Em que:

 ET_{rc} = evapotranspiração real da cultura (mm);

 K_s = Coeficiente de umidade do solo (adimensional);

Os valores de K_s aqui utilizados foram obtidos pelo Projeto São Francisco (ANA / GEF / PNUMA / OEA, 2002). A saber:

- Irrigação por aspersão: K_s = 0,81; e
- Irrigação localizada: K_s = 0,88.

6.1.1.3. Estimativa da precipitação

Neste estudo considerar-se-á o total da precipitação média mensal das estações do INMET.

6.1.1.4. Estimativa da vazão de consumo e de retorno de irrigação

A estimativa da vazão de retirada para a irrigação terá como base, para os municípios pertencentes à bacia, o balanço hídrico mensal dado pela equação:

$$Q_i = (A_{i,m} \times (ET_{0m} \times K_{cm,m} + K_s) - P_m) \times 10)/E_{am,m};$$

Onde:

Q_i= vazão de retirada para irrigação por município, em m³/mês;

A_{i,m} = área total de cultivo do município por mês e por hectare;

ET_{0m}= Evapotranspiração potencial no município por mês;

K_{cm}= Coeficiente dos cultivos;

 $K_{s,m}$ = Coeficiente de umidade do solo;

P_m = Precipitação no mês;

E_{a,m}= Eficiência de aplicação.

A eficiência de aplicação adotada neste trabalho será obtida dos resultados de ANA / GEF / PNUMA / OEA (2002), a saber:

- Irrigação por aspersão: E_a = 0,71;
- Irrigação localizada: E_a = 0,79.

As vazões de retorno foram obtidas por meio da seguinte equação:

$$Q_{i,r} = Q_i(P_p + P_{esc})$$
, onde:

P_p=perdas de água por percolação;

P_{esc}= perdas de água por escoamento superficial.

Em contrapartida na avaliação da ANA para algumas bacias não são calculadas as demandas dos cultivos a partir do balanço hídrico, isto é, com dados meteorológicos de superfície e os cultivos mapeados para estimar a evapotranspiração dos cultivos e realizar o balanço com a estimativa da precipitação. O cálculo foi feito em função do tipo de irrigação empregada e sua eficiência de aplicação, estimando pela experiência uma demanda em l/s/ha, isto é, 3,04 para irrigação por inundação, 0,34 para irrigação localizada e 0,37 l/s/ha para rega por aspersão. Quando são consideradas médias anuais, estes valores são, respectivamente, de 0,82 l/s/ha, 0,11 l/s/ha e 0,10 l/s/ha. Estes valores multiplicados pela área irrigada de cada tipo de rega em cada unidade de planejamento resultam na demanda em cada uma delas.

Este método será aqui utilizado para comparação.

6.1.2. Abastecimento urbano

Para a estimativa da vazão de retirada para o abastecimento urbano serão processados os dados dos censos demográficos com a determinação, para cada município contido em cada uma áreas de drenagem, das populações total e urbana do município e da população atendida pelo Sistema Público de Abastecimento de Água.

Em seguida, proceder-se-á a determinação do consumo per capita de cada Estado, para o ano de 2010, relacionando-se as informações contidas na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico — PNSB (IBGE, 2008) referentes ao volume distribuído em cada município, com as dos censos demográficos do IBGE, relativas ao número de domicílios atendidos pelo Sistema Público de Abastecimento de Água e ao número de habitantes por domicílio.

Nesse caso serão utilizados os dados dos censos populacionais do IBGE, do Plano Nacional de Saneamento Básico (2008), do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (2008). Com base no consumo "per capita" avaliado para cada região ou município e a população rural e urbana dos mesmos será estimado o consumo de água para atender o consumo humano. O consumo per capita será considerado variando entre 110 e 220 l/hab./dia.

A distribuição geográfica dessas demandas considerará que toda a população urbana está localizada nas sedes municipais e que a população rural encontra-se distribuída uniformemente pela área do município. Quanto ao retorno do volume total captado aos mananciais, estima-se que esse se dê através de duas parcelas distintas, conforme descrito a seguir:

- 90% das perdas físicas do sistema, ou seja, a diferença entre o volume captado e o volume efetivamente consumido pela população;
- 80% do volume consumido que equivale a taxa de retorno do esgotamento sanitário.

6.1.3. Abastecimento rural

Para o abastecimento rural considerar-se-á, além da população rural, também a urbana não atendida.

No cálculo das vazões utilizar-se-á, no caso das populações rurais e urbanas não atendidas por rede geral, os coeficientes de retirada rural per capita. Portanto, que as duas parcelas tendem a se abastecer de água de forma semelhante. No caso da população rural atendida por rede geral, utilizar-se-á os mesmos per capita da população urbana.

Uma observação mais detalhada dos dados disponibilizados pelo IBGE mostrou um fato que até recentemente tinha pouco significado em relação ao universo considerado. O número crescente de domicílios rurais abastecidos por rede geral.

Isso criou do ponto de vista da metodologia desenvolvida, duas situações distintas:

 a primeira delas é aplicada aos municípios em que a população atendida por rede geral é inferior à população urbana. Neste caso, não há distinção do cálculo dos volumes de captação e retorno;

2. a segunda, aplica-se aos casos em que a população atendida por rede geral é superior à população urbana. Para atender a esta segunda situação foram definidos dois perfis de habitantes, diferenciados por sua condição em relação ao abastecimento e ao retorno. Entende-se nesse estudo que toda a população atendida, seja ela urbana ou rural, é abastecida com "per capita" que mais se aproximam do urbano, sendo estes os utilizados. Por outro lado, o avanço nas redes de abastecimento não foi seguido, na mesma proporção, por expansão dos serviços de esgotamento sanitário, o que caracteriza maior proximidade do que ocorre de fato no meio rural. Com isso, nessa segunda situação, o cálculo das vazões de captação e retorno foi condicionado pelo perfil da população: urbana ou rural.

Os coeficientes de retirada rurais "per capita" utilizados foram propostos pela ANA (2003) no documento "Base de Referência para o Plano Nacional de Recursos Hídricos". A determinação do consumo per capita para abastecimento rural é função do Estado onde se localiza o município considerado.

A estimativa da vazão retirada para abastecimento rural, por município, será feita pela equação:

 $Q_r = (Pop_{r,na} + Pop_{u,na}) \times CP_{rur} + Pop_{r,a} \times CP_{(Fxn)}$, onde:

Q_r= vazão retirada para abastecimento rural por município,l/dia;

Pop _{r,na} = população rural do município não atendida por rede geral, habitantes;

Pop _{r.a} = população rural do município atendida por rede geral, habitantes;

Pop _{u,na}= população urbana do município não atendida por rede geral, habitantes;

 CP_{rur} = vazão per capita rural em l/hab./dia considerando o Estado em que se insere o município;

 $CP_{(Fxn)}$ = vazão per capita urbana em l/hab./dia considerando o Estado e a faixa populacional do município.

A estimativa das vazões retiradas para abastecimento rural será realizada para cada um dos municípios pertencentes à bacia de drenagem, sendo a vazão total retirada para abastecimento rural obtida pelo somatório das vazões correspondentes a todos os municípios pertencentes à bacia.

Para obtenção das séries, será necessário localizar espacialmente, em cada uma das áreas incrementais, as demandas estimadas por município. As demandas rurais serão distribuídas conforme o percentual da área de município contido em cada área incremental. Assumiu-se, portanto, que a distribuição dessas demandas se dá de maneira uniforme na área de cada município.

É fato a inexistência de sistemas para a condução das vazões de retorno pertinentes ao abastecimento rural. Contudo, o fato de inexistirem tais sistemas não implica na inexistência do retorno, uma vez que este passa a ocorrer por meio do reabastecimento do lençol freático e con-

sequente escoamento subterrâneo. O retorno, nessas condições, deve ser inferior ao do abastecimento urbano, mas certamente não desprezível. Pela consulta à literatura não foi possível identificar um valor de referência para esse coeficiente, o que motivou a adoção de 0,5 como taxa de retorno.

6.1.4. Abastecimento para a criação animal

A estimativa da série de vazões destinadas para a criação animal será feita a partir do número de cabeças, disponível nos Censos Agropecuários do IBGE dos anos de 1995 / 1996 e 2006. serão processados os dados censitários com a determinação, para os municípios contidos em cada uma das áreas de drenagem, da população correspondente aos principais rebanhos nacionais.

A estimativa da vazão retirada para criação animal por município será feita pela equação:

 $Q_a = \sum (Reb_{(esp anim)} x q_{(esp anim)}, onde :$

Qa = vazão retirada para abastecimento animal por município, l/dia;

Reb (esp anim) = rebanho do município para cada espécie animal obtida dos censos do IBGE;

q (esp anim) = vazão per capita por espécie animal, l/animal. dia.

6.1.5. Abastecimento industrial

A metodologia adotada para estimativa das séries de vazões relacionadas ao abastecimento industrial consistirá de um processo em que é levado em consideração o valor da produção industrial municipal, a quantidade produzida por tipo de indústria no ano de 2011 e a relação entre essa quantidade e o volume de água necessário à produção de cada unidade – função do processo industrial adotado.

serão utilizados:

- Censos Industriais; e
- Pesquisa Industrial Anual:

Nos estudos a serem realizados decidiu-se adaptar os valores apresentados no "Manual de Procedimentos para Outorga de Uso da Água na Indústria e Mineração — Bacia do Paraíba do Sul", elaborado pela Superintendência de Outorga da ANA, (ANA, 2002b).

Considerando que o IBGE utiliza na tabulação dos resultados das suas pesquisas sobre a atividade industrial, a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE adotou-se como base para a agregação dos parâmetros do manual do Paraíba do Sul (ANA, 2002b) as 22 grandes classes de atividades industriais nela discriminadas, sendo uma dessas classes extrativa e as demais de transformação. Serão atribuídos códigos a cada uma dessas atividades tomando como referência a codificação do CNAE, não sendo necessariamente a mesma. Posteriormente, observou-se que, nos censos, alguns municípios dispõe apenas do valor da produção industrial total – sem discriminação por classe de indústria –, o que motivou a criação de uma clas-

se "genérica" de indústria, na qual os parâmetros de retirada e retorno representam a média das demais classes.

Ao longo do período abrangido pelo estudo do IBGE, o valor da produção foi expresso em diversas moedas. Todas elas serão convertidas para Dólar dos Estados Unidos da América (US\$), em valor nominal da época. A conversão será feita com base na cotação anual média do Dólar (para os anos de1940, 1950, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 e 2001-2012), obtida do Banco Central do Brasil. No período anterior a 1940, utilizar-se-á uma extrapolação da tendência observada entre 1940 e 1950.

Para tornar mais direta a estimativa das vazões, com base na Pesquisa Industrial Anual - PIA de 2002 – da qual se obteve o valor da produção e a quantidade produzida para as classes consideradas – converter-se-á os parâmetros agregados do manual do Paraíba do Sul de m³ / quantidade produzida para m³ / US\$. Embora esse procedimento tenha sido adotado em todas as classes, para algumas delas será necessário fazer consultas a instituições ligadas ao setor da atividade para complementar as informações da Pesquisa Industrial Anual - PIA ou mesmo para tornar possíveis as conversões de unidades produzidas em unidades compatíveis com as do Manual do Paraíba do Sul.

Assim, a estimativa da vazão de retirada para abastecimento industrial no município, dada pelo somatório das vazões demandadas por cada classe de indústria presente, será feita pela equação:

 $Q_p = \sum (VP_{(produto y)} \times V retirada_{(produto y))}/31.536.000$, onde:

 Q_p = vazão total de retirada para abastecimento industrial em m³/s;

VP (produto y) = valor da produção do produto y, convertido para US\$;

V retirada(produto y) = volume captado por unidade monetária produzida do produto y, m³/ US\$.

Alternativamente se pode estimar a demanda pelo número de funcionários. 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.

As tipologias que, de maneira geral, estão ligadas à rede pública de abastecimento (torrefação e moagem de café, fabricação de outros produtos alimentícios, fabricação de produtos têxteis, confecção de artigos do vestuário e acessórios, fabricação de produtos químicos e fabricação de artigos de borracha e plástico), foram retiradas da análise, a fim de evitar a duplicidade da estimativa das demandas. Os coeficientes de demanda e de retorno utilizados foram as propostas no Plano Integrado de Recursos Hídricos do Nordeste - PLIRHINE (1980).

Para efeito de localização geográfica das demandas da indústria de transformação, estas foram associadas às 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.

As minerações (garimpos e minas) utilizam água nas 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 (separação física para ouro e diamante). 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 a erosão, assoreamento e contaminação por óleos e graxas.

A estimativa das demandas da indústria extrativa terá como base o levantamento da produção das substâncias minerais nos diversos municípios da bacia. As substâncias identificadas serão então agrupadas segundo o processo de extração e beneficiamento, que apresentam demandas de água assemelhadas, materiais de construção (areia, argila, saibro, brita, granito e seixo); minerais metálicos (bauxita, cobre, manganês, níquel e titânio); minério de ferro; minerais não metálicos (amianto, caulim e grafita); gemas (diamante, esmeralda e quartzos); prata; ouro (cascalho); e fertilizantes (calcários e fosfatos).

Para a determinação dos coeficientes de demanda para cada uma das categorias serão adotados os valores constantes de um estudo do Instituto de Gestão de Águas de Minas Gerais - IGAM (2001).

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

6.2. Usos Não-consuntivos

6.2.1. Geração hidrelétrica

Neste caso, serão utilizadas as informações disponíveis nos estudos de inventário hidrelétrico da bacia do rio Paraíba do Sul e o planejamento setorial desenvolvido pela Empresa de Planejamento Energético. (EPE).

6.2.2. Navegação fluvial

O potencial para navegação fluvial deverá ser obtido de planos e programas regionais do Comitê de Bacia e da Agência Nacional de Águas.

6.2.3. Pesca, turismo e lazer

Neste caso serão consultadas as secretarias municipais de turismo e o diagnóstico dos estudos ambientais realizados para os estudos da PCHs previstas.

7. QUALIDADE DA ÁGUA

Foi solicitado ao INEA os dados referente aos parâmetros físicos, químicos, biológicos e metais pesados, seguindo a referência da Resolução CONAMA 357/05. Serão consultados os Órgão Ambientais Estaduais de São Paulo e Minas Gerais (CETESB e IGAM respectivamente), visando a obtenção dos dados com mesmos parâmetros.

Foram recebidos dados do INEA de 16 postos com período de 1980 até 2011, contemplando os dados físicos, químicos e metais pesados, conforme tabela a seguir. Ressalta-se que os dados para parâmetros biológicos encontram-se impressos e precisarão ser digitalizados.

Parâmetros		Postos
Alcalinidade Total (mgCaCO3/L)	Níquel (mg/L)	00RJ02PS0410
Aldrin (ug/L)	Nitrato (mg N/L)	00RJ02PS0413
Alfa BHC (ug/L)	Nitrito (mg N/L)	00RJ02PS0415
Alfa Clordano (ug/L)	Nitrogênio Amoniacal Solúvel (mg N/L)	00RJ02PS0418
Alumínio (mg/L)	Nitrogênio Kjeldahl (mg N/L)	00RJ02PS0419
Arsênio (mg/L)	OD (mg/L)	00RJ02PS0421
Cádmio (mg/L)	ÓLeos e Graxas (mg/L)	00RJ02PS0423
Cálcio (mg/L)	Orto-fosfato dissolvido (mg/L)	00RJ02PS0425
Chumbo (mg/L)	PCB (ug/L)	00RJ02PS0430
Cianeto (mg/L)	pH	00RJ02PS0431
Cloretos (mg/L)	Potássio (mg/L)	00RJ02PS0432
Clorofila a (ug/L)	Profundidade (m)	00RJ02PS0434
Cobre (mg/L)	Sódio (mg/L)	00RJ02PS0436
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Sólidos DissolvidosTotais (mg/L)	00RJ02PS0439
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	00RJ02PS0441
Condutividade (umho/cm)	Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	01RJ02FN0130
Cromo Total (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	
DBO (mg/L)	Sólidos Totais Fixos (mg/L)	
DQO (mg/L)	Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	
Dureza Total (mgCaCO3/L)	Sulfato Dissolvido (mg/L)	
Fenóis (mg/L)	10701L - Surfactantes Aniônicos - mg/L	
Ferro (mg/L)	Temperatura Água (°C)	
Ferro sol (mg/L)	Temperatura Ar (°C)	
Fluoreto Dissolvido (mg/L)	Transparência (m)	
Fósforo Total (mg/L)	Turbidez (u T)	
Fósforo Total sol (mg/L)	Umidade (%)	
Heptacloro (ug/L)	Vanádio (mg/L)	
Magnésio (mg/L)	Vazão (m3/s)	
Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)	
Mercúrio (ug/L)		

No que consiste à CETSB e IGAM, até o presente momento não foram obtidos informações sobre as solicitações realizadas.

8. MODELAGEM HIDRODINÂMICA

Conforme elucidado na Palestra de Controle de Cheias em Barra Mansa, a ANA realiza um estudo em paralelo com informações sobre seções topobatimétricas necessários para a Modelagem Hidrodinâmica contemplada no Estudo em questão.

Serviço de Campo – Dados Topobatimétricos	Número de seções
RSC-ST01.Serviços de Campo - Muriaé e Carangola - Revisão 1	90
RSC-ST02.Serviços de Campo - Paraíba do Sul (Trecho 1)	34
RSC-ST03.Serviços de Campo - Pomba	49
RSC-ST04.Serviços de Campo - Paraíba do Sul (Trecho 3)	66
RSC-ST05.Serviços de Campo - Paraibuna	62
RSC-ST06.Serviços de Campo - Paraíba do Sul (Trecho 2)	53

O relatório referente ao RSC-ST04 apresenta as seções topobatimétricas do Trecho 03 do rio Paraíba do Sul, conforme denominação adotada no presente estudo; esse trecho compreende o Alto Rio Paraíba do Sul, que se desenvolve desde a jusante do reservatório de Santa Branca até o lago do reservatório de Funil.

9. OUTORGAS E DISPONIBILIDADE LEVANTADAS

Na maior parte das bacias hidrográficas brasileiras, ainda não estão implantados Comitês de Bacias, possíveis facilitadores do estudo. No entanto, a Agência Nacional de Águas – ANA possui um banco de dados de concessão de outorga incluindo o rio Paraíba do Sul. As outorgas são classificadas pelos anos de concessão e validade das licenças onde serão analisadas as outorgas vigentes para o cenário atual e, se possível, para os cenários futuros.

A seguir, apresenta-se uma tabela com os arquivos disponíveis no *website* da ANA, que serão úteis para o referido trabalho.

Nome do Arquivo	Localidade	Ano
Outorgas_ANA_2003_2004	Brasil	2003 – 2004
Outorgas_ANA_2005_2006	Brasil	2005 – 2006
Outorgas_ANA_2007_2008	Brasil	2007 – 2008
Outorgas_ANA_2009_2010	Brasil	2009 – 2010
Outorgas_ANA_2009_2010Rev	Brasil	2009 – 2010
Outorgas_ANA_2011	Brasil	2011
Outorgas_ANA_ate_2003_Res60	Brasil	Até 2003
Outorgas_ANA_Revogações_Lote_Alteraçõe	Brasil	A partir de 2004
Resolucao860_2011_LotedeoutorgasdoParaibadoSul	Paraíba do Sul	2011
Outorgas2011	Brasil	2011

Tabela 9.1: Dados de Outorga. Fonte: ANA.

Vale ressaltar que as Unidades Federativas estão autorizadas a conceder o Ato Administrativo de Outorga, ou seja, os Órgãos Ambientais Estaduais (INEA, CETESB e IGAM) poderão acrescentar informações no que consiste às outorgas emitidas pelo Estado.

9.1. Alteração de outorgas dos usuários de água da bacia do rio Paraíba do Sul outorgados por meio da Resolução ANA n.º 564/2009

Com base nos dados e diretrizes do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia para a fase de cobrança de uso da água, pela ANA, foi concluída uma avaliação das disponibilidades e outorgas de uso e sua compatibilidade com o enquadramento dos diversos trechos da bacia.

Esta teve por objetivo verificar a existência de disponibilidade hídrica para atendimento dos usos de água na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, em termos quantitativos (captação) e qualitativos (diluição de efluentes). Dito isso, foram utilizadas algumas considerações para as demandas, disponibilidades e comprometimento da qualidade da água, a saber:

- Dados técnicos das interferências (captações e lançamentos) situadas em corpos de água de domínio da União e dos Estados, integrantes da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, constantes de relatório emitido pelo CNARH em 20/07/2011 e que contempla as declarações de uso válidas e enviadas até a referida data; e
- Vazão de referência a vazão com 95% de permanência Q95%, calculada para os trechos dos corpos de água que integram a região hidrográfica do rio Paraíba do Sul, a

partir da equação de regionalização apresentada no Plano de Recursos Hídricos. Para a calha do rio Paraíba do Sul foram consideradas as vazões de restrição dos reservatórios, acrescidas das vazões Q95% das bacias incrementais obtidas dos Estudos de Consistência e Reconstituição de Séries de Vazões Naturais na Bacia do Rio Paraíba do Sul, em conformidade com a Nota Técnica n.º 120/2011 GEREG/SRE-ANA (Documento n.º 00000.026088/2011).

- Avaliação da disponibilidade hídrica foi realizada por meio do Sistema de Controle de Balanço Hídrico – SCBH. Os dados de entrada do SCBH são as características técnicas e a localização das interferências, as vazões de referência associadas a cada trecho ao traçado da hidrografia da bacia do rio Paraíba do Sul feito na escala 1/250.000.
- Dados de saída do SCBH: comprometimento quantitativo coletivo Icquanti, que indica o percentual de comprometimento da vazão de referência de cada trecho de corpo hídrico em função das demandas consuntivas exercidas no trecho e a montante deste; concentração de DBO_{5,20} em cada trecho de corpo hídrico DBO_{trecho}, estimada a partir dos efeitos da diluição dos efluentes lançados e da autodepuração da matéria orgânica, segundo cinética de decaimento de primeira ordem conhecida como modelo Streeter-Phelps.

A partir dos dados de saída fornecidos pelo SCBH e do enquadramento dos corpos hídricos de domínio da União situados na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, especificamente no que se refere à DB_{05,20} máxima definida pela Resolução CONAMA n.º 357/05 para cada classe – DBO_{enq}, pode-se concluir pela viabilidade ou não da emissão de outorga, segundo os seguintes critérios:

A conclusão da viabilidade ou não da concessão da outorga foi feita em função dos dados de saída do SCBH, e do enquadramento dos trechos especificamente no que se refere à $DBO_{5,20}$ máxima definida pela Resolução CONAMA n.º 357/05 para cada classe — DBO_{enq} . Com os seguintes critérios:

- Ic_{quant}< 100 há viabilidade de emissão de outorga para todas as captações situadas no trecho, salvo as comprometem significativamente a disponibilidade hídrica qualiquantitativa dos trechos situados a jusante;
- DBO_{trecho} < ou igual ao DBO_{enq} há viabilidade de emissão de outorga para todos os lançamentos situados no trecho, salvo os comprometem significativamente a disponibilidade hídrica quali-quantitativa dos trechos situados a jusante.

Segundo a avaliação da ANA há viabilidade de emissão de outorga para todas as captações, uma vez que todos os trechos apresentaram Ic_{quanti} inferior a 100%. A simulação permitiu ainda inferir que há viabilidade de emissão de outorgas para os lançamentos que não acarretam desrespeito aos limites de $DBO_{5,20}$ para as classes de uso definidas nos enquadramentos dos corpos hídricos de domínio da União.

A Figura 9.1 a seguir mostra os trechos da bacia com seus diversos enquadramentos.

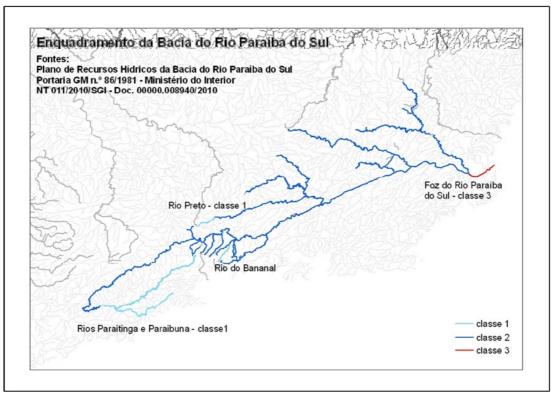


Figura 9.1: Enquadramento da Bacia do Rio Paraíba do Sul

Os resultados mostraram que diversos trechos de corpos hídricos nos quais a concentração de DBO_{5,20} superou o limite definido pela respectiva classe de enquadramento,dentre os quais destacam-se àqueles referentes a cursos de água de domínio da União, mostrados na Figura 9.2 a seguir, com destaque para o trecho paulista do Paraíba do Sul (entre Jacareí e Canas) e trechos do Paraibuna e Muriaé, principalmente por lançamento de efluentes não tratados.

Os usuários do setor de saneamento são os principais responsáveis pelo aporte de carga orgânica nos corpos hídricos, sendo destacados aqueles cujos esgotos são lançados *in natura*, direta ou indiretamente, em trechos críticos de corpos hídricos de domínio da União.

Realizou-se ainda uma simulação hidrológica com o objetivo de verificar se as ações para resolver parte dos problemas de saneamento são suficientes para que se respeitem os limites de estabelecidos pelas respectivas classes de enquadramento dos corpos receptores.

Nos casos em que não há previsão de ações de melhoria de seus sistemas de esgotamento sanitário, considerou-se o compromisso de substituição dos lançamentos *in natura* por lançamentos de efluentes tratados com $DBO_{5,20}$ igual a 120 mg/L.

Verificou-se que as ações previstas para melhoria dos sistemas de esgotamento sanitário dos municípios, bem como os compromissos propostos para aqueles em que não há previsão de ampliação da cobertura de tratamento de esgotos, serão suficientes para permitir o lançamento de seus efluentes em conformidade com os limites estabelecidos pelos enquadramentos.

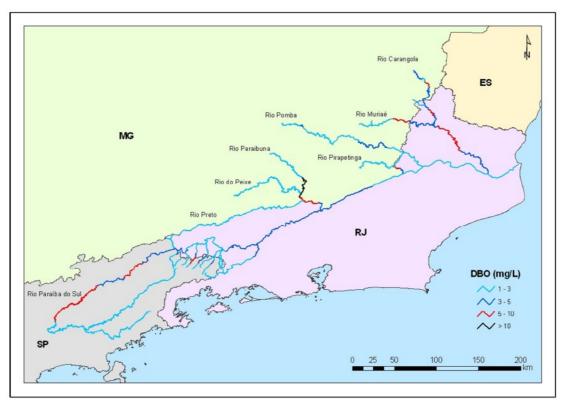


Figura 9.2: Concentrações de DBO por trecho estudado

Declaração CNARH	Usuário	Município	UF	População urbana (hab) - Fonte: censo 2010	Carga total de DBO lançada (kg/dia)	Parcela in natura da carga total de DBO lançada (kg/dia)	Parcela <i>in natura</i> da carga total de DBO lançada (%)
122902	SAAE	Jacarei	SP	208.297	11.562	11.081	96
92644	SABESP	São José dos Campos	SP	617.106	12.608	10.163	81
71529	SAAE	Aparecida	SP	34.498	1.589	1.589	100
57710	Prefeitura Municipal de Potim	Potim	SP	14.709	531	531	100
79389	SAEG	Guaratinguetá	SP	106.762	4.159	4.068	98
91962	SABESP	Lorena	SP	80.173	1.688	791	47
68994	Prefeitura Municipal de Areias	Areias	SP	2.478	166	166	100
57695	Prefeitura Municipal de São José do Barreiro	São José do Barreiro	SP	2.869	100	83	84
141063	SABESP	Arapeí	SP	1.875	96	82	85
91952	SABESP	Bananal	SP	8.157	164	6	4
69761	Prefeitura Municipal de Pirapetinga	Pirapetinga	MG	9.102	1.115	1.115	100
69571	DEMSUR	Muriaé	MG	93.225	4.471	3.987	89
118247	COPASA	Divino	MG	10.796	360	360	100
93824	SEMASA	Carangola	MG	26.059	838	792	95
58254	SAAE	Tombos	MG	7.602	472	472	100
65562	Prefeitura Municipal de Porciúncula	Porciúncula	RJ	13.890	318	287	90
61790	Prefeitura Municipal de Natividade	Natividade	RJ	12.046	1.037	1.037	100
61796	Prefeitura Municipal de Itaperuna	Itaperuna	RJ	88.368	5.184	5.184	100
62209	Prefeitura Municipal de Italva	Italya	RJ	10.242	373	316	85
62191	Prefeitura Municipal de Cardoso Moreira	Cardoso Moreira	RJ	8.757	172	172	100
Total		1.357.011	47.003	42.283	90		

Tabela 9.2: Usuários outorgados

Assim, sugeriu-se a emissão de outorgas individuais com indicação de protocolo de compromisso para os seguintes usuários:

 Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá/SP – SAEG (Declaração CNARH n.º 79389);

- Prefeitura Municipal de Areias/SP (Declaração CNARH n.º 68994);
- Prefeitura Municipal de São José do Barreiro/SP (Declaração CNARH n.º 57695);
- Prefeitura Municipal de Pirapetinga/MG (Declaração CNARH n.º 69761);
- Companhia de Saneamento de Minas Gerais município de Divino/MG (Declaração CNARH n.º 118247);
- Departamento Municipal de Saneamento Urbano DEMSUR município de Muriaé/MG (Declaração CNARH n.º 69571);
- Serviço Municipal de Saneamento Básico e Infraestrutura SEMASA município de Carangola/MG (Declaração CNARH n.º 137314);
- Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Tombos/MG (Declaração CNARH n.º 58254);
- Prefeitura Municipal de Porciúncula/RJ (Declaração CNARH n.º 65562);
- Prefeitura Municipal de Natividade/RJ (Declaração CNARH n.º 61796); e
- Prefeitura Municipal de Itaperuna/RJ (Declaração CNARH n.º 61790).

9.2. Disponibilidades – Definição da vazão de referência dos rios de domínio da União

Para a calha do rio Paraíba do Sul não se mostrou adequado usar os valores de Q₉₅ encontrados através das equações de regressão apresentadas no Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança, pois resultaram ser bastante elevados em relação àqueles obtidos através da análise das séries históricas, pelo fato que as séries históricas já são impactados por usos existentes e pela existência de vários reservatórios.

Para a definição da disponibilidade hídrica do rio Paraíba do Sul foram adotados os valores dos Estudos de Consistência e Reconstituição de Séries de Vazões Naturais da ONS, já citados nesse relatório, onde estão apresentadas as séries de vazões naturais afluentes a aproveitamentos hidrelétricos existentes, em construção e em fase de licenciamento. Foi calculada a Q₉₅ afluente a cada aproveitamento, e para definição da vazão de referência em cada trecho da calha do rio Paraíba do Sul, adotou-se a premissa de atribuir a vazão de restrição dos reservatórios logo a jusante dos mesmos, para os casos onde há restrição, acrescida da vazão incremental do trecho.

A Tabela 9.3 a seguir mostra os reservatórios e as vazões adotadas.

UHE	Local	Tipo	Qrest (m³/s)	Área (km²)	Q95nat (m³/s)	Q95inc (m³/s)	Ainc (km²)	Qespinc (l/s/km²)	Qref (m³/s)
Paraíbuna	PBS	Regularização	30	4064,57	30,65	30,65	4064,67	7,54	30,65
Sta. Branca	PBS	Regularização	40	4894,00	34,81	4,17	829,33	5,02	34,17
Jaguari	Afluente	Regularização	10	1342,44	12,21				

LEVANTAMENTO DE DADOS - TRANSPOSIÇÃO DE VAZÕES DO PARAÍBA DO SUL

UHE	Local	Tipo	Qrest (m³/s)	Área (km²)	Q95nat (m³/s)	Q95inc (m³/s)	Ainc (km²)	Qespinc (l/s/km²)	Qref (m³/s)
Funil	PBS	Regularização	80	13403,74	90,58	43,56	7167,30	6,08	93,56
Santa Cecília	PBS	Fio d'água		16616,32	114,60	24,01	3212,58	7,48	104,01
Simplício	PBS	Construção		30604,44	22,87	108,28	13988,12	7,74	212,29
Ilha dos Pombos	PBS	Fio d'água		32263,73	244,82	21,95	1659,29	13,23	234,24
Itaocara	PBS	Outorga		33864,90	257,42	12,60	1601,17	7,87	246,84
Barra do Pomba	PBS	VB Aprovado		43077,35	319,56	62,14	9212,45	6,75	308,98
Cambuci	PBS	VB Aprovado		43295,60	321,10	1,54	218,25	7,06	310,52

Tabela 9.3: Reservatórios e vazões adotadas

10. CONCLUSÃO

Com a finalização do levantamento de dados podem se tirar as recomendações para as próximas etapas, conforme descrito a seguir:

10.1. Projetos de Captação e Transposição

A coleta de dados permitiu obter as informações necessárias dos projetos existentes e planejados. Identificou-se lacuna de dados na transposição da Baixada Campista, onde se averiguou uma série de conflitos de uso e gestão.

10.2. Projetos do Setor Elétrico

Também nesse item obteve-se as informações necessárias, faltando apenas os dados do reservatório da UHE Funil para que se possa realizar a modelagem da qualidade da água. Existe um quadro futuro preocupante no que tange ao número de PCHs com potencial de licenciamento nas sub-bacias do rio Paraíba do Sul;

10.3. Vazões e hidrometria

Existem dados hidrológicos e estudos que permitirão avaliar de forma qualitativa as transposições de vazão previstas e ainda avaliar as situações mais críticas, em situações de riscos mais altos para o atendimento dos diversos usos da água;

10.4. Cartografia

As seções levantadas e obtidas dos trabalhos da ANA na bacia permitirão executar as modelagens hidrodinâmicas que se fizerem necessárias, e os mapas e cartas permitirão obter as informações necessárias para avaliação dos outros usos da água.

A única carência de dados cartográficos refere-se ao trecho da Baixada Campista, onde será necessário obter plantas e cortes dos canais com mais detalhes para que se possam avaliar as alternativas e conflitos.

10.5. Demandas de Água

As demandas para as outorgas foram definidas para o quadro atual em função da declaração de solicitação das outorgas, e dessa forma, como propomos, se fará uma avaliação de cenários futuros para diversos usos, utilizando a mesma metodologia usada para definição para outros usos da água feita pelo ONS/ANA. Os dados obtidos serão suficientes.

10.6. Qualidade da Água

Os dados da qualidade da água precisam ser complementados com informações dos trechos paulista e mineiro (CETESB e IGAM). Após reunião realizada no INEA, ficou clara a necessidade de obter e usar dados biológicos de qualidade da água, pela identificação de bactérias cianofíceas em reservatórios (UHE Funil) e em trechos de rio (Baixo Paraíba do Sul);

Os trechos mais críticos considerando as transposições identificadas deverão ser aqueles já identificados pela ANA, aqueles nos quais os enquadramentos não são atendidos sem ações de saneamento.

10.7. Modelagem Hidrodinâmica

Como já mencionado, será necessários obter dados de seções no reservatório da UHE Funil para que se possa elaborar a modelagem do reservatório. Furnas S.A. realizou recentemente estudos de modelagem da qualidade da água dos reservatórios das UHEs Funil e Simplício e seria importante obter as informações e dados, como seções topo-batimétricas, para que se possa operar modelos de qualidade da água nesses locais.

10.8. Outorgas

O quadro já definido de avaliação de outorgas e disponibilidades, elaborado pela ANA, permitiu a identificação dos trechos mais críticos no que tange a quantidade de água e a qualidade.

O levantamento dos projetos de transposição mostram que existem algumas situações que mostram alguns conflitos futuros, que podem interferir nos diversos usos da água já com outorga, como as usinas hidrelétricas.

A transposição prevista para atender o suprimento de água para a região metropolitana de S.-Paulo, com diversas alternativas com captação nos reservatório da UHE Jaguari e a jusante da UHE Santa Branca, torna relevante a avaliação do trecho paulista em função do comprometimento da água por efluentes sem tratamento, bem como o trecho a jusante da captação de Santa Cecília, em função do comprometimento dos outros usos e das outras transposições.

11. REFERÊNCIAS

Alteração de outorgas dos usuários de água da bacia do rio Paraíba do Sul outorgados por meio da Resolução ANA n.º 564/2009; Nota Técnica nº 910/2011/GEOUT/SRE-ANA.

Definição da vazão de referência dos rios de domínio da União pertencentes à bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, a ser adotada para fins de outorga de direito de uso dos recursos hídricos; Nota Técnica nº 120/2011/GEREG/SRE-ANA.

Avaliação Ambiental Integrada do Rio Paraíba do Sul – EPE/Sondotécnica/PSR- 2007;

Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista-Sabesp-Cobrape-2011;

Relatório Técnico - Bacia do Rio Paraíba Do Sul – Subsídios às Ações de Melhoria da Gestão – ANA/Vallenge- 2011-

Estimativa das Vazões para Atividades de Uso Consuntivo da Água nas Principais Bacias do Sistema Interligado Nacional-ONS/ANA/Fhama/Dreer-2003.

Websites consultados:

http://www.ons.org.br/home/

http://www.ana.gov.br/

http://www.ibge.gov.br/home/

http://www.dnpm.gov.br/

http://www.inea.rj.gov.br/index/index.asp

http://www.cetesb.sp.gov.br/

http://www.igam.mg.gov.br/