

PLANO DE RECURSOS  
HÍDRICOS DAS BACIAS  
HIDROGRÁFICAS DOS  
RIOS PIRACICABA,  
CAPIVARI E JUNDIAI  
2020-2035

**CADERNO TEMÁTICO DE**

# **Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem**

Realização



COMITÊS PCJ

**TITULAR DA OBRA**

COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ  
FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ  
Rua Alfredo Guedes, 1949 - Sala 604  
Higienópolis – CEP 13416-901  
Piracicaba - SP  
Fone/Fax: (19) 3437-2100  
[www.comitespcj.org.br](http://www.comitespcj.org.br)  
[www.agencia.baciaspcj.org.br](http://www.agencia.baciaspcj.org.br)

**TÍTULO DO DOCUMENTO <sup>1</sup>**

Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035 - Caderno Temático de Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem.

**AUTOR-ENTIDADE DO PLANO DAS BACIAS PCJ 2020 A 2035**

Consórcio Profill-Rhama - Profill Engenharia e Ambiente S.A. e Rhama Consultoria, Pesquisa e Treinamento.  
Endereço:  
Profill Engenharia e Ambiente S.A: Avenida Iguaçu, 451 6º andar – Petrópolis; Porto Alegre/RS;  
CEP: 90470-430  
Contato: [profill@profill.com.br](mailto:profill@profill.com.br)  
Rhama Consultoria, Pesquisa e Treinamento:  
Avenida Cristóvão Colombo, 3084/702 – Floresta; Porto Alegre/RS;  
CEP: 90560-002  
Contato: [contato@rhama.com.br](mailto:contato@rhama.com.br)

**LOCAL DA PUBLICAÇÃO**

PIRACICABA - SÃO PAULO – BRASIL

**MÊS E ANO DE PUBLICAÇÃO**

dezembro/2020

Nota <sup>1</sup> O presente documento tem finalidade de comunicação e foi preparado pela Coordenação de Sistema de Informações da Agência das Bacias PCJ, com base no Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035, que por sua vez foi aprovado pela Deliberação dos Comitês PCJ n° 332/2020. O conteúdo deste caderno não sobrepõe nem substitui o Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035.

**Dados de Catalogação na Publicação**  
**DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

---

Plano de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2020 a 2035: caderno temático de garantia de suprimento hídrico e drenagem / executado por Consórcio Profill-Rhama; organizado por Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá e Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. - - Piracicaba : Consórcio Profill-Rhama, 2020.  
75 p. : il.

Publicado originalmente no Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035

1. Bacias hidrográficas 2. Drenagem 3. Recursos hídricos - Planejamento 4. Rio Piracicaba 5. Rio Capivari 6. Rio Jundiá 7. Suprimento hídrico I. Consórcio Profill-Rhama II. Comitês das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. III. Fundação Agência das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. IV. Título

CDD 551.483

---

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

**COMITÊS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS  
RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ**

**CBH-PCJ**

Barjas Negri – Presidente (afastado a pedido em abril/2020)

Marco Antônio dos Santos – Vice-presidente (Presidente em exercício desde abril/2020)

Luiz Roberto Moretti – Secretário Executivo

André Luiz Sanchez Navarro – Secretário Executivo Adjunto

**PCJ FEDERAL**

Barjas Negri – Presidente (afastado a pedido em abril/2020)

José Maria do Couto – 1ª Vice-presidente (afastado a pedido em abril/2020 e desligado em julho/2020)

Marco Antônio dos Santos – 2ª Vice-presidente e Presidente em exercício (de abril a agosto/2020)

Damião Aparecido do Couto – 1ª Vice-presidente e Presidente em exercício (de agosto a setembro/2020)

Sidney José da Rosa – 1ª Vice-presidente e Presidente em exercício (desde outubro/2020)

Luiz Roberto Moretti – Secretário Executivo

**CBH-PJ 1**

José Maria do Couto – Presidente (afastado a pedido em abril/2020 e desligado em junho/2020)

Damião Aparecido do Couto – Presidente em exercício (de abril a setembro/2020), Vice-presidente (até setembro/2020) e Secretário Executivo (desde outubro/2020)

Sidney José da Rosa – Presidente (desde outubro/2020) e Secretário Executivo (até setembro/2020)

Laene Fonseca Vilas Boas - Secretária Executiva Adjunta (até setembro de 2020) e Vice-presidente (desde outubro/2020)

Jeferson Benedito Rennó – Secretário Executivo Adjunto (de outubro até novembro/2020)

**COORDENAÇÃO DOS TRABALHOS DO PLANO  
DAS BACIAS PCJ 2020 A 2035**

**CÂMARA TÉCNICA DO PLANO DE BACIAS**

Adriana A. R. Vahteric Isenburg (ASSEMAE)

André Luiz Sanchez Navarro (SIMA)

Raquel Eliana Metzner (IPSA-C)

Tarciani B. Baia Santos (ASSEMAE)

Viviane Maria Beduschi de Arantes (DAEE)

Harold Gordon Fowler (*in memorian*) (IPSA / UNESP-IB)

**GRUPO TÉCNICO DE ACOMPANHAMENTO DO  
PLANO DAS BACIAS PCJ 2020 A 2035**

Amanda Alves de Lima (ASSEMAE)  
Ana Paula Fernandes Abrahão (ABCON)  
André Luiz Sanchez Navarro (SIMA)  
Andréia Daniela Modenez Carvalho (DAEE)  
Angelo César Bosqueiro (CATI)  
Camila Barbosa (Instituto Agir Ambiental)  
Carlos Alberto Miranda da Silva (AESABESP)  
Carlos Henrique da Silva (IPSA-C)  
Daniela Valerio Debbani (P.M. de Jaguariúna)  
Danielle França Nery (P.M. de Indaiatuba)  
Denis Herisson da Silva (CDRS)  
Fábio Alexandre Massa (DAE Valinhos)  
Fernando Henrique Capato (P.M. de Holambra)  
Flávio Forti Stenico (Consórcio PCJ)  
Francisco Antonio Moschini (Consórcio Pirai)  
Gilson Camargo da Silva (UNICA)  
Gladis Meiry Matteo (ASSEMAE)  
Gustavo Arthur Mechlin Prado (ASSEMAE)  
Gustavo Ferraz de Arruda Vieira (CDRS)  
Hélio Rubens G. Figueiredo (SABESP)  
Henrique Bellinaso (CDRS)  
Hugo Marcos Piffer Leme (SEMAE)  
José Antonio Ferreira (DAE Jundiá)  
Karoline Monaro (P.M. de Indaiatuba)  
Lara Dias de Jesus e Sousa (SABESP)  
Lilian Cristina de Moraes Guimarães Bozzi  
(Consórcio PCJ)  
Luciana Carla Ferreira de Souza (P.M. de  
Jaguariúna)  
Luiz Pannuti Carra (ABCON)  
Marcelo Akira Mizutani (UNICA)  
Márcio de Araújo Silva (ANA)  
Maria das Graças Martini (DAE Jundiá)  
Mariana Vieira de Campos Kouichi (DAAE - Rio  
Claro)  
Martim de França Silveira Ribeiro (DAE Jundiá)

Maurício Perissinotto (CDRS)  
Maurício Polezi (SABESP)  
Michele Consolmagno (CIESP - DR Bragança  
Paulista)  
Myrian Noland Costa (ASSEMAE)  
Natália de Freitas Colesanti Perlette (ASSEMAE)  
Natália Molina Franco (DAAE - Rio Claro)  
Nilton de Santana (SABESP)  
Osman Fernandes da Silva (ANA)  
Paulo Roberto Iamarino (P.M. de Jaguariúna)  
Paulo Roberto Szeligowski Tinel (ASSEMAE)  
Petrus Bartholomeus Weel (P.M. de Holambra)  
Rafael Jó Girão (Instituto Agir Ambiental)  
Raquel Eliana Metzner (IPSA-C)  
Ricardo Ferreira Abdo (P.M. de Jaguariúna)  
Roberta Loureiro da Silva (DAE Valinhos)  
Roberto Mario Polga (Consórcio Pirai)  
Rosemeire Aparecida Moreira (DAE Jundiá)  
Sebastião Vainer Bosquilia (DAEE)  
Silvana Turolla Broleze (P.M. de Jaguariúna)  
Tarciani Benedita Baia Santos (ASSEMAE)  
Thatiane Surian (DAAE - Rio Claro)  
Vanessa Cristina do Carmo Kühl (Consórcio Pirai)  
Vera Lúcia Rotger Aranha Gazal (SABESP)  
Viviane Arana Sabadin Rosada (DAEE)

## COLABORAÇÃO

### **CÂMARA TÉCNICA DE SANEAMENTO**

Maria Aparecida Carvalho de Medeiros  
(FT/UNICAMP)  
Luís Eduardo Gregolin Grisotto (ABES-SP)  
Ariella Machado de Oliveira Montebello  
(Prefeitura de Saltinho)  
Murilo Cesar Merloto (Prefeitura de Rio das  
Pedras)

### **CÂMARA TÉCNICA DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO**

Alexandre Luis Almeida Vilella (FIESP)  
Paulo Roberto Szeligowski Tinel  
(ASSEMAE/SANASA)  
Luís Filipe Rodrigues (ASSEMAE/SANASA)

### **CÂMARA TÉCNICA DE USO E CONSERVAÇÃO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA**

Jorge Antonio Mercanti (CIESP - DR  
Campinas)  
Jorge Marino Galgaro (CIESP - DR  
Campinas)  
Anderson Munhos Bandeira (Miracema-  
Nuodex Indústria Química Ltda.)

## ORGANIZAÇÃO

### **FUNDAÇÃO AGÊNCIA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ**

Sergio Razera – Diretor Presidente  
Patrícia Gobet de Aguiar Barufaldi- Diretora  
Técnica  
Ivens de Olivera – Diretor Administrativo e  
Financeiro

### **EQUIPE TÉCNICA DE ACOMPANHAMENTO DO PLANO DAS BACIAS PCJ 2020 A 2035**

#### **COORDENAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES DA AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ**

Eduardo Cuoco Léo  
Aline Doria de Santi  
Diogo Bernardo Pedrozo  
Mayara Sakamoto Lopes

## PARCERIA

Labsid – Laboratório de Sistemas de Suporte  
à Decisões (Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo – USP)

**EXECUÇÃO DO PLANO DAS  
BACIAS PCJ 2020 A 2035**

**COORDENAÇÃO GERAL**

**COORDENAÇÃO TÉCNICA**

**COORDENAÇÃO EXECUTIVA**

**COORDENAÇÃO CADERNOS  
TEMÁTICOS**

**ENQUADRAMENTO DOS CORPOS D  
ÁGUA SUPERFICIAIS:**

**GARANTIA DE SUPRIMENTO  
HÍDRICO:**

**EDUCAÇÃO AMBIENTAL,  
INTEGRAÇÃO E DIFUSÃO DE  
PESQUISAS E TECNOLOGIAS:**

**ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:**

**CONSERVAÇÃO E USO DA ÁGUA NO  
MEIO RURAL E RECUPERAÇÃO  
FLORESTAL:**

**CONSÓRCIO PROFILL- RHAMA**

Eng. M.Sc. Mauro Jungblut

Eng. M.Sc. Sidnei Gusmão Agra

Eng<sup>a</sup> Paula Riediger  
Eng<sup>a</sup> Cíntia Sallet  
Oceanólogo, M.Sc. Rodrigo Menezes

Eng M.Sc Sidnei Gusmão Agra

Eng. PhD. Carlos E.M. Tucci

Eng. M.Sc. Carlos Bortoli

Geólogo, Dr. Antônio A. J. Krebs

Biólogo, Dr. Willi Bruschi Jr.

**EQUIPE TÉCNICA CADERNOS  
TEMÁTICOS**

**GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO**

Eng. PhD. Carlos Tucci  
Eng<sup>a</sup>. M.Sc. Bibiana Colossi  
Eng<sup>a</sup>. Camila Goulart  
Eng. Charles Vigne  
Eng. M.Sc Pedro Frediani Jardim  
Estág. Adriane Izu  
Estág. Cristiane Fragata  
Estág. Gabriele Leão  
Estág. Paula Rilho  
Estág. Julia Machado

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
2	SÍNTESE DOS CONDICIONANTES DO PLANO DE AÇÕES .....	13
3	PRIORIDADES LOCACIONAIS PARA O TEMA GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO E DRENAGEM .....	53
4	ESTRUTURA DO PLANO DE AÇÕES E FONTES DE FINANCIAMENTO .....	65
5	METAS INTERMEDIÁRIAS PARA CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA .....	69
6	PLANO DE AÇÕES DO CADERNO DE GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO E DRENAGEM .....	71
7	SÍNTESE DA PRIORIZAÇÃO DAS AÇÕES.....	74
8	DIRETRIZES ESTRATÉGICAS PARA O TEMA GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO E DRENAGEM .....	75

## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento consiste no **Caderno Temático de Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem**, preparado pela equipe da Coordenação de Sistema de Informações da Agência das Bacias PCJ a partir do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035, que foi, por sua vez, aprovado pela Deliberação dos Comitês PCJ nº 332/2020. Os Cadernos Temáticos possuem intuito exclusivo de disseminação e divulgação do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035, não substituindo nem tampouco sobrepondo as disposições do seu Relatório Final.

Os trabalhos do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 foram conduzidos pelo Consórcio PROFILL-RHAMA, formado pelas empresas Profill Engenharia e Ambiente e Rhama Consultoria, Pesquisa e Treinamento, com coordenação da Agência das Bacias PCJ, em articulação com os órgãos gestores de recursos hídricos com atuação nas bacias (ANA, IGAM e DAEE), e com o acompanhamento dos Comitês PCJ.

O processo de estruturação do Plano de Bacias, que iniciou em 2016, foi estruturado em cinco etapas, conforme descritivo apresentado a seguir:

- Etapa preliminar: planejamento e organização para os trabalhos;

- ETAPA 1 - Revisão e Atualização do Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020, abrangendo o Diagnóstico, o Prognóstico e o Plano de Ações e Metas. Etapa concluída em 27 de abril de 2018, data de aprovação do Relatório Final de Revisão do Plano 2010 a 2020;
- ETAPA 2 - Caderno de Garantia de Suprimento Hídrico abordando os seguintes temas: Renovação da Outorga do Cantareira; Barragens de grande porte; Sistema adutor das Barragens de Pedreira e Duas Pontes; Barramentos complementares; Estratégias de conservação do solo e recuperação florestal; Estudos para definição de plano diretor de reuso da água, entre outros;
- ETAPA 3 - Cadernos Temáticos sobre os seguintes temas: 1) Educação Ambiental; 2) Conservação e Uso da água no Meio Rural e Recuperação Florestal; 3) Água Subterrânea; e 4) Enquadramento dos Corpos d'água superficiais;
- Etapa Final, relativa à consolidação dos estudos e edição dos produtos finais do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035.

## OS CADERNOS TEMÁTICOS

No contexto de elaboração das Etapas 2 e 3 do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 foram elaborados 05 Cadernos Temáticos, contemplando temas notáveis e estratégicos para as Bacias PCJ, que necessitavam de um estudo direcionado, em conjunto com os Comitês PCJ, para a geração de subsídios para a gestão dos recursos hídricos. Os cinco cadernos temáticos, ilustrados na Figura 1.1, são os seguintes:

- Garantia de suprimento hídrico e Drenagem (GSH);
- Águas subterrâneas (AS);
- Conservação e uso da água no meio rural e recuperação florestal (CRF);
- Educação ambiental, Integração e Difusão de Pesquisas e Tecnologias (EAIDPT);
- Enquadramento dos corpos d'água superficiais (ECA).

Com a aprovação do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035, pela Deliberação dos Comitês PCJ n° 332/2020, os cadernos temáticos foram atualizados pela Agência das Bacias PCJ, para fins de divulgação dos temas estratégicos do conteúdo constante no Plano de Bacias. Todos os conteúdos inseridos derivam do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 e encontram-se devidamente referenciados no presente documento.

Destaca-se que, em havendo revisões do Plano de Bacias, os cadernos temáticos também deverão ser revisados.



Figura 1.1 – Cadernos Temáticos do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035

Cada Caderno Temático é constituído por 5 produtos, conforme ilustra a Figura 1.2, sendo o presente documento correspondente ao P5 (**Caderno Temático Final**), elaborado na Etapa 2:

- P1. Relatório preliminar;
- P2. Relatório final;
- P3. Minuta do Caderno Temático;
- P4. Versão preliminar do Caderno Temático;
- **P5. Caderno Temático final.**

### O CADERNO DE GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO

O trabalho desenvolvido para a elaboração do Caderno Temático de Garantia de Suprimento Hídrico foi coordenado pela Agência PCJ, em articulação com os órgãos gestores de recursos hídricos e acompanhamento dos Comitês das Bacias PCJ, em especial, as Câmaras Técnicas de Monitoramento Hidrológico (CT-MH), Indústria (CT-IND) e Saneamento (CT-SA) e do GT- Acompanhamento (no âmbito da CT-PB).

O Caderno resulta de um extenso trabalho de diagnóstico e de simulações de balanço hídrico nas Bacias PCJ em diferentes cenários para o horizonte 2035. O Caderno tem carácter estratégico porque agrega as demais temáticas em torno do principal objetivo da gestão de recursos hídricos: a garantia de suprimento hídrico. A Figura 1.2 apresenta o fluxo dos produtos elaborados.

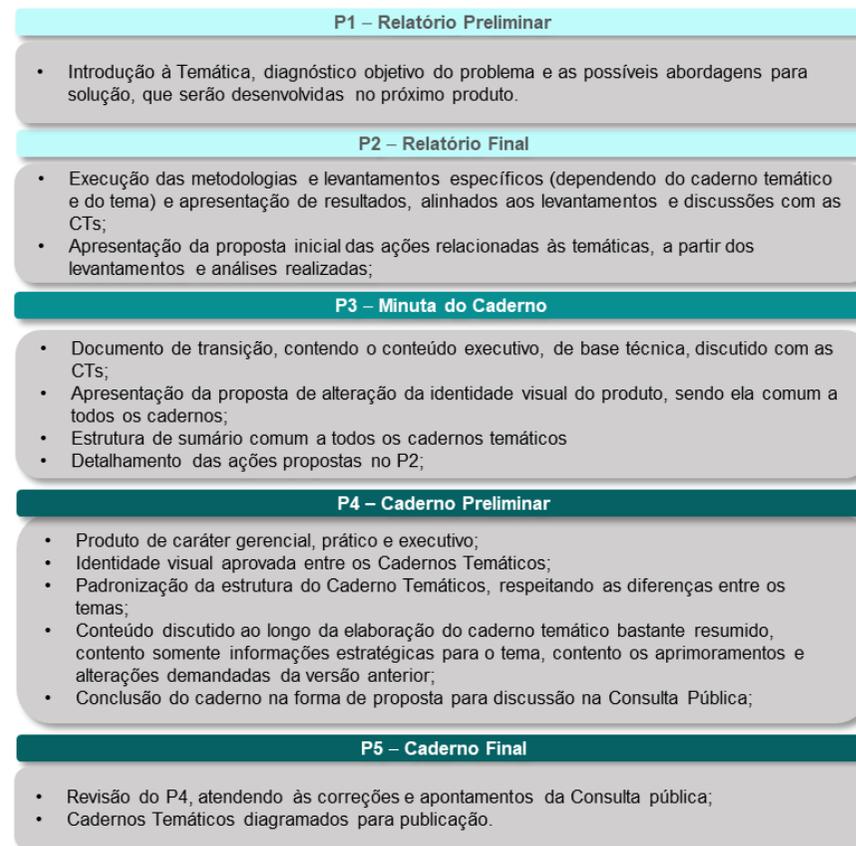


Figura 1.2– Fluxo de produtos elaborados para obtenção do Caderno Temático Final.

## 2 SÍNTESE DOS CONDICIONANTES DO PLANO DE AÇÕES

### O BALANÇO HÍDRICO DAS BACIAS PCJ

#### **BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL**

O balanço hídrico do sistema tem como objetivo analisar o grau de comprometimento hídrico dos mananciais superficiais, através de um balanço entre as entradas e as saídas do sistema, tendo como base as demandas calculadas para abastecimento público, indústria, irrigação e para criação animal. Essas demandas são extraídas das disponibilidades hídricas, e inseridas novamente como vazões de retorno. O saldo hídrico restante das demandas retiradas é denominado disponibilidade hídrica bruta, e o saldo hídrico restante ao reconsiderar as vazões de retorno é denominado disponibilidade hídrica líquida. O balanço foi realizado considerando a  $Q_{7,10}$  como vazão de referência.

A metodologia para o cálculo das demandas e disponibilidades hídricas são apresentadas no Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035. Para as vazões de retorno, considerou-se os coeficientes de 0,3 para as demandas de irrigação, 0,2 para consumo animal. Para avaliação dos retornos do setor de abastecimento público, foi adotado um coeficiente de retorno de 0,8 (ONS, 2003) da vazão que é captada por cada um dos municípios. Esta vazão de retorno foi alocada no corpo hídrico localizado nas ACs com lançamentos cadastrados, quando coletada pelo sistema de saneamento, ou na sede municipal, quando não coletada. No caso das demandas industriais, considerou-se a localização dos lançamentos industriais com base nos

cadastros das cobranças (conforme descrito no capítulo 6 do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035).

O balanço hídrico foi realizado para cada área de contribuição, sendo as informações acumuladas por sub-bacia e para as Bacias PCJ. No Quadro 2.5 é possível verificar as vazões relativas a transposições, regularizações, vazões de base, demandas, retorno e saldo hídrico.

Para a interpretação e análise dos resultados, foi definida uma classificação de criticidade das áreas de contribuição (ACs), que é baseada no resultado do saldo hídrico e na comparação com as vazões de referência, conforme o Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Classificação da criticidade do saldo hídrico.

Classificação	Criticidade
Muito Alta Criticidade	Saldo é nulo ou negativo.
Alta Criticidade	Saldo é menor ou igual que 50% da $Q_{7,10}$ , mas maior que zero;
Média Criticidade	Saldo é maior que 50% da $Q_{7,10}$ , mas menor ou igual a $Q_{95}$ ;
Baixa criticidade	Saldo é maior que a $Q_{95}$ ;

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Os valores de demandas, retornos e consumos estão agrupados por sub-bacias no Quadro 2.2, Quadro 2.3 e Quadro 2.4.

Destaca-se que a linha “Total Jaguarí”, apresentada nos quadros abaixo refere-se à soma das demandas e das vazões incrementais das sub-bacias do Rio

Camanducaia e do Rio Jaguari, tendo em vista que a primeira é afluente da segunda. A linha “Total Piracicaba” equivale à soma das vazões incrementais das sub-bacias do Rio Atibaia, Rio Camanducaia, Rio Jaguari, Rio Corumbataí e Rio Piracicaba, que juntas formam a Bacia do Rio Piracicaba.

Quadro 2.2 - Demandas Hídricas por sub-bacias em 2016 considerando a Q<sub>7,10</sub>.

Bacia Hidrográfica	Sub-bacia	Q <sub>7,10</sub> (m³/s)	Demandas Hídricas (2016)* (m³/s)				Total
			Abastecimento Público	Indústria	Irrigação	Dessedentação Animal	
Capivari	<i>Capivari</i>	1,81	0,97	0,94	1,03	0,05	2,99
Jundiá	<i>Jundiá</i>	2,34	2,71	0,60	0,61	0,03	3,94
Piracicaba	Atibaia	10,44	4,56	3,09	1,64	0,08	9,35
	Camanducaia	3,17	0,25	0,30	0,36	0,09	1,00
	Jaguari	14,17	2,92	1,96	1,77	0,15	6,80
	<b>Total Jaguari</b>	<b>17,34</b>	<b>3,17</b>	<b>2,26</b>	<b>2,13</b>	<b>0,24</b>	<b>7,80</b>
	Corumbataí	4,97	2,13	0,47	0,68	0,05	3,33
	Piracicaba	3,77	2,80	3,55	1,82	0,11	8,27
	<b>Total Piracicaba</b>	<b>36,52</b>	<b>12,65</b>	<b>9,37</b>	<b>6,27</b>	<b>0,47</b>	<b>28,76</b>
<b>Total PCJ</b>		<b>40,67</b>	<b>16,33</b>	<b>10,90</b>	<b>7,90</b>	<b>0,55</b>	<b>35,68</b>

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama a partir da Base de Dados do SSD e das fontes indicadas no texto.

\*As demandas de abastecimento são consideradas ano base 2016, em função da projeção da população e das informações das visitas referirem-se à média do ano de 2016. Para indústria, irrigação e criação animal, as demandas correspondem ao ano base 2015.

Quadro 2.3 – Vazões de lançamento/retorno por sub-bacias em 2016 considerando a Q<sub>7,10</sub>.

Bacia Hidrográfica	Sub-bacia	Q <sub>7,10</sub> (m³/s)	Retorno (2016)* (m³/s)				Total
			Abastecimento Público	Indústria	Irrigação	Dessedentação Animal	
Capivari	<i>Capivari</i>	1,81	1,74	0,61	0,31	0,01	2,67
Jundiá	<i>Jundiá</i>	2,34	2,16	0,61	0,31	0,01	3,09
Piracicaba	Atibaia	10,44	2,33	2,41	0,49	0,02	5,25
	Camanducaia	3,17	0,23	0,10	0,11	0,02	0,46
	Jaguari	14,17	1,07	0,28	0,53	0,03	1,91
	<b>Total Jaguari</b>	<b>17,34</b>	<b>1,30</b>	<b>0,39</b>	<b>0,64</b>	<b>0,05</b>	<b>2,37</b>
	Corumbataí	4,97	0,60	0,20	0,20	0,01	1,02
	Piracicaba	3,77	4,80	1,48	0,55	0,02	6,85
	<b>Total Piracicaba</b>	<b>36,52</b>	<b>9,04</b>	<b>4,48</b>	<b>1,88</b>	<b>0,09</b>	<b>15,49</b>
<b>Total PCJ</b>		<b>40,67</b>	<b>12,94</b>	<b>5,70</b>	<b>2,50</b>	<b>0,12</b>	<b>21,25</b>

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama a partir da Base de Dados do SSD e das fontes indicadas no texto.

\*As demandas de abastecimento são consideradas ano base 2016, em função da projeção da população e das informações das visitas referirem-se à média do ano de 2016. Para indústria, irrigação e criação animal, as demandas correspondem ao ano base 2015.

Quadro 2.4 - Vazões consumidas por sub-bacias em 2016 considerando a Q<sub>7,10</sub>.

Bacia Hidrográfica	Sub-bacia	Q <sub>7,10</sub> (m³/s)	Consumos Hídricos (2016)* (m³/s)				Total
			Abastecimento Público	Indústria	Irrigação	Dessedentação Animal	
Capivari	<i>Capivari</i>	1,81	-0,78	0,34	0,72	0,04	0,32
Jundiá	<i>Jundiá</i>	2,34	0,55	-0,01	0,30	0,02	0,85
Piracicaba	Atibaia	10,44	2,22	0,67	1,15	0,06	4,10
	Camanducaia	3,17	0,01	0,20	0,25	0,07	0,54
	Jaguari	14,17	1,85	1,68	1,24	0,12	4,89
	<b>Total Jaguari</b>	<b>17,34</b>	<b>1,86</b>	<b>1,88</b>	<b>1,49</b>	<b>0,19</b>	<b>5,42</b>
	Corumbataí	4,97	1,53	0,27	0,47	0,04	2,32
	Piracicaba	3,77	-2,00	2,06	1,27	0,09	1,42
	<b>Total Piracicaba</b>	<b>36,52</b>	<b>3,62</b>	<b>4,88</b>	<b>4,39</b>	<b>0,38</b>	<b>13,26</b>
<b>Total PCJ</b>		<b>40,67</b>	<b>3,39</b>	<b>5,21</b>	<b>5,40</b>	<b>0,44</b>	<b>14,44</b>

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama a partir da Base de Dados do SSD e das fontes indicadas no texto.

\*As demandas de abastecimento são consideradas ano base 2016, em função da projeção da população e das informações das visitas referirem-se à média do ano de 2016. Para indústria, irrigação e criação animal, as demandas correspondem ao ano base 2015.

Uma forma alternativa de apresentar o balanço hídrico é através dos saldos hídricos, calculados subtraindo da disponibilidade as captações, e adicionando os lançamentos, regularizações (para o Sistema Cantareira a vazão regularizada se refere à vazão antes da transposição de vazões para a RMSP). Desta vazão regularizada devem ser descontadas as vazões de base (que correspondem às vazões Q<sub>7,10</sub> nas ACs onde ocorrem as regularizações) e transposições, obtendo o valor de vazão remanescente em cada sub-bacia (Quadro 2.5).

No Quadro 2.6 estão apresentados os percentuais de comprometimento hídrico acumulados por bacias e sub-bacias. Os percentuais de comprometimento são calculados em relação à demanda (toda vazão que é retirada) e ao consumo (vazão retirada menos retornada) e saldo hídrico em relação à Q<sub>7,10</sub>.

Quadro 2.5 - Balanço hídrico líquido por sub-bacias em 2016\* considerando a Q<sub>7,10</sub>.

Bacia Hidrográfica	Sub-bacia	Vazões (m³/s)						
		Disponibilidade hídrica natural (Q <sub>7,10</sub> )	Transposições	Vazão regularizada**	Vazão de base na seção de regularização	Demandas totais	Retorno	Saldo hídrico
Capivari	<b>Capivari</b>	<b>1,81</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	<b>0,14</b>	<b>2,99</b>	<b>2,67</b>	<b>1,75</b>
Jundiá	<b>Jundiá</b>	<b>2,34</b>	<b>0,90</b>	<b>1,25</b>	<b>0,24</b>	<b>3,94</b>	<b>3,09</b>	<b>3,40</b>
Piracicaba	Atibaia***	10,44	-0,92	8,77	4,37	9,35	5,25	9,82
	Camanducaia	3,17	-0,09	0,00	0,00	1,00	0,46	2,54
	Jaguari***	14,17	0,00	6,08	8,13	6,80	1,91	7,23
	<b>Total Jaguari</b>	<b>17,34</b>	<b>-0,09</b>	<b>6,08</b>	<b>8,13</b>	<b>7,80</b>	<b>2,37</b>	<b>9,77</b>
	Corumbataí	4,97	0,00	0,36	0,18	3,33	1,02	2,83
	Piracicaba	3,77	0,02	1,40	0,40	8,27	6,85	3,36
	<b>Total Piracicaba</b>	<b>36,52</b>	<b>-0,99</b>	<b>16,60</b>	<b>13,08</b>	<b>28,76</b>	<b>15,49</b>	<b>25,79</b>
<b>Total PCJ</b>	<b>40,67</b>	<b>-0,09</b>	<b>18,25</b>	<b>13,46</b>	<b>35,68</b>	<b>21,25</b>	<b>30,93</b>	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama a partir da Base de Dados do SSD e das fontes indicadas no texto.

\*As demandas de abastecimento são consideradas ano base 2016, em função da projeção da população e das informações das visitas referirem-se à média do ano de 2016. Para indústria, irrigação e criação animal, as demandas correspondem ao ano base 2015.

\*\*A vazão regularizada se refere à vazão antes da transposição de vazões do Sistema Cantareira para São Paulo. Desta vazão regularizada devem ser descontadas as vazões de base para o cálculo do balanço hídrico.

\*\*\* A vazão regularizada do SC varia no Atibaia, de 8,30 m³/s na Q<sub>7,10</sub> para 6,69 m³/s na Q<sub>95</sub> para atender ponto de controle de Valinhos. No Jaguari a vazão regularizada é 0,25 m³/s nas duas vazões.

Quadro 2.6 - Comprometimento e saldo hídrico por sub-bacias em 2016 considerando a Q<sub>7,10</sub>.

Bacia hidrográfica	Sub-bacia	Percentual de comprometimento hídrico		
		Demanda / Disponibilidade	Consumo / Disponibilidade	Saldo Hídrico/Q <sub>7,10</sub>
Capivari	<b>Capivari</b>	<b>144,4%</b>	<b>15,4%</b>	<b>97%</b>
Jundiá	<b>Jundiá</b>	<b>92,7%</b>	<b>20,1%</b>	<b>145%</b>
Piracicaba	Atibaia	67,2%	29,4%	94%
	Camanducaia	32,4%	17,4%	80%
	Jaguari	56,1%	40,3%	51%
	<b>Total Jaguari</b>	<b>51,3%</b>	<b>35,7%</b>	<b>56%</b>
	Corumbataí	64,8%	45,0%	57%
	Piracicaba	172,8%	29,7%	89%
	<b>Total Piracicaba</b>	<b>73,6%</b>	<b>34,0%</b>	<b>71%</b>
<b>Total PCJ</b>	<b>78,7%</b>	<b>31,8%</b>	<b>76%</b>	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Observam-se situações críticas de demanda em relação à disponibilidade hídrica, em especial nas sub-bacias do Rio Piracicaba (172,8%), do Rio

Capivari (144,4%) e do Rio Jundiá (92,7%). O menor saldo hídrico é observado na sub-bacia do Rio Capivari. Já a sub-bacia do Corumbataí é a que apresenta maior consumo em relação à disponibilidade.

Por fim, o Quadro 2.7 e a Figura 2.1 mostram a situação do saldo hídrico nas ACs por sub-bacia para o cenário de 2016 e na vazão Q<sub>7,10</sub>, enquanto que na Figura 2.2 é possível observar a espacialização do saldo hídrico por ACs nas Bacias PCJ.

Quadro 2.7 - Situação de criticidade das Áreas de Contribuição por sub-bacias em 2016 considerando a Q<sub>7,10</sub>.

Sub-bacia	Muito alta criticidade		Alta criticidade		Média criticidade		Baixa criticidade		Total (2016)	
	Nº de ACs	%	Nº de ACs	%	Nº de ACs	%	Nº de ACs	%	Nº de ACs	%
Atibaia	1	2%	3	7	21	49	18	42	43	100
Camanducaia	0	0%	0	0	17	100	0	0	17	100
Capivari	6	24%	4	16	11	44	4	16	25	100
Corumbataí	0	0%	0	0	21	100	0	0	21	100
Jaguari	1	2%	17	37	25	54	3	7	46	100
Jundiá	3	14%	3	14	15	68	1	5	22	100
Piracicaba	7	14%	5	10	25	49	14	27	51	100
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>8%</b>	<b>32</b>	<b>14</b>	<b>135</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>18</b>	<b>225</b>	<b>100</b>

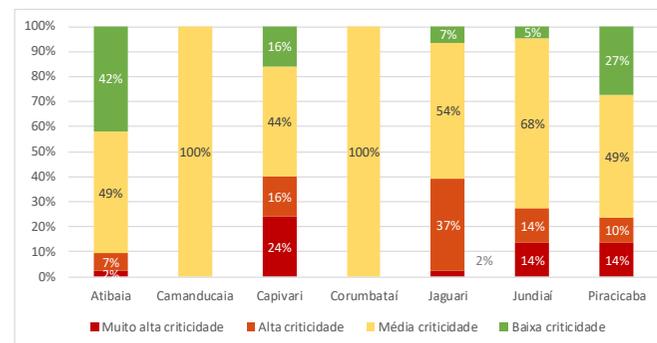


Figura 2.1 - Percentual da criticidade das Áreas de Contribuição, por sub-bacias, em 2016, considerando a Q<sub>7,10</sub>.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

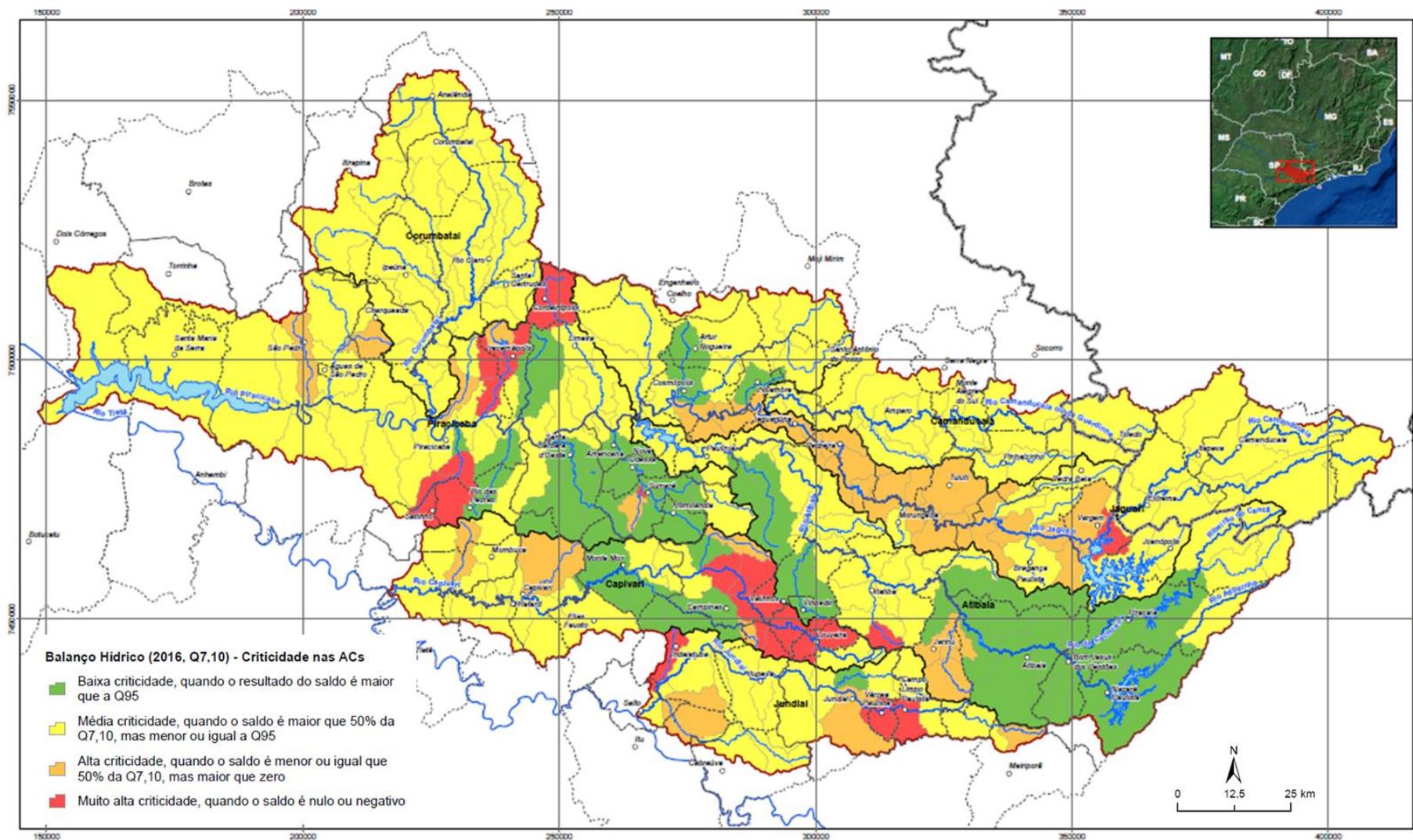


Figura 2.2 – Balanço Hídrica 2016 (Q<sub>7,10</sub>)

Fonte: Consórcio Profill-Rhama (2020)

### BALANÇO HÍDRICO SUBTERRÂNEO

De acordo com os cadastros consultados (cadastro de outorga, cadastros de vazões declaratórias e vazões estimadas), as demandas subterrâneas totais para as Bacias PCJ, conforme o uso consuntivo, encontram-se no Quadro 2.8. Devido ao fato das vazões de irrigação e criação animal terem sido estimadas, não há parcela subterrânea definida para estas.

Quadro 2.8 - Demandas de águas subterrâneas nas Bacias PCJ (2015).

Bacia hidrográfica	Sub-bacia	Demanda subterrânea (m³/s)		
		Abastecimento Público	Indústria	Total
Capivari	Capivari	0,34	0,20	0,54
Jundiá	Jundiá	0,09	0,22	0,31
Piracicaba	Camanducaia	0,07	0,17	0,24
	Jaguari	0,08	0,04	0,12
	Atibaia	0,31	0,11	0,42
	Corumbataí	0,11	0,11	0,22
	Piracicaba	0,16	0,46	0,62
	<b>Total Piracicaba</b>	<b>0,73</b>	<b>0,88</b>	<b>1,61</b>
<b>Total PCJ</b>	<b>1,16</b>	<b>1,30</b>	<b>2,46</b>	

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

A análise dos dados do Quadro 2.8 mostra que as sub-bacias Piracicaba (0,62 m³/s), Capivari (0,54 m³/s) e Atibaia (0,42 m³/s) apresentam os maiores valores de demandas subterrâneas totais. Já a demanda subterrânea para Abastecimento Público é maior na sub-bacia Capivari (0,34 m³/s), enquanto a demanda industrial é mais significativa na sub-bacia Piracicaba (0,46 m³/s). A partir das metodologias para estimativas das demandas subterrâneas por sub-bacia, pode-se gerar o balanço entre estas e as reservas exploráveis, apresentado no Quadro 2.9.

Quadro 2.9 - Balanço entre reservas exploráveis e demandas totais atuais.

Bacia hidrográfica	Sub-bacia	Reservas exploráveis (m³/s)			Demandas (m³/s)	Balanços subterrâneos (%)		
		Expl-1	Expl-2	Expl-3		RE/D-1	RE/D-2	RE/D-3
Capivari	Capivari	1,19	0,7	0,94	0,54	45,04%	76,57%	57,02%
Jundiá	Jundiá	0,76	4,15	1,17	0,31	40,59%	7,43%	26,37%
Piracicaba	Camanducaia	1,05	1,8	2,04	0,24	22,55%	13,16%	11,61%
	Jaguari	3,24	4,56	6,67	0,12	3,66%	2,60%	1,78%
	Atibaia	2,68	3,96	5,68	0,42	15,81%	10,70%	7,46%
	Corumbataí	1,72	4,52	2,49	0,22	12,52%	4,76%	8,65%
	Piracicaba	3,26	8,18	6,12	0,62	18,97%	7,56%	10,11%
	<b>Total Piracicaba</b>	<b>11,96</b>	<b>16,74</b>	<b>18,51</b>	<b>1,61</b>	<b>13,49%</b>	<b>9,64%</b>	<b>8,71%</b>
<b>Total PCJ</b>		<b>13,9</b>	<b>27,87</b>	<b>25,1</b>	<b>2,46</b>	<b>17,68%</b>	<b>8,82%</b>	<b>9,79%</b>

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Obs: Expl-(1,2,3): Reservas Exploráveis segundo diferentes metodologias (ver capítulo 5.2.2 di Relatório Final); RE/D-(1,2,3): Balanços entre as 03 diferentes reservas exploráveis e as demandas.

O Quadro acima permite afirmar que:

- Tomando-se em conta as demandas subterrâneas atuais para as bacias e os valores médios de vazões exploráveis (baseados na metodologia 3), a relação das extrações atuais/reservas exploráveis é baixa, alcançando cerca de 9,79%;
- As sub-bacias de Capivari e Jundiá apresentaram os maiores índices de comprometimento, a partir da metodologia 3;
- Já as sub-bacias Jaguari, Atibaia e Corumbataí são as que apresentam os índices de maior conforto hídrico seguindo a mesma metodologia.

É muito provável que os dados de demandas estejam subestimados, notadamente nas áreas de conurbação e expansão urbana, no eixo Jundiá-Campinas-Sumaré-Americana, além de Piracicaba, Limeira e Rio Claro. Somando-se, as vazões declaradas nas bases de dados nem sempre conferem com a realidade atual de exploração.

Invariavelmente, os aquíferos mais intensamente utilizados são o Tubarão e o Cristalino (Pré-Cambriano). O aquífero Guarani, não obstante sua comparativamente elevada disponibilidade, é considerado pouco utilizado quer como aquífero livre, quer como confinado, e isto é evidenciado pela inexistência de cidades maiores em sua extensão. A região entre Indaiatuba e Capivari apresenta crescente demanda por água subterrânea, decorrente do crescimento populacional e econômico;

Em função do diagnóstico realizado durante a revisão do Plano das Bacias PCJ, nota-se que as águas subterrâneas já têm, e terão cada vez mais, um papel preponderante no equilíbrio das tensões entre disponibilidade e demandas. A localização da bacia coincide com importantes eixos de crescimento econômico, com crescentes demandas de abastecimento, irrigação e indústria. Esta característica, aliada a um arcabouço hidrogeológico de potencial apenas razoável, torna-a vulnerável do ponto de vista das quantidades e qualidades.

De forma geral, pelas intensas demandas em suas áreas de extensão, os aquíferos Tubarão e Cristalino devem receber maior atenção em termos de balanços quantitativos (demandas x disponibilidade), vulnerabilidade e risco à poluição e conservação/recuperação. O aquífero Guarani deve sofrer intensa ação de preservação, notadamente em áreas de recarga nos locais de afloramento. Invariavelmente, estudos básicos, por unidade aquífera, e estudos específicos nas áreas mais críticas, devem ser implementados como

medidas prioritárias. Como exemplo cita-se o estudo ARCTUB que constatou valores demandas de águas subterrâneas muito maiores que os estimados pelos bancos de dados oficiais. Estudos com este foco e escala devem ser replicados em todas as porções da bacia.

Este cenário também aponta para a necessidade de estudos hidrogeológicos que sirvam de base para a identificação de áreas críticas que necessitem de instrumentos e ações visando a proteção das águas subterrâneas de forma a garantir seu uso pelas gerações futuras. Neste sentido, a Resolução CRH nº 52, de 15/04/05 é um instrumento que deve ser utilizado para a proteção das águas subterrâneas, pois, permite a identificação e implantação de Áreas de Restrição e Controle em áreas críticas que evidenciem efeitos negativos da exploração e contaminação da água subterrânea.

Por fim, destaca-se a necessidade das Bacias PCJ contarem com uma rede de monitoramento de qualidade e quantidade de água subterrânea, em complementação à atual rede operada pela CETESB e DAEE. Também se recomenda a execução de estudos isotópicos pois, além de fornecer insumos na interpretação da dinâmica das águas subterrâneas rasas e profundas (especialmente nos casos do Sistema Aquífero Guarani e do Tubarão), traz potencial de aplicação na quantificação de recargas e no rastreamento da origem das águas (especificamente respondendo a questões importantes sobre a magnitude das descargas subterrâneas na manutenção das vazões de regularização do sistema Cantareira).

## BALANÇO HÍDRICO FUTURO E CENÁRIOS DE GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO

### **CENÁRIOS DE PROJETO E PREMISSAS ADOTADAS**

Este item apresenta a descrição dos cenários de projeto adotados em função do horizonte de planejamento (2035) e pontos de verificação intermediários (2020, 2025 e 2030). São apresentadas as componentes que efetivamente são consideradas nos balanços hídricos, as premissas adotadas e os resumos dos cenários. Cada cenário é composto em um horizonte de tempo e em um cenário econômico, para o qual são realizadas as projeções de demanda de água, e por diferentes medidas de aumento de disponibilidade e redução de demanda hídrica previstas nos horizontes de planejamento.

#### **Horizonte de planejamento**

O horizonte de planejamento, conforme definido no Plano, é 2035. Este é o horizonte de mais longo prazo montado para os balanços do balanço hídrico. Horizontes intermediários em que as medidas previstas são gradualmente implantadas consideram os anos de 2020, 2025 e 2030.

#### **Cenário econômico**

As demandas de água estimadas no Plano foram projetadas nos horizontes de tempo com diferentes cenários econômicos, que buscaram retratar o impacto sobre a demanda por água em função do desenvolvimento econômico e social nas Bacias PCJ. As avaliações do presente estudo consideraram o cenário de maiores demandas do Plano de Bacias PCJ 2010 a 2020.

### **Condição hidrológica de referência**

As disponibilidades hídricas naturais nos cenários de estudo, que são as condições hidrológicas de referência nos rios, são:

- $Q_{7,10}$ : cenário de enquadramento dos corpos d'água;
- $Q_{95}$ : cenário de garantia de suprimento hídrico.

Os valores de vazão em cada uma das 225 ACs foram calculados por meio da regionalização de vazões dos postos fluviométricos considerando o período das séries de 1940 a 1970.

A escolha do período deve-se a não existência de grandes obras de regularização e transposição de vazão na época, em especial o Sistema Cantareira, bem como demandas expressivas para os padrões atuais. As vazões  $Q_{7,10}$  foram obtidas nos postos fluviométricos a partir do ajuste estatístico de valores extremos e as vazões  $Q_{95}$  foram obtidas das curvas de permanência. O Anexo IV do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ apresenta os valores de vazão  $Q_{7,10}$  e  $Q_{95}$  em cada AC.

Além do balanço hídrico realizado com base em condições hidrológicas de referência (vazões constantes), foram feitas ainda simulações com o SSD para verificação de déficits no abastecimento dos municípios e para verificação de garantia do SAR e do SC.

Nas análises de déficits no atendimento do abastecimento público realizadas em simulações do SSD, foi utilizada uma série de vazões médias mensais de 31 anos, correspondente ao período de 1940 a 1970.

Nas simulações para verificação de atendimento do Sistema Cantareira (SC) e do Sistema Adutor Regional (SAR) das Bacias PCJ foi utilizada série de vazões médias mensais do período de 1940 a 2015.

### ***Demandas e lançamentos no cenário de projeto***

As demandas consuntivas e respectivos lançamentos são calculados para cada um dos horizontes de tempo no cenário econômico adotado, com base nas projeções de abastecimento, irrigação, indústria e criação animal. Sobre estes usos, os cenários para balanço hídrico ainda levaram em consideração as seguintes medidas de redução de consumo:

- Controle de perdas nos sistemas de abastecimento dos municípios;
- Reúso de água dos sistemas de esgotamento sanitário.

Com base nos estudos realizados, observou-se que a temática de controle de perdas está bastante avançada e a cenarização tem um certo nível de previsibilidade. A simplificação de considerar que a redução de perdas tem impacto direto e proporcional na demanda é bastante razoável e não agrega grandes incertezas às análises.

No caso do reúso, no entanto, as incertezas conferidas às estimativas em função do desconhecimento dos potenciais clientes de cada sistema são grandes. Cenários de metas de reúso ainda são incipientes, dificultando a

cenarização para fins de balanço hídrico. Ainda, do ponto de vista de garantia de suprimento hídrico, os custos de implantação da tecnologia são altos quando comparados com outras medidas que podem beneficiar o sistema, tanto com redução de consumo, no caso dos programas de controle de perdas (que têm outros atrativos econômicos), tanto com aumento de disponibilidade hídrica. O reúso de água enfrenta também algumas resistências em função de possíveis conflitos nos casos em que o retorno do efluente não ocorre no mesmo curso d'água da captação.

Por estes motivos, o reúso não será incorporado aos cenários nos horizontes de tempo da mesma forma que outras medidas. Optou-se por simular o balanço hídrico do cenário composto para o horizonte 2035, de forma alternativa, com reúso, considerado na forma de um índice de 20% sobre o volume do SES (Sistema de Esgotamento Sanitário), aplicado para todos os municípios. O cenário de reúso adotado foi o denominado como 2, onde o cliente de reúso tinha como fonte um manancial externo ou poço em aquífero confinado.

Com este cenário alternativo para 2035, no entanto, espera-se adquirir sensibilidade sobre o impacto que tal medida possa ter na garantia de suprimento hídrico dos municípios. No longo prazo, é possível que a implantação de reúso de água de forma abrangente nas Bacias PCJ, tornará possível uma cenarização com menos incertezas.

### **Introdução de obras de regularização e transposição no balanço hídrico**

Sobre as vazões consideradas naturais, são adicionadas obras de regularização de vazões e de transposição ou reversão de vazões.

Quanto às obras existentes, estas foram consideradas em todos os horizontes de tempo simulados. Foram introduzidos no balanço hídrico as seguintes obras existentes:

- Sistema Cantareira: para a simulação com vazão de referência igual a  $Q_{95}$ , a fim de atender as vazões nos postos de controle, foram suficientes as vazões mínimas instantâneas de 0,25 m<sup>3</sup>/s a jusante dos reservatórios Jacareí-Jaguari e, dos reservatórios de Cachoeira e Atibainha, vazões mínimas instantâneas de 2,95 m<sup>3</sup>/s cada um. Para a simulação com vazão de referência igual a  $Q_{7,10}$ , a fim de atender as vazões nos postos de controle, foram adotadas vazões mínimas instantâneas de 0,25 m<sup>3</sup>/s a jusante dos reservatórios Jacareí-Jaguari e, dos reservatórios de Cachoeira e Atibainha, vazões mínimas instantâneas de 3,75 m<sup>3</sup>/s cada;
- Transposição do Rio Paraíba do Sul para o Sistema Cantareira, com uma vazão de 5,13 m<sup>3</sup>/s;
- Reversão do Rio Atibaia para o Jundiá, com uma vazão de 0,90 m<sup>3</sup>/s;
- Pequenos reservatórios de regularização de vazões para abastecimento.

Quanto aos projetos para os cenários futuros de aumento de disponibilidade hídrica, reversão ou transposição de vazões as alternativas consideradas no balanço hídrico são:

- Reservatório de Pedreira, no Rio Jaguari (2025);
- Reservatório de Piraí, no ribeirão Piraí (afluente do Jundiá) (2025);
- Reservatório de Duas Pontes, no Rio Camanducaia (2030);
- Sistema Adutor Regional (SAR) tramos Leste e Oeste (2035);
- Transposição Jundiuvira (na bacia do Rio Tietê) para ribeirão Piraí (2035-b);
- Reservatórios de Campinas, no Rio Atibaia (2035-b);
- Transposição de Paiva Castro para o Rio Jundiá, em Campo Limpo Paulista (2035-b).

O reservatório de Pedreira, por estar mais avançado em relação a sua implantação, com a licença ambiental de instalação já expedida (CETESB LI nº 255728, de dezembro de 2018) e com recursos garantidos pelo Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF), foi previsto para o cenário de 2025. O outro grande empreendimento de regularização de vazões do DAEE, o reservatório de Duas Pontes foi inserido no cenário de 2030.

Diferente dos barramentos para regularização de vazão que irão compor o SAR, o próprio sistema adutor ainda está em fase de análise de viabilidade, com chances discretas de implantação no horizonte de tempo do Plano (2035). Apesar do SAR ter um estudo de viabilidade técnica em estágio de conclusão, realizado pelo DAEE (COBRAPE, 2017; COBRAPE, 2018), o arranjo institucional e a análise econômica e financeira que permitirão a implantação e operação do sistema ainda são incipientes. De qualquer forma, como o horizonte final de planejamento do estudo é o ano de 2035, optou-se por incluir neste cenário a operação do SAR conforme prevista no referido

estudo de viabilidade. Assim, o cenário de 2035 permitiria avaliar o impacto do SAR na garantia de suprimento hídrico das Bacias PCJ.

### *Características gerais dos cenários de projeto*

O balanço hídrico das Bacias PCJ foi realizado para os horizontes de 2020, 2025, 2030 e 2035, considerando a evolução das demandas, o controle de perdas no abastecimento e as obras previstas para aumento de disponibilidade hídrica nas condições hidrológicas da vazão com 95% de garantia ( $Q_{95}$ ) e da vazão mínima de 7 dias de duração com 10 anos de tempo de retorno ( $Q_{7,10}$ ). Os resultados foram apresentados e analisados nas 225 unidades hidrológicas (Áreas de Contribuição).

No horizonte de 2035, foram simulados três cenários adicionais, variantes do cenário composto para 2035, em que foi representado o SAR operando. Um com a introdução de reúso de água para abastecimento da indústria (2035-a), outro com a introdução de um conjunto de obras de regularização e transposição previstas para as Bacias PCJ, mas sem o SAR (2035-b), e outro sem a implementação de qualquer obra de aumento de oferta hídrica, representando a situação mais crítica (2035-c). Ainda, com base nas Máximas Vazões Regularizáveis (MVR), foram calculadas, em cada Área de Contribuição (AC), as Vazões Regularizáveis Disponíveis (VRD), subtraindo das máximas os consumos e os volumes já regularizados a montante no cenário de 2035.

As variáveis que participaram dos cenários de simulação para avaliação de garantia de suprimento hídrico foram:

- Populações e indústrias, demandas e lançamentos de esgoto;

- Atividade de agricultura irrigada e agropecuária (dessedentação animal);
- Grandes barramentos, como Sistema Cantareira, barragens de Pedreira e Duas Pontes;
- Pequenos barramentos de abastecimento dos municípios;
- Transposições e reversões de vazão existentes e projetadas, como o Sistema Adutor Regional (SAR);
- Perdas no abastecimento;
- Reúso de águas;
- Uso de águas subterrâneas.

Em suma, os cenários para simulação do balanço hídrico foram definidos da seguinte forma:

- 2020: projeções de demandas e retornos para o horizonte de tempo. Em função da proximidade do horizonte, as medidas estruturais são as existentes atualmente. Os índices de perdas no abastecimento são projetados para o horizonte de tempo;
- 2025: projeções de demandas e retornos para o horizonte de tempo. Foi considerado em operação o reservatório de Pedreira, no Rio Jaguari, que já possui licença ambiental de instalação e recursos garantidos, o reservatório de Piraí, localizado na bacia hidrográfica do ribeirão Piraí, e o cenário projetado para o horizonte de perdas no abastecimento.
- 2030: projeções de demandas e retornos para o horizonte de tempo. Com relação ao cenário de 2025, entra em operação a barragem de Duas Pontes. Considerado o cenário projetado para o horizonte de perdas no abastecimento;

- 2035: projeções de demandas e retornos para o horizonte de tempo. Com base nas obras de 2030, entrada da operação do SAR. O cenário de perdas no abastecimento é projetado para o horizonte de tempo;
- 2035-a: mesmo que o 2035, mas com reúso aplicado na forma de um índice de 20% sobre os valores de retorno dos SES em todos os municípios;
- 2035-b: mesmo que o 2035, mas substituindo a implantação do SAR pelo reservatório de Campinas, no Rio Atibaia, e pelas transposições de Jundiuvira (na bacia do Rio Tietê) para o ribeirão Piraí e de Paiva Castro para o Rio Jundiá, em Campo Limpo Paulista;
- 2035-c: os cenários de demandas, retornos e perdas no abastecimento são projetados para o horizonte de tempo. Porém sem a implantação de nenhuma das obras de infraestrutura previstas para as Bacias PCJ;
- 2035-MVR: mesmo que o 2035, considerando a máxima regularização em cada AC, que seria uma percentagem da vazão média de longo período. É um cenário hipotético que permite verificar o balanço com a condição mais favorável de disponibilidade e serve como subsídio para o cálculo das vazões que ainda estariam disponíveis para regularização em cada trecho de Rio, indicando em quais ACs são possíveis aumentos de oferta hídrica.

### **Critério de avaliação de garantia de Suprimento Hídrico**

Com base nas disponibilidades hídricas e no impacto das variáveis relacionadas no item anterior, foram verificados os Saldos Hídricos (SH) em cada seção dos rios das Bacias PCJ, definidos pelo exutório das ACs, permitindo avaliar, nos cenários estudados, onde ocorreriam déficits hídricos e onde haveria necessidade de aumento de disponibilidade hídrica.

O cálculo do SH é realizado em cada seção do rio definida por uma AC conforme a Equação abaixo:

$$SH = Q_{ref} - D_{acum} + R_{acum} + Q_{in} - Q_{out} \quad 1$$

Sendo:

- $D_{acum}$  a demanda acumulada a montante;
- $R_{acum}$  os retornos acumulados a montante;
- $Q_{ref}$  a vazão de referência ( $Q_{95}$  ou  $Q_{7,10}$ ) calculada na seção;
- $Q_{in}$  as vazões recebidas a montante por transposição ou reversão;
- $Q_{out}$  as vazões retiradas a montante por transposição ou reversão.

Quando há uma obra de regularização de vazão na AC, o valor obtido com a Equação 1 é substituído pela vazão regularizada do projeto.

A fim de apoiar a análise e interpretação dos resultados, foi definida uma classificação de criticidades das áreas de contribuição (ACs) de acordo com o saldo do balanço hídrico, conforme segue:

- Baixa criticidade, quando o resultado do saldo é maior que a  $Q_{95}$ ;
- Média criticidade, quando o saldo é maior que 50% da  $Q_{7,10}$ , mas menor ou igual a  $Q_{95}$ ;
- Alta criticidade, quando o saldo é menor ou igual que 50% da  $Q_{7,10}$ , mas maior que zero;
- Muito alta criticidade, quando o saldo é nulo ou negativo.

Ressalta-se que o saldo hídrico negativo não é uma situação fisicamente possível na natureza, mas que, no entanto, expressa o déficit que haveria no rio no caso da ocorrência do cenário de projeto.

### COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS E PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Os resultados completos do balanço hídrico nos cenários de projeto para as condições hidrológicas  $Q_{7,10}$  e  $Q_{95\%}$  estão apresentados respectivamente no Anexo XVI e nos mapas do Anexo XVIII do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035

Em resumo, o cenário de 2020 representa o sistema com as obras de infraestrutura hídrica existentes, o de 2025, o impacto da operação da barragem de Pedreira e da barragem do ribeirão Piraí, o de 2030, o incremento da barragem de Duas Pontes e o de 2035, a implementação do SAR. Os cenários levaram em consideração que o SC estaria utilizando o máximo permitido por lei em cada estágio de armazenamento do sistema, mantendo a jusante vazões necessárias para atender aos pontos de controle, conforme previsto pela Resolução Conjunta ANA/DAEE-926 de 29-5-2017. As simulações com a condição hidrológica  $Q_{95}$  mostraram que seria necessária a manutenção de uma vazão de  $6,68 \text{ m}^3/\text{s}$  a jusante do SC no Rio Atibaia, de modo a atender o ponto de controle de Valinhos. O ponto de controle de Atibaia, localizado no município de Atibaia, não foi um limitante e, para atendimento de sua vazão mínima, o SC poderia liberar apenas a vazão mínima prevista na norma, de  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Mesma situação se verificou no Rio Jaguari, com o posto de controle não sendo um limitante e permitindo a vazão mínima a jusante dos reservatórios do SC.

As simulações com séries de vazões médias mensais do período de 1940 a 2015 apontaram para uma alta garantia de atendimento do SC e do SAR. Ambos os sistemas apresentaram menos de 1% de falha considerando o nível dos reservatórios, pontos de controle e vazões demandadas. As maiores falhas, como esperado, ocorreram no período de severa estiagem observado entre os anos de 2014 e 2015.

De forma geral nas Bacias PCJ, os resultados confirmaram o cenário crítico de suprimento hídrico que foi evidenciado pelo evento de estiagem de 2014. Ainda que a  $Q_{95}$  seja uma vazão com valores superiores àqueles verificados em boa parte do ano de 2014, ela representa uma condição de estiagem e, neste cenário, os problemas aparecem já no cenário composto para 2020.

Algumas situações de muito alta criticidade (déficit hídrico) ou alta criticidade (saldo menor que 50% da  $Q_{7,10}$ ) foram consideradas crônicas, para ambas as vazões de referência ( $Q_{7,10}$  e  $Q_{95}$ ), por não serem resolvidas pelas obras previstas nos cenários simulados. Tais problemas crônicos ocorreram:

- No trecho alto do Rio Capivari, até a seção de confluência do ribeirão do Piçarrão;
- Na sub-bacia do Rio Piracicaba, no ribeirão da Cachoeira, em Iracemápolis, na cabeceira do ribeirão do Tatu, em Cordeirópolis, no córrego do Pinheirinho, em Sumaré, e no ribeirão Piracicamirim, em Saltinho;
- Na sub-bacia do Rio Atibaia, no ribeirão do Pinhal, em Itatiba e no ribeirão Maracanã, em Jarinu;
- No Rio Jaguari a jusante dos barramentos do SC, até a seção da barragem de Pedreira, no cenário em que esta é considerada (2035).

Na sub-bacia do Rio Atibaia, a jusante dos reservatórios do Sistema Cantareira, simulações preliminares, considerando a liberação da vazão mínima de 0,25 m<sup>3</sup>/s para as Bacias PCJ mostravam uma situação de criticidade em um longo trecho do Rio. No entanto, ao se considerar uma liberação de 6,68 m<sup>3</sup>/s, visando atender ao limite mínimo em Valinhos (de 10 m<sup>3</sup>/s), o trecho do Rio Atibaia a jusante do SC passou a apresentar média criticidade. Ressalta-se que a vazão que remanesce no curso do Rio Atibaia desde o SC até o ponto de controle de Valinhos não estaria disponível para o abastecimento dos usuários situados neste trecho. Tal constatação é corroborada pelas simulações de falha no abastecimento realizadas no SSD. As simulações com vazões médias mensais para o cenário 2020 indicaram que todos os municípios situados no referido trecho, de Piracaia a Valinhos, apresentaram déficit no atendimento em cerca de 1,4% do tempo.

No cenário de 2025, o início da operação da Barragem de Pedreira eleva o saldo hídrico na foz do Rio Jaguari, em cerca de 12% e na foz do Rio Piracicaba, em cerca de 3%, permanecendo a classificação de média criticidade, em que o saldo hídrico é menor que a  $Q_{95}$  e maior que 50% da  $Q_{7,10}$ . Neste cenário, é possível observar os efeitos positivos dos municípios que têm consideradas taxas de redução de perdas no abastecimento, como Monte Mor (no Rio Capivari) e Amparo (no Rio Camanducaia).

No cenário 2030, ocorre, como esperado, um aumento no saldo hídrico a jusante da Barragem de Duas Pontes, o que se reflete com maior impacto no Rio Camanducaia, cujo saldo hídrico na foz, na condição de  $Q_{95}$ , aumentou em cerca de 42% de 2025 para 2030, alterando a criticidade a jusante da barragem de média para baixa. Em geral, nas demais sub-bacias, a situação

de criticidade hídrica é muito similar à do cenário 2025. A redução de perdas também tem reflexos no balanço hídrico em Indaiatuba (no Rio Capivari-Mirim) e Vinhedo (na sub-bacia do Rio Atibaia).

No cenário de 2035, ocorre a inclusão do SAR no balanço hídrico, elevando os saldos hídricos nos pontos de entrega e aliviando algumas situações de média criticidade. No Rio Jundiá, a jusante do ponto de entrega do sistema integrado de Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista, as ACs JUNA156, 157 e 158 passam de média a baixa criticidade.

Como era esperado, as obras de regularização provocam efeitos positivos de aumento de oferta (Figura 2.3). O SAR também apresenta efeitos importantes nos pontos de entrega. No entanto, considerando o porte de uma obra de transposição como a do Tramo Leste do SAR, em que haveria uma adutora com 75 km de extensão e com diâmetro variando de 900 a 1500 mm, interferindo em áreas urbanas, infraestrutura rodoferroviária e meio ambiente, alternativas locais de aumento de disponibilidade hídrica não devem ser descartadas.

Do lado da redução das demandas, o controle de perdas se mostra bastante eficaz, em alguns casos equilibrando ou até mesmo superando o aumento de demanda devido ao aumento populacional. Tal alternativa tende a reduzir o consumo de água em situações de normalidade dos mananciais, no entanto, em estiagens, é possível que apenas o controle de perdas não seja suficiente para garantia do suprimento, requerendo medidas de aumento de oferta hídrica. O reúso de água foi simulado como um indicador constante sobre os retornos, que seriam destinados a um novo consumidor que hipoteticamente se abastecia em aquífero profundo. O estudo ainda apresentou uma análise

de quais ACs teriam condições mais favoráveis para análises adicionais de viabilidade para implementação de projetos de reúso.

A solução deve ser estudada em escala de sistema de abastecimento para que possa ter sua viabilidade comprovada. No entanto, não figura como alternativa de aumento de garantia de suprimento hídrico na escala de bacia hidrográfica, ao menos, do ponto de vista quantitativo.

Em suma, conclui-se que as Bacias PCJ têm problemas regionais de suprimento hídrico, principalmente em sua parte sul, nas sub-bacias dos rios Jundiaí, Capivari e Atibaia, e problemas locais, principalmente em ribeirões na sub-bacias dos rios Atibaia e Piracicaba.

A principal obra prevista para aumento da garantia regional de abastecimento é o SAR. O Tramo Leste do SAR, que atenderia a região mais crítica das Bacias PCJ, é uma solução de longo prazo, alto custo, ainda sem um arranjo institucional definido e sem previsão de implementação. O estudo sugere que sejam testadas alternativas de aumento de regularização no Rio Atibaia e Jundiaí como possíveis soluções de aumento de oferta hídrica, comparando com o Tramo Leste do SAR do ponto de vista de viabilidade técnica.

Quanto aos problemas locais, o estudo levantou alternativas por município, avaliando as oportunidades técnicas de aumento na exploração do manancial existente, através do incremento de vazão regularizada, a implementação de novos mananciais, uso de águas subterrâneas e o controle de perdas no abastecimento. Os resultados das simulações de balanço hídrico e de séries mensais de vazão no SSD foram utilizados para subsidiar as análises nos municípios. Em cada um deles, foram destacadas as fragilidades do sistema atual de abastecimento, os ganhos com as projeções de controles de perdas

no abastecimento e as principais alternativas de ampliação do abastecimento para aumento de garantia no horizonte de planejamento (2035), ressaltando as mais prováveis a serem desenvolvidas e as maiores dificuldades. As análises consideraram, além de soluções de abrangência local, possíveis impactos negativos de determinada alternativa sobre outros municípios, assim como oportunidades de cooperação entre municípios em soluções integradas de abastecimento.

Medidas complementares de aumento de garantia de suprimento hídrico, como redução de poluição difusa do meio urbano, avaliação de técnicas de pegada hídrica, usos insignificantes do ponto de vista de outorga e adaptação a variação e mudanças climáticas, foram discutidas, resultando em propostas de ações

Ainda, foram analisadas as questões de inundação e manejo de águas pluviais nos municípios das Bacias PCJ, identificando aqueles com maior vulnerabilidade e os tipos de ações a serem desenvolvidas

A situação futura de saldo hídrico nas Bacias PCJ, em 2035, com relação ao cenário de 2020, é apresentada no Figura 2.3 (cenário composto 2035) e Figura 2.4 (cenário composto 2035-c), por AC. No cenário 2035-c, houve apenas a projeção das demandas e índices de perdas, sem a implantação de qualquer obra de aumento de disponibilidade hídrica com relação a 2020. No cenário 2035, além das referidas projeções, foram incluídos no balanço hídrico as barragens de Pedreira, Duas Pontes e do ribeirão Piraí, além do Sistema Adutor Regional (SAR). Como esperado, as obras de regularização provocam efeitos positivos de aumento de oferta.

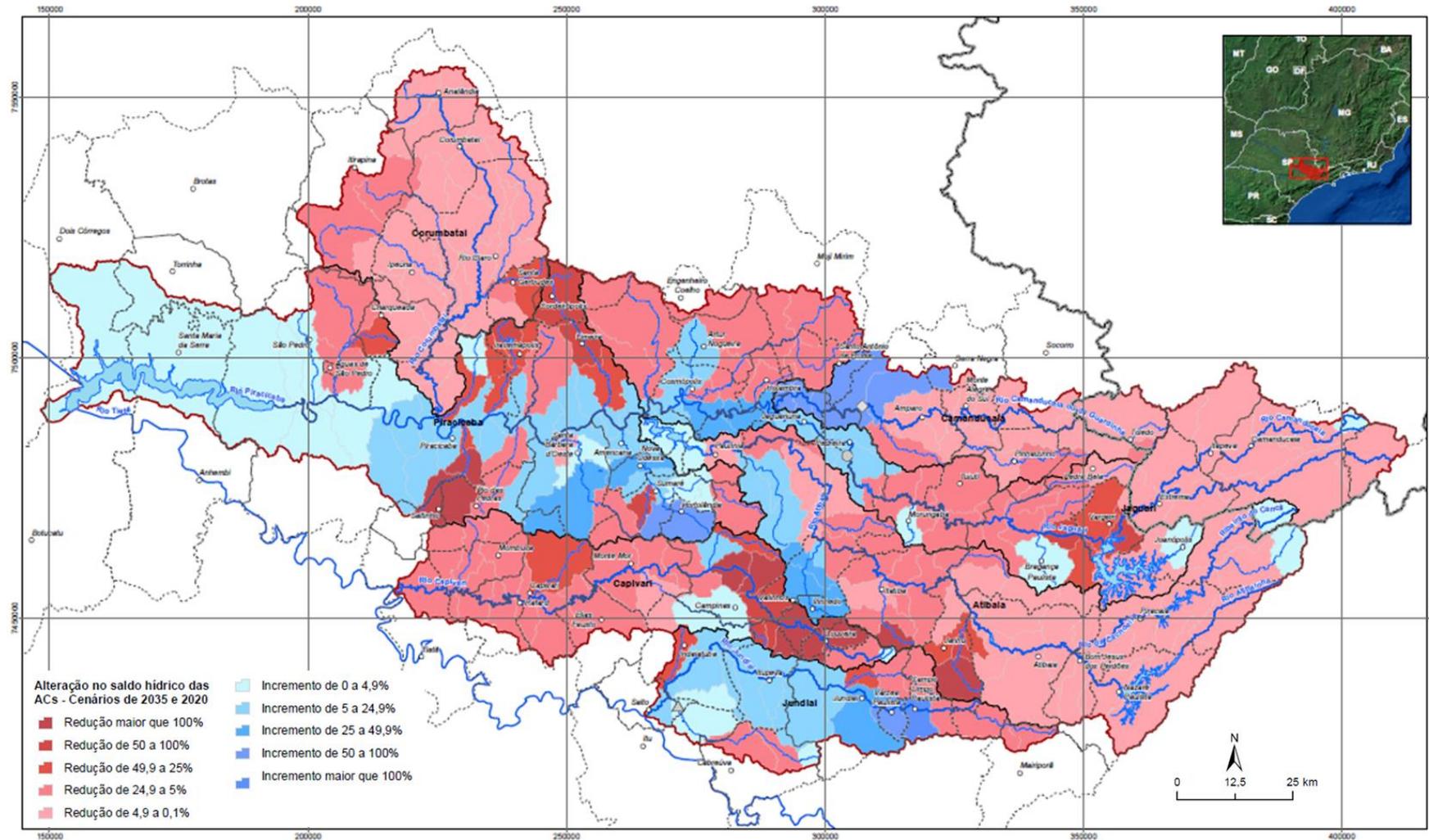


Figura 2.3 - Alteração no saldo hídrico entre os cenários 2035 e 2020

Fonte: Extraído de Consórcio Profil-Rhama (2020)

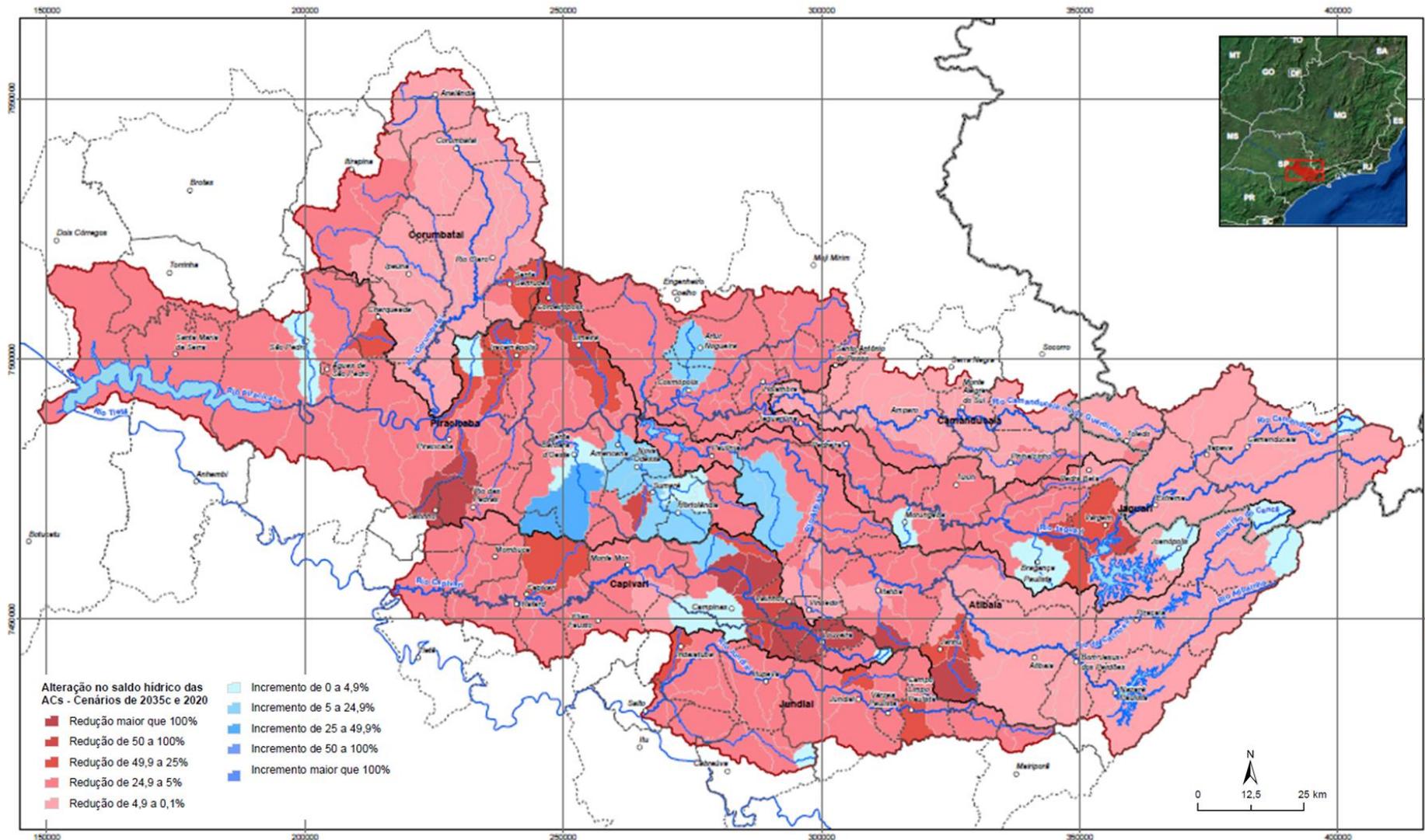


Figura 2.4 - Alteração no saldo hídrico entre os cenários 2035-c e 2020

Fonte: Extraído de Consórcio Profill-Rhama (2020)

## IMPACTO DAS OBRAS EXISTENTES E PREVISTA NO BALANÇO HÍDRICO

Este item apresenta os principais impactos de obras existentes (Sistema Cantareira) e previstas na drenagem principal dos rios das Bacias PCJ sobre o balanço hídrico e garantia de suprimento.

### **Sistema Cantareira**

A seguir, o impacto do Sistema Cantareira (SC) sobre as Bacias PCJ e sua segurança quanto ao abastecimento dos municípios são analisados por duas abordagens diferentes:

- No balanço hídrico das Bacias PCJ nos cenários de estudo;
- Com a simulação da série mensal de aflúências ao SC;
- Simulação no SSD para verificação do impacto dos pontos de controle nos déficits de abastecimento dos municípios a jusante do SC.

### **Simulação do SC no balanço hídrico do sistema**

O SC é uma das obras de regularização inseridas no modelo desde o cenário atual, considerado 2020. Em função da importância do sistema como regularizador de vazões, das transposições para fora das Bacias PCJ, da complexidade de sua regra de operação e da dificuldade de se prever o que ocorreria a jusante do sistema no caso de uma vazão de estiagem, o

balanço hídrico é utilizado como ferramenta para avaliação do impacto sobre o saldo hídrico.

A simulação do balanço hídrico considerou a necessidade de atender às vazões mínimas médias diárias nos pontos de controle<sup>1</sup>, no período de estiagem:

- Posto de controle de Buenópolis (3D-009T), no Rio Jaguari, na AC JAGR114: 2,00 m<sup>3</sup>/s;
- Posto de controle de Atibaia (3E-063T), no Rio Atibaia, na AC ATIB095: 2,00 m<sup>3</sup>/s;
- Posto de controle de Captação de Valinhos (3D-007T), no Rio Atibaia, na AC ATIB137: 10,00 m<sup>3</sup>/s.

Para tal, no Rio Jaguari, considerando a vazão mínima instantânea prevista na norma a jusante do SC, que é de 0,25 m<sup>3</sup>/s, o saldo hídrico se manteve, em todos os cenários simulados e condições hidrológicas, igual ou superior a 2 m<sup>3</sup>/s no posto de controle de Buenópolis. No cenário mais crítico (2035-c), o saldo hídrico no posto de controle de Buenópolis foi de 2,02 m<sup>3</sup>/s para condição de Q<sub>7,10</sub> e de 3,10 m<sup>3</sup>/s para a Q<sub>95</sub>. Já no Rio Atibaia, devido ao ponto de controle de Valinhos, foi necessária a manutenção de uma vazão

<sup>1</sup> Considerou-se o valor no exutório da AC mais próxima à seção controle.

a jusante do SC nos cálculos do balanço hídrico de 6,68 m<sup>3</sup>/s para a condição de Q<sub>95</sub> e de 8,30 m<sup>3</sup>/s para a condição hidrológica de Q<sub>7,10</sub>.

Assim, a jusante do SC, no cenário 2035-c, observam-se os seguintes saldos hídricos nos postos de controle:

- Buenópolis: 2,02 m<sup>3</sup>/s para a Q<sub>7,10</sub> e 3,10 m<sup>3</sup>/s para a Q<sub>95</sub>;
- Atibaia: 10,41 m<sup>3</sup>/s para a Q<sub>7,10</sub> e 9,89 m<sup>3</sup>/s para a Q<sub>95</sub>;
- Valinhos: 10,12 m<sup>3</sup>/s para ambas as condições hidrológicas, Q<sub>7,10</sub> e Q<sub>95</sub>.

Observou-se que, no Rio Jaguari, na AC em que está inserido o reservatório do SC (JAGR111), o saldo hídrico passa a ser negativo. Esse efeito é devido principalmente às demandas de agricultura e de pecuária distribuídas nas ACs contribuintes conjugadas ao fato de os cenários considerarem a liberação de uma vazão bastante baixa (mínima instantânea). Não significa, no entanto, que ocorra desabastecimento em algum município ou propriedade rural específica, uma vez que estes contam com pequenas regularizações em uma escala que não é percebida pelo balanço hídrico da bacia. Na prática, as demandas a montante dos reservatórios diminuiriam a disponibilidade para enchimento do reservatório ao invés de não serem atendidas.

Verifica-se que, nos postos de Buenópolis e Atibaia, a Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925/2017 estaria sendo atendida mesmo com a liberação da vazão mínima instantânea de 0,25 m<sup>3</sup>/s, uma vez que os valores mínimos da vazão média diária são de 2 m<sup>3</sup>/s (inferior ao saldo obtido). No entanto, no

ponto de controle de Valinhos, a vazão mínima exigida pela norma no período seco, na faixa de operação mais crítica, é de 10 m<sup>3</sup>/s, o que requer a liberação de uma vazão bastante superior à mínima da norma, equivalente à Q<sub>95</sub> na seção.

Cabe aqui ressaltar que, do ponto de vista da manutenção do regime hidrológico e da qualidade da água no rio, a norma é prudente ao exigir a vazão mínima de 10 m<sup>3</sup>/s em Valinhos, permitindo que o curso do rio Atibaia se situe em uma condição de média criticidade (saldo hídrico maior que 50% da Q<sub>7,10</sub> e menor que a Q<sub>95</sub>) em todos os cenários. Simulações preliminares com a vazão mínima instantânea liberada pelo SC no Rio Atibaia mostraram que, ainda que se atenda a condição mínima de 2 m<sup>3</sup>/s no ponto de Atibaia, no trecho médio do Rio Atibaia seguiria todo em situação de média e alta criticidade em todos os cenários, com um saldo hídrico de cerca de 3 m<sup>3</sup>/s, resultando em um saldo do balanço hídrico de cerca de 4 m<sup>3</sup>/s no ponto de controle de Valinhos.

No Rio Jaguari, no entanto, ainda que se atenda a condição de vazão mínima no ponto de controle de Buenópolis, todo trecho médio do Rio fica em situação de alta criticidade nos cenários simulados. Isso significa que, nestes cenários e condições hidrológicas, a legislação que determina que a vazão remanescente em um curso d'água, após computadas as demandas, não deva ser inferior a 50% da Q<sub>7,10</sub>, estaria sendo infringida. A elevação deste valor mínimo de 2 m<sup>3</sup>/s para 4 m<sup>3</sup>/s aumentaria de forma significativa a garantia de suprimento no trecho médio do Rio Jaguari, permitindo atender a prática de outorga de uso de água de uma vazão remanescente de 50% da Q<sub>7,10</sub>.

Destaca-se aqui que, as análises de balanço hídrico têm como objeto de estudo a totalidades das Bacias PCJ, com escala espacial e temporal típicas de planejamento. As análises de balanço hídrico sintetizam as vazões instantâneas que ocorrem na rede de drenagem em valores estatísticos, de  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$  e generalizam certas avaliações pontuais de nível operacional na unidade de representação do sistema (AC). Assim, alguns aspectos abordados nas análises com utilidade para planejamento de ações futuras e comparação de cenários, como manutenção de vazões a jusante dos barramentos e verificação de vazões nos pontos de controle, não são próprios e não devem ser utilizados para fins operacionais.

### ***Simulação da série mensal de aflúncias ao SC***

Como a simulação de balanço hídrico com uma vazão constante não permite avaliar a regra de operação no que diz respeito ao balanço dos reservatórios e atendimento das demandas de transposição do SC, foi realizada também uma simulação do sistema com a série histórica de vazões médias mensais. Os resultados das simulações e a memória de cálculo estão apresentados na íntegra no Anexo XX do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035

A simulação do balanço dinâmico utilizou as vazões médias mensais afluentes ao sistema de reservatórios do Cantareira do período de janeiro de 1930 a dezembro de 2015. Com base nesta série de entrada, foram consideradas as regras operacionais do sistema de outorga e as seguintes simplificações:

- As vazões são médias mensais, o que não permite simular o real atendimento a uma regra de operação que estabelece valores de vazões médias diárias e médias móveis de 15 dias. A média mensal tende a regularizar oscilações intramensais e valores limites de vazões diárias, por exemplo, podem ter sido superados sem que o balanço permita identificar;
- As vazões correspondentes às sub-bacias entre as barragens e aos pontos de controle foram estimadas por vazão específica com relação a série afluyente ao Cantareira. É possível que esta simplificação tenha aumentado as vazões, pois as cabeceiras das bacias possuem precipitações maiores que a jusante;
- Não foi considerada a evaporação do lago porque os valores são pequenos se comparados com os volumes envolvidos. Além disso, o balanço entre precipitação e evaporação é positivo em termos anuais. Estimou-se a evaporação potencial do lago como cerca de 1200 mm; e a precipitação anual é um pouco superior a esta. Calculando o volume evaporado, o mesmo fica da ordem de 1 a 2% do volume máximo do reservatório;
- Não é simulada a alocação de água entre os reservatórios;
- Não são representadas as aflúncias e defluências do reservatório de Paiva Castro. Apenas seu volume foi considerado como parte do volume total do SC;
- Como o objetivo da simulação é avaliar o impacto da nova regra de operação do SC e não representar o que de fato ocorreu no passado, as demandas nas bacias incrementais foram

consideradas constantes ao longo do período, projetadas para o ano de 2035, conforme discutido no cenário composto para o horizonte de projeto do estudo;

- A transposição da bacia do Rio Paraíba do Sul para o SC não foi considerada nas simulações por não haver uma regra de operação definida em período de estiagem (quando pudessem ocorrer falhas no SC).
  - Sem a simulação do balanço do rio Paraíba do Sul e o conhecimento das regras de operação da UHE Jaguari e das demandas efetivas da Sabesp a cada dia, em conjunto com o balanço do SC, se faz necessária a adoção de alguma simplificação para representar a transposição para o SC. Desta forma, com base nas informações disponíveis (Portaria do DAEE nº 4563/2017 e Resolução ANA nº 1.931/2017), que estabelecem valores médios anuais de captação, além de outras informações, optou-se por, no balanço hídrico, expor a situação de falha do SC sem a transposição entendendo que seria mais prudente do que mascará-la com uma regra que pode não se verificar exatamente na situação mais crítica (por exemplo, a inclusão da vazão média anual constante, independente das cotas no reservatório da UHE Jaguari). Por isso, a partir da análise de garantia do sistema, que, mesmo sem a transposição, mostrou elevados níveis de garantia, vindo o SC a falhar apenas

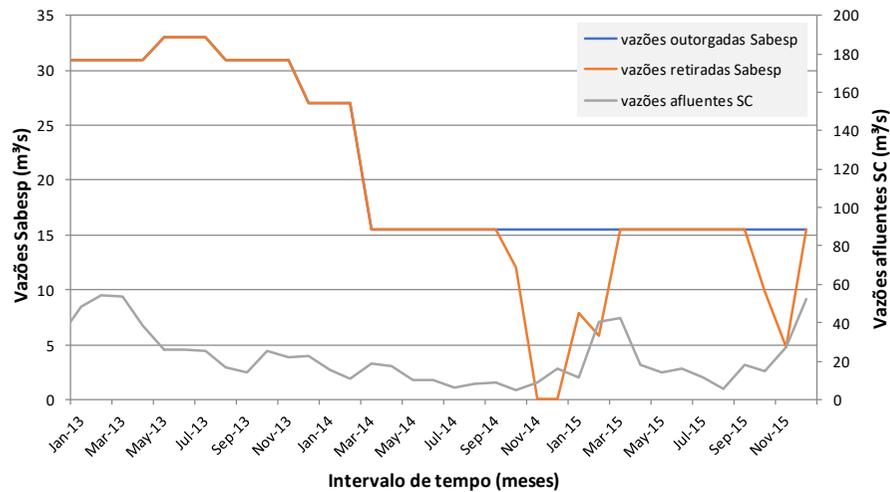
na estiagem de 2014, optou-se pela não inclusão da transposição.

Os resultados das simulações mostram que ao longo do período simulado, de 1032 meses, considerando a regra operacional vigente, o SC manteve grande segurança de abastecimento, conforme detalhado nos parágrafos a seguir.

Quanto ao atendimento da SABESP, as vazões máximas outorgadas em cada faixa de operação estiveram disponíveis em 99,3% do tempo. Houve apenas 2 falhas totais e 5 parciais. Estas falhas ocorreram no período de outubro de 2014 a novembro de 2015, conforme ilustra a Figura 2.5. A Figura 2.6 apresenta a distribuição da faixa de operação em que o SC esteve operando ao longo do tempo, em função do volume útil equivalente. Observa-se que o sistema operou em 71% do tempo na Faixa 1, conforme definido na Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925/2017. Houve períodos em que o sistema estaria operando na Faixa 5 (vazão de 15,5 m<sup>3</sup>/s), em meados da década de 50, na década de 60 e depois apenas nos anos 2000.

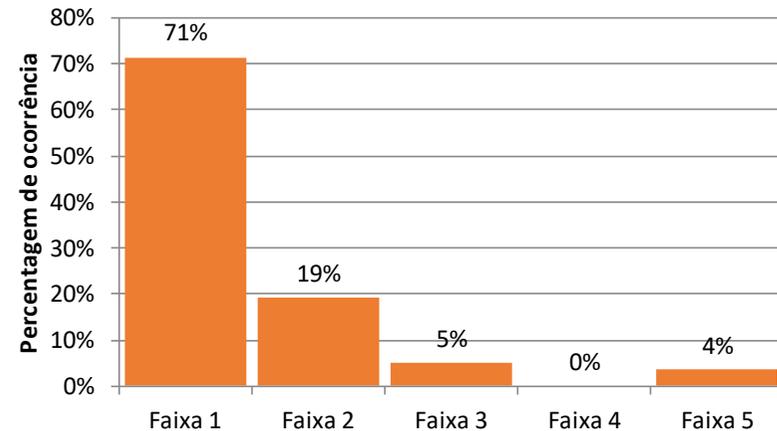
Quanto ao atendimento dos pontos de controle de Buenópolis, Atibaia e Valinhos, o sistema falhou em apenas 0,8% do tempo. Foram verificadas 8 ocorrências, 2 em agosto e setembro de 2003 e as demais no período de junho de 2014 a julho de 2015. No restante do período, as vazões nos pontos de controle mantiveram-se, normalmente, bastante acima dos limites mínimos estabelecidos pela norma, em média 21 m<sup>3</sup>/s em Buenópolis, 17 m<sup>3</sup>/s em Atibaia e 32 m<sup>3</sup>/s em Valinhos. Ainda, o SC operou em 98,7% no Rio Atibaia e em 99,7% no Rio Jaguari liberando apenas o mínimo previsto

na norma para as Bacias PCJ. Diante do exposto e considerando as simplificações adotadas, não haveria grande conflito pelo uso da água do SC entre as Bacias PCJ e o abastecimento da RMSP. Este fato se deve a produção de água nas bacias incrementais dos rios Jaguari e Atibaia, entre o SC e os pontos de controle.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama com base nas vazões afluentes aos reservatórios do Sistema Cantareira e nas regras operacionais do sistema de outorgas.

Figura 2.5 - Comparação das vazões outorgadas pela norma e efetivamente retiradas pela Sabesp do Sistema Cantareira para a simulação do período de 2013 a 2015.



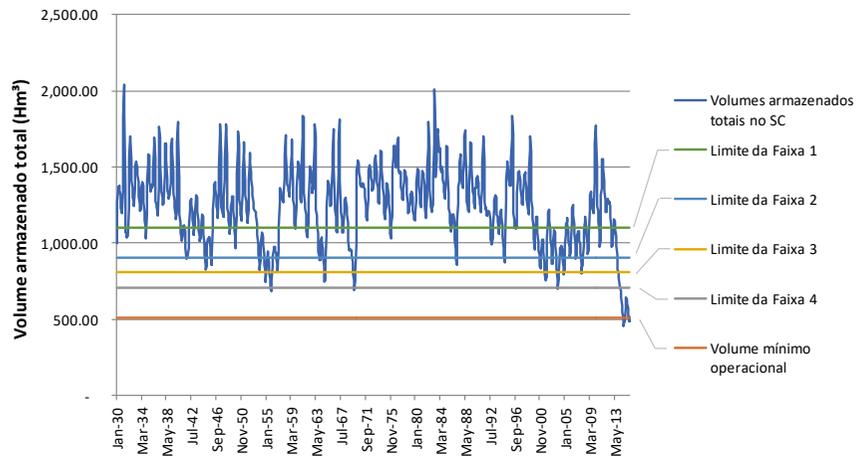
Faixa de operação em função do volume do SC

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama com base nas vazões afluentes aos reservatórios do Sistema Cantareira e nas regras operacionais do sistema de outorgas.

Figura 2.6 - Faixas de operação do Sistema Cantareira ao longo do tempo.

Quanto à manutenção de volumes no SC, conforme já mencionado, o volume útil equivalente armazenado no sistema esteve ao longo de 71% do tempo de simulação acima dos 60% estabelecidos para a Faixa 1. A Figura 2.7 apresenta os volumes armazenados no SC ao longo da simulação. Observa-se que, mesmo atendendo às demandas da SABESP e os pontos de controle das Bacias PCJ, o volume do SC esteve sempre acima do volume mínimo operacional, com exceção do período de novembro de 2014 até novembro de 2015. Neste período, ocorrem 6 meses com falha (sistema com volume abaixo do mínimo operacional), confirmando as expectativas frente ao que representou o severo evento de desabastecimento observado na ocasião. A probabilidade de ocorrência de um evento desta magnitude pode ser considerada pequena, com cerca de 0,6 % de chance de falha em todo o período. Todavia, considerando os últimos 24 anos (1992-2015), em

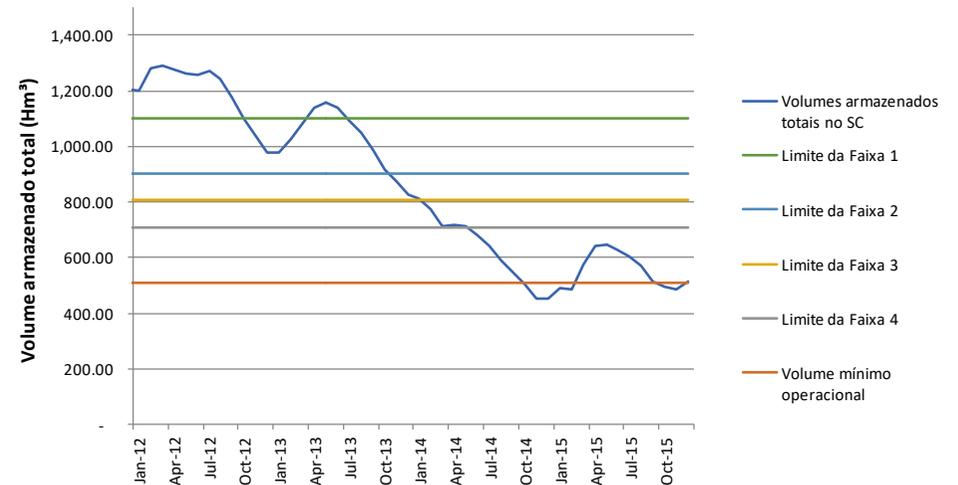
que há uma tendência de decréscimo nas vazões médias anuais, conforme se observa na Figura 2.8, a probabilidade é de 2,1%.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Figura 2.7 - Variação no volume de reservação do SC para o período 1930-2015.

Nos 24 anos anteriores a 2015, observa-se que, em 20 meses, a vazão foi menor que a média de longo período, que é de aproximadamente 43 m³/s, o que pode sinalizar uma tendência de modificação do regime de chuvas e por consequência da hidrologia nos rios da região.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Figura 2.8 - Variação no volume de reservação do SC para o período de 2012 a 2015.

Ressalta-se que o evento de estiagem de 2014-2015 nas Bacias PCJ foi realmente um ponto fora da curva do período com observação de vazões (de cerca de 70 anos). Mesmo em outros períodos de grande estiagem na região, observou-se que não haveria falhas no sistema SC segundo a regra de operação vigente. Em evento de grande magnitude e permanência no tempo (boa parte da década de 50), verificou-se que o sistema estaria operando na maior parte do tempo acima do limite da Faixa 3, conforme definido na Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925/2017.

### Verificação do impacto dos pontos de controle a jusante do SC

Este item discute as simulações de séries de vazões médias mensais realizadas no SSD com a finalidade de avaliar o impacto da exigência de

manutenção das vazões mínimas nos postos de controle de Atibaia, Valinhos e Buenópolis no abastecimento dos municípios à jusante do SC.

Nas análises de déficit no abastecimento dos municípios verificou-se que, no cenário 2020, no Rio Jaguari à jusante do SC, não haveria déficit no abastecimento. Como a exigência de 2 m<sup>3</sup>/s no posto de controle de Buenópolis poderia ser atendida mesmo com a liberação da vazão mínima de 0,25 m<sup>3</sup>/s do SC, praticamente toda a vazão incremental estaria disponível para captação. Já no Rio Atibaia a situação é bastante diferente, uma vez que todos os municípios que se abastecem a jusante do SC, até a seção da captação de Valinhos, apresentaram déficit no abastecimento nas simulações.

No caso do Rio Atibaia, verificou-se através do SSD que os pontos de controle exercem impacto sobre o regime de vazões no Rio Atibaia, restringindo o abastecimento a montante destes. Quando a norma de outorga do SC é seguida e as vazões nos pontos de controle são respeitadas, ocorrem déficits nos municípios de Piracaia, Bom Jesus dos Perdões, Atibaia, Itatiba, Jarinu e Valinhos. Quando o ponto de controle de Valinhos é ignorado, os municípios de Itatiba, Jarinu e Valinhos não apresentam déficit ao longo do período de simulação. Tais municípios, localizados entre os pontos de controle de Atibaia e de Valinhos, têm suas captações no trecho sob influência do ponto de controle de Valinhos. No entanto, os municípios de Piracaia, Bom Jesus dos Perdões e Atibaia ainda apresentam déficit, o que é revertido quando se ignora também o ponto de controle de Atibaia.

Esta constatação indica a importância da regra que define um volume a ser liberado pelo SC no período seco, de 1º de junho a 30 de novembro. Os déficits que são registrados nestes municípios durante o período seco são eliminados na simulação do SSD com a liberação de 1 m<sup>3</sup>/s no Rio Atibaia, restando apenas cerca de 1,4% de falhas referentes a meses de vazão baixa fora do período seco, normalmente maio e dezembro. Assim, concluiu-se que, com uma frequência de 1,4% do tempo, a norma de outorga do SC, que prevê vazões mínimas em determinados pontos de controle no Rio Atibaia, pode ocasionar déficit no abastecimento dos municípios de Piracaia, Bom Jesus dos Perdões, Atibaia, Itatiba, Jarinu e Valinhos. No entanto, é importante destacar que:

- De acordo com a legislação dos recursos hídricos, o abastecimento público dos municípios tem prioridade de uso em relação à manutenção dos pontos de controle e assim, na prática, é o SC que deverá manter a vazão nos pontos de controle;
- As simulações do SSD são de vazões médias mensais e que operações em escala horária, que podem atenuar ou até eliminar os eventos de déficit, não estão representadas.

De qualquer forma, os resultados alertam para uma situação de risco no abastecimento que deve ser mais bem avaliada do ponto de vista da norma de outorga do Cantareira. Outra conclusão é de que, segundo as simulações realizadas, haveria em média um volume de cerca de 90% do total disponível no período seco (158,1 hm<sup>3</sup>), que não seria utilizado nem no Rio Atibaia nem no Rio Jaguari e, segundo a norma, poderia ser vendido à SABESP.

### ***Barragem de Pedreira***

A barragem de Pedreira terá uma capacidade de regularização prevista de 8,46 m<sup>3</sup>/s. Contudo, sua outorga é de 7,55 m<sup>3</sup>/s, de forma que esse foi o valor de regularização considerado no balanço hídrico. O impacto da barragem de Pedreira sobre o balanço hídrico das Bacias PCJ pode ser observado no cenário composto para 2025.

Comparando o mapa de saldo hídrico da bacia entre 2020 e 2025 (Anexo XIX do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ) para a condição hidrológica Q<sub>95</sub>, percebe-se que a própria AC onde a barragem é implantada (JAGR133) e as três ACs de jusante (JAGR070, 071 e 072) passam de alta para média criticidade. Apesar de a classe das ACs no rio principal permanecer em média criticidade, os saldos hídricos aumentam em cerca de 50%. Na foz do Rio Jaguari, no deságue no Piracicaba, o acréscimo no saldo hídrico com a barragem é de 2,00 m<sup>3</sup>/s. Ressalta-se que, do cenário de 2020 a 2025 houve um aumento de demanda de cerca de 8,6% na sub-bacia do Rio Jaguari, o que ocasionaria um decréscimo no saldo hídrico na foz de 0,63 m<sup>3</sup>/s caso não se considerasse a implantação da barragem.

Mais a jusante, o saldo no curso do Rio Piracicaba tem um impacto positivo em 2025, de cerca de 7%, ainda que permaneçam inalteradas as classes de criticidade. No deságue do Rio Piracicaba (PCBA001), o saldo hídrico passou de 36,59 m<sup>3</sup>/s em 2020 para 37,94 m<sup>3</sup>/s em 2025.

Para a condição de Q<sub>7,10</sub> (Anexo XVII do Relatório Final), conforme esperado, o impacto da regularização de Pedreira é mais notável, praticamente dobrando os valores de saldo hídrico. O trecho a jusante, até

a JAGR131, que era de alta criticidade no cenário 2020, passa a média criticidade em 2025.

No Rio Piracicaba, mesmo na condição de Q<sub>7,10</sub>, a situação de criticidade não se altera com a instalação da barragem. O saldo, no entanto, aumenta em cerca de 15%, passando de 25,77 m<sup>3</sup>/s a 28,48 m<sup>3</sup>/s.

### ***Barragem de Duas Pontes***

A barragem de Duas Pontes tem capacidade de regularização prevista em 8,72 m<sup>3</sup>/s e está contemplada no cenário composto para o horizonte de 2030, com localização no Rio Camanducaia, no município de Amparo. A barragem de Duas Pontes impacta o saldo hídrico nas sub-bacias de Camanducaia, Jaguari e Piracicaba.

Comparando o mapa de saldo hídrico da bacia entre 2025 e 2030 na condição hidrológica de Q<sub>95</sub> (Anexo XIX do Relatório Final), percebe-se que ocorre no curso do Rio Camanducaia, nas ACs a jusante da barragem, uma alteração de classe de criticidade de média para baixa. Com a implantação da barragem, o saldo hídrico aumenta em 72% no Camanducaia (equivalendo a uma vazão de 3,72 m<sup>3</sup>/s na foz).

A jusante, o incremento no saldo hídrico são de 19% no Rio Jaguari (equivalendo a uma vazão de 3,19 m<sup>3</sup>/s na foz) e de 6,2% no Rio Piracicaba (equivalendo a uma vazão de 2,39 m<sup>3</sup>/s na foz). Não houve impacto na classificação de criticidade das ACs, permanecendo como média criticidade.

Na condição hidrológica de  $Q_{7,10}$  (Anexo XVII do Relatório Final), o impacto da barragem sobre a classificação de ACs é idêntico ao da condição  $Q_{95}$ . Os saldos, no entanto, sofrem acréscimos maiores, com 246% no Rio Camanducaia, 60% do Rio Jaguari e 25% no Rio Piracicaba.

### **Sistema Adutor Regional**

A seguir, a exemplo da abordagem do SC, o impacto do SAR sobre as Bacias PCJ e sua segurança quanto ao abastecimento das demandas são analisados por duas abordagens diferentes:

- No balanço hídrico da bacia nos cenários de estudo;
- Com a simulação da série mensal de vazões.

### **Simulação do SAR no balanço hídrico do sistema**

O impacto do SAR, segundo o cenário composto para 2035 é percebido um aumento no saldo hídrico principalmente nas seguintes ACs:

- Na AC do córrego dos Pinheiros (ATIB138), na captação de Vinhedo, o saldo aumenta de 0,39 m<sup>3</sup>/s em 2030 para 0,60 m<sup>3</sup>/s em 2035 (correspondendo a cerca de 53%);
- No Rio Atibaia, na captação de Campinas (ATIB053), o saldo aumenta de 6,83 m<sup>3</sup>/s para 7,99 m<sup>3</sup>/s (17%);
- Próximo à foz do Rio Atibaia, no ponto de entrega de Paulínia (ATIB047), o saldo aumenta de 8,01 m<sup>3</sup>/s para 9,39 m<sup>3</sup>/s (17%);
- No Rio Jundiá, a jusante do ponto de entrega do sistema integrado de Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista (JUNA156, 157 e 158),

a AC logo a jusante do ponto de entrega (JUNA157) passa de média para baixa criticidade, e o saldo neste trecho aumenta em cerca de 0,7 m<sup>3</sup>/s.

No curso do Rio Jaguari, a jusante do barramento de Pedreira, e no Rio Camanducaia, a jusante do barramento de Duas Pontes, percebe-se a redução no saldo hídrico com a implementação do SAR, conforme esperado. No entanto, para qualquer condição hidrológica não há alteração de classe de criticidade em ambos os rios.

Observando as melhorias na garantia de suprimento hídrico ocasionadas pela implementação do SAR, apresentada no Cenário de 2035, percebe-se que alguns problemas crônicos de déficit hídrico nas Bacias PCJ continuam a existir. Entende-se por problemas crônicos aqueles que ocorrem em algumas ACs, cuja situação é de alta ou muito alta criticidade em todos os cenários, mesmo com a implementação de melhorias de garantia de suprimento hídrico nas Bacias PCJ. Citam-se as seguintes:

- CPIV172, 171, 192, 196, 170 e 169: Rio Capivari, até a seção de confluência do ribeirão Piçarrão;
- PCBA191, 034 e 031: no ribeirão da Cachoeira, em Itacemópolis;
- PCBA003: no ribeirão Samambaia;
- PCBA037: na cabeceira do ribeirão do Tatu, em Cordeirópolis;
- PCBA154: no córrego Pinheiro, em Sumaré;
- PCBA025 e 026: no ribeirão Piracicamirim, em Saltinho;
- ATIB200: ribeirão do Pinhal ou Alagado, em Itatiba;

- ATIB089 e 218: ribeirão Maracanã, em Jarinu;
- JAGR111, 149, 081, 079, 075, 057, 058, 115, 114, 134 e 135: Rio Jaguari a jusante dos barramentos do SC.

Percebe-se que os problemas ocorrem normalmente em ribeirões e pequenos córregos nas sub-bacias dos rios Atibaia e Piracicaba, caracterizados por demandas consideráveis e vazões naturais restritas pelo pequeno porte das bacias. Também o Rio Capivari se enquadra neste caso. Em sua parte alta, onde os problemas de déficit são identificados, a oferta hídrica é muito restrita. Já no caso do Rio Jaguari, o fator que ocasionou o resultado de déficit é a manutenção da vazão mínima instantânea definida pela outorga do SC, de 0,25 m<sup>3</sup>/s a jusante da represa Jaguari-Jacareí, atendendo ao ponto de controle de Buenópolis.

Assim, em que pese o aumento de garantia nos municípios atendidos pelo sistema Boa Esperança, atendidos pelo trecho Oeste do SAR, e o atendimento aos municípios do trecho Leste, terão de ser avaliadas alternativas para o conjunto de usuários das Bacias PCJ. Não apenas uma forma de alocar vazão das regularizações propiciadas pelos reservatórios de Pedreira e Duas Pontes, mas também de outros projetos locais e regionais, não necessariamente vinculados ao SAR.

É usual que projetos de regularização de vazão encontrem grandes oposições em função dos impactos que causam sobre o território dos municípios em que são instalados e que, muitas vezes, os benefícios da regularização de vazões sequer são percebidos por estes municípios. No entanto, ao se avaliar um projeto da magnitude do tramo Leste do SAR, em

que os impactos sobre infraestrutura das cidades, estradas e meio ambiente também seriam consideráveis, não se pode descartar a análise de alternativas locais.

Ainda, conforme se verifica no mapa do Anexo XXI do Relatório Final, um barramento no Rio Atibaia a jusante do Cantareira, por exemplo, no trecho do município de Atibaia (ATIB094), poderia incrementar uma vazão de cerca de 5,14 m<sup>3</sup>/s ao Rio Atibaia com relação a Q<sub>95</sub> (já descontada a área de drenagem a montante dos reservatórios Cachoeira e Atibainha e demais demandas a montante).

### ***Simulação do SAR com série mensal de vazões***

A exemplo da simulação que foi realizada para o Sistema Cantareira, de modo a permitir a avaliação de falhas de atendimento do SAR, foi realizado o balanço hídrico do sistema com a série de vazões médias mensais do período de janeiro de 1930 a dezembro de 2015, totalizando 86 anos de dados.

O esquema simulado contemplou as condições de montante do Jaguari, do Sistema Cantareira e as condições internas das duas barragens planejadas de Duas Pontes e Pedreira com as retiradas para consumo das cidades, a entrada de contribuição lateral dos trechos e as demandas dos Trecho Leste e Oeste.

Destaca-se as simplificações que foram adotadas:

- As vazões são médias mensais, que tendem a regularizar oscilações e mascarar falhas intramensais;
- As séries de vazões médias mensais afluentes às bacias intermediárias foram estimadas por vazão específica do Sistema Cantareira (na sub-bacia do Rio Jaguari) e do posto fluviométrico 62622000 (na sub-bacia do Rio Camanducaia). Estas correlações de séries podem aumentar o risco de falha de disponibilidade na bacia;
- Não foi considerada a evaporação dos lagos porque os valores são pequenos se comparados com os volumes envolvidos.

Na análise de risco, foram consideradas prioridades na seguinte ordem:

- As vazões mínimas a jusante dos reservatórios;
- As vazões nos pontos de controle (foz do Rio Camanducaia e Rio Jaguari logo a montante da afluência do Rio Camanducaia);
- Por fim, as vazões para atender as demandas dos trechos Leste e Oeste.

A probabilidade de atendimento foi determinada pela relação entre número de meses em que a condição não é atendida e número de meses da simulação.

### **Sistema do Rio Jaguari até sua confluência**

O sistema do Rio Jaguari foi simulado considerando as vazões defluentes no Cantareira para o Jaguari, a contribuição lateral do trecho entre o

Cantareira e a barragem de Pedreira com a demanda das cidades do trecho, a retirada para o Trecho Leste da vazão e para o trecho de jusante de Pedreira com a contribuição lateral da bacia e a retirada da demanda das cidades.

Esta simulação buscou manter a vazão antes da confluência do Camanducaia maior ou igual a 8 m<sup>3</sup>/s, a defluência acima do mínimo da vazão para jusante da barragem e a vazão para o Trecho Leste.

As séries das bacias intermediárias de contribuição lateral a montante e a jusante da barragem foram determinadas com base na vazão específica do Cantareira. As demandas foram estimadas de acordo com as demandas das cidades do eixo do rio.

Durante o período de simulação não houve falha em nenhum dos critérios estudados. Da mesma forma, quando se somam as vazões do Jaguari e Camanducaia é possível verificar que também não haveria falha de atendimento no Trecho Oeste.

### **Sistema do rio Camanducaia até sua confluência**

Para análise do sistema foi realizado o balanço do reservatório de Duas Pontes considerando o seguinte:

- Vazão maior ou igual a 10 m<sup>3</sup>/s no Rio Camanducaia a montante da confluência com o Rio Jaguari;
- Vazão mínima de saída para jusante na barragem de Duas Pontes de 2,8 m<sup>3</sup>/s.

Quando estas condições não são atendidas é considerada uma falha no sistema.

O balanço do sistema foi realizado para o período de janeiro de 1930 a dezembro de 2015. Existe o posto Monte Alegre do Sul no Rio Camanducaia (bacia com 367 km<sup>2</sup>) com dados de junho de 1944 a novembro de 2014. Este posto possui dois meses de falhas neste período. As vazões afluentes a montante da barragem e a jusante da barragem foram determinadas por vazão específica considerando as seguintes informações:

- De janeiro de 1930 a maio de 1944 foram estimadas com base nas vazões do Cantareira;
- Para o período de junho de 1944 a novembro de 2014 foram estimadas com base no posto fluviométricos de código 62622000 no Rio Corumbataí numa área de drenagem de 367 km<sup>2</sup>;
- Os anos de falha da série do posto foram preenchidos com base na série do Cantareira.

O resultado do balanço completo do período mostrou que ocorreram 47 meses com falhas no período, representando 0,4% de probabilidade de ocorrência no período. As falhas ocorreram para atender a vazão mínima a jusante da barragem de Duas Pontes e a vazão de 10 m<sup>3</sup>/s na foz do Rio Camanducaia.

### ***Barragem do ribeirão Piraí***

A barragem de Piraí está contemplada no cenário composto para o horizonte de 2025, com localização no ribeirão Piraí, na divisa dos municípios de Itu e

Salto. A barragem de Piraí impacta o saldo hídrico na sub-bacia do Rio Jundiáí, na qual será construída.

Comparando-se o mapa de saldo hídrico da bacia entre 2020 e 2025 (Anexo XIX do Relatório Final) para a condição hidrológica Q<sub>95</sub>, percebe-se que há um aumento do saldo hídrico no trecho de foz do ribeirão Piraí, na Área de Contribuição corresponde à barragem de Piraí (JUNA161) e na Área de Contribuição a jusante desta (JUNA162), já no trecho da foz do Rio Jundiáí.

O aumento de aproximadamente 70 L/s na JUNA161 e de 40 L/s na JUNA162 não provoca alteração na classe de criticidade das ACs, permanecendo como média criticidade.

Comparando-se o mapa de saldo hídrico da bacia entre 2020 e 2025 (Anexo XVII do Relatório Final) para a condição hidrológica Q<sub>7,10</sub>, verifica-se um maior impacto da implantação da barragem de Piraí. A AC JUNA161 tem um aumento expressivo do saldo hídrico de 855 L/s (2900%), passando de 24 L/s para 879 L/s e provocando a alteração da classe de criticidade de alta para média. Na AC JUNA162, ocorre um aumento de 750 L/s (27%), sem alteração da classe de criticidade (média).

Estima-se, com base no crescimento populacional, que a demanda para abastecimento dos municípios de Indaiatuba e de Salto na AC JUNA161 aumente de 300 L/s, em 2020, para 350 L/s, em 2035. Ainda, são previstas novas captações para esses municípios e para Itu e Cabreúva no reservatório da barragem (Arcadis Logos, 2015), o que implica no aumento da demanda para abastecimento em JUNA161. Caso essas novas

captações sejam do montante previsto, de 250 L/s a 333 L/s por município (Arcadis Logos, 2015), a regularização da barragem de Pirai pode não ser suficiente para manter a AC JUNA161 em média criticidade.

A transposição de Jundiuvira, então, pode mostrar ser uma alternativa para manter o saldo hídrico de JUNA161 e JUNA162, logo a jusante, em baixa ou média criticidade. Essa transposição em conjunto com o barramento, simulado no cenário 2035-b, aumenta o saldo hídrico da AC JUNA161 em 700 L/s.

## VAZÃO REGULARIZÁVEL DISPONÍVEL (VRD) NAS BACIAS PCJ

Para a proposição de novas medidas de aumento de disponibilidade hídrica, importa conhecer qual é o potencial de regularização ainda disponível nas Bacias PCJ, ou seja, a Vazão Regularizável Disponível (VRD). A VRD é obtida a partir do balanço hídrico realizado com a Máxima Vazão Regularizável (MVR), descontada da disponibilidade hídrica natural e regularizada existente. Ressalta-se que se trata a VRD é um dado teórico e preliminar. O critério de VRD é introduzido para representar a capacidade teórica de regularização ainda não implementada em uma bacia hidrográfica. Considerando uma bacia sem reservatórios, com fluxo natural na rede de drenagem, sabe-se que a MVR é teoricamente igual a vazão média de longo período ( $Q_{mlp}$ ). Com base no cenário de MVR, é possível avaliar quais AC já estão próximas do esgotamento hídrico e em quais ainda é possível, em análise preliminar, aumentar a oferta hídrica através de regularização de vazões.

Desta forma, a VRD foi calculada em todas as ACs das Bacias PCJ para a condição hidrológica de  $Q_{95}$  com base no cenário composto para 2035. Os resultados foram organizados na forma de mapas por sub-bacia. Os valores, por AC, expressam a vazão que ainda pode ser ofertada por meio de obras de regularização de vazão, ou seja, a VRD.

De modo a facilitar a interpretação dos resultados, foi criada uma escala utilizando um indicador de proporção do potencial de regularização de vazão com relação à vazão de longo período ( $VRD/Q_{mlp}$ ). Quanto mais perto de 100%, maior o potencial de regularização de vazão na AC. Com base neste indicador, os seguintes critérios de nível de vazão regularizável disponível foram definidos:

- Muito alta, quando  $VRD/Q_{mlp}$  é maior que a 100% (casos específicos em que a AC recebe algum retorno que ocasiona que sua VRD seja superior à  $Q_{mlp}$ );
- Alta, quando  $VRD/Q_{mlp}$  está entre 50% e 100%;
- Média, quando  $VRD/Q_{mlp}$  está entre 25% e 50%;
- Baixa, quando  $VRD/Q_{mlp}$  é inferior a 25%;
- Zero, quando  $VRD/Q_{mlp}$  for nula por não haver capacidade adicional de regularização. Valores negativos podem ocorrer em casos em que as demandas forem maiores que a própria MVR e são considerados como zero.

O Quadro 2.10 apresenta um resumo da situação das ACs por sub-bacia para o cenário de 2035-VRD.

Quadro 2.10 – Potencial de regularização de vazão das Áreas de Contribuição por sub-bacias para o cenário de 2035 com vazão de referência  $Q_{95}$ .

Cenário 2035-MVR	Muito alto		Alto		Médio		Baixo		Nenhum		Total	
Atibaia	3	7%	0	0%	7	16%	31	72%	2	5%	43	100%
Camanducaia	0	0%	0	0%	13	76%	4	24%	0	0%	17	100%
Capivari	1	4%	1	4%	17	68%	4	16%	2	8%	25	100%
Corumbataí	0	0%	0	0%	4	19%	17	81%	0	0%	21	100%
Jaguari	0	0%	0	0%	25	54%	18	39%	3	7%	46	100%
Jundiaí	0	0%	0	0%	1	5%	19	86%	2	9%	22	100%
Piracicaba	0	0%	7	14%	32	63%	2	4%	10	20%	51	100%
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>2%</b>	<b>8</b>	<b>4%</b>	<b>99</b>	<b>44%</b>	<b>95</b>	<b>42%</b>	<b>19</b>	<b>8%</b>	<b>225</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo consórcio PROFILL-RHAMA.

Analisando o cenário global das Bacias PCJ, verifica-se que 94% das ACs apresentam potencial Médio, Baixo ou Zero, reflexo dos diversos usos já existentes.

Na sub-bacia do Rio Atibaia verificam-se três ACs (ATIB050, 051 e 206) com potencial muito alto de regularização, onde situa-se o ribeirão das Anhumas. O alto potencial de regularização dessas ACs se deve principalmente às significativas vazões de retorno oriundas do sistema de Campinas, onde a VRD supera a própria  $Q_{mip}$ , resultando em valores superiores a 100%. Para as ACs em que se situam reservatórios do SC, o potencial foi considerado nulo, assumindo que o sistema já regulariza toda a vazão disponível.

Na sub-bacia do Rio Capivari, as ACs CPIV173 e CPIV174 apresentam potencial muito alto e alto, respectivamente. Estas ACs também recebem altas vazões de retorno do sistema de abastecimento de Campinas (cerca de 1,3 m³/s), o que justifica seu alto potencial de regularização. Duas ACs apresentaram potencial nulo (CPIV192 e 171), justificado pelo déficit hídrico

gerado pela alta demanda de abastecimento de Campinas e alta demanda para irrigação, resultando em nenhuma vazão a ser regularizada.

Verifica-se na sub-bacia do Rio Jaguari que 93% das ACs apresentam potencial médio ou baixo, o que se deve principalmente ao impacto ao longo do trecho médio do Rio Jaguari causado pelas vazões já regularizadas pelo SC. Três ACs foram classificadas como potencial nulo, sendo que em duas situam-se reservatórios do SC (JAGR111 e 080) e em uma a barragem Pirapitingui (JAGR126), regularizando praticamente a totalidade da vazão disponível.

Na sub-bacia do Rio Jundiaí, a maioria das ACs (91%) apresenta potencial baixo. As ACs JUNA168, onde situa-se a barragem Jundiaí-Mirim, e JUNA223, a jusante daquela, apresentam potencial nulo. De uma maneira geral, as altas demandas nas ACs JUNA156, JUNA157, JUNA161, JUNA164, JUNA167 e JUNA168 (referentes ao abastecimento de Jundiaí, Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista), aliadas à regularização da represa Jundiaí-Mirim e da barragem do ribeirão Piraí (JUNA161), colaboram para a baixa VRD da bacia.

Na sub-bacia do Rio Corumbataí, 81% das ACs apresentam baixo potencial de regularização e as demais, potencial médio. Além das demandas de abastecimento público, as altas demandas de irrigação nas ACs CRUM012, CRUM014 CRUM141 colaboram para os baixos potenciais de regularização, dado que a taxa de retorno de irrigação considerada é de apenas 30% da demandada. Ainda, na AC CRUM027 há alta demanda de

abastecimento do município de Piracicaba, cujo retorno não ocorre na própria AC.

Na sub-bacia do Rio Camanducaia, a situação incremento de regularização é de médio potencial desde a cabeceira até a seção da barragem de Duas Pontes. A jusante desta, em função de sua regularização, o potencial resta baixo.

Na sub-bacia do Piracicaba, verifica-se sete ACs com potencial alto. Em situação análoga a algumas ACs supracitadas, tal classificação é obtida devido às altas vazões de retorno verificadas nestas ACs.

Ressalta-se que a classificação de potencial de regularização apresentada não expressa valores absolutos de vazão regularizável, mas uma percentagem deste com relação a vazão média da bacia. Assim, a análise permite a comparação de potencial de bacias com tamanhos distintos. No entanto, é possível que uma AC com baixo potencial de regularização na sub-bacia do Rio Atibaia apresente uma vazão regularizável, em termos absolutos, superior a uma AC do ribeirão do Quilombo, por exemplo, com alto potencial. Destaca-se ainda que, como se percebe nas análises, retornos de grande porte são responsáveis por aumentar a disponibilidade em córregos de pequeno e médio portes a ponto de apresentarem uma vazão regularizável maior que a média das vazões naturais. Esta constatação não implica, sem análises adicionais, que tais córregos sejam boas alternativas para projetos de regularização.

O Anexo XXI do Relatório Final apresenta os mapas das vazões regularizáveis disponíveis (VRD) e o potencial de regularização ( $VRD/Q_{mlp}$ ) nas Bacias PCJ, com base no cenário composto para 2035 na condição hidrológica de  $Q_{95}$ . Ressalta-se que, diferente dos resultados apresentados até então de balanço hídrico, os mapas de VRD apresentam valores de vazão que podem ser incrementadas no sistema e não de saldo hídrico. Trata-se de uma análise compatível com a escala deste estudo, necessitando de aprofundamento na análise de locação de novos empreendimentos de regularização de vazão.

### **ALTERNATIVAS DE NOVAS REGULARIZAÇÕES DE VAZÃO EM ESCALA REGIONAL**

---

Este item apresenta as propostas de regularização de vazões por sub-bacia, em uma escala regional em que os cenários simulados mostram alta criticidade quanto à garantia de suprimento hídrico. Segundo os resultados de balanço hídrico, observou-se que alguns problemas regionais de garantia hídrica são evidentes:

- Rio Atibaia, a jusante do SC, até a captação de Valinhos, devido aos resultados de falha no abastecimento de todos os municípios situados neste trecho;
- CPIV 172, 171, 192, 196, 170 e 169: Rio Capivari, até a seção de confluência do ribeirão Piçarrão, devido à situação de alta ou muito alta criticidade em todos os cenários;

- JUNA 156, 157 e 158: Rio Jundiáí logo a jusante da captação do sistema integrado de Várzea Paulista e Campo Limpo Paulista, para todos os cenários sem o SAR, apenas quando avaliada a situação de  $Q_{7,10}$ ;
- JAGR111, 149, 081, 079, 075, 057, 058, 115, 114, 134 e 135: Rio Jaguari a jusante dos barramentos do SC, devido à situação de alta ou muito alta criticidade em todos os cenários;

Nestes trechos, foi feita avaliação da possibilidade de novas regularizações de vazão para aumento de oferta hídrica.

### *Rio Atibaia*

O trecho do Rio Atibaia entre Bom Jesus dos Perdões e Campinas é bastante demandado e sofre uma restrição de vazão imposta pelo SC. Por ser um rio de porte razoável e com posição estratégica na região, o Rio Atibaia a jusante do SC atende, além dos centros urbanos banhados por ele, outros mais distantes, como Campinas e Jundiáí.

Ainda que as simulações de balanço hídrico mostrem este trecho como de média criticidade quanto ao suprimento hídrico, ressalta-se que o fato ocorre em função da necessidade de manutenção de 6,68 m<sup>3</sup>/s a jusante do SC para atendimento da vazão mínima em Valinhos. Assim, esta vazão não estaria disponível para consumo, devendo remanescer no rio. Esta condição é notada nas simulações de déficit hídrico no abastecimento dos municípios realizadas no SSD. Verificaram-se falhas em todos os municípios abastecidos pelo Rio Atibaia no trecho a jusante do SC, até o ponto de

controle do sistema em Valinhos. Ainda que a vazão no trecho seja suficiente para o abastecimento dos municípios, estes têm prioridade mais baixa frente ao ponto de controle, segundo a norma que detalha a outorga do SC.

A possibilidade de regularização permitiria aumentar a segurança no abastecimento de todos os municípios do trecho (Atibaia, Itatiba, Bom Jesus dos Perdões, Jundiáí, Jarinu, Valinhos e Campinas), através de captação ou adução direta, ou um número ainda maior de municípios, através da reversão de vazões para os rios Capivari e Jundiáí. Ocorre que a região no entorno do Rio Atibaia a jusante do SC é bastante ocupada e projetos de construção de uma nova barragem devem enfrentar uma restrição com relação ao custo de desapropriação e com o custo político pelo impacto social.

Assim, cabe a realização de estudos de viabilidade incluindo alternativas locais para um novo barramento, ponderando a garantia de abastecimento, custo do projeto e os impactos ambientais e sociais na região. Tal estudo pode incluir a análise de viabilidade do uso do reservatório da antiga usina de Atibaia como regulador de vazão, harmonizado com os usos atuais do lago, ou como reservatório a ser utilizado em caso de crise hídrica.

Os impactos e benefícios das alternativas de barramento estudadas no trecho devem ser confrontadas com a alternativa de reversão de vazões da barragem de Pedreira para o Rio Atibaia e deste para a bacia do Rio Jundiáí, aproveitando as análises de traçado do estudo do DAEE de viabilidade do

SAR (COBRAPE, 2017 e COBRAPE, 2018). Tal comparação será de especial interesse no abastecimento de municípios da sub-bacia do Rio Jundiaí, cujo SAR prevê atendimento.

Ainda, o município de Campinas, prevê a construção de barramento de regularização para abastecimento. Tal alternativa deve ser considerada também no estudo e confrontada com a opção do SAR, no ponto de entrega de Campinas.

Em que pese a previsão de dois projetos, o SAR e a barragem de Campinas, de aumentarem a garantia no Rio Atibaia apenas na seção de captação de Campinas, a alternativa de uma regularização de vazões mais a montante, entre Bom Jesus dos Perdões e Atibaia, permitiria um alcance maior, atendendo também aos municípios a montante de Campinas. Na AC ATIB094, conforme simulado para a VRD (item 0), seria possível a regularização de 4,94 m<sup>3</sup>/s, o que beneficiaria o Rio Atibaia em todo o trecho de jusante.

### **Rio Capivari**

O Rio Capivari em seu trecho alto, entre Louveira e Campinas, apresenta criticidade alta e muito alta em todos os cenários de estudo, apresentando déficit hídrico. A vazão Q<sub>95</sub> a jusante deste trecho é de cerca de 0,5 m<sup>3</sup>/s. As principais demandas são para abastecimento de Campinas e Vinhedo. As demandas totais no trecho são da ordem de 1 m<sup>3</sup>/s, praticamente o dobro da disponibilidade com 95% de garantia. Esta constatação reforça a necessidade de aumento de disponibilidade, não apenas para atender às

demandas consuntivas (que podem buscar outras fontes), mas também para manutenção de condições ambientais mínimas em períodos secos.

No entanto, as possibilidades de aumento de oferta por regularização no próprio Rio Capivari são limitadas, devido as captações já existentes e a Área de Contribuição de pequeno porte das cabeceiras do rio. Conforme as simulações de VRD, seria possível a regularização de apenas 0,11 m<sup>3</sup>/s, na AC CPIV197, a montante de Louveira. A montante de Campinas, a CPIV170 permitiria ampliar a oferta em 0,10 m<sup>3</sup>/s.

Outras opções também deveriam ser avaliadas, como a reversão do Rio Atibaia (no caso de aumento de disponibilidade neste) e de atendimento do SAR (reversão da barragem de Pedreira). Assim, o estudo de regularização ou reversão de vazões para o Rio Capivari deve ser feito em conjunto com o do Rio Atibaia e com o tramo Leste do SAR.

### **Rio Jundiaí**

O trecho crítico do Rio Jundiaí já foi bastante analisado pela SABESP, visando o abastecimento dos municípios de Campo Limpo e Várzea Paulista. No histórico de estudos da Companhia na região constam 3 grandes obras como alternativas para o abastecimento de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista (SABESP, 2018):

- Barragem no Rio Jundiaí, a montante de Campo Limpo Paulista, com área de 1,4 km<sup>2</sup> e capacidade de regularização de 0,76 m<sup>3</sup>/s.

- Barragem de Pedreira, no Rio Jaguari, definido recentemente no estudo do DAEE (COBRAPE, 2017) como captação do tramo Leste do SAR;
- Reversão do Rio Atibaia, captação de 0,4 m<sup>3</sup>/s no Rio Atibaia em Itatiba para a ETA Campo Limpo Paulista, também incorporado em uma das alternativas de projeto do SAR com viabilidade de implantação (COBRAPE, 2018);

O referido informe da SABESP relata que, em 2016, como nenhuma das alternativas estudadas tinha perspectiva de concretização no curto prazo e, frente ao risco de desabastecimento dos municípios de Campo Limpo Paulista e Várzea Paulista, nova alternativa foi levantada, através da transposição de vazão do reservatório de Paiva Castro para a ETA Campo Limpo Paulista, sendo essa a alternativa apresentada no cenário 2035-b. A adutora teria 17 km de extensão e uma vazão máxima instantânea de 0,4 m<sup>3</sup>/s. Ocorre que o balanço hídrico realizado demonstra que a situação de criticidade para a Q<sub>95</sub> é de baixa a média, se estendendo até a AC JUNA162, mesmo no Cenário 2035-c.

O estudo de regularização ou reversão/transposição de vazões para o Rio Jundiá deve ser feito em conjunto com o do Rio Atibaia, permitindo avaliar a possibilidade de regularização no Atibaia com reversão para o Rio Jundiá.

### **Rio Jaguari**

No Rio Jaguari, a alta criticidade verificada no trecho a jusante do SC se deve a consideração nas simulações de balanço hídrico de uma vazão

mínima de 0,25 m<sup>3</sup>/s, suficiente para atendimento da exigência no ponto de controle de Buenópolis. Este fato, no entanto, não causou desabastecimento, conforme se verificou nas simulações do SSD. Caso este cenário se verifique na prática, o principal problema deverá estar nos baixos níveis d'água no rio e nas condições de qualidade da água.

Pelo porte do rio, a situação de regularização de vazões é favorável. Logo a jusante do SC, na JAGR079, seria possível o aumento de 1,25 m<sup>3</sup>/s com regularização. Na AC de jusante, JAGR075, a vazão disponível para regularização é de quase 3,27 m<sup>3</sup>/s. Sugere-se, no entanto, que a operação do SC seja monitorada, bem como o regime hidrológico e a qualidade da água a jusante, permitindo verificar se, de fato, ocorrem problemas no trecho.

## **ALTERNATIVAS DE GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO POR MUNICÍPIO**

---

A avaliação de alternativas de suprimento hídrico para o abastecimento público dos municípios que possuem captações nas Bacias PCJ, dentro dos cenários elaborados para as simulações de balanço hídrico com o SSD PCJ, permitiu uma visão geral de possíveis fontes de abastecimento para os municípios, considerando as medidas integradas na rede de drenagem e as medidas locais, em sistemas isolados, que podem ser de redução de perdas no abastecimento e de mananciais alternativos, superficiais ou subterrâneos. Este detalhamento por município se encontra detalhado no Relatório Final do Caderno de Garantia de Suprimento Hídrico.

O Quadro 2.11 e o Quadro 2.12 apresentam uma síntese destas informações por município, quais sejam: se o município tem previsão de atendimento pelo SAR, a demanda atual (com o índice de perdas atual) e futura (com o índice de perdas projetado) de abastecimento do município, tipo de sistema de abastecimento, se isolado em pequenos córregos ou se integrado na rede de drenagem principal (impacta ou é impactado por outros), aquífero cujos domínios abrangem o município, eficácia do controle de perdas em relação ao aumento de demanda futura e situação geral da captação, ou seja, se o município capta apenas ou prioritariamente na rede de drenagem de projeto, se tem outras fontes relevantes ou se capta totalmente fora da rede de drenagem do projeto.

Quadro 2.11 - Síntese da situação de garantia de abastecimento dos municípios que captam nas Bacias PCJ.

Município	Atendimento do SAR <sup>1</sup>	Demanda (L/s)		Sistema de abastecimento <sup>2</sup>
		Atual	2035	
Águas de São Pedro	Não	20,47	25,39	Isolado
Americana	Indireto	780,96	905,63	Isolado e Integrado
Amparo	Não	161,27	133	Isolado e Integrado
Analândia	Não	7,97	8,67	Isolado
Artur Nogueira	Não	194,7	208,4	Isolado
Atibaia	Indireto	350,51	233,64	Isolado
Bom Jesus dos Perdões	Indireto	48,68	60,17	Isolado e Integrado
Bragança Paulista	Não	318,67	374,59	Isolado
Cabreúva	Não	73,54	103,12	Isolado e Integrado
Camanducaia	Não	41,87	45,85	Isolado
Campinas	Direto	3068,28	3665	Integrado
Campo Limpo Paulista	Direto	172,85	217,25	Isolado e Integrado
Capivari	Não	134,79	154,74	Isolado
Charqueada	Não	46,94	59,25	Isolado
Cordeirópolis	Não	90,64	121,84	Isolado
Corumbataí	Não	9,29	9,68	Isolado
Cosmópolis	Não	286,22	424,53	Isolado e Integrado
Elias Fausto	Não	25,15	30,41	Isolado

Município	Atendimento do SAR <sup>1</sup>	Demanda (L/s)		Sistema de abastecimento <sup>2</sup>
		Atual	2035	
Extrema	Não	80,96	127,25	Isolado
Holambra	Não	32,82	56,11	Isolado
Hortolândia	Direto	570,43	761,28	Integrado
Indaiatuba	Indireto	669,22	853,51	Isolado e Integrado
Ipeúna	Não	22,45	23,33	Isolado
Itacemópolis	Não	38,3	49,7	Isolado
Itapeva	Não	13,25	16,79	Isolado
Itatiba	Indireto	266,84	327,32	Isolado
Itirapina	Não	9,58	11,12	Isolado
Itupeva	Não	116,45	206,49	Isolado e Integrado
Jaguariúna	Não	166,83	233,8	Integrado
Jarinu	Não	52,91	75,48	Isolado e Integrado
Joanópolis	Não	17,72	20,65	Isolado
Jundiá	Indireto	1452,92	1771,58	Integrado
Limeira	Não	658,36	760,37	Isolado e Integrado
Louveira	Não	125,38	149,66	Isolado
Mairiporã	Não	19,89	27,4	Isolado
Mombuca	Não	6,95	7,26	Isolado e Integrado
Monte Alegre do Sul	Não	16,7	19,66	Isolado e Integrado
Monte Mor	Indireto	131,53	194,86	Isolado e Integrado
Morungaba	Não	24,99	31,57	Isolado
Nazaré Paulista	Não	18,38	21,69	Isolado
Nova Odessa	Direto	137,77	158,05	Isolado e Integrado
Paulínia	Direto	272,99	463,9	Isolado e Integrado
Pedra Bela	Não	2,95	3,07	Isolado
Pedreira	Não	158,53	105,4	Isolado e Integrado
Pinhalzinho	Não	16,63	19,84	Isolado
Piracaia	Não	41,89	41,95	Isolado
Piracicaba	Não	1797,17	1262,85	Isolado e Integrado
Rafard	Não	32,8	24,06	Isolado
Rio Claro	Não	633,55	663,73	Isolado
Rio das Pedras	Não	110,35	115,09	Isolado
Saltinho	Não	24,19	24,13	Isolado
Salto	Não	130,56	136,87	Integrado
Santa Bárbara d'Oeste	Não	695,13	460,37	Isolado e Integrado
Santa Gertrudes	Não	52,56	77,14	Isolado e Integrado
Santa Maria da Serra	Não	11,3	14,52	Isolado
Santo Antônio de Posse	Não	56,37	69,39	Isolado
São Pedro	Não	134,41	123,34	Isolado

Município	Atendimento do SAR <sup>1</sup>	Demanda (L/s)		Sistema de abastecimento <sup>2</sup>
		Atual	2035	
Sumaré	Direto	843,44	995,86	Integrado
Toledo	Não	7,36	8,67	Isolado
Tuiuti	Não	15,24	15,43	Isolado e Integrado
Valinhos	Indireto	387,18	423,89	Integrado
Vargem	Não	9,83	11,75	Isolado e Integrado
Várzea Paulista	Direto	231,3	267,55	Integrado
Vinhedo	Direto	207,47	273,97	Integrado

<sup>1</sup> Referente aos resultados da Alternativa 03 do Esquema 01 do estudo do DAEE/COBRAPE (2017), considerado no balanço hídrico; Direto: ponto de entrega; Indireto: trecho de rio afetado. DP: Drenagem Principal

<sup>2</sup> tipo de sistema de abastecimento, se isolado em pequenos córregos ou se integrado na rede de drenagem principal (impacta ou é impactado por outros);

**Quadro 2.12 - Síntese da situação de garantia de abastecimento dos municípios que captam nas Bacias PCJ.**

Município	Potencial de vazão explotável por poço (m³/h) <sup>2</sup>	Eficácia do controle de perdas <sup>3</sup>	Déficit médio (L/s) <sup>4</sup>	Situação captação <sup>5</sup>
Águas de São Pedro	80 a 120	Baixa	N.A.	M
Americana	0 a 20	Baixa	0,00	RP
Amparo	3 a 23	Alta	0,00	MB
Analândia	7 a 120	Baixa	N.A.	FR
Artur Nogueira	0 a 12	Baixa	56,00	M
Atibaia	1 a 6	Alta	161,00	M
Bom Jesus dos Perdões	1 a 6	Baixa	30,00	FR
Bragança Paulista	1 a 23	Baixa	0,00	MB
Cabreúva	1 a 6	N.A.	N.A.	M
Camanducaia	1 a 6	Baixa	31,00	RP
Campinas	0 a 40	N.A.	0,00	MB
Campo Limpo Paulista	1 a 12	N.A.	0,00	RP
Capivari	0 a 40	Baixa	N.A.	M
Charqueada	0 a 120	N.A.	N.A.	FR
Cordeirópolis	0 a 12	N.A.	N.A.	FR
Corumbataí	1 a 120	N.A.	N.A.	FR
Cosmópolis	0 a 12	N.A.	229,00	M
Elias Fausto	0 a 20	N.A.	N.A.	FR
Extrema	1 a 6	Baixa	62,00	RP

Município	Potencial de vazão explotável por poço (m³/h) <sup>2</sup>	Eficácia do controle de perdas <sup>3</sup>	Déficit médio (L/s) <sup>4</sup>	Situação captação <sup>5</sup>
Holambra	0 a 12	N.A.	0,00	RP
Hortolândia	0 a 40	Baixa	N.A.	M
Indaiatuba	0 a 40	Baixa	N.A.	M
Ipeúna	0 a 120	Baixa	N.A.	FR
Iracemápolis	0 a 20	Baixa	N.A.	FR
Itapeva	1 a 6	Baixa	10,00	FR
Itatiba	1 a 12	Baixa	179,00	RP
Itirapina	7 a 120	Baixa	N.A.	FR
Itupeva	1 a 12	N.A.	N.A.	FR
Jaguariúna	0 a 23	Baixa	N.A.	FR
Jarinu	1 a 12	Baixa	N.A.	MB
Joanópolis	1 a 6	N.A.	14,00	FR
Jundiaí	1 a 12	N.A.	290,00	MB
Limeira	0 a 20	N.A.	0,00	MB
Louveira	1 a 12	Baixa	N.A.	FR
Mairiporã	1 a 6	Baixa	N.A.	FR
Mombuca	0 a 40	N.A.	N.A.	FR
Monte Alegre do Sul	3 a 23	N.A.	N.A.	FR
Monte Mor	0 a 20	N.A.	N.A.	M
Morungaba	1 a 23	N.A.	N.A.	FR
Nazaré Paulista	1 a 6	Baixa	12,00	M
Nova Odessa	0 a 20	Baixa	N.A.	FR
Paulínia	0 a 20	N.A.	0,00	RP
Pedra Bela	1 a 23	N.A.	N.A.	FR
Pedreira	3 a 23	Alta	0,00	RP
Pinhalzinho	1 a 23	Baixa	N.A.	FR
Piracaia	1 a 6	Baixa	30,00	RP
Piracicaba	0 a 120	Alta	0,00	MB
Rafard	0 a 40	Alta	N.A.	FR
Rio Claro	0 a 120	Baixa	0,00	RP
Rio das Pedras	0 a 40	Baixa	11,00	FR
Saltinho	40 a 80	Alta	1,00	FR
Salto	0 a 10	Baixa	N.A.	M
Santa Bárbara d'Oeste	0 a 20	Alta	148,00	M

Município	Potencial de vazão explotável por poço (m³/h) <sup>2</sup>	Eficácia do controle de perdas <sup>3</sup>	Déficit médio (L/s) <sup>4</sup>	Situação captação <sup>5</sup>
Santa Gertrudes	0 a 12	N.A.	N.A.	M
Santa Maria da Serra	7 a 120	N.A.	N.A.	FR
Santo Antônio de Posse	0 a 23	N.A.	N.A.	FR
São Pedro	7 a 120	Alta	14,00	M
Sumaré	0 a 40	Baixa	N.A.	M
Toledo	1 a 23	Baixa	N.A.	FR
Tuiuti	1 a 23	Baixa	N.A.	FR
Valinhos	1 a 12	Baixa	92,00	M
Vargem	1 a 6	Baixa	N.A.	FR
Várzea Paulista	1 a 12	Baixa	0,00	MB
Vinhedo	1 a 12	Baixa	N.A.	FR

<sup>2</sup> Adaptado de DAEE/IG/IPT/CPRM (2005). Considera o intervalo compreendido por todos os aquíferos incidentes no município.

<sup>3</sup> Alta - Controle de perdas faz com que demanda futura seja igual ou inferior a atual; Baixa: Controle de perdas não é suficiente para equilibrar o aumento da demanda no futuro; N.A. – Não se aplica, pois não há previsão de redução de perdas.

<sup>4</sup> Déficit no cenário 2020 devido à falta de água no manancial para a simulação do período de 1940 a 1970 no SSD. N.A. – Não é possível afirmar que não há falhas no abastecimento, uma vez que a captação não está na rede de drenagem do projeto e a AC não apresentou déficit.

<sup>5</sup> A situação geral das captações tem a seguinte legenda: RP - captação na rede de drenagem do projeto; FR - captação exclusivamente fora de rede drenagem do projeto; M - captação mista (na rede de drenagem e fora dela); MB - captação mista, mas bem representado pela captação na rede principal.

## ESTRATÉGIAS PARA DRENAGEM URBANA

Em relação à drenagem urbana, no Diagnóstico do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 foram indicados os municípios com maior número de ocorrências de eventos de inundações, enxurradas e alagamentos, a partir dos dados levantados no S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres da Defesa Civil. Foram levantados os eventos ocorridos entre 2003 e 2016, o nº de ocorrências por tipo de evento, nº de decretos/portarias

de situações de emergência (SE) ou de estado de calamidade pública (ECP) e o número de pessoas afetadas, por município.

Com relação às inundações, os municípios com maior ocorrência desses eventos são: Campinas, Capivari, Sumaré, Itatiba, Atibaia e Rio Claro. Nesses municípios, a ANA (2014) mapeou como trechos vulneráveis à inundação os seguintes rios: Ribeirão das Anhumas (em Campinas); Rio Capivari (em Capivari); Ribeirão do Quilombo e Ribeirão Jacuba (em Sumaré); Ribeirão Jacaré (em Itatiba); Ribeirão Itapetininga, Rio Atibaia e Rio Jundiá (em Atibaia); e Ribeirão Rio Claro (em Rio Claro).

Com relação às enxurradas, os municípios com maior número de ocorrência desses eventos são: Itapeva, Capivari, Mombuca, Sumaré e Vinhedo.

Analisando-se os alagamentos, os municípios com maior número de ocorrência são: Atibaia, Campinas, Bragança Paulista e Hortolândia. Destaca-se que alagamentos não estão associados a extravasamentos de rios, mas sim, são associados a deficiências no sistema de drenagem, que não dá conta de drenar a chuva que escoar nas ruas e calçadas, causando os alagamentos. Por isso, não é possível identificar rios associados a estes episódios, somente municípios com maiores ocorrências.

Verificou-se também no diagnóstico que apesar dos municípios Campo Limpo Paulista e Tietê não apresentarem um grande número de ocorrências, o número de pessoas afetadas quando ocorrem inundações e enxurradas é significativo, com mais de 25 mil pessoas afetadas entre 2003 e 2016. Capivari também apresenta significativo número de pessoas afetadas.

Os eventos hidrológicos tais como inundações, enxurradas e alagamentos são desencadeados, principalmente, pela forma como as cidades se desenvolveram: sem planejamento ou qualquer controle do uso e ocupação do solo. Em relação aos sistemas de drenagem das águas pluviais, na maioria das cidades brasileiras, os sistemas são caracterizados por uma infraestrutura antiga, implantada sem maiores critérios técnicos e que foi sendo ampliada em virtude do crescimento urbano desordenado, baseada na filosofia de escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante, transferindo-se o problema para outras áreas da cidade.

Com o crescimento das cidades, essa prática foi se mostrando ambiental e economicamente insustentável, dando lugar a uma abordagem alternativa, chamada sustentável ou compensatória. Essa nova abordagem tem como princípio a imitação do balanço hidrológico natural a partir da redução do escoamento superficial adicional gerado pelas alterações da superfície do solo decorrentes do desenvolvimento urbano. As técnicas utilizadas baseiam-se, essencialmente, na retenção e na infiltração das águas pluviais, visando o rearranjo temporal das vazões e, eventualmente, a diminuição dos volumes escoados.

Adicionalmente, o emprego dessas técnicas possibilita ganhos na qualidade das águas pluviais ao reter boa parte do sedimento superficial onde estão presentes boa parte dos contaminantes.

O resultado é que a área alterada passa a ter um comportamento aproximadamente análogo às condições hidrológicas de pré-desenvolvimento, significando menor escoamento superficial, menores

níveis de erosão e de poluição das águas e, conseqüentemente, menores investimentos públicos na ampliação da infraestrutura de drenagem urbana (Amaral, 2014).

Embora não exista no Brasil uma base regulamentar específica e direcionada ao emprego de técnicas compensatórias para o manejo das águas pluviais, a legislação brasileira, nos níveis federal, estadual e municipal, dispõe de instrumentos legais que podem conduzir ao seu uso, com fins de controle de escoamentos, redução da poluição difusa e de seu impacto sobre os meios receptores (ABES, 2009).

No contexto urbano, o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257, de 10 de agosto de 2001), contém instrumentos de política urbana que podem ser empregados como meio de controle dos impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico e os recursos hídricos. São exemplos: os instrumentos de planejamento; os institutos tributários e financeiros; e os institutos jurídicos e políticos.

Dentre os instrumentos de planejamento previstos no Estatuto da Cidade para a esfera municipal e que podem repercutir de forma mais efetiva sobre o emprego de técnicas compensatórias de drenagem pluvial, pode-se citar: o plano diretor; a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo; o zoneamento ambiental; e os planos, os programas e os projetos setoriais.

Dentre os planos, programas e projetos setoriais está o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU). O PDDU é um documento normativo que estabelece mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionada com

o escoamento da água pluvial na área urbana em função da ocupação e da evolução da infraestrutura de drenagem, com vistas a minimizar ou mesmo eliminar prejuízos econômicos e ambientais. Desta forma, o item a seguir apresenta informações que visam nortear a tomada de decisão quanto a estratégia a ser adotada nas Bacias PCJ.

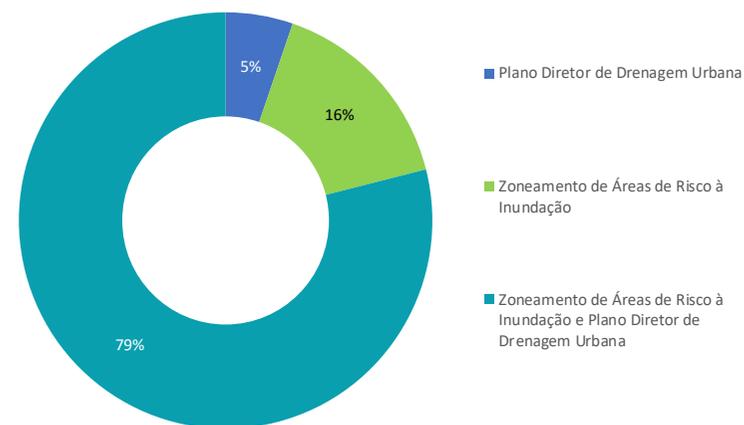
### **Estratégias para gestão de inundações nas Bacias PCJ**

Os estudos desenvolvidos possibilitaram o estabelecimento de estratégias para a gestão das inundações nas Bacias PCJ. A gestão das inundações passa por uma estratégia para os municípios, com apoio da Agência das Bacias PCJ e da Gestão do Estado de São Paulo, baseada no seguinte:

- Desenvolvimento dos Planos Diretores de Drenagem Urbana para as cidades prioritárias apresentadas no Capítulo 5 “Priorização para prevenção de inundações e Drenagem Urbana”:
  - Banco de projetos de melhorias em manejo de águas pluviais para financiamento nas Bacias PCJ e financiadoras nacionais (Ministério de Desenvolvimento Regional) e internacionais;
  - Incorporação da regulação sobre o escoamento superficial de novos empreendimentos nos procedimentos de licenciamento de obras dos municípios. Esta regulação tem que ser aprovada pela Prefeitura de cada cidade (decreto, resolução ou Lei) e implementada pelo prestador de serviço da cidade. Este procedimento tem pequeno custo, mas depende da capacitação dos futuros funcionários de cada cidade para aplicar a regulação e fiscalizar as obras. Permitindo o controle do impacto da expansão da cidade sobre a drenagem;

- Estruturação do setor de drenagem urbana nos municípios, com o fortalecimento institucional e financiamento do sistema, por meio da taxa de drenagem;
- Zoneamento de áreas para as cidades apresentadas no Capítulo 5 “Priorização para prevenção de inundações e Drenagem Urbana”:
  - Incorporação do zoneamento aos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano e no processo de licenciamento de empreendimentos de desenvolvimento urbano;
  - Implementação, com realocação quando necessário, e fiscalização do zoneamento.

A Figura 2.9 apresenta o percentual das medidas para os municípios das Bacias PCJ. As indicações foram baseadas nas informações sobre o tipo de problema hidrológico enfrentado com maior recorrência por cada uma das localidades, no período de 2003 a 2016, a partir do diagnóstico.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Figura 2.9 - – Medidas propostas aos municípios das Bacias PCJ, baseadas no tipo de ocorrência

Recomenda-se o desenvolvimento de ações de prevenção de inundações ribeirinhas para os municípios que apresentaram ocorrências de enxurrada ou inundação, assim como outros municípios que eventualmente venham a ser indicados por novos estudos desenvolvidos nas Bacias PCJ. Apesar da classificação de eventos de inundação ser por município, recomenda-se que os estudos sejam realizados por bacia hidrográfica, cuja priorização e escopo dos estudos deverão ser discutidos e detalhados no âmbito das Câmaras Técnicas dos Comitês PCJ. Ressalta-se ainda que, além do trabalho técnico, tais ações requerem um esforço político de discussão com a sociedade, articulação entre municípios e incorporação aos Planos Diretores de Desenvolvimento Municipal. Iniciativas dessa natureza, com a definição de diretrizes gerais de caráter regional, já estão em desenvolvimento nas sub-bacias dos rios Capivari e Jundiáí.

As cidades que enfrentam problemas de alagamento ou enxurrada devido à urbanização devem elaborar seus Planos Diretores de Drenagem Urbana, contemplando as medidas estruturais e não estruturais de drenagem e manejo de águas pluviais. Tal documento daria origem a um banco de projetos com a solução de problemas localizados de alagamento, a regulação sobre o escoamento superficial de novos empreendimentos e traria os subsídios para estruturação do setor em cada cidade, com a proposta de arranjo institucional e forma de recuperação de custos dos serviços de drenagem.

### 3 PRIORIDADES LOCACIONAIS PARA O TEMA GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO E DRENAGEM

AS ações propostas para a temática de Garantia de Suprimento Hídrico, Prevenção de Inundações e Drenagem Urbana podem ser divididas conforme a abrangência territorial em: Bacias PCJ; Sub-bacia; Trecho de rio; Área de Contribuição e Município. As ações que têm abrangência das Bacias PCJ são priorizadas segundo um único critério, que diz respeito à percepção dos Comitês e da Agência das Bacias PCJ, com base nos estudos realizados, sobre a expectativa de aumento na garantia de suprimento hídrico.

As demais ações, além do aspecto mencionado acima, devem atender a um critério que permita diferenciar a prioridade de uma área (seja, município ou unidade hidrológica) com relação a outra, permitindo direcionar os recursos de cada período de planejamento financeiro com uma lógica de maximizar a relação benefício-custo. A definição da hierarquia das ações propostas permite ainda ao gestor direcionar recursos para a ação seguinte em caso de não execução de todo o orçamento do período, sem a necessidade de nova análise de seleção.

#### **PRIORIZAÇÃO DE ESTUDOS DE MANANCIAIS ALTERNATIVOS**

Cada concessionária de abastecimento de água tem seus critérios de investimento em ações de garantia de suprimento hídrico, em acordo com a realidade local, determinada pela infraestrutura de captação, tratamento, armazenamento e distribuição e pela disponibilidade garantida pelos

mananciais. Este último fator impulsiona novos investimentos apenas no rescaldo de um evento de estiagem extrema. No entanto, nesta ocasião, em geral os municípios não estão preparados, com projetos maduros de aumento de disponibilidade hídrica que possam ser desenvolvidos no curto prazo. Assim, em uma ação de planejamento, no sentido de dotar os municípios de projetos de engenharia que os permitam captar os recursos necessários e dar resposta rápida após eventos de grave estiagem, criou-se um critério de priorização de estudos de mananciais alternativos. Ressalta-se que os mananciais alternativos dizem respeito a situação atual dos municípios. Caso sejam concretizadas as obras de grande porte previstas nas Bacias PCJ para regularização, reversão e transposição, como as barragens do ribeirão Pirai, de Pedreira, de Duas Pontes ou o SAR, não haveria, de forma geral, necessidade de prospecção de mananciais alternativos.

O critério de priorização buscou combinar dois fatores: aumento de demanda para abastecimento público e situação da captação, que representa indiretamente o porte dos mananciais atualmente utilizados. Considerou-se a estimativa de aumento de demanda entre o período de 2020 e 2035, promovido exclusivamente pelo crescimento populacional projetado (mantendo os indicadores de perdas e atendimento constantes), referenciados, em escala de porcentagem, com base na razão com o valor máximo observado. Atribuíram-se notas diretamente proporcionais à magnitude dos valores, conforme intervalos apresentados no Quadro 3.1.

Buscando representar de maneira indireta o porte dos mananciais atualmente empregados no abastecimento, também se estabeleceram notas com base na situação da captação. Municípios que captam água fora da rede de drenagem principal – de maneira geral em corpos d’água de menor porte – receberam notas maiores e foram priorizados pelo critério.

Quadro 3.1 - Critérios para priorização de estudos de mananciais alternativos.

Aumento da demanda entre 2020 e 2035 (% em relação ao maior valor observado)	Nota
0 a 5	1
5 a 25	2
25 a 50	3
50 a 100	4
Situação da captação	Nota
RP - rede principal	1
MB - captação mista, mas bem representado pela captação na rede principal	2
M - captação mista (na rede de drenagem e fora dela)	3
FR - captação exclusivamente fora de rede drenagem do projeto	4

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Os maiores valores obtidos com base no produto das duas notas, representa, em resumo, um aumento significativo de demanda para abastecimento público em um município atualmente suprido, total ou em parte, por mananciais de pequeno porte. Desta forma, recomenda-se que estes municípios desenvolvam estudos para aproveitamento de mananciais alternativos. Ressalta-se que o critério considera a situação atual da bacia, nesse sentido, entende-se que as obras de aumento de disponibilidade previstas, na condição de beneficiarem um determinado município, já configurariam uma solução de suprimento hídrico. O Quadro 3.2 apresenta os resultados obtidos.

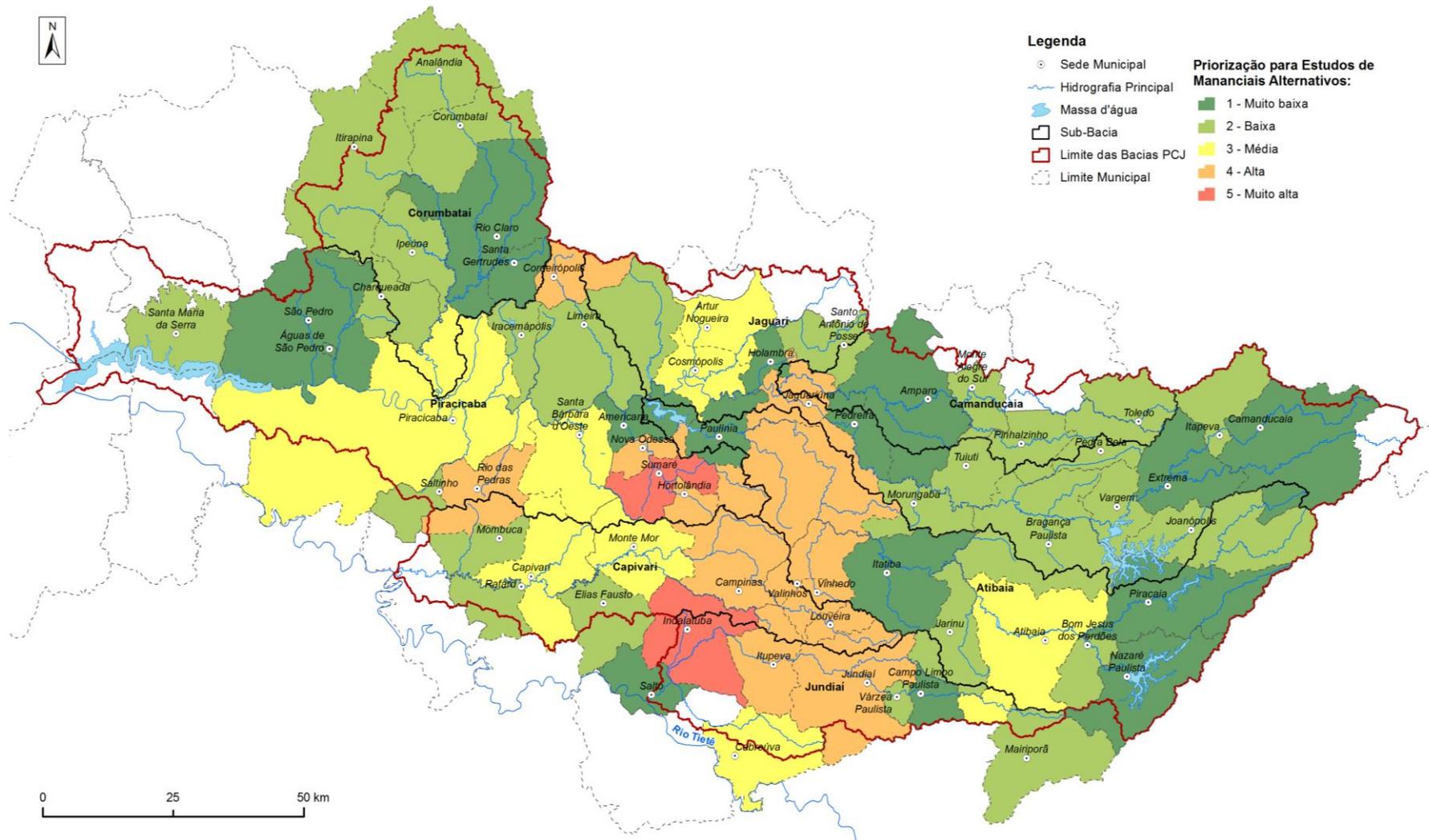
Quadro 3.2 - Resultado da priorização para estudos de mananciais alternativos.

Município	Nota final	Município	Nota final	Município	Nota final
Indaiatuba <sup>1</sup>	12	Santa Maria da Serra	4	Joanópolis	4
Sumaré	12	Santo Antônio de Posse	4	Limeira	4
Hortolândia	9	Toledo	4	Mairiporã	4
Valinhos	9	Tuiuti	4	Mombuca	4
Campinas	8	Vargem	4	Monte Alegre do Sul	4
Cordeirópolis	8	Várzea Paulista	4	Morungaba	4
Itupeva	8	Águas de São Pedro	3	Pedra Bela	4
Jaguariúna	8	Americana	3	Pinhalzinho	4
Jundiá	8	Nazaré Paulista	3	Salto	3
Louveira	8	Paulínia	3	Santa Gertrudes	3
Nova Odessa	8	Santa Bárbara d'Oeste	6	São Pedro	3
Rio das Pedras	8	Analândia	4	Amparo	2
Vinhedo	8	Bom Jesus dos Perdões	4	Campo Limpo Paulista	2
Artur Nogueira	6	Bragança Paulista	4	Extrema	2
Atibaia	6	Charqueada	4	Itatiba	2
Cabreúva	6	Corumbataí	4	Pedreira	2
Capivari	6	Elias Fausto	4	Rio Claro	2
Cosmópolis	6	Ipeúna	4	Camanducaia	1
Monte Mor	6	Iracemópolis	4	Holambra	1
Piracicaba	6	Itapeva	4	Piracaia	1
Rafard	4	Itirapina	4		
Saltinho	4	Jarinu	4		

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

<sup>1</sup> Indaiatuba pode ser retirada das prioridades caso se entenda que a barragem do Ribeirão Pirai já é uma realidade e garantirá o suprimento do município no horizonte do Plano. Além disso, o município ampliou e modernizou a ETE Mário Araldo Candello, que possui uma Estação de Produção de Água de Reuso (EPAR) que possibilita a produção de água de reuso para fins não nobres para indústrias (SAAE INDAIATUBA, 2020).

A Figura 3.1 apresenta os resultados da priorização para a temática de estudos de mananciais alternativos por município.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Figura 3.1 – Resultados da priorização para a temática de estudos de mananciais alternativos por município.

## PRIORIZAÇÃO DE ESTUDOS DE REÚSO DE ÁGUA

A análise das ACs favoráveis à implementação do reúso de água de retorno de sistemas de esgotamento sanitário para abastecimento industrial, foi realizada com base em um indicador de favorabilidade de reúso (IFR). Este indicador foi obtido através da média aritmética de dois fatores considerados “impulsionadores” do reúso: a demanda industrial e o retorno do abastecimento. Foram definidas faixas de valores para cada fator, variando de 0 a 1, com o objetivo de classificar o IFR em faixas de 0 e 1. As áreas de contribuição com maior potencial para desenvolver projetos de reúso, classificados como altamente favoráveis, estão listados no Quadro 3.4. As informações quanto à favorabilidade para reúso em todas as ACs podem ser observadas no Anexo XXII do Relatório Final

Quadro 3.3 – Classificação do IFR.

Índice de Favorabilidade de Reúso	Favorabilidade
IFR > 0,7	Altamente favorável
0,3 < IFR ≤ 0,7	Favorável
IFR ≤ 0,3	Pouco favorável

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

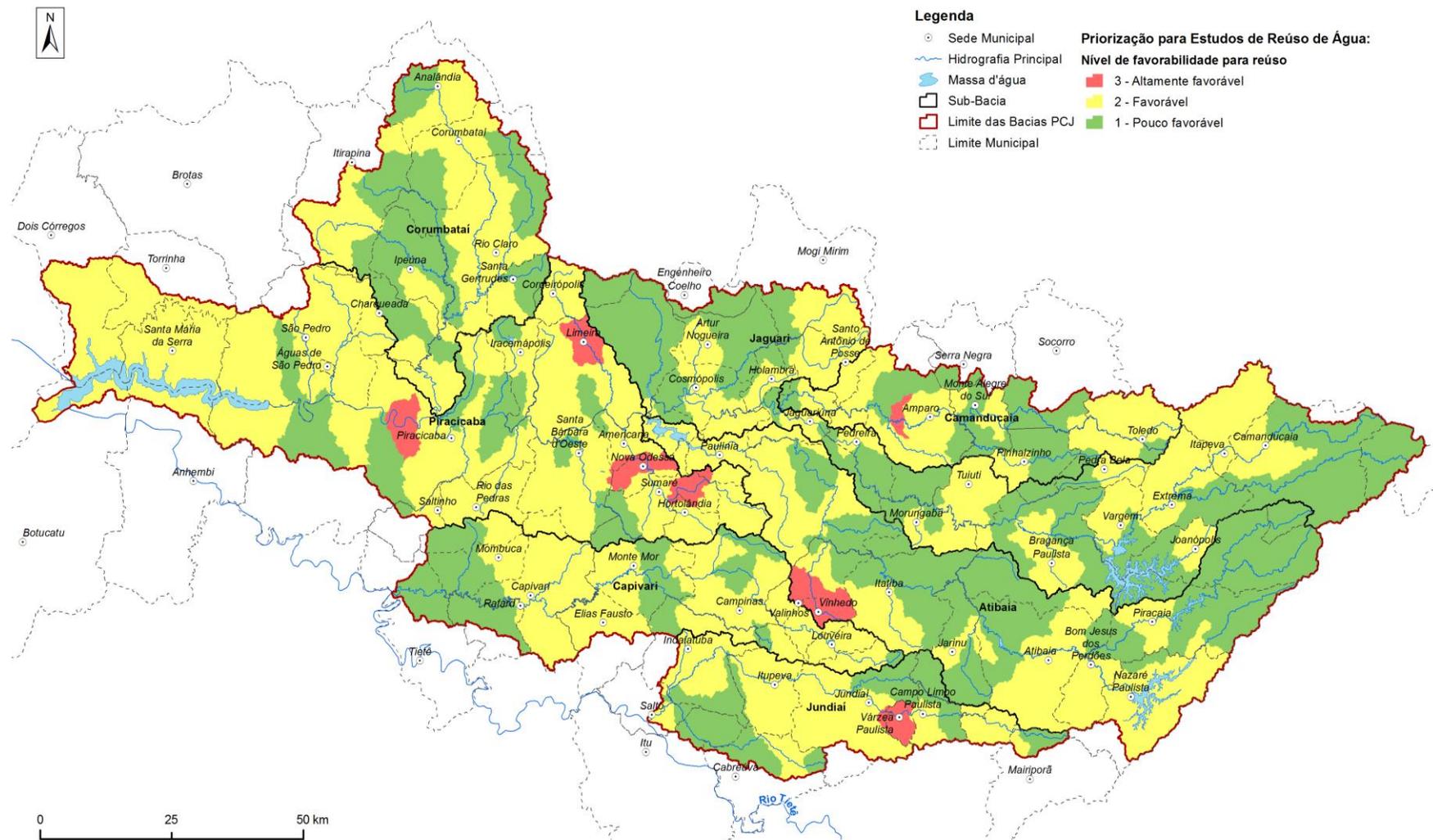
Quadro 3.4 - Áreas de contribuição altamente favoráveis à implementação de reúso.

AC	Retorno abastecimento 2035 (L/s)	Demanda industrial 2035 (L/s)	Municípios inseridos na AC
ATIB138	205,07	129,84	Valinhos e Vinhedo
CMDC113	91,89	127,75	Amparo
JUNA157	335,70	129,26	Jundiaí e Várzea Paulista
PCBA036	455,76	140,60	Cordeirópolis e Limeira

AC	Retorno abastecimento 2035 (L/s)	Demanda industrial 2035 (L/s)	Municípios inseridos na AC
PCBA122	116,65	105,51	Americana, Nova Odessa, Santa Bárbara d'Oeste, Sumaré
PCBA190	323,52	107,58	Piracicaba
PCBA204	387,40	106,90	Hortolândia, Nova Odessa, Paulínia, Sumaré

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Caso necessite de um critério de escolha entre as ACs relacionadas, sugere-se que seja perseguido o objetivo principal de um projeto de tratamento de esgoto, que é a entrega de um efluente de melhor qualidade, seja para reúso direto ou indireto. É importante frisar que o critério estabelecido presume reúso circunscrito na mesma área de contribuição, podendo ser admitidas outras análises complementares, que possam admitir critérios como reversões entre ACs. Os dados quanto às demandas da indústria e o retorno do abastecimento, estimados pelo Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035, que foram utilizadas para subsidiar as análises podem ser observados no Anexo XI. A Figura 3.2 apresenta os resultados da priorização para a temática de estudos de reúso de água, para todas ACs.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Figura 3.2 – Resultados da priorização para a temática de estudos de reúso de água por AC.

### PRIORIZAÇÃO PARA CONTROLE E PERDAS DE ÁGUA NO ABASTECIMENTO

As perdas no sistema de distribuição de água consistem em um dos principais fatores concorrentes para crises no abastecimento público. Nessas condições, a solução comumente empregada é a de execução de obras para o aumento da oferta hídrica, que, geralmente, necessitam de alto investimento e promovem impactos ambientais consideráveis. Da mesma forma, a permanência de elevados índices de perdas nesses sistemas implica em prejuízos consideráveis para as empresas de abastecimento. Esses fatores elevam o custo da produção de água, gerando sistemas insustentáveis do ponto de vista econômico, onerando também os consumidores finais.

Os benefícios esperados com a redução do índice de perdas repercutem principalmente nos âmbitos econômico e ambiental. Para as empresas de abastecimento há um aumento de receita, uma vez que custos de produção de água e energia empregada no bombeamento são minimizados, além de propiciar um melhor controle operacional sobre o sistema. Já no ambiente, a redução da retirada de água reduz o impacto causado no manancial de abastecimento e torna este volume, antes captado, disponível a jusante.

No contexto das Bacias PCJ, a implementação de programas de redução de perdas ganha importância ainda mais expressiva. As simulações desenvolvidas no âmbito do GSH apontam para falhas nos sistemas de abastecimentos de alguns municípios e os cenários de balanço hídrico evidenciam trechos críticos em alguns rios. Nesse sentido, programas de

redução de perdas contribuirão para a diminuição do volume de água captado para o abastecimento público, melhorando o saldo hídrico em diversas áreas de contribuição (ACs).

A priorização de municípios para a realização de ações voltadas à redução dos índices de perdas fundamentou-se em análises desenvolvidas no processo de elaboração do Caderno Temático de Garantia do Suprimento Hídrico, considerando, inicialmente, os seguintes aspectos:

- Incremento da demanda gerado pelo crescimento populacional do município;
- Vazão mínima na AC em que ocorre a captação ( $Q_{95}$ ); e,
- Criticidade da AC em que o município se abastece.

Tomando por base as estimativas populacionais de 2020 e 2035, avaliou-se o aumento de vazão demandada pelos municípios em cada AC que os abastece. Estes valores foram adimensionalizados em relação ao maior valor observado. Procedeu-se de maneira análoga com os valores de  $Q_{95}$  de cada AC, gerando um quociente que representa o valor de  $Q_{95}$  da respectiva AC em relação à maior  $Q_{95}$  observada.

A razão entre estes dois quocientes ( $\Delta\text{demanda}/Q_{95}$ ), representa, por fim, o impacto do incremento de vazão em relação à  $Q_{95}$  da AC, e serve como indicador de prioridade de investimento em ações de controle de perdas. O indicador avalia não apenas o potencial de aumento na demanda, mas também a magnitude desse incremento com relação ao porte do curso de água em que ocorre a captação, dada pela  $Q_{95}$ . Este indicador é diretamente

proporcional à prioridade do município quanto à realização de ações de controle de perdas. Assim, quanto maior o aumento na demanda e menor o porte da bacia de contribuição (e da vazão disponível), maior a prioridade. As informações utilizadas para subsidiar esta análise são apresentadas no Anexo XXIV do Relatório Final.

As áreas de contribuição onde são realizadas as captações de cada município foram ordenadas de acordo com o indicador de prioridade calculado, sendo agrupados considerando os percentis de 5, 10, 20, 50 e 100%, aos quais correspondem as cinco classes de priorização definidas, com valores variando de 5 (maior prioridade - os 5% com maiores valores) a 1 (menor prioridade - os 50% com menores valores). De modo a incluir a criticidade da área de contribuição nesta análise, dentro de cada classe de priorização, as captações foram reordenadas com base na criticidade do cenário de 2035-c recebendo maior grau de prioridade as ACs em situação de muito alta criticidade. O ordenamento pode ser consultado no Anexo XXIV do Relatório Final

Conforme mencionado, o indicador foi calculado para cada AC onde são realizadas as captações. Por esta razão, alguns municípios que possuem captações em mais de uma AC, apresentam diferentes indicadores (e, conseqüentemente, classes de prioridade). Desta forma, a fim de se apresentar uma hierarquização entre os municípios, foi selecionada a maior prioridade observada nas ACs em que estes realizam suas captações. O Quadro 3.5 apresenta os resultados da priorização conforme os critérios mencionados. Dentro da mesma classe de prioridade, sugere-se, para fins de seleção de projetos, serviços e obras para controle de perdas, a

observação do resultado da criticidade da AC no Cenário 2035-c (Anexo XXIV) priorizando os municípios com as ACs mais críticas. O resultado deste ordenamento é indicado na última coluna do Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Municípios prioritários para investimentos em programas de redução de perdas.

Município	Área de Contribuição	Classe de priorização do município	Ordem em cada classe
Sumaré	PCBA154	5	1
Louveira	CPIV169		2
Cordeirópolis	PCBA037		3
Jundiá	JUNA168		4
Indaiatuba	CPIV174		5
Valinhos	ATIB198		6
Vinhedo	CPIV196	4	1
Jarinu	ATIB089		2
Charqueada	PCBA005		3
Rio das Pedras	PCBA032		4
Santa Bárbara D'Oeste	PCBA039		5
Iracemápolis	PCBA034	3	1
Campinas	CPIV192		2
São Pedro	PCBA003		3
Cabreúva	JUNA225		4
Holambra	JAGR130		5
Santa Gertrudes	CRUM141		6
Mairiporã	JUNA207		7
Artur Nogueira	JAGR125		8
Nova Odessa	PCBA122		9
Saltinho	PCBA025	2	1
Bragança Paulista	JAGR079		2
Jaguariúna	JAGR071		3
Cosmópolis	JAGR126		4
Campo Limpo Paulista	JUNA156		5
Várzea Paulista	JUNA156		6
Capivari	CPIV180		7
Rio Claro	CRUM019		8
Extrema	JAGR105		9
Morungaba	JAGR116		10
Salto	JUNA161		11
Toledo	CMDC063		12

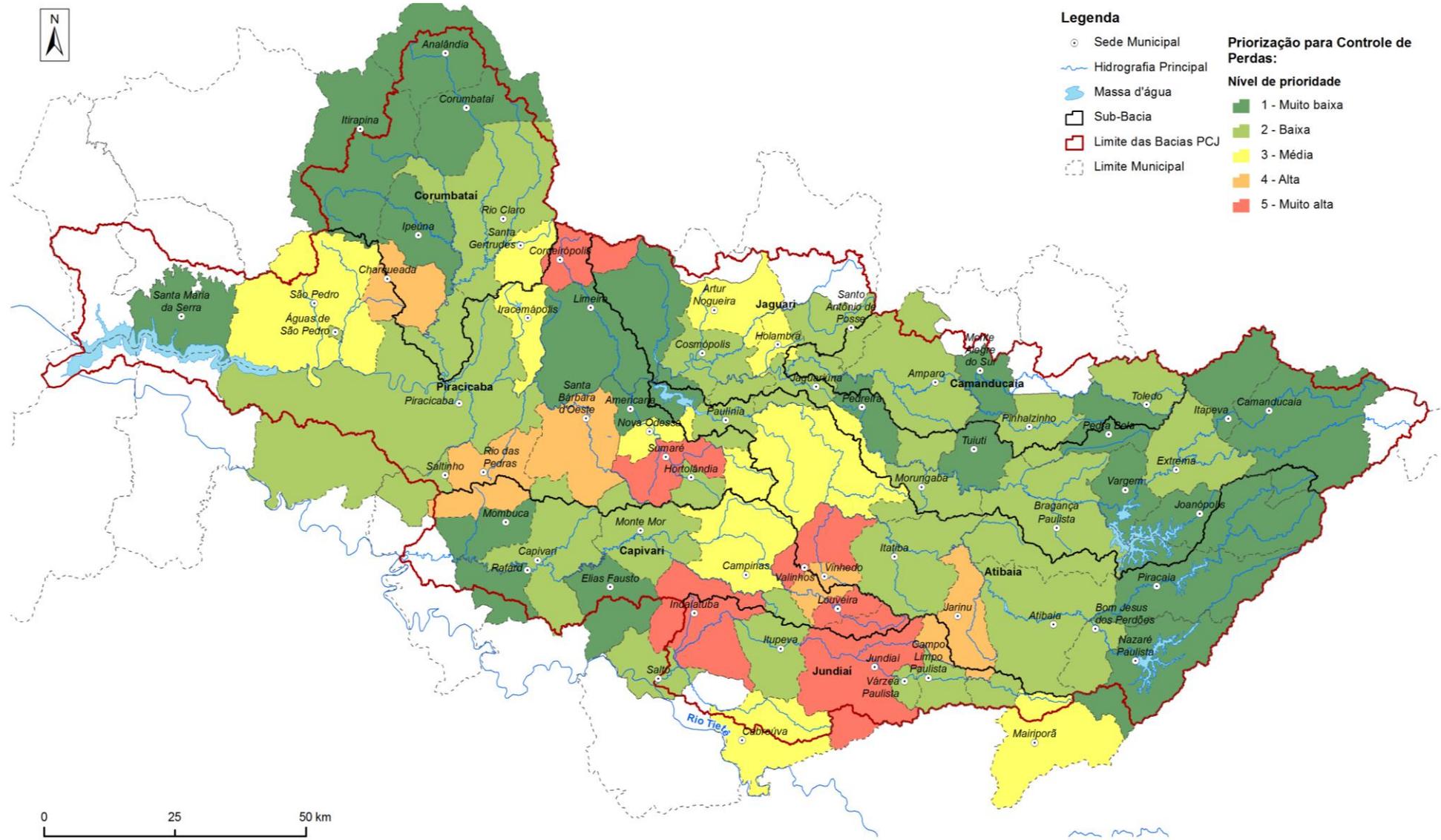
Município	Área de Contribuição	Classe de priorização do município	Ordem em cada classe
Águas de São Pedro	PCBA007	1	13
Piracicaba	CRUM027		14
Hortolândia	JAGR131		15
Pinhalzinho	CMDC140		16
Itupeva	JUNA167		17
Paulínia	JAGR131		18
Monte Mor	CPIV175		19
Itatiba	ATIB084		20
Santo Antônio de Posse	JAGR124		21
Atibaia	ATIB095		22
Amparo	CMDC112		23
Bom Jesus dos Perdões	ATIB097		24
Pedreira	JAGR070		1
Vargem	JAGR081		2
Tuiuti	JAGR115		3
Americana	PCBA043		4
Camanducaia	JAGR106		5
Limeira	JAGR048		6
Ipeúna	CRUM010		7
Itapeva	JAGR108		8
Joanópolis	ATIB102		9
Itirapina	CRUM147		10
Analândia	CRUM014		11
Monte Alegre do Sul	CMDC065		12
Piracaia	ATIB093	13	
Pedra Bela	JAGR076	14	
Rafard	CPIV181	15	
Corumbataí	CRUM015	16	
Mombuca	CPIV182	17	
Santa Maria da Serra	PCBA001	18	
Elias Fausto	CPIV178	19	
Nazaré Paulista	ATIB099	20	

\*AC onde ocorre a captação com o maior indicador de prioridade.

Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Cabe destacar que esta análise não dispensa estudos específicos para os municípios indicados. Há casos em que a captação ocorre em uma determinada AC e o sistema de distribuição destina-se ao atendimento de uma AC distinta. Nesse sentido, os efeitos da redução do índice de perdas

seriam verificados na AC em que ocorreu a captação, uma vez que a redução da demanda ocorreria nesta. Dessa forma, a análise em escala local indicará o sistema que deverá ser beneficiado com os investimentos. A priorização dos municípios pode ser visualizada na Figura 3.3.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Figura 3.3 – Resultados da priorização para a temática de controle de perdas no abastecimento

## PRIORIZAÇÃO PARA PREVENÇÃO DE INUNDAÇÕES E DRENAGEM URBANA

A análise do conjunto de dados da Defesa Civil, do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID, 2017), no período de 2003 a 2016, evidenciou os municípios com maior número de ocorrências de alagamentos, enxurradas e inundações nas Bacias PCJ, conforme apresentado no Diagnóstico do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035. É importante destacar que enxurradas e inundações ribeirinhas são processos naturais, sendo a primeira típica de bacias hidrográficas de pequeno porte e com altas declividades e a segunda, de planícies, com baixas velocidades do fluxo. O alagamento está ligado ao processo de urbanização e ocorre pela deficiência do sistema de drenagem urbana durante forte precipitação. O Quadro 3.6 apresenta o resumo do número e tipo de ocorrência predominante registrada pelos municípios das Bacias PCJ na Defesa Civil e as medidas propostas aos municípios.

Quadro 3.6. Resumo do número e tipo de ocorrência predominante registrada pelos municípios das Bacias PCJ na Defesa Civil (S2ID, 2017) e as medidas propostas aos municípios.

Município	Ocorrências (2003-2016)*	Tipo de ocorrência predominante	Medida proposta*
Campinas	21	Inundação e alagamento	1 e 2
Atibaia	15	Alagamento e inundação	1 e 2
Capivari	15	Inundação e enxurrada	1 e 2
Sumaré	11	Inundação e enxurrada	1 e 2
Bragança Paulista	10	Alagamento e enxurrada	1 e 2
Rio Claro	10	Inundação e alagamento	1 e 2
Itapeva	9	Enxurrada e inundação	1 e 2

Quadro 3.6. Resumo do número e tipo de ocorrência predominante registrada pelos municípios das Bacias PCJ na Defesa Civil (S2ID, 2017) e as medidas propostas aos municípios.

Município	Ocorrências (2003-2016)*	Tipo de ocorrência predominante	Medida proposta*
Piracicaba	9	Inundação e alagamento	1 e 2
Camanducaia	8	Inundação e alagamento	1 e 2
Santa Bárbara D'Oeste	8	Enxurrada e alagamento	1 e 2
Americana	7	Inundação, enxurrada e alagamento	1 e 2
Hortolândia	7	Alagamento e inundação	1 e 2
Indaiatuba	7	Inundação e alagamento	1 e 2
Itupeva	7	Enxurrada, inundação e alagamento	1 e 2
Amparo	6	Alagamento	2
Itatiba	6	Inundação	1
Vinhedo	6	Enxurrada	1 e 2
Jundiá	5	Inundação e enxurrada	1 e 2
Limeira	5	Inundação e enxurrada	1 e 2
Mombuca	5	Enxurrada	1 e 2
Várzea Paulista	5	Inundação e enxurrada	1 e 2
Cabreúva	4	Inundação e alagamento	1 e 2
Piracaia	4	Enxurrada e inundação	1 e 2
Serra Negra	4	Enxurrada, inundação e alagamento	1 e 2
Bom Jesus dos Perdões	3	Inundação e enxurrada	1 e 2
Botucatu	3	Inundação	1
Campo Limpo Paulista	3	Enxurrada e inundação	1 e 2
Mairiporã	3	Inundação e enxurrada	1 e 2
Moji Mirim	3	Enxurrada e inundação	1 e 2
Monte Mor	3	Enxurrada e inundação	1 e 2
Nazaré Paulista	3	Inundação	1
Paulínia	3	Inundação, enxurrada e alagamento	1 e 2
Tietê	3	Inundação e enxurrada	1 e 2
Jaguariúna	2	Enxurrada e alagamento	1 e 2
Joanópolis	2	Inundação	1

Quadro 3.6. Resumo do número e tipo de ocorrência predominante registrada pelos municípios das Bacias PCJ na Defesa Civil (S2ID, 2017) e as medidas propostas aos municípios.

Município	Ocorrências (2003-2016)*	Tipo de ocorrência predominante	Medida proposta*
Pedreira	2	Enxurrada e alagamento	1 e 2
Rafard	2	Inundação e enxurrada	1 e 2
Santa Maria da Serra	2	Enxurrada	1 e 2
Socorro	2	Enxurrada	1 e 2
Valinhos	2	Inundação e enxurrada	1 e 2
Águas de São Pedro	1	Enxurrada	1 e 2
Analândia	1	Enxurrada	1 e 2
Anhembi	1	Enxurrada	1 e 2
Cosmópolis	1	Inundação	1
Dois Córregos	1	Enxurrada	1 e 2
Extrema	1	Enxurrada	1 e 2
Holambra	1	Alagamento	2
Iracemápolis*	1	Inundação e alagamento	1 e 2
Itirapina	1	Enxurrada	1 e 2
Itu	1	Inundação	1
Louveira	1	Inundação	1
Monte Alegre do Sul	1	Alagamento	2
Rio das Pedras	1	Enxurrada	1 e 2
São Pedro	1	Enxurrada	1 e 2
Sapucaí-Mirim	1	Enxurrada	1 e 2
Torrinha	1	Enxurrada	1 e 2
Tuiuti*	1	Inundação e alagamento	1 e 2

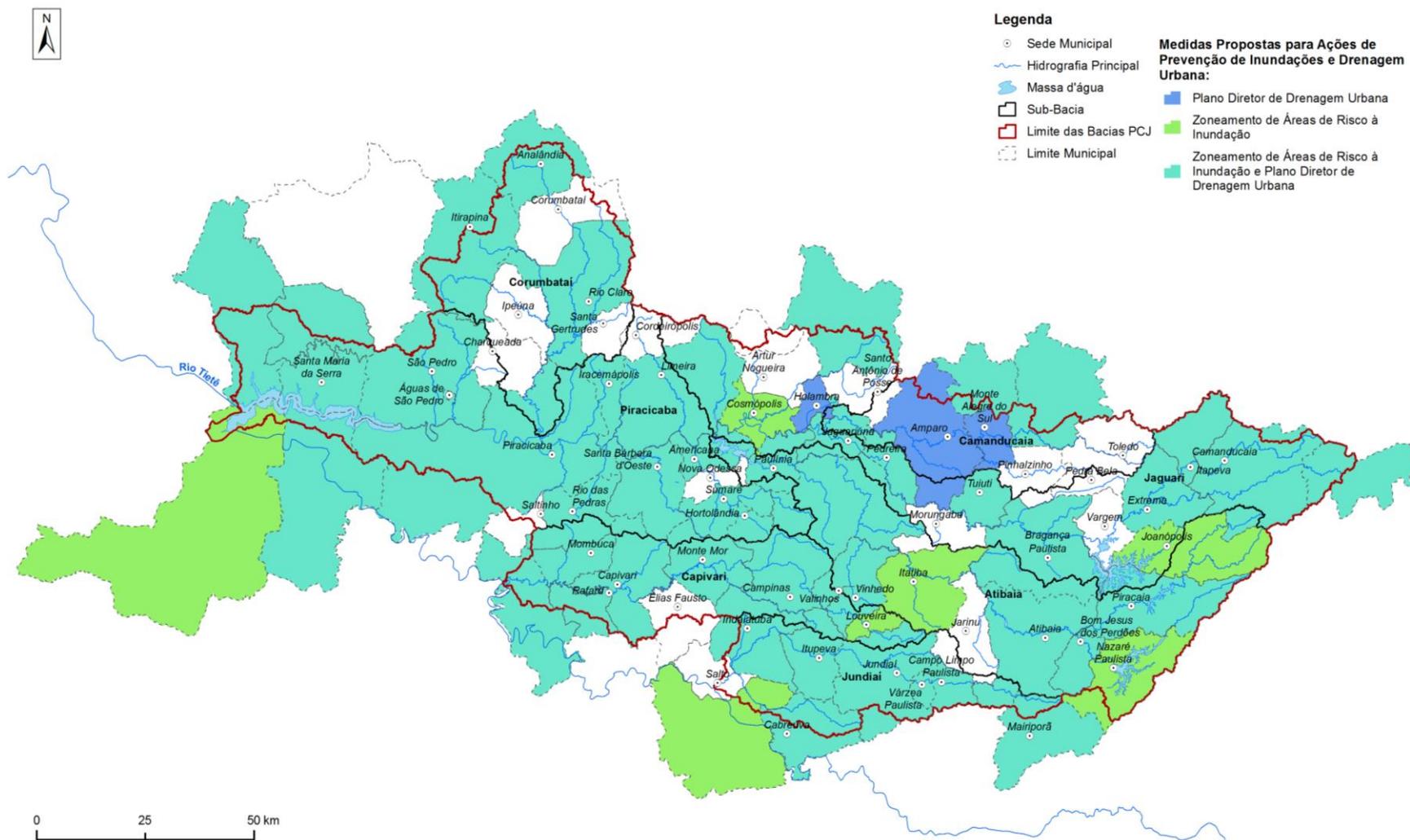
Fonte: S2ID (2017)

(\*) Municípios de Tuiuti e Iracemápolis: Dados para "Tipo de ocorrência predominantes" foram comparados aos dados disponíveis em DataGeo (2018), analisados na Etapa 2, e que em função de haver divergência entre as fontes do S2ID (inundações) e DataGeo (2018) (alagamentos), as medidas propostas são 1 e 2;

(\*\*) Medida Proposta: 1: Zoneamento de Áreas de Risco à Inundação; Medida 2: Plano Diretor de Drenagem Urbana;

Apesar da classificação de eventos de inundação ser por município, recomenda-se que os estudos sejam realizados por bacia hidrográfica, cuja priorização e escopo dos estudos deverão ser discutidos e detalhados no âmbito das Câmaras Técnicas dos Comitês PCJ. Ressalta-se ainda que, além do trabalho técnico, tais ações requerem um esforço político de discussão com a sociedade, articulação entre municípios e incorporação aos Planos Diretores de Desenvolvimento Municipal. Iniciativas dessa natureza, com a definição de diretrizes gerais de caráter regional, já estão em desenvolvimento nas sub-bacias dos rios Capivari e Jundiá.

A Figura 3.4 apresenta as propostas associadas às ações de prevenção de inundações e drenagem urbana dos municípios.



Fonte: Elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama.

Figura 3.4 – Medidas propostas associadas às ações de prevenção de inundações e drenagem urbana para os municípios das Bacias PCJ

#### 4 ESTRUTURA DO PLANO DE AÇÕES E FONTES DE FINANCIAMENTO

Este item apresenta a estrutura do Plano de Ações, comum a todos os cadernos Temáticos, bem como o detalhamento das fontes de recursos disponíveis, provenientes das Cobranças Federal, FEHIDRO (composto por recursos da Cobrança Paulista e da compensação financeira e royalties recebidos pelo Estado em decorrência dos aproveitamentos hidroenergéticos) e da Cobrança Mineira.

##### ARTICULAÇÃO DAS AÇÕES E FONTES DE RECURSOS

O Plano de Ações é totalmente articulado com os Programas de Duração Continuada (PDCs) estabelecidos pela Deliberação nº 190/16 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, com o Programa de Aplicação Plurianual das Bacias PCJ – PAP PCJ e com o Plano Nacional de

O Plano de Ação dos Cadernos Temáticos se propõe a ser um plano definido a partir do estudo de **temas específicos** para os temas de Garantia de suprimento hídrico, Enquadramento dos corpos d'água superficiais, Águas subterrâneas, Conservação e uso da água no meio rural e recuperação florestal e Educação ambiental para as Bacias PCJ, no horizonte de tempo de planejamento do Plano, compreendido entre **2020 e 2035** e seus devidos requisitos orçamentários.

Recursos Hídricos (PNRH) (Figura 4.1).As articulações podem ser consultadas no Capítulo 23.5 do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035.

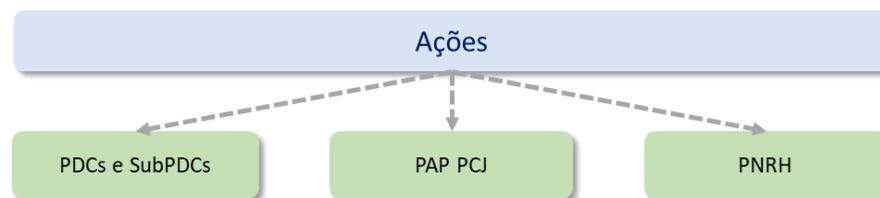


Figura 4.1 – Articulação das ações

As figuras a seguir (Figura 6.2 a Figura 6.4) ilustram o montante dos recursos provenientes das Cobranças Paulista, Federal e Mineira. O total arrecadado desde o início da cobrança pelo uso da água, até 2018, soma R\$ 403.769.657,11.

Deste montante, a Cobrança Federal soma R\$212.212.823,69, a Cobrança Estadual e compensação financeira, R\$ 190.612.330,99 e a Cobrança Mineira R\$ 944.502,43. Dentre as fontes de financiamento para as ações, a cobrança mineira é a menos expressiva, devido ao fato da porção da bacia localizada

As figuras a seguir (Figura 4.2 a Figura 4.4) ilustram o montante dos recursos provenientes das Cobranças Paulista, Federal e Mineira. O total arrecadado desde o início da cobrança pelo uso da água, até 2018, soma R\$ 403.769.657,11.

Deste montante, a Cobrança Federal soma R\$ 212.212.823,69, a Cobrança Estadual e compensação financeira, R\$ 190.612.330,99 e a Cobrança Mineira R\$ 944.502,43. Dentre as fontes de financiamento para as ações, a cobrança mineira é a menos expressiva, devido ao fato da porção da bacia localizada em MG ser bastante reduzida em comparação com a porção paulista. Tal fonte será tratada com maior detalhe no Sumário Executivo da UPGRH PJ 01 (Bacias Piracicaba e Jaguari, em Minas Gerais).

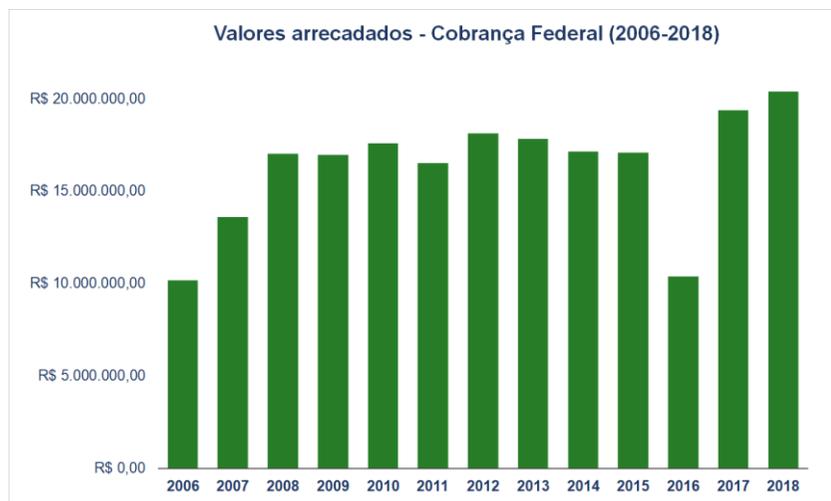


Figura 4.2 – Valores arrecadados pelas Cobranças Federal (2006-2018). (AGÊNCIA PCJ, 2019)



Figura 4.3 – Valores arrecadados pelas Cobranças Estadual Paulista (2007-2018). (AGÊNCIA PCJ, 2019)



Figura 4.4 – Valores arrecadados pelas Cobranças Estadual Mineira (2010-2018) (AGÊNCIA PCJ, 2019)

## RECURSOS POTENCIALMENTE DISPONÍVEIS PARA CUSTEIO DAS AÇÕES

A fim de estimar os recursos potencialmente disponíveis para o custeio das ações do Plano de Ações, foram obtidas informações da Agência PCJ, com uma estimativa dos recursos provenientes dos recursos provenientes do FEHIDRO (composto por recursos da Cobrança Paulista e da compensação financeira e royalties recebidos pelo Estado em decorrência dos aproveitamentos hidroenergéticos), da Cobrança Federal e Cobrança Mineira.

Analisando o Quadro 4.1 com a perspectiva de recursos disponíveis, até 2035, verifica-se que os recursos estimados para a arrecadação com a Cobrança Federal e FEHIDRO, que totalizam **R\$ 715.316.589,02**, têm potencial para financiar as ações indicadas para essas fontes.

Quadro 4.1 - Perspectiva de arrecadação do FEHIDRO, Cobrança Federal e Cobrança Mineira até 2035.

Ano	Cobrança Federal (R\$)	FEHIDRO (R\$)	Cobrança Mineira (R\$)	Total (R\$)
2021	22.320.613,10	17.991.635,19	135.069,91	40.447.318,20
2022	22.975.923,75	18.059.641,34	135.069,91	41.170.634,99
2023	23.782.986,90	17.575.020,77	135.069,91	41.493.077,57
2024	24.734.306,37	18.218.583,05	135.069,91	43.087.959,33
2025	25.723.678,63	18.218.583,05	135.069,91	44.077.331,59
2026	26.752.625,77	18.218.583,05	135.069,91	45.106.278,73
2027	27.742.472,93	18.218.583,05	135.069,91	46.096.125,89
2028	28.768.944,43	18.218.583,05	135.069,91	47.122.597,38
2029	29.833.395,37	18.218.583,05	135.069,91	48.187.048,33
2030	30.937.231,00	18.218.583,05	135.069,91	49.290.883,96
2031	32.484.092,55	18.218.583,05	135.069,91	50.837.745,51
2032	34.108.297,18	18.218.583,05	135.069,91	52.461.950,13
2033	35.813.712,03	18.218.583,05	135.069,91	54.167.364,99
2034	37.604.397,64	18.218.583,05	135.069,91	55.958.050,59
2035	39.484.617,52	18.218.583,05	135.069,91	57.838.270,48
<b>2021-2035</b>	<b>443.067.295,15</b>	<b>272.249.293,87</b>	<b>2.026.048,65</b>	<b>717.342.637,67</b>

## ESTRUTURA DO PLANO DE AÇÕES

Na Figura 4.5 apresenta-se a estrutura do Plano de Ações, que está estruturada em **Eixos Temáticos**, definidos pelos temas centrais abrangidos pelos cadernos temáticos, **Programas**, elaborados e detalhados a fim de responder às necessidades de intervenção de um tema, que abrange as **ações**.

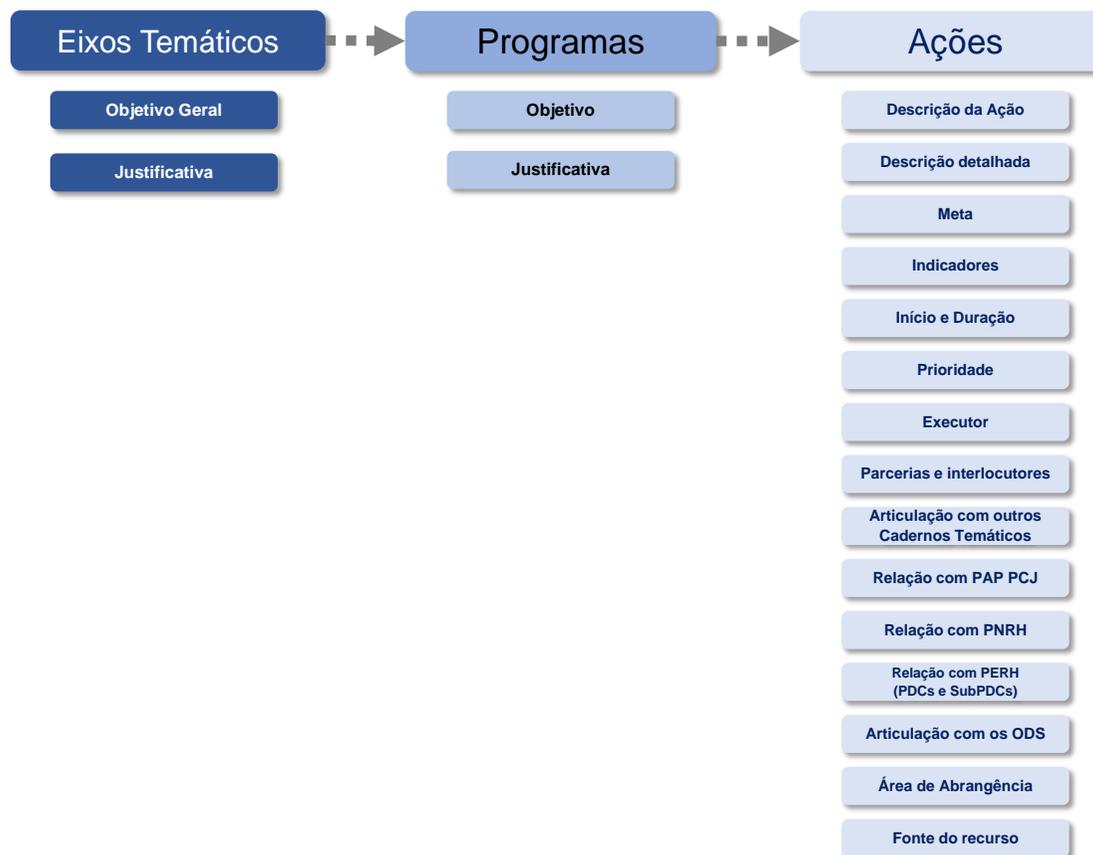


Figura 4.5 - Estrutura do Plano de Ações.

## 5 METAS INTERMEDIÁRIAS PARA CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA

As metas de controle e redução de perdas foram estabelecidas em 25% para o ano de 2020, no Plano das Bacias PCJ 2010 a 2020 (COBRAPE, 2010), aprovado pela Deliberação dos Comitês PCJ nº 097/10, de 09/12/2010. A análise realizada no capítulo 11 do Relatório Final, considerando os dados do diagnóstico realizado na Etapa 1, mostram que somente 23% dos municípios atendiam a esta meta no ano de 2017 (ano de elaboração do diagnóstico para o tema na Etapa 1). Nesse sentido, a estratégia deste Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035 será manter a meta de 25% para o ano de 2020.

No entanto, para aqueles municípios que não alcançarem a meta no ano de 2020, são consideradas como metas intermediárias, ou **eficiências mínimas** a serem atendidas pelos municípios, os indicadores tendenciais utilizados nos cenários de planejamento que levaram em consideração informações como a existência de TACs, Planos de Controle e Redução de Perdas e investimentos previstos neste setor, apresentados no Quadro 5.1.

Para os municípios que não alcançarem a meta de 25%, deverão ser priorizados investimentos conforme o Quadro 3.5, exposto anteriormente, que apresenta a priorização elaborada para este tema.

Quadro 5.1 – Metas intermediárias para o índice de perdas, para os municípios que não alcançam a meta de 25% no ano de 2020.

Município	2020	2025	2030	2035
Águas de São Pedro	30%	30%	27%	24%
Americana	26%	26%	23%	21%
Amparo	37%	25%	23%	20%
Analândia	50%	50%	45%	41%
Artur Nogueira	37%	25%	23%	20%
Atibaia	50%	25%	23%	20%
Bom Jesus dos Perdões	28%	23%	21%	19%
Bragança Paulista	27%	27%	24%	22%
Cabreúva	31%	31%	31%	31%
Camanducaia	28%	28%	25%	23%
Campinas	22%	22%	22%	22%
Campo Limpo Paulista	39%	39%	39%	39%
Capivari	29%	29%	26%	23%
Charqueada	36%	36%	36%	36%
Cordeirópolis	20%	20%	20%	20%
Corumbataí	17%	17%	17%	17%
Cosmópolis	25%	25%	25%	25%
Dois Córregos	45%	45%	41%	36%
Elias Fausto	23%	23%	23%	23%
Extrema	32%	32%	29%	26%
Holambra	30%	30%	30%	30%
Hortolândia	28%	28%	25%	23%
Indaiatuba	29%	25%	23%	20%
Ipeúna	39%	26%	23%	21%
Iracemápolis	34%	34%	31%	28%
Itapeva	30%	30%	27%	24%

## GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO E DRENAGEM

Município	2020	2025	2030	2035
Itatiba	37%	37%	33%	30%
Itirapina	26%	25%	25%	25%
Itupeva	25%	25%	25%	25%
Jaguariúna	42%	42%	38%	34%
Jarinu	39%	39%	35%	32%
Joanópolis	17%	17%	17%	17%
Jundiaí <sup>1</sup>	38%	38%	38%	38%
Limeira	16%	16%	16%	16%
Louveira	42%	27%	24%	22%
Mairiporã	34%	34%	31%	28%
Mogi Mirim	46%	46%	41%	37%
Mombuca	19%	19%	19%	19%
Monte Alegre do Sul	25%	25%	25%	25%
Monte Mor	30%	30%	30%	30%
Morungaba	32%	32%	32%	32%
Nazaré Paulista	28%	28%	25%	23%
Nova Odessa	26%	25%	23%	20%
Paulínia	30%	30%	30%	30%
Pedra Bela	11%	11%	11%	11%
Pedreira	52%	25%	23%	20%
Pinhalzinho	28%	28%	25%	23%
Piracaia	29%	29%	26%	23%
Piracicaba	38%	31%	28%	25%
Rafard	31%	24%	21%	19%
Rio Claro	39%	39%	35%	32%
Rio das Pedras	39%	25%	25%	25%
Saltinho	58%	58%	52%	47%
Salto	44%	44%	40%	36%
Santa Bárbara d'Oeste	47%	25%	23%	20%
Santa Gertrudes	20%	20%	20%	20%
Santa Maria da Serra	19%	19%	19%	19%
Santo Antônio de Posse	12%	12%	12%	12%
São Pedro	60%	60%	54%	49%
Sapucaí-Mirim	17%	17%	17%	17%
Socorro	23%	23%	23%	23%
Sumaré	48%	48%	43%	39%
Toledo	30%	30%	27%	24%
Torrinha	37%	37%	37%	37%
Tuiuti	53%	53%	48%	43%
Valinhos	35%	25%	22%	20%
Vargem	30%	30%	27%	24%
Várzea Paulista	35%	35%	32%	28%
Vinhedo	27%	25%	23%	20%

## 6 PLANO DE AÇÕES DO CADERNO DE GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO E DRENAGEM

O Plano de Ações do Caderno de Garantia de Suprimento Hídrico é estruturado em 3 (três) Eixos Temáticos, 7 (sete) programas e 18 (dezoito) ações (Figura 6.1), com a indicação dos diferentes públicos de abrangência de cada uma delas e abrangência em todo o território das Bacias PCJ.



Figura 6.1 - Estrutura do Plano de Ações do tema GSH

Os três eixos temáticos são a seguir nominados:

- **EIXO TEMÁTICO 1:** Fortalecimento institucional, planejamento e gestão de recursos hídricos.
- **EIXO TEMÁTICO 2:** Projetos especiais de caráter regional.
- **EIXO TEMÁTICO 3:** Apoio aos municípios das Bacias PCJ.

No Quadro 6.1 são apresentadas as ações planejadas no âmbito do Tema Estratégico de Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem Urbana. O descritivo detalhado de cada ação pode ser consultado no **Anexo XXX** do Relatório Final do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035.

**Quadro 6.1 - Síntese do Plano de Ações do tema Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem Urbana.**

Tema Estratégico	Código da ação	Ação	Prazos		Responsáveis indicados para execução	Abrangência	Prioridade	Investimento mínimo necessário (R\$)	Fontes principais indicadas para financiamento	Proposta de indicadores de monitoramento
			Início	Fim						
GSH	2.1.1.1	Manutenção e aprimoramento de um modelo chuva-vazão para as Bacias PCJ	2021	2035	Agência das Bacias PCJ	Bacias PCJ	Muito Alta	8.025.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Documentação da execução da ação
GSH	2.1.2.1	Aprimoramento de modelo de simulação hidrodinâmica do tempo de trânsito e do amortecimento da vazão preferencialmente à jusante do Sistema Cantareira	2025	2025	Agência das Bacias PCJ	Rios Jaguari e Piracicaba	Média	720.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Meses de contrato (atual sobre o previsto)
GSH	2.1.2.2	Estudo de regras de operação das PCHs para minimização do conflito com abastecimento	2030	2030	Órgãos gestores	Rio Jaguari	Muito Baixa	700.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Meses de contrato (atual sobre o previsto)
GSH	2.1.2.3	Previsão de níveis para energia, navegação e abastecimento na Sala de Situação PCJ	2030	2031	Órgãos gestores	Rio Piracicaba	Muito Baixa	500.480,00	Cobrança Federal/Fehidro	Meses de contrato (atual sobre o previsto)
GSH	2.2.1.1	Elaboração do plano diretor de reúso de água para as Bacias PCJ	2025	2025	Agência das Bacias PCJ	Bacias PCJ	Média	1.020.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Meses de contrato (atual sobre o previsto)
GSH	2.2.2.1	Desenvolvimento de estudos de alternativas e intervenções para minimização dos riscos de inundação ribeirinha	2024	2029	Agência das Bacias PCJ	Sub-bacias dos rios Piracicaba, Jaguari, Atibaia e Capivari (Jundiá em andamento)	Média	7.620.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Meses de contrato de cada sub-bacia (atual sobre o previsto)
GSH	2.2.3.1	Acompanhamento e apoio aos estudos de viabilidade, projetos de engenharia e licenciamento ambiental das barragens de Pedreira, Duas Pontes e do ribeirão Piraí e do trecho Oeste do SAR	2024	2035	Agência das Bacias PCJ	Bacias PCJ	Média	3.932.307,69	Cobrança Federal/Fehidro	Nº de relatórios periódicos com relação ao total previsto
GSH	2.2.4.1	Desenvolvimento de estudo de alternativas de aumento da disponibilidade hídrica nas sub-bacias dos rios Atibaia, Jundiá e Capivari	2022	2023	Agência das Bacias PCJ	Sub-bacias Atibaia, Jundiá e Capivari	Muito Alta	612.716,67	Cobrança Federal/Fehidro	Documentação da execução da ação
GSH	2.3.1.1	Estudos de viabilidade para aumento de regularização de vazões em mananciais existentes e novos barramentos	2024	2035	Município	Bacias PCJ. Municípios prioritários no Quadro 3.2.	Alta	6.870.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Projeto elaborado por município sobre o número total (33)

## Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020-2035

Tema Estratégico	Código da ação	Ação	Prazos		Responsáveis indicados para execução	Abrangência	Prioridade	Investimento mínimo necessário (R\$)	Fontes principais indicadas para financiamento	Proposta de indicadores de monitoramento
			Início	Fim						
GSH	2.3.1.2	Estudos hidrogeológicos para exploração sustentável de águas subterrâneas	2030	2035	Município	Bacias PCJ	Baixa	6.300.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Meses de contrato (atual sobre o previsto)
GSH	2.3.2.1	Elaboração e revisão de Planos de Controle e Redução de Perdas	2021	2035	Municípios e concessionárias	Municípios observando as prioridades no Plano de Bacias	Alta	15.000.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Documentação da execução da ação
GSH	2.3.2.2	Controle de perdas em sistemas de abastecimento de água	2020	2035	Municípios e concessionárias	Para 2020, municípios prioritários indicados na Deliberação dos Comitês PCJ nº 324/2019. A partir de 2021, municípios observando as prioridades do Plano de Bacias	Alta	42.690.161,22	Outras fontes	Índice de perdas na distribuição
GSH	2.3.2.3	Manutenção do projeto de benchmarking para o controle de perdas de água em sistemas de distribuição	2021	2023	Agência das Bacias PCJ	Municípios observando as prioridades para perdas estabelecidas pelo Plano de Bacias	Muito Alta	300.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Documentação da execução da ação
GSH	2.3.2.4	Diagnóstico da capacidade e compromisso dos municípios	2030	2032	Municípios, Agência reguladora, concessionárias	Bacias PCJ	Baixa	1.980.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Meses de contrato (atual sobre o previsto)
GSH	2.3.3.1	Elaboração de um guia de manejo de drenagem e manejo de águas pluviais	2024	2024	Agência das Bacias PCJ	Bacias PCJ. Municípios prioritários no Quadro 3.5.	Média	300.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Número de manuais elaborados sobre o total de municípios prioritários
GSH	2.3.3.2	Elaboração dos Planos Diretores de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais	2021	2035	Município	Municípios observando as prioridades no Plano de Bacias	Alta	21.240.000,00	Cobrança Federal/Fehidro	Documentação da execução da ação
<b>RECURSO FINANCEIRO TOTAL PARA O TEMA ESTRATÉGICO</b>								<b>R\$ 117.810.665,58</b>		

## 7 SÍNTESE DA PRIORIZAÇÃO DAS AÇÕES

Este item apresenta a síntese da priorização das ações apresentadas no Quadro 6.1. A Figura 7.1 apresenta a contagem do número de ações conforme priorização. O Quadro 7.1 apresenta as ações do Caderno Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem Urbana, conforme a prioridade.

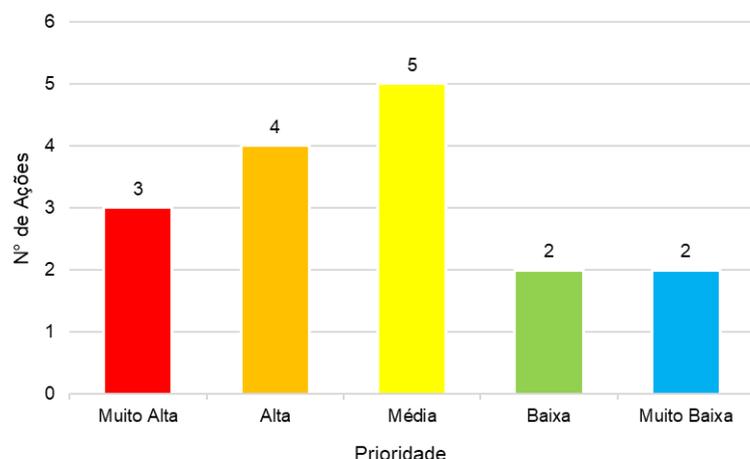


Figura 7.1 - Priorização das ações do Caderno de Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem Urbana

Quadro 7.1 - Priorização das ações do Caderno de Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem Urbana

Ação	Prioridade
1.1.1 - Manutenção e aprimoramento de um modelo chuva-vazão para as Bacias PCJ	Muito Alta
1.2.1 - Aprimoramento de modelo de simulação hidrodinâmica do tempo de trânsito e do amortecimento da vazão preferencialmente à jusante do Sistema Cantareira	Média
1.2.2 - Estudo de regras de operação das PCHs para minimização do conflito com abastecimento	Muito Baixa
1.2.3 - Previsão de níveis para energia, navegação e abastecimento na Sala de Situação PCJ	Muito Baixa

Ação	Prioridade
2.1.1 - Elaboração do plano diretor de reúso de água para as Bacias PCJ	Média
2.2.1 - Desenvolvimento de estudos de alternativas para minimização dos riscos de inundação ribeirinha	Média
2.3.1 - Acompanhamento e apoio aos estudos de viabilidade, projetos de engenharia e licenciamento ambiental das barragens de Pedreira, Duas Pontes e do ribeirão Pirai e do trecho Oeste do SAR	Média
2.4.1 - Desenvolvimento de estudo de alternativas de aumento da disponibilidade hídrica nas sub-bacias dos rios Atibaia, Jundiá e Capivari	Muito Alta
3.1.1 - Estudos de viabilidade para aumento de regularização de vazões em mananciais existentes e novos barramentos	Alta
3.1.2 - Estudos hidrogeológicos para exploração sustentável de águas subterrâneas	Baixa
3.2.1 - Elaboração e revisão de Planos de Controle e Redução de Perdas	Alta
3.2.2 - Controle de perdas em sistemas de abastecimento de água	Alta
3.2.3 - Manutenção do projeto de benchmarking para o controle de perdas de água em sistemas de distribuição	Muito Alta
3.2.4 - Diagnóstico da capacidade e compromisso dos municípios	Baixa
3.3.1 - Elaboração de um guia de manejo de drenagem e manejo de águas pluviais	Média
3.3.2 - Elaboração dos Planos Diretores de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais	Alta

## 8 DIRETRIZES ESTRATÉGICAS PARA O TEMA GARANTIA DE SUPRIMENTO HÍDRICO E DRENAGEM

No que diz respeito ao **Tema Estratégico de Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem**, constituem diretrizes, além das já mencionadas:

- Incentivar o aprimoramento de ferramentas que visem à redução de incertezas nas estimativas de disponibilidade hídrica, com melhoria do balanço hídrico;
- Acompanhar, avaliar continuamente e buscar o aprimoramento das regras operativas estabelecidas entre os órgãos gestores, agentes do setor elétrico para a operação de unidades geradoras hidroelétricas nas Bacias PCJ;
- Promover discussões sobre os estudos e projetos de reservatórios, sistema(s) adutor(es) e transposições, bem como sobre o estabelecimento de regras operativas, propondo a realização de estudos complementares, se necessário;
- Fomentar o uso de ferramentas de suporte à decisão para a operação de sistemas de regularização e de adução de vazões, como o Sistema Cantareira e os Sistemas Produtor e Adutor PCJ, considerando previsões meteorológicas, de vazões em cursos d'água e de transposições entre bacias;
- Manifestar-se sobre eventuais implantações de novas centrais de geração hidroelétrica, com destaque nos trechos a montante dos reservatórios do Sistema Cantareira;
- Fortalecer os mecanismos de gestão compartilhada voltados à garantia de suprimento hídrico previstos na atual outorga do Sistema Cantareira;
- Incentivar os municípios na implementação de medidas de garantia de suprimento hídrico, visando o aumento da disponibilidade hídrica, discutindo projetos de regularização de vazões e de redução de demanda com metas de redução de perdas no abastecimento;
- Promover a articulação entre políticas de meio ambiente, de saneamento básico e de desenvolvimento urbano e regional visando à implementação de medidas complementares e a redução de impactos do meio urbano sobre os recursos hídricos;
- Promover a articulação entre gestores públicos e atores da cadeia produtiva da indústria agropecuária visando garantir o suprimento hídrico, o controle de erosão e a manutenção de vegetação ripária no meio rural;
- Participar das discussões sobre regras operativas de modo a aumentar a transparência sobre a operação de barragens localizadas na calha do Rio Tietê, incluindo a participação da sociedade na definição de regras que contemplem os usos múltiplos dos recursos hídricos;
- Aprofundar os estudos sobre alternativas de garantia de suprimento hídrico atualmente em debate nas sub-bacias dos rios Atibaia e Corumbataí, envolvendo regularização de vazões por reservatórios, podendo as informações resultantes complementarem os cenários a serem desenvolvidos em futuras revisões do Plano das Bacias PCJ 2020 a 2035;
- Fomentar estudos de macrodrenagem de caráter regional;
- Incentivar a adoção de medidas não estruturais para a prevenção e combate a inundações em zonas urbanas.



## COMITÊS PCJ



Rua Alfredo Guedes nº 1949, Sala 604.  
Piracicaba, SP. CEP 13416-901.



[www.comitespcj.org.br](http://www.comitespcj.org.br)



[se.pcj@comites.baciaspcj.org.br](mailto:se.pcj@comites.baciaspcj.org.br)



(19) 3437-2100

