

Contrato S-002/2017 – FABHAT

ANEXO 3 (A3)
ESTUDOS HIDROLÓGICOS:
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS E GARANTIAS DE ATENDIMENTO



**SERVIÇOS PROFISSIONAIS TÉCNICOS
E ESPECIALIZADOS, DE ACESSORIA E CONSULTORIA,
DESTINADOS A ELABORAÇÃO DO PLANO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ – UGRHI-06**



Sistema de Gestão da Qualidade

VERIFICAÇÃO E APROVAÇÃO

**Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê
FABHAT**

ANEXO 3 (A3)

**ESTUDOS HIDROLÓGICOS: DISPONIBILIDADES
HÍDRICAS E GARANTIAS DE ATENDIMENTO**

Elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

CÓDIGO DO DOCUMENTO	REVISÃO	DATA DA EMISSÃO
5278 – A-03	1	10/05/2018
RESPONSÁVEL PELA VERIFICAÇÃO E APROVAÇÃO		
Carlos A. A. O. Pereira		
DATA:	10/05/2018	

APRESENTAÇÃO

Este documento, denominado **Anexo 3 – Estudos Hidrológicos: disponibilidades hídricas e garantias de atendimento**, constitui o terceiro Anexo do Contrato S-002/2017/FABHAT, referente à Elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PBH-AT), adjudicado pela Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê - FABHAT - ao Consórcio COBRAPE/JNS, com Ordem de Serviço assinada em 08 de junho de 2017. Este documento atende aos requisitos constantes nos Termos de Referência (TdR) e na Proposta Técnica que orientam o desenvolvimento dos trabalhos.

Este documento reúne as informações referentes aos estudos hidrológicos realizados no âmbito do PBH-AT (2017).

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
1. REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO	2
1.1. Rede Fluviométrica	2
2. SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS	7
3. ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS SISTEMAS PRODUTORES	14
3.1. Consideração sobre o Balanço Hídrico – PBH-AT (2009) e PBH-AT (2017)	14
3.2. Sistema Produtor Cantareira	16
3.2.1. Dados Operacionais do Sistema Produtor Cantareira	18
3.2.2. Simulação da Operação do Sistema Produtor Cantareira	21
3.3. Sistemas Produtores do Alto Tietê e do Rio Claro	34
3.3.1. Dados Operacionais dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro	36
3.4. Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos	50
3.4.1. Dados Operacionais dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos	52
3.4.2. Simulação da Operação dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos	54
4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO – RIO TIETÊ	61
5. CURVA DE AVERSÃO A RISCO	65
5.1. Sistema Produtor Cantareira	65
5.1.1. Análise do Cenário Hidrológico Crítico de 1953-1954	68
5.1.2. Análise do Período Crítico de 2013-2014	70
5.2. Sistema Produtor Alto Tietê	72
5.2.1. Análise do Período Crítico de 1953-1954	74
5.2.2. Análise do Período Crítico de 2013-2014	74
5.3. Sistema Produtor Guarapiranga	77
5.3.1. Análise do Período Crítico de 1953-1954	77
5.3.2. Análise do Período Crítico de 2013-2014	78
5.4. Reservatório Billings	81
5.4.1. Análise do Período Crítico de 1953-1954	82
5.4.2. Análise do Período Crítico de 2013-2014	83
6. DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE NOVOS MANANCIAIS	86
6.1. Caracterização da disponibilidade hídrica	86
6.2. Campanha de qualidade da água	88
6.3. Análise dos Resultados	91
6.4. Conclusão	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Séries de Vazões Mensais Naturais.....	10
Figura 3.1 - Representação do Sistema Cantareira	17
Figura 3.2 - Curva de Permanência de vazão da ETA Guaraú com a outorga anterior	23
Figura 3.3 - Volume do Sistema Produtor Cantareira sem Estados Hidrológicos – ano base 2015.....	24
Figura 3.4 - Curva de Permanência do Túnel 5 sem o Estado Hidrológico – ano base 2015	24
Figura 3.5 - Vazão ótima da ETA Guaraú com a nova outorga e sem a transposição Jaguari-Atibainha	26
Figura 3.6 - Curva de permanência do volume do Sistema Cantareira com a nova outorga e sem a transposição Jaguari-Atibainha.....	27
Figura 3.7 - Curva de permanência do Túnel 5 com a nova outorga e sem a transposição Jaguari-Atibainha.....	27
Figura 3.8 - Vazão ótima da ETA Guaraú com a transposição Jaguari-Atibainha.....	29
Figura 3.9 - Curva de permanência de vazão no Túnel 5 com a ligação Jaguari-Atibainha.....	30
Figura 3.10 - Volume do Sistema Cantareira com a ligação Jaguari-Atibainha.....	30
Figura 3.11 - Curva de permanência de vazão da transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2015	31
Figura 3.12 - Curva de permanência de vazão da transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2027	33
Figura 3.13 - Representação dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro	35
Figura 3.14 - Curva de permanência de vazão da ETA Taiaçupeba – ano base 2015	40
Figura 3.15 - Curva de permanência de vazão da ETA Casa Grande – ano base 2015.....	40
Figura 3.16 - Curva de permanência de vazão da ETA Taiaçupeba com a transposição Itapanhaú – ano base 2015	42
Figura 3.17 - Curva de permanência de vazão da transposição de Itapanhaú – ano base 2015.....	42
Figura 3.18 - Curva de permanência de vazão da ligação entre os reservatórios de Biritiba e Jundiá – ano base 2015.....	43
Figura 3.19 - Curva de permanência de vazão da ligação entre os reservatórios de Jundiá e Taiaçupeba – ano base 2015.....	43
Figura 3.20 - Curva de permanência de vazão da ETA Taiaçupeba com as Transposições de Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027	46
Figura 3.21 - Curva de permanência de vazão da transposição Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2015.....	46
Figura 3.22 - Curva de permanência de vazão da ETA Taiaçupeba com as Transposições Itatinga, Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027	49
Figura 3.23 - Curva de permanência de vazão das transposições de Itatinga e Itapanhaú – ano base 2027.....	49
Figura 3.24 - Curva de permanência de vazão da transposição Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027.....	50
Figura 3.25 - Representação dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos	51
Figura 3.26 - Curva de permanência de vazão da ETA RJCS – ano base 2025.....	56
Figura 3.27 - Curva de permanência de vazão da transposição do braço do Taquacetuba para o reservatório Billings – ano base 2015	56
Figura 3.28 - Curva de permanência de vazão da UHE Henry Borden – ano base 2025	57
Figura 3.29 - Curva de permanência de vazão da ETA RJCS – ano base 2027	59
Figura 3.30 - Curva de permanência de vazão da transposição do braço do Taquacetuba para o reservatório Billings – ano base 2027	59
Figura 3.31 - Curva de permanência de vazão da UHE Henry Borden – ano base 2027	60
Figura 5.1 - Vazão natural afluyente do sistema produtor Cantareira	67
Figura 5.2 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Cantareira – Biênio 1953/1954	69
Figura 5.3 - Esquema representativo da reserva técnica do Sistema Cantareira.....	70
Figura 5.4 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Cantareira – Biênio 2013/2014	71
Figura 5.5 - Vazão fornecida à EEAB Biritiba para os biênios de 1953/54 e 2013/14	73
Figura 5.6 - Vazão natural afluyente ao sistema produtor Alto Tietê.....	74
Figura 5.7 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Alto Tietê – Biênio 1953/1954	75
Figura 5.8 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Alto Tietê – Biênio 2013/2014	76
Figura 5.9 - Vazão natural afluyente ao sistema produtor Guarapiranga	77
Figura 5.10 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Guarapiranga – Biênio 1953/1954	79
Figura 5.11 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Guarapiranga – Biênio 2013/2014	80
Figura 5.12 - Vazão natural afluyente ao Sistema Produtor Billings.....	82
Figura 6.1 - Curva de Permanência Ribeirão dos Cristais.....	86
Figura 6.2 - Curva de Permanência Ribeirão Santo André	87
Figura 6.3 - Curva de Permanência Ribeirão Itaim.....	88
Figura 6.4 - Localização dos pontos de amostragem	89
Figura 6.5 - Coleta das amostras de água nos mananciais monitorados	90

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Localização dos Postos Fluviométricos	6
Mapa 2 - Disponibilidade Hídrica Natural x Remanescente - Curvas de Permanência	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Monitoramento Fluviométrico na BAT	2
Tabela 1.2 - Monitoramento Fluviométrico no PCJ.....	5
Tabela 1.3 - Monitoramento Fluviométrico na Baixada Santista	5
Tabela 2.1 - BAT - Locais Adotados como Base nos Estudos Anteriores	8
Tabela 2.2 - Locais de Entrada de Séries de Vazões Mensais no Modelo Hidráulico.....	11
Tabela 3.1 - Ordem de prioridade para atendimento às demandas	16
Tabela 3.2 - Resumo dos cenários/arranjos utilizados na modelagem	16
Tabela 3.3 - Volumes úteis utilizados na modelagem para o Sistema Produtor Cantareira	17
Tabela 3.4 - Resumo da Nova Outorga do Sistema Produtor Cantareira.....	19
Tabela 3.5 - Prioridades de Atendimento do Sistema Produtor Cantareira	20
Tabela 3.6 - Restrições Operacionais do Sistema Produtor Cantareira	20
Tabela 3.7 - Demandas Totais de montante do Sistema Produtor Cantareira	20
Tabela 3.8 - Municípios pertencentes a cada zona de demanda do Sistema Produtor Cantareira	21
Tabela 3.9 - Resumo Hidrológico do Sistema Cantareira considerando a antiga outorga – ano base 2015.....	22
Tabela 3.10 - Resumo hidrológico do Sistema Cantareira com a nova outorga e sem a transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2015	25
Tabela 3.11 - Resultados dos estados hidrológicos - ETA Guaraú	26
Tabela 3.12 - Resumo hidrológico do Sistema Cantareira com a transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2015.....	28
Tabela 3.13 - Resultados dos estados hidrológicos - ETA Guaraú	29
Tabela 3.14 - Resumo hidrológico do Sistema Cantareira com a transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2027	32
Tabela 3.15 - Resumo hidrológico do Sistema Cantareira com a transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2045.....	34
Tabela 3.16 - Volumes úteis utilizados na modelagem para os sistemas produtores Alto Tietê e Rio Claro	35
Tabela 3.17 - Restrições Operacionais adotadas na modelagem para os sistemas Alto Tietê e Rio Claro	36
Tabela 3.18 - Restrições Operacionais incluídas no modelo.....	37
Tabela 3.19 - Prioridades de Atendimento dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro	37
Tabela 3.20 - Demandas Totais dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro	37
Tabela 3.21 - Municípios pertencentes a cada zona de demanda dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro	38
Tabela 3.22 - Aportes de Vazão dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro.....	38
Tabela 3.23 - Resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro – ano base 2015.....	39
Tabela 3.24 - Resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro com a Transposição de Itapanhaú – ano base 2015.....	41
Tabela 3.25 - Resumo dos cenários/arranjos utilizados na modelagem – ano base 2027	44
Tabela 3.26 - Resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro com as Transposições de Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027	45
Tabela 3.27 - Resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro com as Transposições Itatinga, Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027	48
Tabela 3.28 - Volumes úteis utilizados na modelagem para os sistemas produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos.....	51
Tabela 3.29 - Restrições Operacionais e transposições incluídas no modelo.....	52
Tabela 3.30 - Prioridades de Atendimento dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos	53
Tabela 3.31 - Demandas Totais dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos.....	53
Tabela 3.32 - Municípios pertencentes a cada zona de demanda dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos.....	53
Tabela 3.33 - Resumo hidrológico dos Sistemas Billings, Guarapiranga, Rio Grande e Capivari-Monos – ano base 2015	55
Tabela 3.34 - Resumo hidrológico dos Sistemas Billings, Guarapiranga, Rio Grande e Capivari-Monos – ano base 2027	58
Tabela 4.1 - Transposições existentes advindas de bacias vizinhas.....	61
Tabela 4.2 - Transposições existentes entre reservatórios da BAT	61
Tabela 4.3 - Vazão de transposição para Usina Henry Borden.....	63
Tabela 4.4 - Vazões Características Naturais x Remanescentes.....	64
Tabela 5.1 - Volumes úteis utilizados do sistema Cantareira	66
Tabela 5.2 - Restrições Operacionais do Sistema Cantareira	66
Tabela 5.3 - Balanço Hídrico das demandas e restrições operacionais	67
Tabela 5.4 - Volumes úteis utilizados do sistema produtor Alto Tietê	72
Tabela 5.5 - Demandas de montante e jusante do Sistema Produtor Alto Tietê	72
Tabela 5.6 - Demanda de energia da UHE Henry Borden (2013 – 2017)	81
Tabela 6.1 - Mananciais monitorados e os pontos de amostragem	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 6.1 - Parâmetros analisados na campanha de campo	90
Quadro 6.2 - Resultados da campanha de campo	91

INTRODUÇÃO

Os TdR que orientam os trabalhos de atualização do presente Plano de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (PBH-AT 2017), enunciam a necessidade de elaboração de um documento que reúna os estudos referentes à disponibilidade de recursos hídricos. Esse estudo contemplou os seguintes temas:

- (i) Rede de monitoramento hidrológico;
- (ii) Séries históricas de vazões médias mensais;
- (iii) Estudo da disponibilidade hídrica dos sistemas produtores;
- (iv) Comportamento hidrológico – Rio Tietê;
- (v) Curva de aversão a risco; e,
- (vi) Disponibilidade hídrica de novos mananciais.

Este documento consiste num dos Anexos ao PBH-AT (2017) denominado **Anexo 3 – Estudos Hidrológicos: Disponibilidade hídricas e garantias de atendimento**. A seguir são apresentados os temas contemplados no estudo.

1. REDE DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

1.1. Rede Fluviométrica

Na bacia do Alto Tietê, a rede de monitoramento fluviométrico vem sendo progressivamente diminuída quanto ao número de estações, conforme mostram os dados da **Tabela 1.1**. Nesta Tabela são relacionadas somente as estações fluviométricas¹, sendo excluídas as que não dispõem de registros de medições de descarga líquida.

A grande maioria das estações fluviométricas apresenta os períodos de operação restritos às décadas de 60 e 70. Recente consulta efetuada junto ao setor de fluviometria do DAEE apontou que apenas a estação 3E-036R – Rio Tietê, em Aços Anhanguera, possui registros atualizados (posteriores a 2010).

Vale observar que para a área do Sistema Produtor Alto Tietê – SPAT dispõem-se de dados de vazões afluentes aos locais das estruturas hidráulicas existentes, obtidas por balanço de volume dos respectivos reservatórios. Estes dados são calculados pela EMAE (Barragem de Ponte Nova) e SABESP (Reservatórios de Paraitinga, Biritiba, Jundiá, Taiaçupeba e Ribeirão do Campo).

A jusante do SPAT somente as bacias dos rios Guarapiranga e Cotia ainda possuem estações de monitoramento fluviométrico em operação. Para esse trecho da bacia do Alto Tietê, no entanto, dispõem-se de dados de vazões atualizadas obtidas por balanço de volumes nos reservatórios operados pela EMAE (Billings, Guarapiranga, Edgard de Souza e Pirapora), além dos reservatórios dos sistemas produtores Alto e Baixo Cotia da SABESP (Reservatórios Pedro Beicht, Cachoeira da Graça e Isolina).

Tabela 1.1 - Monitoramento Fluviométrico na BAT

Código ANA	Curso d'Água	Local	Lat.	Long.	Área (km ²)	Entidade Responsável	Início	Fim
62061000		PCH SALESÓPOLIS JUSANTE	-23,564	-45,838	79,0		1/10/2008	
62070000	RIO TIETÊ	USINA SALESÓPOLIS	-23,567	-45,867	79,0	ANA	1/2/1963	1/5/1973
62073000	RIO CLARO	ADUTORA RIO CLARO KM 78	-23,633	-45,933	118,0	FCTH/DAEE-SP	1/2/1962	1/4/1972
62075000	RIO CLARO	CASA GRANDE	-23,633	-45,833	87,0	ANA	1/3/1945	1/3/1980
62085000	RIO TIETÊ	PONTE NOVA	-23,565	-46,016	358,0	FCTH/DAEE-SP	1/9/1964	1/10/1999
62095050	RIO PARAITINGA	SALESÓPOLIS	-23,517	-45,850	123,0	FCTH/DAEE-SP	1/9/1964	1/3/1979
62095100	RIO PARAITINGA	SALESÓPOLIS	-23,529	-45,844	127,0	FCTH/DAEE-SP	1/12/1978	1/11/2013
62100000	RIO PARAITINGA	SÍTIO SAHEKI	-23,533	-46,017	217,0	FCTH/DAEE-SP	1/6/1965	1/9/1980
62106000	RIO BIRITIBA-MIRIM	EIXO II	-23,600	-46,083	76,0	FCTH/DAEE-SP	1/2/1972	1/9/1980
62107000	RIBEIRÃO BIRITIBA	ESTRADA DE BIRITIBA	-23,567	-46,100	88,0	ANA	1/10/1962	1/3/1980
62107100	RIO BIRITIBA-MIRIM	BIRITIBA-MIRIM	-23,550	-46,083	91,0	FCTH/DAEE-SP	1/11/1959	1/10/1982
62110000	RIO TIETÊ	ACOS ANHANGUERA	-23,526	-46,160	782,0	FCTH/DAEE-SP	1/8/1963	1/8/2013
62110100	RIO TIETÊ	BOMBA DE RECALQUE	-23,500	-46,150	793,0	FCTH/DAEE-SP	1/9/1964	1/10/1969
62110200	RIO TIETÊ	RIO ACIMA (PONTE EFCB)	-23,500	-46,167	795,0	FCTH/DAEE-SP	1/8/1960	1/6/1965
62112100	RIO TIETÊ	ESTALEIRO DO DAEE	-23,515	-46,204		FCTH/DAEE-SP	1/1/1953	1/8/2000
62120000	RIO JUNDIAPEBA	FAZENDA SANTO ANGELO	-23,583	-46,217	142,0	ANA	1/10/1962	1/3/1980

Continua...

¹ Estações do tipo "F" e "D" ou estações com registros de níveis d'água e medições de descarga líquida. As estações exclusivamente dos tipos "F" (liminimétrica), "S" (sedimentométrica), "Q" (qualidade da água) e "T" (telemétrica) foram suprimidas das tabelas.

Tabela 1.1 - Monitoramento Fluviométrico na BAT (cont.)

Código ANA	Curso d'Água	Local	Lat.	Long.	Área (km ²)	Entidade Responsável	Início	Fim
62120002	RIO JUNDIAÍ MIRIM	FAZENDA SANTO ANGELO	-23,567	-46,217	142,0	FCTH/DAEE-SP	1/7/1960	1/10/1982
62125000	RIO TAIACUPEBA-AÇU	SÍTIO SÃO JOÃO	-23,550	-46,283		FCTH/DAEE-SP	1/5/1966	1/6/1969
62126000	RIO TAIACUPEBA-AÇU	TAIACUPEBA-AÇU	-23,600	-46,250	97,0	FCTH/DAEE-SP	1/6/1960	1/3/1976
62127000	RIO TAIACUPEBA-AÇU	VARINHAS	-23,600	-46,267	94,0	ANA	1/5/1963	1/3/1976
62127500	RIO TAIACUPEBA-AÇU	VARINHAS	-23,583	-46,267	147,0	FCTH/DAEE-SP	1/3/1956	1/6/1968
62127800	RIO TAIACUPEBA-AÇU	JUNDIAPEBA (ESTR. RIO-SP)	-23,533	-46,267	233,0	FCTH/DAEE-SP	1/3/1956	1/8/1968
62128000	RIO BALAINHO	BAIRRO PALMEIRAS	-23,617	-46,267	35,0	FCTH/DAEE-SP	1/6/1960	1/3/1976
62130000	RIO TAIACUPEBA MIRIM	TAIACUPEBA-MIRIM	-23,633	-46,317	47,0	FCTH/DAEE-SP	1/7/1960	1/3/1976
62142000	RIO TIETÊ	BAIRRO RIO ABAIXO	-23,517	-46,250	1.060,0	FCTH/DAEE-SP	1/3/1956	1/5/1965
62143000	RIO TIETÊ	RIO ABAIXO	-23,520	-46,299	1.337,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1964	1/8/1992
62148400	RIBEIRÃO GUAIO	POÁ	-23,545	-46,340	66,0	FCTH/DAEE-SP	1/7/1980	1/2/1991
62148500	RIBEIRÃO GUAIO	ÁGUA VERMELHA	-23,533	-46,333	71,0	FCTH/DAEE-SP	1/11/1972	1/5/1979
62149000	RIBEIRÃO GUAIO	SUZANO (VILA IBAR)	-23,517	-46,317	79,0	FCTH/DAEE-SP	1/8/1962	1/12/1969
62150000	RIO TIETÊ	ARACARÉ	-23,500	-46,333		FCTH/DAEE-SP	1/6/1965	1/3/1969
62153000	RIO TIETÊ	ITAQUAQUECETUBA	-23,467	-46,333	1.483,0	FCTH/DAEE-SP	1/7/1951	1/8/1972
62155000	RIO TIETÊ	CUMBICA	-23,467	-46,467		ELETROPAULO	1/10/1946	
62160001	RIO TIETÊ	SÃO MIGUEL PAULISTA	-23,483	-46,433	1.610,0	FCTH/DAEE-SP	1/1/1983	1/5/1969
62164000	RIO BAQUIRIVU-GUAÇU	VARGEM DO PALÁCIO	-23,467	-46,483	159,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1972	1/8/1973
62165000	RIO BAQUIRIVU-GUAÇU	VIA DUTRA	-23,467	-46,467		FCTH/DAEE-SP	1/10/1962	1/8/1967
62166000	RIO TIETÊ	CUMBICA	-23,483	-46,467	1.658,0	FCTH/DAEE-SP	1/12/1971	1/4/1981
62175000	RIO ARICANDUVA	JARDIM 9 DE JULHO	-23,567	-46,517	41,0	FCTH/DAEE-SP	1/2/1965	1/10/1970
62175990	RIO ARICANDUVA	AV. CONDE DE FRONTIN	-23,533	-46,533	81,0	FCTH/DAEE-SP	1/2/1955	1/12/1968
62176000	RIO ARICANDUVA	GUAIAUNA	-23,533	-46,533	81,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1972	1/4/1977
62177000	RIO ARICANDUVA	PENHA (MARG. ESQUERDA)	-23,517	-46,550	105,0	FCTH/DAEE-SP	1/7/1962	1/1/1966
62180000	RIO TIETÊ	PENHA	-23,500	-46,550	1.880,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1970	1/10/1976
62185000	RIO TIETÊ	PONTE VILA MARIA	-23,533	-46,583		FCTH/DAEE-SP	1/8/1963	1/5/1969
62187000	RIO TIETÊ	PONTE DAS BANDEIRAS	-23,517	-46,617	2.184,0	FCTH/DAEE-SP	1/1/1963	1/2/1973
62200000	RIO TAMANDUATEI	MAUÁ	-23,633	-46,483	45,0	FCTH/DAEE-SP	1/8/1963	1/10/1968
62203000	RIO TAMANDUATEI	CAPUAVA	-23,633	-46,467	43,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1968	1/8/1972
62203002	RIO TAMANDUATEI	CAPUAVA	-23,633	-46,467	43,0	FCTH/DAEE-SP	1/2/1952	1/12/1968
62205000	RIO TAMANDUATEI	UTINGA - AV. DO ESTADO	-23,633	-46,533	88,0	FCTH/DAEE-SP	1/5/1963	1/9/1968
62206000	RIO TAMANDUATEI	VILA PROSPERIDADE	-23,600	-46,550	130,0	FCTH/DAEE-SP	1/12/1968	1/12/1984
62210000	RIO ORATÓRIO	ORATÓRIO	-23,600	-46,517	22,0	FCTH/DAEE-SP	1/1/1965	1/4/1969
62220000	RIBEIRÃO TABOÃO	BAIRRO TABOÃO - PONTE	-23,650	-46,583	7,0	FCTH/DAEE-SP	1/9/1955	1/10/1968

Continua...

Tabela 1.1 - Monitoramento Fluviométrico na BAT (cont.)

Código ANA	Curso d'Água	Local	Lat.	Long.	Área (km ²)	Entidade Responsável	Início	Fim
62222000	RIO DOS MENINOS	PARQUE SÃO DIOGO	-23,683	-46,550		FCTH/DAEE-SP	1/11/1962	1/7/1968
62224000	RIO DOS MENINOS	VILA SÃO JOSÉ	-23,633	-46,567	104,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1971	1/2/1979
62225000	RIO DOS MENINOS	SÃO CAETANO	-23,650	-46,583		FCTH/DAEE-SP	1/11/1962	1/12/1968
62230000	RIO DOS MENINOS	FABRICA DE SODA MATARAZZO	-23,600	-46,567	111,0	FCTH/DAEE-SP	1/5/1962	1/7/1966
62230002	CÓRREGO DO MOINHO	GENERAL MOTORS	-23,600	-46,550	4,0	FCTH/DAEE-SP	1/5/1963	1/12/1968
62235000	RIO TAMANDUATEI	GENERAL MOTORS	-23,583	-46,600		FCTH/DAEE-SP	1/6/1963	1/8/1968
62239000	RIO TAMANDUATEI	MOOCA	-23,550	-46,617	311,0	FCTH/DAEE-SP	1/1/1969	1/2/1980
62240000	RIO TAMANDUATEI	PONTE PEQUENA	-23,517	-46,617	327,0	FCTH/DAEE-SP	1/11/1970	1/2/1979
62244000	RIO TIETÊ	PONTE DA CASA VERDE	-23,533	-46,650		FCTH/DAEE-SP	1/9/1963	1/5/1969
62244005	RIO TIETÊ	CASA VERDE	-23,517	-46,650	2.520,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1970	1/10/1973
62250000	RIO TIETÊ	PONTE FREGUESIA DO Ó	-23,500	-46,650	2.532,0	FCTH/DAEE-SP	1/8/1963	1/7/1969
62253000	RIO CABUÇU	CABUÇU	-23,433	-46,567	73,0	FCTH/DAEE-SP	1/2/1965	1/1/1969
62255000	RIO CABUÇU	VILA GALVÃO	-23,450	-46,567	110,0	FCTH/DAEE-SP	1/7/1965	1/2/1983
62259000	RIO TIETÊ	VILA ANASTÁCIO (PONTE EFSJ)	-23,500	-46,700	2.631,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1970	1/12/1971
62260000	RIO TIETÊ	VILA ANASTÁCIO	-23,500	-46,717	2.643,0	FCTH/DAEE-SP	1/8/1971	1/5/1973
62260100	RIO TIETÊ	VILA ANASTÁCIO	-23,500	-46,717	2.646,0	FCTH/DAEE-SP	1/9/1963	1/10/1969
62304000	RIO TIETÊ	ABAIXO RIO PINHEIROS	-23,517	-46,750	4.178,0	FCTH/DAEE-SP	1/11/1963	1/1/1982
62310000	RIO TIETÊ	VILA ROCHADELA	-23,517	-46,767	4.216,0	FCTH/DAEE-SP	1/9/1963	1/12/1968
62310500	RIO TIETÊ	QUITAUNA	-23,517	-46,800		ELETROPAULO	1/12/1969	1/8/1976
62312000	RIO TIETÊ	ALDEIA VELHA	-23,500	-46,867		ELETROPAULO	1/3/1954	1/10/1978
62321000	RIO TIETÊ	RODOVIA CASTELO BRANCO	-23,500	-46,850	4.726,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1970	1/4/1974
62324000	RIO SÃO JOÃO	SAGRADO CORAÇÃO	-23,517	-46,900	133,0	FCTH/DAEE-SP	1/2/1971	1/1/1981
62325000	RIO SÃO JOÃO	JANDIRA	-23,533	-46,900	133,0	FCTH/DAEE-SP	1/3/1965	1/9/1971
62326000	RIO SÃO JOÃO	BARUERI (CAPITÓLIO)	-23,509	-46,889	136,0	ELETROPAULO	1/9/1982	1/4/1991
62332000	RIO TIETÊ	MONTANTE EDGARD DE SOUZA	-23,467	-46,883	4.764,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1970	1/8/1972
62280000	RIO GRANDE	CAMPO GRANDE	-23,750	-46,333		FCTH/DAEE-SP	1/4/1965	1/11/1969
62291000	RIO EMBU GUAÇU	OLARIA	-23,900	-46,800	57,0	SABESP	1/7/1970	
62291500	RIBEIRÃO VERMELHO	ESTRADA MAMBU	-23,900	-46,800	14,0	SABESP	1/4/1970	
62292000	RIBEIRÃO DO CIPÓ	CIPÓ	-23,883	-46,783	10,2	SABESP	1/4/1970	
62292300	RIO EMBU GUAÇU	EMBU-GUAÇU	-23,836	-46,806	114,0	FCTH/DAEE-SP	1/8/1981	1/5/1993
62292400	RIO PEIXOTO	LAGOA GRANDE	-23,833	-46,800	17,0	SABESP	1/3/1970	
62292500	RIO EMBU MIRIM	EMBU-GUAÇU	-23,833	-46,817	78,0	SABESP	1/4/1970	
62294000	RIO EMBU MIRIM	EMBU	-23,633	-46,833	119,0	FCTH/DAEE-SP	1/11/1972	1/5/1981
62294500	RIO EMBU MIRIM	CACHOEIRA	-23,717	-46,800	199,0	SABESP	1/3/1970	
62299000	RIO PIRAJUSSARA	CAXINGUI	-23,567	-46,700	68,0	FCTH/DAEE-SP	1/10/1972	1/9/1976
62315000	RIO COTIA	CACHOEIRA DA GRAÇA	-23,650	-46,967	106,0	FCTH/DAEE-SP	1/6/1965	1/1/1974
62317000	RIO COTIA	PEDRO BEICHT	-23,700	-46,950	62,0	FCTH/DAEE-SP	1/5/1965	1/2/1974
62320000	RIO COTIA	BAIXO COTIA - SABESP	-23,533	-46,850	242,0	FCTH/DAEE-SP	1/6/1965	1/10/1987
62320500	RIO COTIA	ISOLINA	-23,533	-46,867	242,0	SABESP	1/12/1975	
62250002	RIO TIETÊ	THOMAS EDISON	-23,517	-46,667	2655	EMAE	1/11/1967	1/6/1980
62358001	RIO JUQUERI	FRANCO DA ROCHA	-23,333	-46,717	465	DAEE-SP	1/2/1980	1/3/1992

As **Tabelas 1.2 e 1.3** a seguir apresentam os postos de monitoramento fluviométricos inseridos nas bacias do PCJ e Baixada Santista, respectivamente.

Tabela 1.2 - Monitoramento Fluviométrico no PCJ

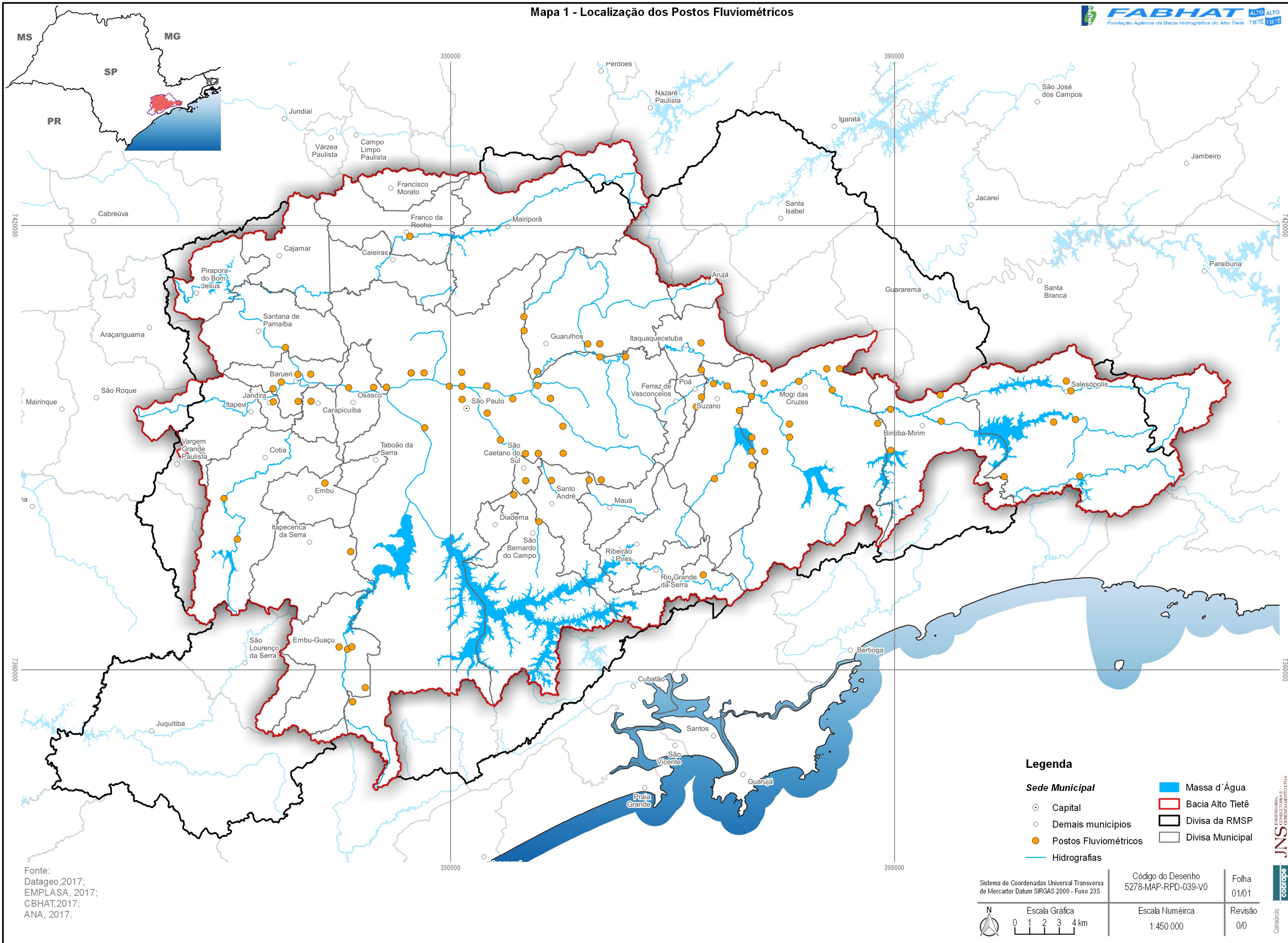
Código ANA	Curso d'Água	Local	Lat.	Long.	Área (km ²)	Entidade Responsável	Início	Fim
62400000	Jundiaí	Itaici	-23,1167	-47,1833	826	ANA	01/12/1963	01/12/1978
62385100	Jundiaí	Campo Limpo	-23,2089	-46,7464	124	DAEE-SP	01/06/1979	01/12/2002
	Capivari	Captação da SANASA	-	-	238	-	-	-
62420000	Capivari	Estação Fluviométrica Monte Mor	-22,9589	-47,2964	508	CONSTRUFAM	01/05/1952	01/12/2007
62428000	Capivari	Fazenda Itapeva	-23,0175	-47,5769	1.302,00	DAEE-SP	01/08/1980	01/12/1996
	Cachoeira	Barragem Cachoeira	-	-	392	-	-	-
	Atibainha	Barragem Atibainha	-	-	312	-	-	-
62669900	Atibaia	Estação Fluviom. Atibaia	-23,1053	-46,5558	1.167,40	DAEE-SP	01/01/2009	01/06/2014
62676000	Atibaia	Estação Fluviom. Bairro da Ponte	-22,9831	-46,8294	1.902,00	DAEE-SP	01/10/1929	01/12/2014
62690000	Atibaia	Estação Fluviométrica Acima Paulínia	-22,7444	-47,1361	2.716,00	DAEE-SP	01/11/1947	01/12/2014
	Jaguari	Barragem Jaguari-Jacaré	-	-	1.230,00	-	-	-
	Jaguari	Aproveitamento Cosmópolis	-	-	3.450,50	-	-	-
62605000	Jaguari	Estação Fluviom. Faz. Buenópolis	-22,8506	-46,7797	1.948,00	DAEE-SP	01/02/1930	01/12/2014
62622000	Camanducaia	Estação Fluviom. Monte Alegre do Sul	-22,6869	-46,6786	387	DAEE-SP	01/05/1944	01/11/2014
62628000	Camanducaia	Estação Fluviom. Fazenda Barra	-22,6756	-46,9675	928	DAEE-SP	01/01/1943	01/12/2014
	Pirapitingui	Aproveitamento Pirapitingui	-	-	437,7	-	-	-
62632000	Jaguari	Estação Fluviom. Usina Ester	-22,6572	-47,2147	3.386,00	DAEE-SP	01/05/1943	01/12/2014
62707000	Piracicaba	Estação Fluviométrica Piracicaba	-22,7167	-47,65	8.930,90	ANA	01/08/1931	01/12/1978
	Corumbataí	Estação Fluviom. Fazenda Recreio	-	-	1.567,00	DAEE-SP	-	-
	Piracicaba	Santa Maria da Serra	-	-	12.568,70	DAEE-SP	-	-

Tabela 1.3 - Monitoramento Fluviométrico na Baixada Santista

Código ANA	Curso d'Água	Local	Lat.	Long.	Área (km ²)	Entidade Responsável	Início	Fim
80260000	Itatinga	Barragem	-23,7667	-46,1167	99	ANA	-	-
80210000	Itapanhaú	Barragem	-23,6875	-46,0325	84	DAEE-SP	-	-
	Rio de Pedras	Barragem Pedras	-	-	30	-	-	-
	Capivari	Alto Capivari	-	-	37,3	-	-	-
80550000	Capivari	Capivari Vermelho	-23,9494	-46,6575	95	EMAE	-	-
	Capivari	Usina Ribeirão dos Campos	-	-	136	-	-	-

O **Mapa 1** apresenta a localização dos Postos fluviométricos na BAT.

Mapa 1 - Localização dos Postos Fluviométricos



Legenda

- Sede Municipal**
- Capital
- Demais municípios
- Postos Fluviométricos
- Hidrografias
- Massa d'Água
- Bacia Alto Tietê
- Divisa da RMSP
- Divisa Municipal

Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator Datum SIRGAS 2000 - Fuso 23S



Escala Gráfica
0 1 2 3 4 km

Código do Desenho
5278-MAP-RPD-039-V0

Escala Numérica
1:450.000

Folha
01/01

Revisão
0/0

Fonte:
Datageo, 2017;
EMPLASA, 2017;
CBHAT, 2017;
ANA, 2017.

2. SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES MÉDIAS MENS AIS

Conforme descrito no TR a CONTRATADA deverá efetuar a seleção dos postos fluviométricos de interesses para a caracterização da disponibilidade hídrica da Bacia do Alto Tietê e criar uma rede hidrométrica de referência, uma vez que a BAT dispõe de uma grande quantidade desses postos.

Todavia, conforme apresentado no item anterior, a BAT dispõe de 91 postos fluviométricos, sendo que a grande maioria apresenta períodos de operação restritos às décadas de 60 e 70 e apenas a estação 3E-036R – Rio Tietê, em Aços Anhanguera possui registros atualizados (posteriormente a 2010). Nesse contexto, a utilização de dados primários de monitoramento torna-se inviável, sendo o provimento das séries históricas efetuado por metodologias e alternativas.

Dessa forma, assim como nos estudos anteriores existentes, tal qual o Plano Diretor de Abastecimento de Água, a caracterização da disponibilidade hídrica natural nos pontos notáveis da rede hídrica será balizada por séries de vazões mensais naturais representativas dos escoamentos superficiais, localizadas em pontos estratégicos das redes de drenagem e da bacia hidrográfica estudada, conforme apresentada a seguir.

O PBH-AT (2017) utilizou como base para a determinação da disponibilidade hídrica superficial as séries de vazões médias mensais naturalizadas compreendendo o período de 1931 a 2015. Essas séries têm sido paulatinamente revisadas, tendo seus valores atualizados através dos seguintes estudos:

- “Planos de Aproveitamento de Recursos Hídricos da cidade de São Paulo” – DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica – Convênio HIBRACE – (Década de 70). Os estudos hidrológicos abrangeram séries de vazões mensais para um grande número de localidades ou sub-bacias de interesse da BAT e Baixada Santista, para o período de 1930/1970. Serviu de base para os demais, em especial o HIDROPLAN, PBAT e EMAE;
- “Plano Diretor de Utilização Integrada dos Recursos Hídricos na Região Metropolitana de São Paulo – SANESP – (Década de 80). A série histórica trabalhada pelo plano se inicia em 1931 e termina em 1980. As séries desenvolvidas no estudo do Convênio HIBRACE anterior foram estendidas, tendo como referência principal as séries de vazões mensais desenvolvidas pelo GCOI (atual ONS);
- “Plano Integrado do Aproveitamento e Controle dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê, Piracicaba e Baixada Santista” – Secretaria de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras – DAEE – Consórcio HIDROPLAN, 1995. Foram desenvolvidas séries de vazões mensais para um grande número de localidades ou sub-bacias de interesse, dentre as quais, rios Jaguari e Jacareí, Cachoeira e Atibainha bem como o Juqueri. Abrangeram o período de 1930/1993;
- “Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – Diagnóstico Analítico da Bacia – Relatório Preliminar” – DAEE – FUSP, 2008. Os estudos hidrológicos abordaram os cursos d’água formadores do Sistema Produtor Alto Tietê. Foram desenvolvidas séries de vazões médias mensais naturais para o período 1930/2003, para a realização dos balanços entre disponibilidade e demanda e capacidade remanescente de regularização de vazões dos mananciais do Alto Tietê.
- “Reconstituição das Vazões Naturais Médias Mensais dos Aproveitamentos do Alto Tietê - Relatório Final” – EMAE - maio de 2009 – V1.0. Para os estudos relativos à implantação de tratamento das águas do Canal Pinheiros pelo processo de flotação, a EMAE atualizou algumas das séries de vazões mensais utilizadas no PBAT até o ano de 2008.
- “Atualização de Séries Históricas de Vazões – Período 1931/2012” – ONS, 2013. Foram reconstituídas as séries de vazões mensais naturais para o período 1931/2012, para diversas localidades com aproveitamentos hidrelétricos, existentes ou planejados, nas bacias dos rios Tietê e Paraíba do Sul, dentre outras.
- “Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, no Estado de São Paulo” – DAEE – COBRAPE, 2008/2013. Tendo como um dos objetivos a garantia

até 2035 da segurança hídrica, o plano fez uma análise e validação das séries de vazões mensais disponíveis em estudos anteriores utilizadas como base para o cálculo das disponibilidades hídricas superficial de sua área de interesse;

- “Plano de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2008-2020” – Agência de Água PCJ, 2010 – Enfatizou a aplicação de algoritmos matemáticos de simulação da alocação de água em sistemas complexos de recursos hídricos. Utilizou séries de vazões médias mensais, para o período 1930/2003, para todas as subunidades em que foram segmentadas as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá;
- Estudos para revisão da Outorga do Sistema Cantareira - Convênio ANA/DAEE/ Ano 2013. Foram realizados estudos hidrológicos e de otimização da alocação e distribuição quantitativa do recurso hídrico entre as bacias do Piracicaba e Alto Tietê.

O PBH-AT (2009) adotou como base, para obtenção das séries históricas, os estudos citados anteriormente, com exceção dos três últimos, os quais foram desenvolvidos posteriormente ao Plano. O período das séries contempladas naquele plano foi de janeiro de 1930 a dezembro de 2003.

A atualização mais recente das séries de vazões médias naturais foi realizada pela Sabesp no Plano Diretor de Abastecimento de Água (PDAA), atualmente em fase de conclusão. O período das séries contempladas no PDAA foi de janeiro de 1930 a setembro de 2015. A principal motivação para essa atualização foram os eventos de seca observados em 2013/2015, acarretando situação crítica para os sistemas Cantareira e Alto Tietê.

A **Tabela 2.1** apresenta as principais características dos pontos da rede hídrica, para os quais existem as séries de vazões médias mensais, obtidos através dos estudos anteriores. Alguns desses locais coincidem com os dos postos fluviométricos e outros são os pontos de controle tais como: locais de aproveitamentos hidráulicos existentes, foz ou confluências de rios, usinas hidrelétricas, etc.

Tabela 2.1 - BAT - Locais Adotados como Base nos Estudos Anteriores

UGRHI	Curso d'Água	Local	Área (km²)	Fonte dos Dados	Período dos Dados
Alto Tietê	Rio Claro	Barragem Ribeirão do Campo	12	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Claro	Poço Preto (Captação)	103	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Claro	Km 76 (Captação)	145	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Tietê	Barragem de Ponte Nova	320	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Paraitinga	Barragem Paraitinga	182	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Tietê	Estação Elevatória de Água Bruta de Biritiba (Captação)	593	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Ribeirão Biritiba-Mirim	Barragem Biritiba	75	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Tietê	Jusante da Foz do Biritiba	715	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Jundiá	Barragem Jundiá	122	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Tietê	Jusante da Foz do Jundiá	1083	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Tietê	Rio Guaió	56	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Taiaçupeba	Barragem Taiaçupeba	220	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Tietê	Jusante da Foz do Taiaçupeba	1325	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Grande	Barragem do Rio Grande – Reserv. Billings	560	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Grande	Barragem Anchieta	182	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Guarapiranga	Barragem Guarapiranga	631	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Cotia	Reservatório Pedro Beicht	63	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Cotia	Reservatório Isolina	240	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Cotia	Reservatório Cachoeira da Graça	107	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Tietê	Barragem Edgard de Souza	4750	ONS	1931/2015
Alto Tietê	Ribeirão Santa Inês	Barragem Águas Claras	26	MACRO/PDAA	1930/2015
Alto Tietê	Rio Juqueri	Barragem Paiva Castro	338	MACRO/PDAA	1930/2015

Continua...

Tabela 2.1 - BAT - Locais Adotados como Base nos Estudos Anteriores

UGRHI	Curso d'Água	Local	Área (km ²)	Fonte dos Dados	Período dos Dados
Baixada Santista	Rio de Pedras	Barragem Pedras	30	MACRO/PDAA	1930/2015
Baixada Santista	Rio Itatinga	Itatinga (Captação)	99	MACRO/PDAA	1930/2015
Baixada Santista	Rio Itapanhaú	Itapanhaú (Captação)	84	MACRO/PDAA	1930/2015
Baixada Santista	Rio Capivari	Capivari (Captação)	37	MACRO/PDAA	1930/2015
Baixada Santista	Rio Guaratuba	Guaratuba (Captação)	20	MACRO/PDAA	1930/2015
Paraíba do Sul	Rio Paraibuna	Barragem Paraibuna	4208	MACRO/PDAA	1930/2015
Paraíba do Sul	Rio Paraíba do Sul	Barragem Santa Branca	4880	MACRO/PDAA	1930/2015
Paraíba do Sul	Rio Jaguari	UHE Jaguari	1298	MACRO/PDAA	1930/2015
Paraíba do Sul	Guararema	Capt. Guararema	5219	MACRO/PDAA	1930/2015
Piracicaba, Capivari e Jundiá	Rio Jaguari	Barragem Jaguari – Jacareí	1230	MACRO/PDAA	1930/2015
Piracicaba, Capivari e Jundiá	Rio Cachoeira	Barragem Cachoeira	392	MACRO/PDAA	1930/2015
Piracicaba, Capivari e Jundiá	Rio Atibainha	Barragem Atibainha	312	MACRO/PDAA	1930/2015
Piracicaba, Capivari e Jundiá	Rio Atibaia	Estação Fluviométrica Atibaia	1143	MACRO/SARPCJ	1930/2015
Piracicaba, Capivari e Jundiá	Rio Atibaia	Estação Fluviométrica Valinhos	2152	MACRO/SARPCJ	1930/2015
Piracicaba, Capivari e Jundiá	Rio Jaguari	Posto Guaripocaba	1353	MACRO/PDAA	1930/2015
Piracicaba, Capivari e Jundiá	Rio Jaguari	Estação Fluviométrica Faz. Buenópolis	1950	MACRO/PDAA	1930/2015
Ribeira de Iguape	Rio São Lourenço	Captação São Lourenço	148	MACRO/PDAA	1930/2015
Ribeira de Iguape	Rio Juquiá	Captação Alto Juquiá	57	MACRO/PDAA	1930/2015
Ribeira de Iguape	Rio Juquiá	Barragem Usina Hidroelétrica França	950	MACRO/PDAA	1930/2015

Os demais pontos necessários à modelagem hidráulica para determinação do balanço hídrico na BAT, foram determinados por proporcionalidade de área, referente à vazão específica incremental determinada pelos locais com séries existentes. A **Figura 2.1** sintetiza os pontos para onde foram definidas as séries mensais, e a **Tabela 2.2** apresenta as vazões médias, mínimas e máximas, bem como as específicas, definidas com base nos anos hidrológicos de 1931 a 2015 dessas séries.

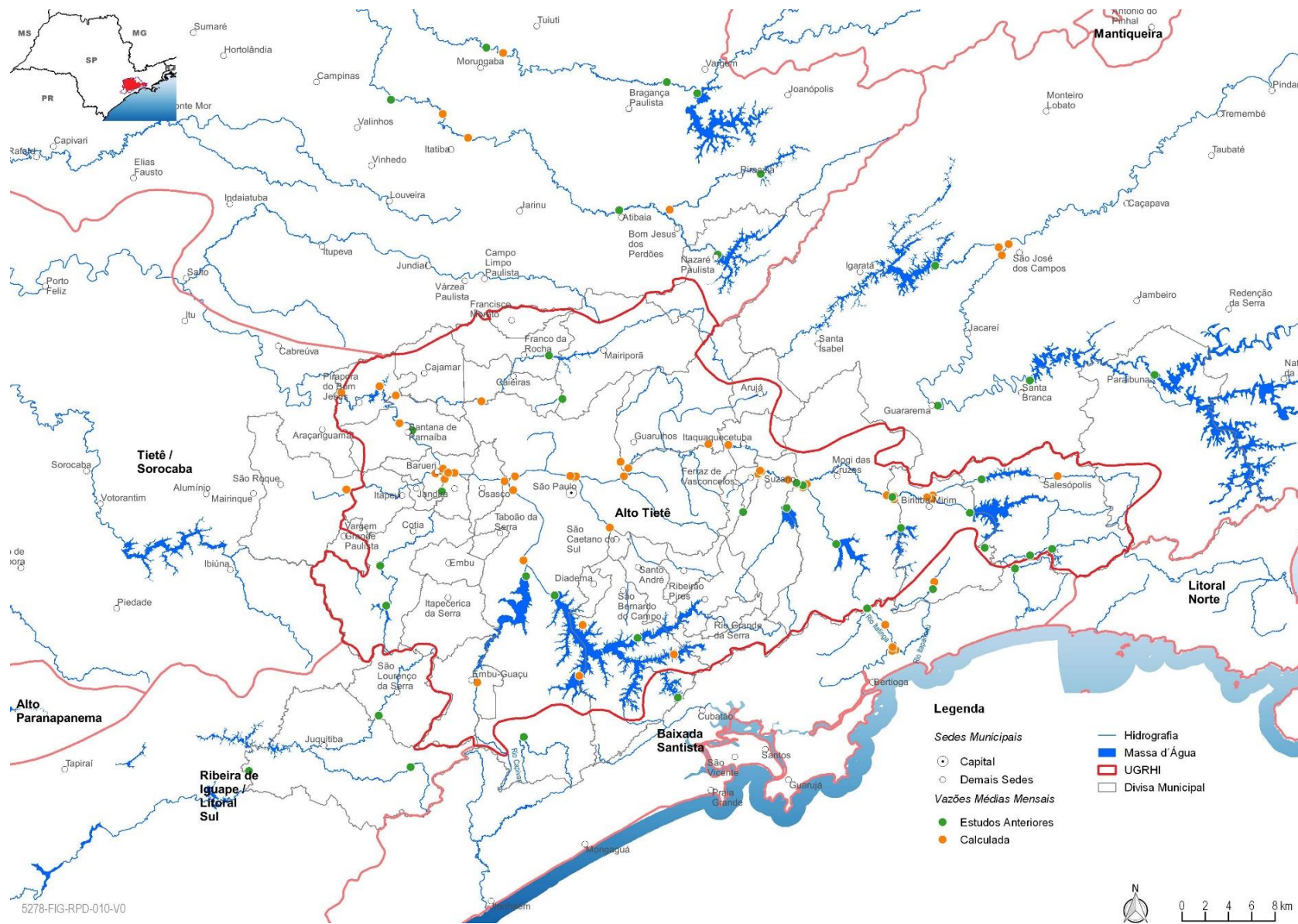


Figura 2.1 - Séries de Vazões Mensais Naturais

Tabela 2.2 - Locais de Entrada de Séries de Vazões Mensais no Modelo Hidráulico

URGHI	Origem	Local	Curso d'Água	AD [km ²]	Q _{máx} [m ³ /s]	Q _{méd} [m ³ /s]	Q _{mín} [m ³ /s]	Q _{98%*} [m ³ /s]	Q _{95%*} [m ³ /s]	Q _{80%*} [m ³ /s]	q _{méd} [l/s/km ²]
	MACRO/PDAA	Captação Poço Preto	Rio Claro	103	12,0	3,8	0,9	1,4	1,8	2,4	37,0
	MACRO/PDAA	Barragem Ribeirão do Campo	Ribeirão do Campo	12	3,2	1,0	0,2	0,3	0,5	0,6	86,4
	MACRO/PDAA	Captação Km76	Rio Claro	145	17,5	5,5	1,2	2,0	2,5	3,4	37,6
	MACRO/PDAA	Barragem Ponte Nova	Rio Tietê	320	27,7	8,5	1,6	3,1	3,9	5,2	26,6
	Gerada	Mont. Confluência Rio Paraitinga	Rio Tietê	357	30,0	9,2	1,7	3,3	4,2	5,6	25,7
	Gerada	Rio Paraitinga Cabeceira	Rio Paraitinga	106	5,1	1,4	0,3	0,5	0,6	0,8	13,6
	MACRO/PDAA	Barragem Paraitinga	Rio Paraitinga	182	8,8	2,5	0,5	0,8	1,0	1,4	13,6
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Paraitinga	217	10,9	3,1	0,7	1,1	1,2	1,8	14,4
	Gerada	Jusante da foz Rio Paraitinga	Rio Tietê	574	39,0	12,3	2,6	4,7	5,6	7,6	21,4
	Gerada	Mont. Confluência Rio Biritiba-Mirim	Rio Tietê	612	41,5	13,0	2,7	4,9	5,9	8,0	21,2
	MACRO/PDAA	Barragem Biritiba	Rio Biritiba-Mirim	75	8,8	1,9	0,1	0,4	0,5	0,9	25,7
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Biritiba-Mirim	100	14,4	3,2	0,2	0,7	0,9	1,4	31,6
	MACRO/PDAA	Jusante da Foz do Rio Biritiba-Mirim	Rio Tietê	715	54,0	16,2	3,5	5,9	7,0	9,5	22,6
	Gerada	Mont. Confluência Rio Jundiáí	Rio Tietê	943	62,5	19,2	5,1	6,9	8,4	11,3	20,4
	MACRO/PDAA	Barragem Jundiáí	Rio Jundiáí	122	10,3	2,3	0,0	0,3	0,6	1,1	19,0
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Jundiáí	145	12,2	2,6	0,1	0,4	0,8	1,3	18,1
Alto Tietê	MACRO/PDAA	Jusante da Foz do Rio Jundiáí	Rio Tietê	1.088	74,0	21,9	5,5	7,8	9,3	12,8	20,1
	MACRO/PDAA	Mont. Confluência Rio Taiapuêba	Rio Tietê	1.090	74,3	22,1	5,5	7,9	9,4	12,9	20,3
	MACRO/PDAA	Barragem Taiapuêba	Rio Taiapuêba-Açu	220	25,4	4,6	0,4	1,4	1,6	2,4	20,8
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Taiapuêba-Açu	235	29,9	6,6	0,5	2,0	2,4	3,6	28,2
	MACRO/PDAA	Jusante da Foz do Rio Taiapuêba-Açu	Rio Tietê	1.325	102,0	28,8	7,0	10,6	12,1	16,6	21,7
	Gerada	Rio Tietê	Rio Tietê	1.327	102,0	28,8	7,0	10,6	12,1	16,6	21,7
	Gerada	Mont. Confluência Rio Guaió	Rio Tietê	1.370	107,2	29,7	7,7	10,9	12,4	17,0	21,6
	Gerada	Captação Guaió	Rio Guaió	56	8,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,2	19,5
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Guaió	87	12,4	1,7	0,0	0,0	0,1	0,3	19,5
	Gerada	Jusante da Foz do Rio Guaió	Rio Tietê	1.472	118,9	31,6	8,8	11,7	12,9	17,8	21,5
	Gerada	Rio Tietê	Rio Tietê	1.517	124,1	32,5	8,9	11,8	13,0	18,0	21,4
	Gerada	Mont. Confluência Rio Cabuçu de Cima	Rio Tietê	1.888	124,1	32,5	8,9	11,8	13,0	18,0	21,4
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Cabuçu de Cima	124	167,0	39,8	9,4	12,8	14,3	20,4	21,1
	Gerada	Jusante da Foz do Rio Cabuçu de Cima	Rio Tietê	2.012	17,7	2,4	0,0	0,1	0,1	0,5	19,5
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tamandateí	Rio Tietê	2.157	181,3	42,2	9,5	13,0	14,5	21,2	21,0
	Gerada	Rio Tamandateí	Rio Tamandateí	274	198,0	45,0	9,6	13,1	14,8	21,8	20,9
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Tamandateí	330	39,1	5,3	0,1	0,1	0,2	1,1	19,5
	Gerada	Jusante da Foz do Rio Tamandateí	Rio Tietê	2.487	47,1	6,4	0,1	0,1	0,2	1,3	19,5

Continua...

Tabela 2.2 - Locais de Entrada de Séries de Vazões Mensais no Modelo Hidráulico (cont.)

URGHI	Origem	Local	Curso d'Água	AD [km ²]	Q _{máx} [m ³ /s]	Q _{méd} [m ³ /s]	Q _{mín} [m ³ /s]	Q _{98%} * [m ³ /s]	Q _{95%} * [m ³ /s]	Q _{80%} * [m ³ /s]	q _{méd} [l/s/km ²]
Alto Tietê	Gerada	Mont. Confluência Rio Pinheiros	Rio Tietê	2.642	238,9	51,4	9,8	13,5	15,5	23,9	20,7
	Gerada	Billings Braço Taquacetuba	Billings Braço Taquacetuba	95	261,0	54,4	9,9	13,8	15,6	24,5	20,6
	Gerada	Billings Braço Pedra Branca	Billings Braço Pedra Branca	22	14,9	2,6	0,1	0,1	0,3	1,1	27,8
	MACRO/PDAA	Barragem Rio Grande	Rio Grande	182	3,5	0,6	0,0	0,0	0,1	0,2	27,8
	MACRO/PDAA	Barragem Billings	Rio Jurubatuba	560	21,0	4,7	0,8	1,7	1,9	2,7	25,7
	Gerada	Captação ETA Embu Guaçu	Rio Embu Guaçu	116	80,7	16,3	2,5	4,0	4,8	8,3	29,1
	MACRO/PDAA	Barragem Guarapiranga	Rio Guarapiranga	631	10,4	2,3	0,5	0,8	0,9	1,3	19,6
	Gerada	Jusante Confluência Billings/Guarapiranga	Rio Pinheiros	1.309	56,9	12,4	2,7	4,2	4,9	7,0	19,6
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Pinheiros	1.473	151,2	31,0	5,8	9,0	11,1	16,4	23,6
	Gerada	Jusante da Foz do Rio Pinheiros	Rio Tietê	4.115	170,1	34,1	5,9	9,7	11,8	17,3	23,2
	Gerada	Mont. Confluência Rio Cotia	Rio Tietê	4.214	424,2	88,6	15,9	23,9	28,5	42,5	21,5
	MACRO/PDAA	Barragem Pedro Beicht	Rio Cotia	63	4,6	1,1	0,2	0,4	0,4	0,6	17,4
	MACRO/PDAA	Barragem Cachoeira da Graça	Rio Cotia	107	7,4	1,8	0,4	0,6	0,7	1,0	16,5
	MACRO/PDAA	Barragem Isolina Inferior	Rio Cotia	234	13,3	3,1	0,6	1,0	1,2	1,7	13,1
	Gerada	Rio Cotia	Rio Cotia	241	13,9	3,2	0,6	1,1	1,2	1,8	13,3
	Gerada	Ribeirão São João	Ribeirão São João	22	3,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	19,5
	Gerada	Ribeirão São João	Ribeirão São João	160	22,9	3,1	0,0	0,1	0,1	0,6	19,5
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Cotia	401	36,3	6,3	0,8	1,3	1,6	2,6	15,8
	Gerada	Jusante da Foz do Rio Cotia	Rio Tietê	4.615	467,0	96,8	16,7	25,5	30,3	45,9	21,0
	ONS	Barragem Edgar de Souza	Barragem Edgar de Souza	4.750	482,6	99,5	16,8	25,7	30,5	46,5	20,9
	Gerada	Jusante da Barragem Edgar de Souza	Rio Tietê	4.774	485,4	99,8	16,8	25,8	30,6	46,7	20,9
	MACRO/PDAA	Barragem Águas Claras	Ribeirão Santa Inês	26	1,8	0,5	0,1	0,1	0,2	0,3	18,3
	MACRO/PDAA	Barragem Paiva Castro	Rio Juqueri	312	19,6	4,6	0,5	1,3	1,7	2,5	14,8
	Gerada	Rio Juqueri	Rio Juqueri	604	37,5	8,8	1,6	2,5	3,2	4,7	14,6
	Gerada	Mont. Confluência Rio Tietê	Rio Juqueri	916	63,9	13,3	2,0	3,4	4,4	7,2	14,5
	Gerada	Pirapora	Rio Tietê	5.690	545,2	113,1	19,8	30,8	36,5	55,0	19,9
	Gerada	Rasgão	Rio Tietê	5.775	556,9	115,4	19,9	31,4	37,2	55,8	20,0
Paraíba do Sul	MACRO/PDAA	Barragem UHE Paraíba	Rio Paraíba do Sul	4.150	270,0	68,1	21,0	28,0	31,4	42,0	16,4
	MACRO/PDAA	Rio Paraíba do Sul	Barragem UHE Santa Branca	5.030	308,0	79,5	23,0	32,1	37,0	49,0	15,8
	MACRO/PDAA	Rio Paraíba do Sul	Guararema	5.219	325,1	84,5	25,1	34,7	39,5	52,3	16,2
	Gerada	Rio Paraíba do Sul	Rio Paraíba do Sul	5.852	386,6	96,4	29,7	39,6	44,5	59,3	16,5
	MACRO/PDAA	Rio Jaguari	Rio Jaguari	1.300	98,0	27,6	5,0	10,0	11,0	16,0	21,2
	Gerada	Rio Jaguari	Rio Jaguari	1.839	138,6	39,0	7,1	14,1	15,6	22,6	21,2
Gerada	Rio Paraíba do Sul	Rio Paraíba do Sul	7.691	496,9	135,5	36,8	56,6	62,2	82,8	17,6	

Continua...

Tabela 2.2 - Locais de Entrada de Séries de Vazões Mensais no Modelo Hidráulico (cont.)

URGHI	Origem	Local	Curso d'Água	AD [km ²]	Q _{máx} [m ³ /s]	Q _{méd} [m ³ /s]	Q _{mín} [m ³ /s]	Q _{98%} * [m ³ /s]	Q _{95%} * [m ³ /s]	Q _{80%} * [m ³ /s]	q _{méd} [l/s/km ²]
Piracicaba, Capivari e Jundiá	MACRO/PDAA	Bar. Cachoeira	Rio Cachoeira	392	30,7	8,2	0,5	1,6	2,4	5,3	20,9
	MACRO/SARPCJ	Rio Cachoeira	Rio Cachoeira	570	40,9	10,9	0,9	2,8	3,8	6,7	19,1
	MACRO/PDAA	Bar. Atibainha	Rio Atibainha	312	19,5	5,8	0,5	1,6	2,3	4,2	18,7
	MACRO/SARPCJ	Rio Atibainha	Rio Atibainha	597	46,6	10,1	0,9	3,1	4,1	6,5	17,0
	MACRO/SARPCJ	Rio Atibaia	Rio Atibaia	1.167	86,4	21,0	2,1	6,4	8,2	13,3	18,0
	MACRO/SARPCJ	Posto Atibaia	Rio Atibaia	1.167	93,7	22,4	2,2	6,9	8,8	13,9	19,2
	Gerada	Rio Atibaia	Rio Atibaia	1.278	99,7	23,7	2,3	7,4	9,4	14,5	18,5
	Gerada	Rio Atibaia	Rio Atibaia	1.760	125,7	28,9	3,0	9,3	22,2	16,7	16,4
	Gerada	Rio Atibaia	Rio Atibaia	1.902	134,5	30,6	3,1	9,9	11,9	17,4	16,1
	SARPCJ	Posto Valinhos	Rio Atibaia	2.152	154,7	34,2	3,5	11,1	13,1	18,9	15,9
	MACRO/PDAA	Bar. Jaguari/Jacareí	Rios Jaguari e Jacareí	1.230	118,0	24,5	2,6	6,8	8,1	14,2	20,0
	MACRO/PDAA	Posto Guaripocaba	Rio Jaguari	1.353	125,5	26,3	2,9	7,8	9,1	14,9	19,5
	Gerada	Rio Jaguari	Rio Jaguari	1.789	152,1	32,7	4,0	9,7	11,7	17,7	18,3
	MACRO/PDAA	Posto Buenópolis	Rio Jaguari	1.950	161,9	35,0	4,3	10,5	12,6	18,9	18,0
	Ribeira de Iguape	MACRO/PDAA	Captação Capivari	Rio Capivari	12	8,6	0,7	0,0	0,2	0,2	0,3
Gerada		Rio Capivari	Rio Capivari	37	27,6	2,3	0,2	0,6	0,8	1,1	62,8
MACRO/PDAA		Barragem Pedras	Rio das Pedras	30	17,1	3,5	0,04	0,6	0,9	1,7	117,7
MACRO/PDAA		Captação Itatinga	Rio Itatinga	99	23,5	6,6	1,1	1,9	2,2	3,4	67,0
Gerada		CODESP	Rio Itatinga	122	29,0	8,2	1,4	2,3	2,7	4,2	67,0
Gerada		Rio Itatinga	Rio Itatinga	134	31,8	9,0	1,5	2,6	3,0	4,6	67,0
Gerada		Proj. Captação	Rio Sertãozinho	53	7,4	2,2	0,7	0,9	1,0	1,3	41,8
MACRO/PDAA		Captação Itapanhaú	Rio Itapanhaú	84	11,8	3,5	1,1	1,5	1,6	2,1	41,8
Gerada		Rio Itapanhaú	Rio Itapanhaú	171	24,0	7,1	2,2	3,0	3,2	4,3	41,8
Gerada		Rio Itapanhaú	Rio Itapanhaú	304	53,9	16,1	3,9	5,5	6,3	8,9	52,9
MACRO/PDAA		Captação Guaratuba	Rio Guaratuba	20	7,9	2,5	0,7	1,0	1,1	1,5	124,8
MACRO/PDAA		Capt. São Lourenço	Rio São Lourenço	148	9,3	2,7	0,7	1,1	1,3	1,7	18,0
MACRO/PDAA		Capt. Alto Juquiá	Rio Juquiá	57	9,0	2,4	0,8	1,0	1,1	1,5	41,5
MACRO/PDAA		Bar. UHE França	Rio Juquiá	951	76,7	23,2	0,7	11,1	13,5	17,2	24,4

* Com base nos dados de série mensais.

3. ESTUDO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS SISTEMAS PRODUTORES

Esse capítulo tem como objetivo apresentar a atualização dos estudos de disponibilidade hídrica superficial para cada um dos sistemas produtores existentes e que foram considerados no PBH-AT (2009), no capítulo pertinente aos estudos de simulação matemática. A atualização foi realizada com base nas séries de vazões estendidas até setembro de 2015, onde foi possível identificar as vazões disponibilizadas para cada uma das ETAs estudadas, para diversos cenários, através das curvas de permanências das vazões. A curva de permanência de vazão é um traçado gráfico que informa com que frequência a vazão de dada magnitude é igualada ou excedida durante o período de registro de vazão. Desta forma é possível verificar se tal disponibilidade de vazão, seja ela natural ou obtida através de transposições entre bacias é suficiente para atender a capacidade de uma dada ETA.

3.1. Consideração sobre o Balanço Hídrico – PBH-AT (2009) e PBH-AT (2017)

A avaliação da disponibilidade hídrica no PBH-AT (2009) foi realizada mediante utilização do modelo de rede de fluxo denominado AcquaNet, desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões da Escola Politécnica da USP (LabSid). O AcquaNet é um modelo utilizado para análise de sistemas complexos de recursos hídricos e está estruturado como um sistema de suporte à decisão. Devido à complexidade do sistema de abastecimento de água existente na BAT, o AcquaNet tornou-se referência nos estudos de maior relevância nesta região.

O PBH-AT (2009) analisou o Sistema Cantareira, os Sistemas Produtores do Alto Tietê, Rio Claro e Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Cotia, que são operados pela Sabesp. O modelo foi concebido considerando-se as séries históricas mensais para o período de janeiro de 1930 a dezembro de 2003. Foram considerados nesta simulação os dados de demandas provenientes do cadastro de outorgas disponibilizado pelo DAEE.

A modelagem para o cálculo do balanço hídrico no PBH-AT (2017) foi realizada em duas etapas. Na primeira, correspondente ao diagnóstico, que considera as demandas para o ano de 2015, foi analisada a curva de permanência de vazão das ETAs e dos Pontos de Controle e atendimento às demandas de montante das ETAs. Já na segunda etapa, de prognóstico, foram projetadas as demandas de montante das ETAs e analisou-se novamente a curva de permanência das ETAs. Nos casos em que estavam previstos ampliação na capacidade de tratamento da ETA e a disponibilidade não se mostrou suficiente para atender, consideram-se novos aproveitamentos (isoladamente ou em conjunto) para suprir os déficits.

Como no PBH-AT (2009), o PBH-AT (2017) também adotou o Sistema de Suporte à Decisão (SSD) – AcquaNet. Este modelo de rede de fluxo para simulação de bacias hidrográficas tem como vantagem a facilidade na utilização e rapidez de processamento, características que se mostraram adequadas ao estudo do balanço hídrico da BAT. Além disso, procedimentos semelhantes já foram aplicados em diversos projetos e estudos, como no Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental do Sistema Adutor Regional PCJ (SARPCJ), no Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020, no Plano Diretor de Abastecimento de Abastecimento de Água (em elaboração pela Sabesp), em estudos com objetivos de avaliar os impactos de novas transposições de vazão no rio Paraíba do Sul e também vem sendo utilizado pela Sabesp em análises específicas sobre seus sistemas de abastecimento, em particular o Sistema Cantareira.

Durante a realização do presente PBH-AT (2017) o balanço hídrico foi realizado de duas formas denominadas “**integrado**” e “**isolado**”.

O **balanço hídrico integrado** corresponde, como o próprio nome sugere, à modelagem que integra todos os sistemas produtores, todas as demandas isoladas (irrigação e indústrias com captações próprias) e objetiva analisar o atendimento a todas as zonas de demandas que compõem a BAT, incorporando, inclusive, as transferências de água entre sistemas produtores que estão previstas no Sistema Adutor Metropolitano (SAM), operado pela Sabesp. Os resultados dessa modelagem são: (i) curvas de permanência de atendimento às demandas para cada zona de demanda; e (ii)

curvas de permanência das vazões afluentes a cada uma das estações de tratamento de água que compõem o sistema integrado da Sabesp.

O **balanço hídrico isolado** corresponde à modelagem de cada um dos sistemas produtores de água para abastecimento, que compõem o sistema integrado da Sabesp. A partir das séries de vazões médias mensais observadas em cada manancial e dos usos prioritários em relação a ETA (as demandas de montante, as restrições operacionais e as transposições regulamentadas por outorgas de direito de uso da água), obtém-se, como resultado, a curva de permanência que, nas condições descritas, corresponde às vazões disponíveis resultantes para cada uma das estações de tratamento de água estudadas. Desta curva de permanência extrai-se, diretamente, qual a garantia para a vazão correspondente à capacidade nominal da ETA e qual vazão estará disponível para a ETA 100% do tempo.

A análise das disponibilidades que resultam para cada uma das ETA, individualmente, **Balanço Hídrico Isolado**, ou seja, quanto de vazão estaria disponível para a ETA após atender todas as demandas de montante e as restrições operacionais – quando estas existirem –, está apresentado a seguir.

A análise do **Balanço Hídrico Integrado**, ou seja, onde adotou-se todas as particularidades do sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo, tais como capacidade de adução dos sistemas de abastecimento, interligações entre sistemas, flexibilidade de atendimento entre sistemas para atendimento de uma região específica, entre outros, faz parte dos relatórios de diagnóstico (Capítulo 6 – Balanço Hídrico) e prognóstico (Capítulo 2.3 – Disponibilidade de Recursos Hídricos). Desta forma o cenário contempla todas as peculiaridades da rede de abastecimento e permite uma melhor aproximação da realidade.

Este entendimento inicial se faz necessário, pois dentro deste Plano de Bacia existem, conforme acima comentado, duas formas de abordagem (**análise isolada e integrada**) cujos resultados não são comparáveis entre si, pois cada uma delas buscam objetivos diferentes.

De acordo com o TR, a análise neste relatório deve obedecer às mesmas diretrizes do PBH-AT (2009), isto é, **Balanço Hídrico Isolado**. Portanto, analisou-se de forma isolada, três grandes sistemas produtores: (i) Cantareira; (ii) Alto Tietê e Rio Claro; e (iii) Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos.

A partir desta subdivisão foi possível simular cenários, fazendo-se uso de uma série hidrológica de mais de 84 anos de valores médios mensais de vazão, considerando a operação dos reservatórios existentes com suas respectivas regras ou restrições, principalmente a nova outorga do Sistema Cantareira publicada em 31 de maio de 2017 (Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 925 de 29/05/2017).

Considerou-se como horizonte de análise de curto, médio e longo prazo, respectivamente, os anos de 2015, 2027 e 2045, onde estabeleceu-se para cada ano, projeções populacionais e de demandas que se localizam a montante das ETAs.

Para o PBH-AT (2017) foram identificadas 6 (seis) demandas que precisaram ser colocadas em ordem de priorização. Para a modelagem, a prioridade número 1 (hum) é o atendimento as restrições operacionais, seguida das demandas de montante. A menor prioridade são as Estações de Tratamento de Água (prioridade 6), pois dessa forma se permite avaliar de fato qual é a disponibilidade hídrica, isto é, a vazão que os sistemas produtores são capazes de disponibilizar para cada ETA, após cumprir com os atendimentos prioritários de montante. A **Tabela 3.1** apresenta as demandas e suas respectivas prioridades.

Tabela 3.1 - Ordem de prioridade para atendimento às demandas

Demanda (consuntiva ou de passagem)	Prioridade
Restrições Operacionais	1
Seções de Controle	2
Demandas Urbanas de Montante da ETA	3
Demandas Industriais de Montante da ETA	4
Demandas Agrícolas de Montante da ETA	5
Estações de Tratamento de Água - ETA	6

Na análise de cada um desses sistemas produtores de água, as prioridades de atendimento às demandas, se deram de montante para jusante. Por exemplo, no Sistema Cantareira, especificamente nas represas Jaguari-Jacareí, considerou-se para efeito da modelagem, as demandas de montante dos reservatórios somadas as demandas de jusante até o posto Buenópolis, localizado no rio Jaguari. Estas demandas foram consideradas – entre os reservatórios Jaguari-Jacareí e o posto Buenópolis –, pois interferem na vazão de restrição do posto de controle de Buenópolis. Ou seja, não necessariamente, é preciso disponibilizar através das represas Jaguari-Jacareí vazão igual a requerida pelo posto de controle, uma vez existem vazões naturais ao longo do trecho, que precisam ser consideradas. Este mesmo método foi aplicado aos demais locais.

No cálculo do balanço hídrico, o atendimento às demandas e às regras operacionais têm maior prioridade do que os sistemas produtores, neste caso, representadas pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs). Isso significa que durante a modelagem, as ETAs só são atendidas, mesmo que de forma parcial, após as demandas de montante serem supridas. Esta análise possibilita verificar se a vazão meta disponibilizada à ETA é capaz de suprir as demandas requeridas, neste caso, sua capacidade de tratamento. A seguir, são apresentadas as análises e particularidades de cada sistema produtor de água considerados no PBH-AT (2017). A **Tabela 3.2** apresenta um resumo dos cenários e arranjos que foram considerados para cada sistema produtor.

Tabela 3.2 - Resumo dos cenários/arranjos utilizados na modelagem

Sistemas Produtores	Vazão Meta	Ano	Cenários/Arranjos
Cantareira	ETA Guaraú: 33,00 m³/s	2015	Antiga Outorga
			Nova Outorga sem a transposição Jaguari-Atibainha
			Nova Outorga com a transposição Jaguari-Atibainha
		2027	Nova Outorga
Alto Tietê e Rio Claro	ETA Taiacupeba: 15,00 m³/s	2015	Condição Atual
			Condição Atual com a transposição do Itapanhá
	ETA Taiacupeba: 22,00 m³/s	2027	Condição Futura com as transposições de Itapanhá e Paraibuna-Ponte Nova
			Condição Futura com as transposições Itatinga, Itapanhá e Paraibuna-Ponte Nova
		2045	Condição Futura com as transposições de Itapanhá e Paraibuna-Ponte Nova
			Condição Futura com as transposições Itatinga, Itapanhá e Paraibuna-Ponte Nova
Guarapiranga- Billings, Rio Grande e Capivari-Monos	ETA RJCS: 16,00 m³/s	2015	Condição Atual
		2027	Condição Futura com a transferência de 4,0 m³/s do Taquacetuba e 10,0 m³/s da reversão Pinheiros-Billings
		2035	Condição Futura com a transferência de 4,0 m³/s do Taquacetuba e 10,0 m³/s da reversão Pinheiros-Billings

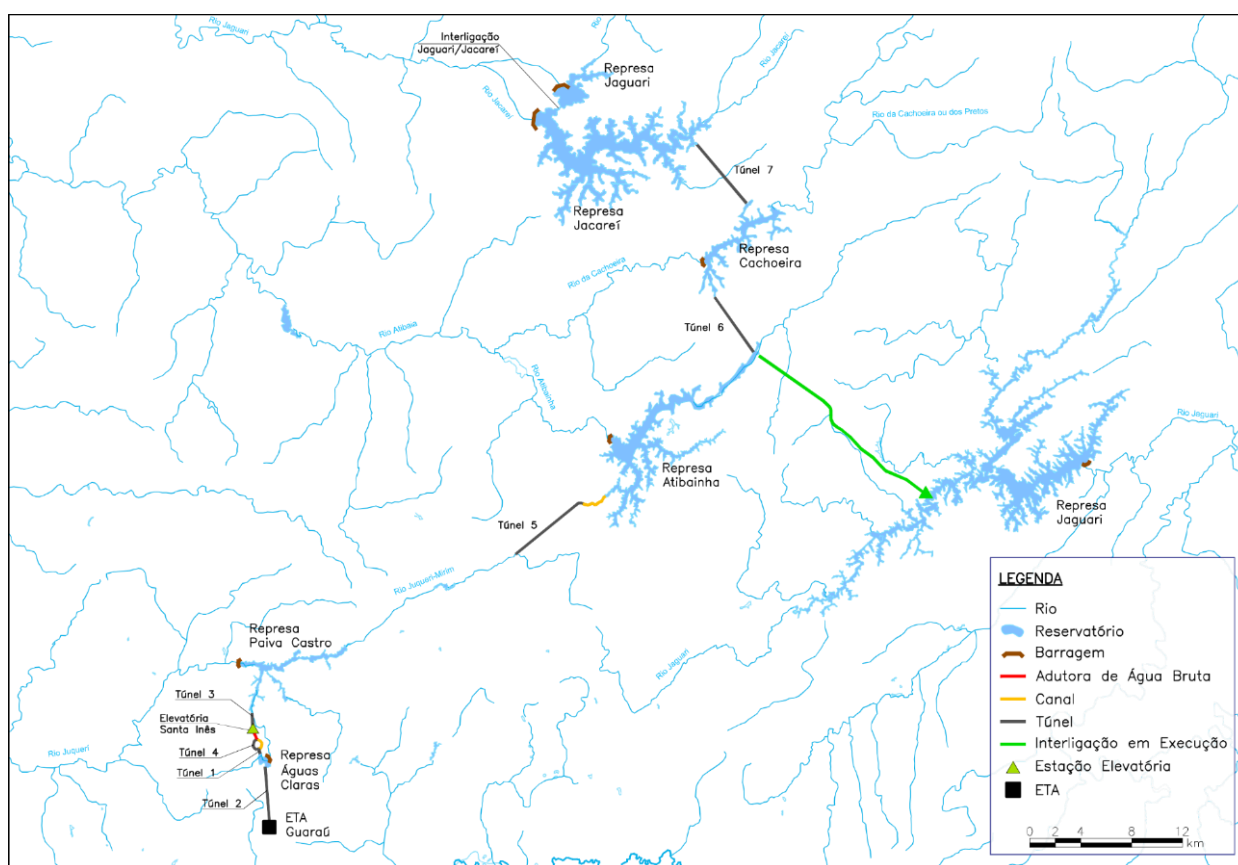
3.2. Sistema Produtor Cantareira

Localizado ao norte da RMSP, o Sistema Cantareira é formado por uma série de reservatórios, tuneis e canais, que captam e transferem águas de corpos hídricos da bacia do rio Piracicaba (UGRHI 05 - PCJ) para a bacia do rio Juqueri (UGRHI 06 – BAT). Em operação desde 1974, esse sistema é o principal e maior Sistema Produtor de Água para a RMSP, responsável pelo abastecimento de cerca de nove milhões de pessoas na Capital e dos municípios de Franco da

Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Guarulhos (parte), Osasco, Carapicuíba, Barueri (parte), Taboão da Serra (parte), Santo André (parte), São Caetano do Sul, entre outros. Ou seja, atende cerca de 47% da demanda da RMSP e 65% da demanda do município de São Paulo – posição de Dez/13 – (CHESS, 2015).

O Sistema Cantareira é formado por um conjunto de 6 reservatórios. Os reservatórios Jaguari/Jacareí, Cachoeira e Atibainha localizam-se nas cabeceiras do rio Piracicaba e os reservatórios Paiva Castro e Águas Claras, localizados na bacia do Juqueri. Os reservatórios Jaguari/Jacareí transferem suas águas, através do túnel 7, para o reservatório Cachoeira. Este, por sua vez, através do túnel 6, aporta vazões para o reservatório Atibainha.

A partir do túnel 5, as águas são transpostas para o reservatório Paiva Castro inserido na BAT. Deste, as águas são encaminhadas para a Estação Elevatória de Santa Inês (EEA Santa Inês), que as bombeiam, superando a Serra da Cantareira, para o reservatório Águas Claras. Este reservatório tem por objetivo manter um fluxo contínuo para o abastecimento da ETA Guaraú por cerca de 3 horas sem recebimento de contribuição do reservatório Paiva Castro. A **Figura 3.1**, a seguir, apresenta o esquema do Sistema Cantareira.



Fonte: PDAA – Em elaboração pela SABESP.

Figura 3.1 - Representação do Sistema Cantareira

O Sistema Cantareira possui um volume útil total de reservação de água bruta de 981,93 Mm³ (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 - Volumes úteis utilizados na modelagem para o Sistema Produtor Cantareira

Reservatórios	Volume útil (Mm ³)
Jaguari-Jacareí	808,04
Atibainha	96,26
Cachoeira	69,26
Paiva Castro	7,61
Águas Claras	0,76
Total	981,93

Fonte: Resolução Conjunta DAEE n° 925/2017

A derivação de 33 m³/s da bacia do rio Piracicaba para a bacia do rio Juqueri foi autorizada, pela primeira vez, através da Portaria do Ministério de Minas e Energia n° 750, publicada em 08 de agosto de 1974. Ao longo dos anos, outras autorizações foram emitidas e a mais atual, vigente, é a Resolução Conjunta DAEE n° 926 de 29/05/2017, publicada no DOU de 31 de maio de 2017, onde estabeleceu novas regras de operação e transposição de vazões entre os reservatórios. Esta vazão proveniente da bacia do rio Piracicaba, somada as contribuições naturais das bacias dos reservatórios Paiva Castro e Águas Claras, são encaminhadas à ETA Guaraú, que possui uma capacidade de produção de água de 33 m³/s.

De acordo com a Resolução Conjunta DAEE n° 926 de 29/05/2017, antes de aduzir 33m³/se do sistema equivalente – represas Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha – para a elevatória de Santa Inês, é preciso respeitar as restrições operacionais impostas por esta nova outorga. As restrições de jusante dos reservatórios foram estabelecidas com o objetivo de regularizar as vazões dos rios Jaguari, Cachoeira e Atibainha, na bacia do rio Piracicaba, para que fossem supridas suas demandas. Ou seja, tais restrições são prioridades de atendimento dentro do Sistema Cantareira, onde, somente o excedente é encaminhado para o Túnel 5. As restrições são pequenas frente a vazão transposta pelo Túnel 5, contudo influenciam na disponibilidade à ETA Guaraú. Para efeito de modelagem, todas essas regras foram contempladas com suas respectivas prioridades de atendimento.

3.2.1. Dados Operacionais do Sistema Produtor Cantareira

Para a modelagem do PBH-AT (2017), como mencionado anteriormente, considerou-se a nova outorga de uso do Sistema Cantareira para fins de abastecimento público, dada pela Resolução Conjunta DAEE n° 926 de 29/05/2017, publicada no DOU de 31 de maio de 2017. De acordo com esta outorga, ficaram definidas regras para operação do Sistema Cantareira para atendimento da RMSP e das Bacias PCJ.

A operação respeitará dois períodos hidrológicos do ano e a condição de armazenamento dos reservatórios: (i) Período Úmido que vai de 1° de dezembro de um ano a 31 de maio do ano seguinte; (ii) Período Seco de 1° de junho a 30 de novembro do mesmo ano.

Em relação a operação dos reservatórios do Sistema Equivalente são consideradas as seguintes definições:

- A vazão mínima a jusante dos reservatórios Jacareí/Jaguari, no rio Jaguari – 0,25 m³/s;
- A vazão mínima a jusante dos reservatórios Cachoeira/Atibainha, no rio Atibaia - 0,25 m³/s;
- A vazão mínima a jusante do reservatório Paiva Castro, no rio Juqueri – 0,10 m³/s

Para a RMSP, o controle será de acordo com a vazão captada pela Sabesp na Estação Elevatória Santa Inês conforme as seguintes regras estabelecidas:

- Faixa 1: Normal – volume útil acumulado igual ou maior que 60% e limite de retirada de 33 m³/s;
- Faixa 2: Atenção – volume útil acumulado igual ou maior que 40% e menor que 60% e limite de retirada de 31 m³/s;
- Faixa 3: Alerta – volume útil acumulado igual ou maior que 30% e menor que 40% e limite de retirada de 27 m³/s;
- Faixa 4: Restrição – volume útil acumulado igual ou maior que 20% e menor que 30% e limite de retirada de 23 m³/s;
- Faixa 5: Especial – volume acumulado inferior a 20% do volume útil e limite de retirada de 15,5 m³/s.

Ainda, respeitando as faixas operacionais, quando o Sistema Cantareira estiver operando nas Faixas 2, 3 e 4 terá um acréscimo da vazão média de 5,13 m³/s da transposição Jaguari – Atibainha. Já na Faixa 5 as vazões serão definidas pelos órgãos gestores para que se mantenha a segurança hídrica do sistema. Para controle de vazões nas Bacias PCJ, ficam definidos postos de controle a jusante do Sistema Cantareira sendo eles: (i) Posto de Captação Valinhos no rio Atibaia; e, (ii) Posto Buenópolis no rio Jaguari, de acordo com os limites estabelecidos a seguir:

• **Período úmido**

- Faixas 1 e 2 – as vazões mínimas de 12,0 m³/s no posto de Valinhos; 3,0 m³/s no posto de Atibaia; e 2,5 m³/s no posto de Buenópolis;
- Faixas 3 e 4 – as vazões mínimas de 11,0 m³/s no posto de Valinhos; 2,0 m³/s no posto de Atibaia; e 2,0 m³/s no posto de Buenópolis; e,
- Faixa 5 – as vazões mínimas de 10,0 m³/s no posto de Valinhos e 2,0 m³/s no posto de Buenópolis.

• **Período seco**

- Faixas 1, 2, 3 e 4 – a vazão mínima de 10,0 m³/s para a Bacia PCJ; e,
- Faixa 5 – as vazões mínimas de 10,0 m³/s no posto de Valinhos e 2,0 m³/s no posto de Buenópolis.

A **Tabela 3.4** apresenta, de maneira resumida, as condições de operação para o Sistema Cantareira.

Tabela 3.4 - Resumo da Nova Outorga do Sistema Produtor Cantareira

OPERAÇÃO SISTEMA CANTAREIRA									
Faixas	Vol. Útil Acumulado Sistema Cantareira	RMSP		BACIAS PCJ					
		Limite de Retirada		Período Úmido - 01 dezembro a 31 de maio			Período Seco - 01 junho a 30 de novembro		
		Túnel 2 - ETA Guaraú (Q)	Transposição Jaguari - Atibainha (Q)	Valinhos (3D-007T) (Q _{min})	Buenópolis (3D-009T) (Q _{min})	Atibaia (3E-063T) (Q _{min})	Valinhos (3D-007T) (Q _{min})	Buenópolis (3D-009T) (Q _{min})	Atibaia (3E-063T) (Q _{min})
Faixa 1 Normal	≥ 60%	33 m ³ /s	-	12 m ³ /s	2,5 m ³ /s	3,0 m ³ /s	10 m ³ /s	2,0 m ³ /s	2,0 m ³ /s
Faixa 2 Atenção	≥ 40%	31 m ³ /s	5,13 m ³ /s	12 m ³ /s	2,5 m ³ /s	2,0 m ³ /s	10 m ³ /s	2,0 m ³ /s	2,0 m ³ /s
Faixa 3 Alerta	≥ 30%	27 m ³ /s	5,13 m ³ /s	11 m ³ /s	2,0 m ³ /s	2,0 m ³ /s	10 m ³ /s	2,0 m ³ /s	2,0 m ³ /s
Faixa 4 Restrição	≥ 20%	23 m ³ /s	5,13 m ³ /s	11 m ³ /s	2,0 m ³ /s	2,0 m ³ /s	10 m ³ /s	2,0 m ³ /s	2,0 m ³ /s
Faixa 5 Especial	< 20%	15,5 m ³ /s	a definir	10 m ³ /s	2,0 m ³ /s	-	10 m ³ /s	2,0 m ³ /s	-

Fonte: Resolução Conjunta ANA/DAEE n° 925, de 29 de maio de 2017.

Após inseridos os 5 (cinco) Estados Hidrológicos determinados pela outorga, ou seja, as restrições operacionais, estabeleceu-se a prioridade de atendimento às demandas. As prioridades foram classificadas de acordo com as regras de atendimento, ou seja, as restrições operacionais são as que devem ser atendidas primeiro, seguida das demandas de montante da ETA Guaraú. Após a modelagem verificou-se as vazões ofertadas à ETA Guaraú através das curvas de permanência de vazão.

A **Tabela 3.5** apresenta as prioridades de atendimentos às demandas, adotadas para o Sistema Cantareira.

Tabela 3.5 - Prioridades de Atendimento do Sistema Produtor Cantareira

Elementos	Prioridade	Elementos	Prioridade
Jus_Atibainha	5	ZD23_UR	30
Jus_Cachoeira	5	ZD24_AG	70
Jus_Jaguari	5	ZD24_IN	50
Jus_Jaguari_Jacarei	5	ZD24_UR	30
Jus_Paiva_Castro	5	ZD25_AG	60
Jus_Paraibuna	5	ZD25_IN	40
Jus_Pirapora	5	ZD25_UR	20
Jus_Rasgao	5	ZD26_AG	60
Jus_Santa_Branca	5	ZD26_IN	40
Posto_Atibaia	5	ZD26_UR	20
Posto_Buenopolis	5	ZD27_AG	60
Posto_Guaripocaba	5	ZD27_IN	40
Posto_Valinhos	5	ZD27_UR	20
Qmin_Transp_Jundiai	10	ZD28_AG	60
ZD21_AG	60	ZD28_IN	40
ZD21_IN	40	ZD28_UR	20
ZD21_UR	20	ZD29_AG	60
ZD22_AG	70	ZD29_IN	40
ZD22_IN	50	ZD29_UR	20
ZD22_UR	30	ETA_Guarau	75
ZD23_AG	70	DRE_001	99
ZD23_IN	50	DRE_002	99

A seguir são apresentadas, de forma compilada, as restrições operacionais, as demandas e os municípios pertencentes a cada zona de demanda, considerados na modelagem (Tabelas 3.6, 3.7 e 3.8). As restrições operacionais foram as mesmas exigidas pela nova outorga do Sistema Cantareira. As demandas somadas, correspondem as vazões necessárias para cada um dos cenários de curto, médio e longo prazo, considerando os 17 (dezessete) municípios pertencentes ao Sistema Cantareira que foram considerados na modelagem.

Tabela 3.6 - Restrições Operacionais do Sistema Produtor Cantareira

Código AcquaNet	Local	Vazão (m³/s)
Jus_Jaguari_Jacarei	Jusante das represas Jaguari-Jacareí	0,250
Posto_Guaripocaba	Posto Guaripocaba	3,000
Posto_Buenopolis	Posto Buenópolis	2,500
Jus_Cachoeira	Jusante da represa Cachoeira	0,125
Jus_Atibainha	Jusante da represa Atibainha	0,125
Posto_Atibaia	Posto Atibaia	3,000
Posto_Valinhos	Posto Valinhos	12,000
Jus_Paiva_Castro	Jusante da represa Paiva Castro	0,100
Jus_Jaguari	Jusante da Represa Jaguari (Paraíba do Sul)	4,000
Tunel_7	Ligação entre os reservatórios Jaguari-Jacareí e Cachoeira	35,00
Tunel_6	Ligação entre os reservatórios Cachoeira e Atibainha	35,00
Tunel_5	Ligação entre os reservatórios Atibainha e Paiva Castro	66,00
Tunel_3	Ligação entre os reservatórios Paiva Castro e Águas Claras	33,00
Tunel_2	Ligação entre o reservatório Águas Claras e a ETA Taiacupeba	33,00
Transp_Atibaia-Jundiai	Transposição Atibaia-Jundiaí	0,300
Transp_Jaguari-Atibainha	Transposição Jaguari-Atibainha	8,500

Fonte: Resolução Conjunta DAEE nº 925 de 29/05/2017

Tabela 3.7 - Demandas Totais de montante do Sistema Produtor Cantareira

Elementos/Anos	Vazão (m³/s)		
	2015	2027	2045
Demanda total - Agricultura	3,884	3,964	4,038
Demanda total - Industrial	0,001	0,001	0,001
Demanda total - Urbana	1,743	1,970	2,113
Demanda Total	5,628	5,935	6,152

Tabela 3.8 - Municípios pertencentes a cada zona de demanda do Sistema Produtor Cantareira

ZONA DE DEMANDA	MUNICÍPIOS
21	Mairiporã
22	Bom Jesus dos Perdões
23	Atibaia; Itatiba; Jarinu
24	Bragança Paulista; Morungaba; Tuiuti; Vargem
25	Itapeva; Extrema; Camanducaia
26	Joanópolis
27	Piracaia
28	Nazaré Paulista
29	Santa Isabel; Igaratá

Ao carregar todas as informações acima apresentadas no modelo AcquaNet, foi possível gerar os dados de balanço hídrico para os três cenários (2015, 2027 e 2045). Destaca-se que, no primeiro momento, analisou-se a vazão disponibilizada ao Túnel 5, com o objetivo de verificar quanto o sistema equivalente consegue ofertar ao rio Juqueri, para posterior envio à ETA Guaraú. A segunda verificação considerou o sistema como um todo, ou seja, todos os reservatórios do Sistema Equivalente, mais a contribuição dos reservatórios Paiva Castro e Águas Claras, até chegar na ETA Guaraú. Como demanda fornecida para a RMSP pela ETA Guaraú, fixou-se uma vazão de 33 m³/s.

Encontram-se em andamento as obras da interligação dos reservatórios Jaguari (UGRHI 02 - Paraíba do Sul) e Atibainha (UGRHI 05 – PCJ). Esta interligação, quando concluída, possibilitará a transferência de 5,13 m³/s (média), com máxima de 8,5 m³/s, para o Sistema Cantareira e permitirá até 12,2 m³/s no sentido inverso, para o reservatório Jaguari. Para efeito de simulação considerou-se duas hipóteses para a vazão máxima de transferência – sentido Jaguari-Atibainha. No modelo foram incluídos dois links ligando o reservatório Jaguari ao Atibainha, um com a vazão média de 5,13 m³/s a custo unitário igual a zero e o outro, com a diferença entre a média e a máxima, isto é, 3,37 m³/s a custo unitário igual a 10 (dez). O objetivo neste caso é analisar por quanto tempo será preciso disponibilizar vazão maior que a média em função das demandas requeridas. Destaca-se que ao incluir um custo unitário no link, o mesmo só será utilizado se de fato existir tal necessidade.

Para a análise do balanço hídrico do Sistema Cantareira, utilizou-se o modelo AcquaNet, considerando todas as particularidades do sistema, ou seja, as demandas, as transposições, as restrições, as vazões naturais, os volumes dos reservatórios, entre outros.

3.2.2. Simulação da Operação do Sistema Produtor Cantareira

3.2.2.1. Situação Atual – ano base 2015

Para a situação atual modelou-se um cenário considerando a antiga outorga do sistema Cantareira, para que fosse possível comparar ao PBH-AT (2009) e dois cenários com a nova outorga, nas opções com e sem a transposição Jaguari-Atibainha. Consideraram-se ainda as demandas urbanas, industriais e agrícolas para o ano de 2015, que estão localizadas a montante da ETA Guaraú e as estruturas hidráulicas apresentadas anteriormente. Os resultados dos três cenários estão apresentados a seguir.

- **Antiga outorga do Sistema Produtor Cantareira**

No PBH-AT (2009), de acordo com a outorga vigente à época, foram fixadas as seguintes descargas de vazão para as Bacias PCJ: (i) na confluência dos rios Atibainha e Cachoeira, vazão máxima de 3,0 m³/s; (ii) nos rios Jaguari-Jacareí vazão máxima de 2,0 m³/s; e (iii) vazão mínima de 1,0 m³/s pelo reservatório Paiva Castro. Para efeito de análise entre os dois estudos (PBH-AT 2009 e PBH-AT 2017), a regra antiga foi incorporada ao modelo.

A partir dos dados operacionais do sistema apresentados anteriormente, isto é, volume útil dos reservatórios, demandas para o ano de 2015, as restrições operacionais de montante dos reservatórios e as prioridades de atendimento, foi possível verificar o comportamento do Sistema Cantareira quanto à disponibilidade hídrica.

A **Tabela 3.9** apresenta o resumo hidrológico para a antiga outorga do Sistema Cantareira. Analisando-a, é possível verificar que a ETA Guaraú, na média, recebeu 31,64 m³/s após atender as demandas de montante. Neste cenário o Túnel 5, ou seja, o Sistema Equivalente, contribuiu com 28,26 m³/s, na média. Por outro lado, em 50% do tempo o Túnel 5 aportou à ETA Guaraú uma vazão média de aproximadamente 30,00 m³/s. Destaca-se que durante todo este período as restrições operacionais de jusante dos reservatórios não foram comprometidas.

Tabela 3.9 - Resumo Hidrológico do Sistema Cantareira considerando a antiga outorga – ano base 2015

	Adução para o Alto Tietê pelo Túnel 5 (RMSP)	Adução para a ETA Guaraú	Posto de Controle de Buenópolis	Posto de Controle de Valinhos	Transp. Res. Jaguari ---> Res. Atibainha	
(m³/s)	Máximo	33,77	33,00	2,50	12,00	0,00
	Média	28,26	31,64	2,50	11,96	0,00
	Mediana	29,97	33,00	2,50	12,00	0,00
	Mínima	0,00	0,17	2,50	3,87	0,00
	Desvio padrão (σ)	5,69	5,57	0,00	0,45	0,00
%	Coef. de Variação	20,14	17,62	0,00	3,80	
	Garantia	0,10	90,77	100,00	99,21	0,00
Permanência (%)	Vazões (m³/s)					
0	33,77	33,00	2,50	12,00	0,00	
1	33,27	33,00	2,50	12,00	0,00	
2	32,87	33,00	2,50	12,00	0,00	
3	32,57	33,00	2,50	12,00	0,00	
5	32,37	33,00	2,50	12,00	0,00	
10	32,07	33,00	2,50	12,00	0,00	
15	31,83	33,00	2,50	12,00	0,00	
20	31,42	33,00	2,50	12,00	0,00	
25	31,17	33,00	2,50	12,00	0,00	
30	30,97	33,00	2,50	12,00	0,00	
35	30,77	33,00	2,50	12,00	0,00	
40	30,55	33,00	2,50	12,00	0,00	
45	30,27	33,00	2,50	12,00	0,00	
50	29,97	33,00	2,50	12,00	0,00	
55	29,64	33,00	2,50	12,00	0,00	
60	29,20	33,00	2,50	12,00	0,00	
65	28,77	33,00	2,50	12,00	0,00	
70	28,18	33,00	2,50	12,00	0,00	
75	27,57	33,00	2,50	12,00	0,00	
80	26,70	33,00	2,50	12,00	0,00	
85	25,67	33,00	2,50	12,00	0,00	
90	24,27	33,00	2,50	12,00	0,00	
92	22,86	31,92	2,50	12,00	0,00	
93	22,17	30,59	2,50	12,00	0,00	
94	21,05	27,48	2,50	12,00	0,00	
95	18,82	23,46	2,50	12,00	0,00	
96	14,69	15,92	2,50	12,00	0,00	
97	9,00	10,59	2,50	12,00	0,00	
98	4,08	5,59	2,50	12,00	0,00	
99	0,00	1,80	2,50	12,00	0,00	
100	0,00	0,17	2,50	3,87	0,00	

A **Figura 3.2** apresenta a curva de permanência de vazão da ETA Guaraú, onde a capacidade máxima de tratamento foi atendida em 91% do tempo.

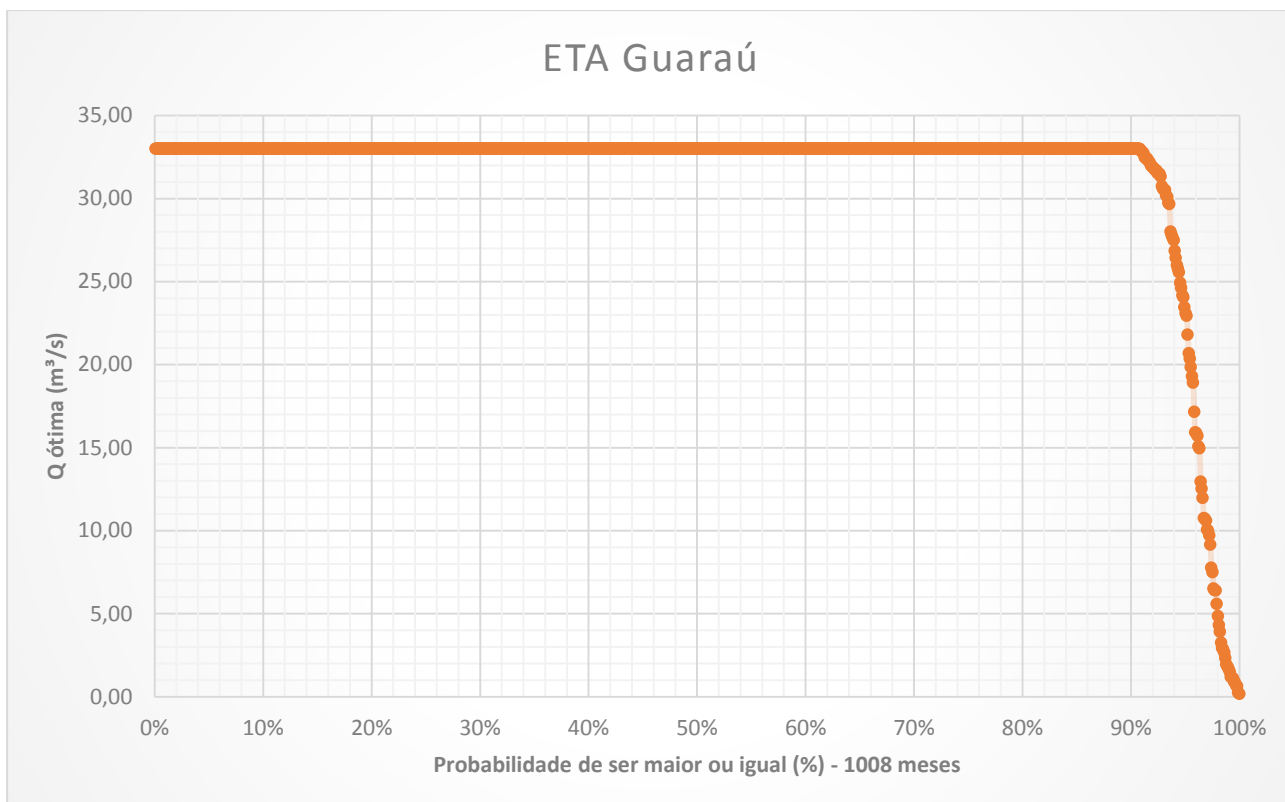


Figura 3.2 - Curva de Permanência de vazão da ETA Guaraú com a outorga anterior

Analisando a **Figura 3.3**, a seguir, verifica-se que todos os reservatórios do Sistema Cantareira possuem uma capacidade de armazenamento de quase 1.000 Mm³. Ao considerar o período de análise, que correspondem aos dados de vazão natural afluente de 1931 a 2015 (1.008 meses), em 57% do tempo, os reservatórios, juntos, permaneceram acima de 60% do volume total. Destaca-se que nesta simulação a transposição Jaguari-Atibainha não foi considerada, para que fosse possível comparar com estudo realizado no PBH-AT (2009). A **Figura 3.4** apresenta a curva de permanência de vazão do Túnel 5.

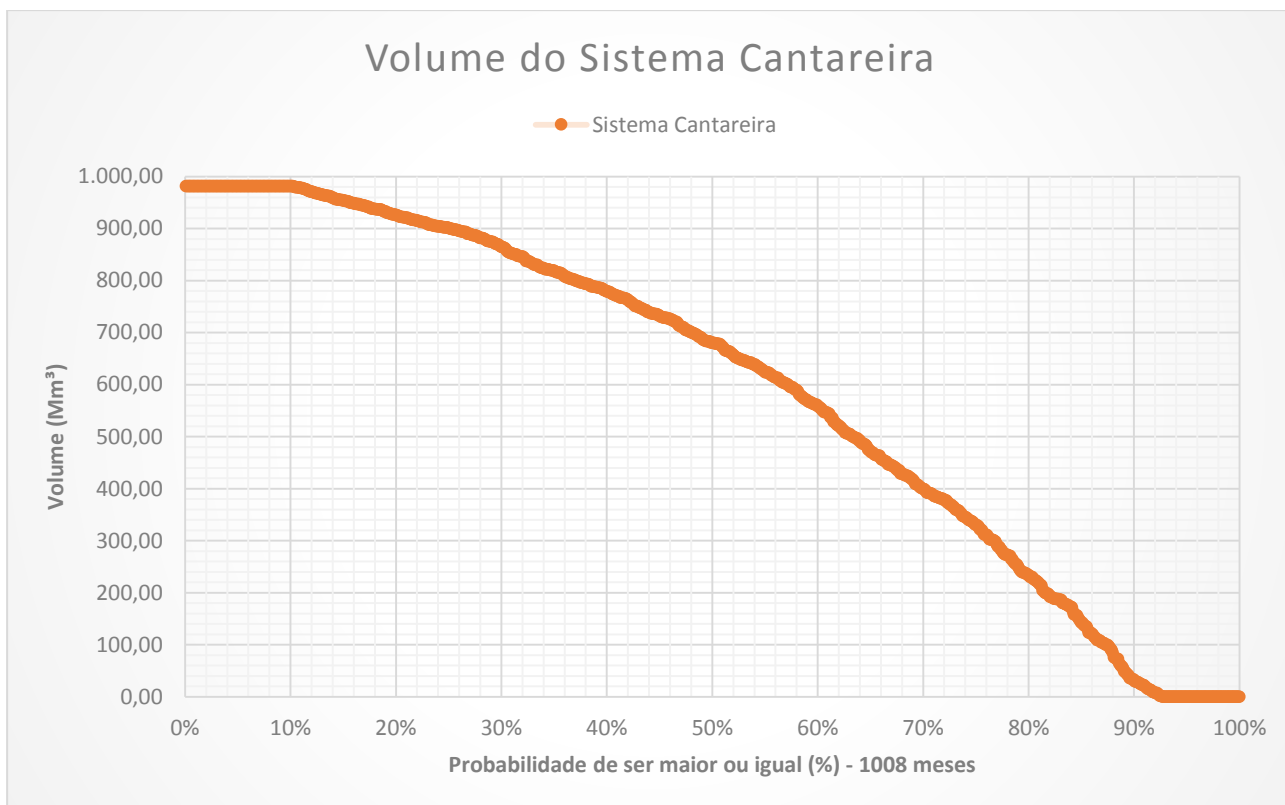


Figura 3.3 - Volume do Sistema Produtor Cantareira sem Estados Hidrológicos – ano base 2015

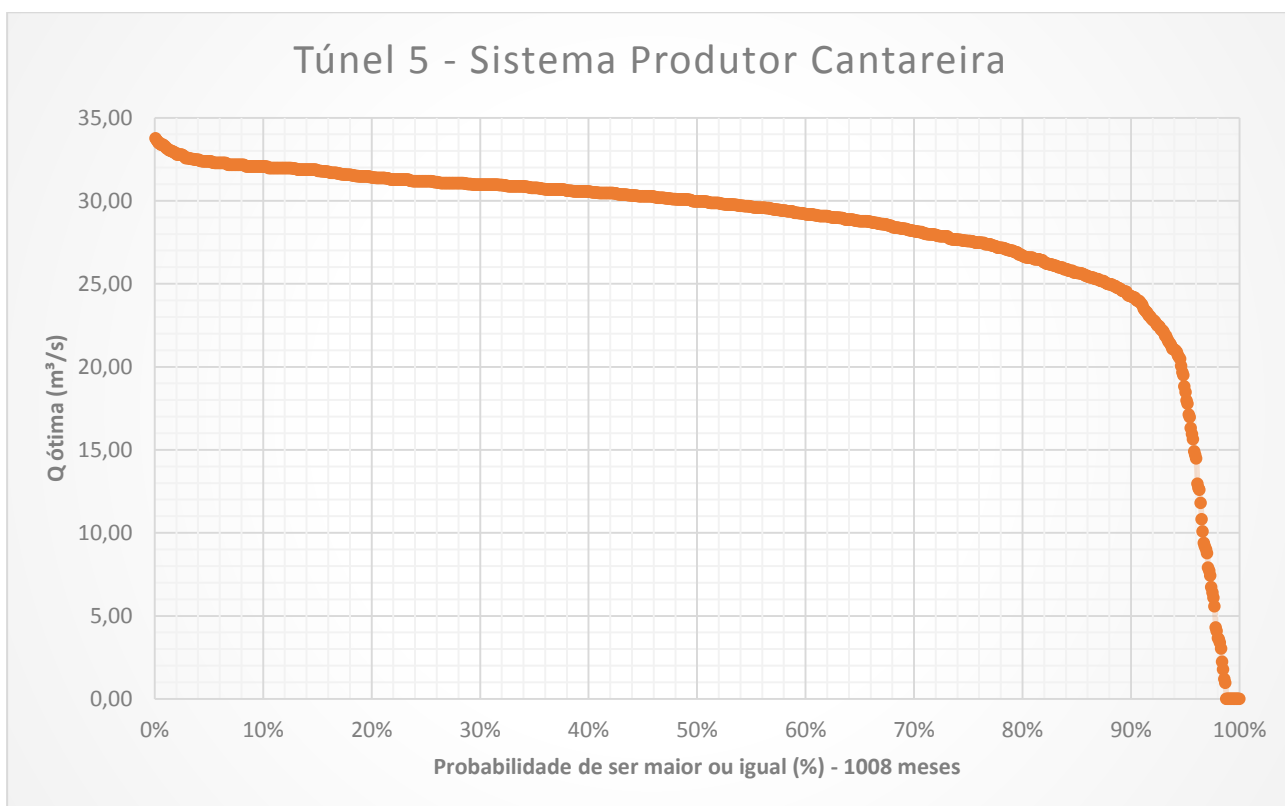


Figura 3.4 - Curva de Permanência do Túnel 5 sem o Estado Hidrológico – ano base 2015

- **Nova outorga do Sistema Produtor Cantareira sem a transposição Jaguari-Atibainha**

Os Estados hidrológicos são regras estabelecidas pela atual outorga do Sistema Cantareira (Resolução Conjunta ANA/DAEE n° 925, de 29 de maio de 2017), onde estabelecem limites de retiradas de vazão através da Estação Elevatória Santa Inês, em função do volume útil dos reservatórios Jaguari-Jacaré, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro.

Para efeito de análise, este cenário considera a nova outorga do Sistema Cantareira (**Tabela 3.4**), porém, sem a existência da transposição Jaguari-Atibainha. Esta simulação permite avaliar a situação atual, uma vez que a transposição se encontra em fase de obra. **A Tabela 3.10** apresenta o resumo hidrológico, considerando a nova outorga sem a transposição Jaguari-Atibainha.

Tabela 3.10 - Resumo hidrológico do Sistema Cantareira com a nova outorga e sem a transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2015

	Adução para o Alto Tietê pelo Túnel 5 (RMSP)	Adução para a ETA Guaraú	Posto de Controle de Buenópolis	Posto de Controle de Valinhos	Transp. Res. Jaguari ---> Res. Atibainha
(m³/s)					
Máximo	33,77	33,00	2,50	12,00	0,00
Média	27,54	30,96	2,21	10,90	0,00
Mediana	29,07	33,00	2,00	10,00	0,00
Mínima	0,00	0,98	2,00	5,52	0,00
Desvio padrão (σ)	4,91	4,51	0,25	0,99	0,00
%					
Coef. de Variação	17,84	14,58	11,18	9,09	
Garantia	0,10	66,87	42,56	42,56	0,00
Permanência (%)	Vazões (m³/s)				
0	33,77	33,00	2,50	12,00	0,00
1	33,09	33,00	2,50	12,00	0,00
2	32,87	33,00	2,50	12,00	0,00
3	32,53	33,00	2,50	12,00	0,00
5	32,26	33,00	2,50	12,00	0,00
10	31,87	33,00	2,50	12,00	0,00
15	31,27	33,00	2,50	12,00	0,00
20	30,99	33,00	2,50	12,00	0,00
25	30,70	33,00	2,50	12,00	0,00
30	30,47	33,00	2,50	12,00	0,00
35	30,17	33,00	2,50	12,00	0,00
40	29,87	33,00	2,50	12,00	0,00
45	29,55	33,00	2,00	11,00	0,00
50	29,07	33,00	2,00	10,00	0,00
55	28,67	33,00	2,00	10,00	0,00
60	27,97	33,00	2,00	10,00	0,00
65	27,44	33,00	2,00	10,00	0,00
70	26,57	31,00	2,00	10,00	0,00
75	25,97	31,00	2,00	10,00	0,00
80	24,90	31,00	2,00	10,00	0,00
85	23,45	27,00	2,00	10,00	0,00
90	21,87	27,00	2,00	10,00	0,00
92	21,17	23,00	2,00	10,00	0,00
93	19,67	23,00	2,00	10,00	0,00
94	18,87	23,00	2,00	10,00	0,00
95	17,44	23,00	2,00	10,00	0,00
96	15,17	23,00	2,00	10,00	0,00
97	14,47	15,50	2,00	10,00	0,00
98	13,67	15,50	2,00	10,00	0,00
99	11,62	15,50	2,00	10,00	0,00
100	0,00	0,98	2,00	5,52	0,00

Analisando a tabela é possível verificar que nestas condições a vazão de 33 m³/s disponibilizada à ETA Guaraú, após atender as demandas de montante, ocorrem em 65% do tempo, impulsionado pelo Túnel 5, que para o mesmo período, oferta 27,44 m³/s. Por outro lado, como esta simulação considera a nova outorga, nem sempre é possível disponibilizar à ETA Guaraú uma vazão igual a meta (33,0 m³/s), já que este aporte está condicionado ao volume dos reservatórios. **A Figura 3.5**

apresenta a curva de permanência da ETA Guarau considerando estas particularidades. Neste cenário, os postos de controle de Buenópolis e Valinhos possuem uma garantia igual à demanda requerida, em apenas 42,56% do tempo.

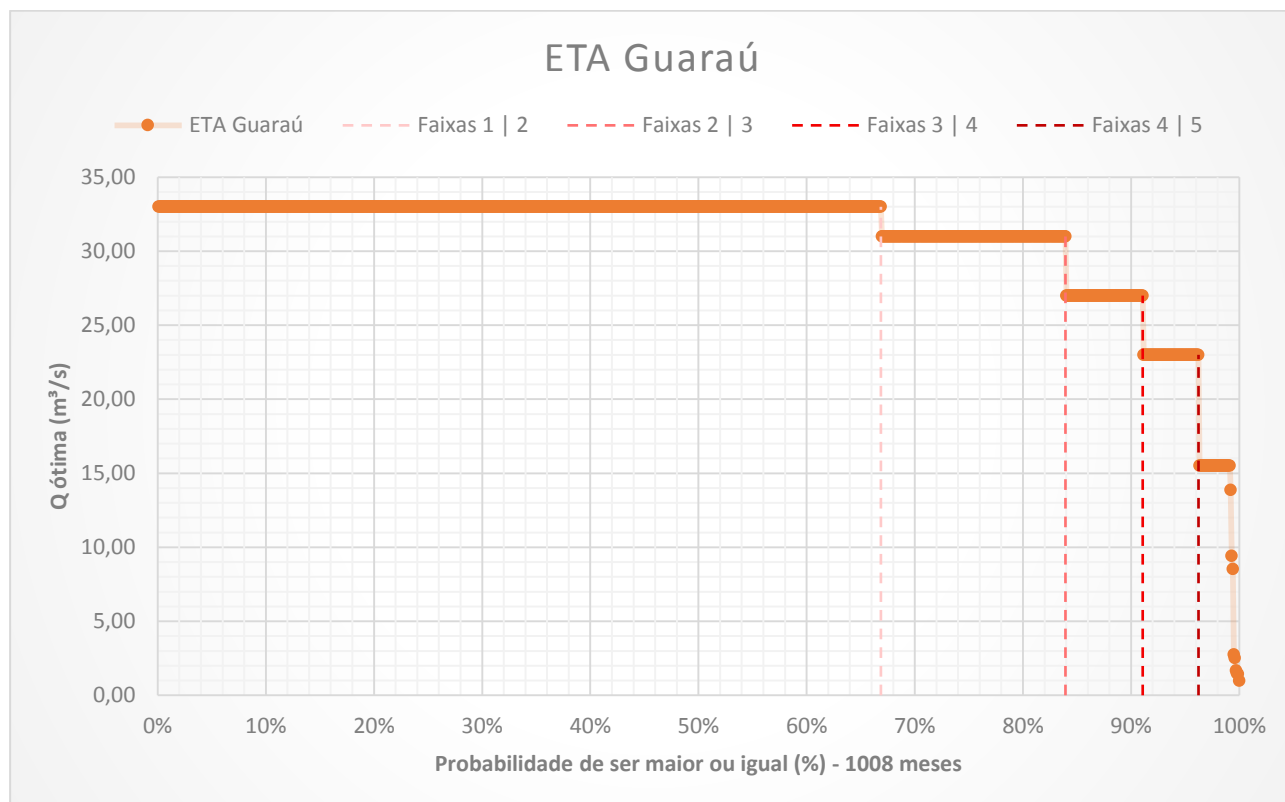


Figura 3.5 - Vazão ótima da ETA Guarau com a nova outorga e sem a transposição Jaguari-Atibainha

Analisando a **Figura 3.5** é possível verificar que em 66,87% do tempo, isto é, 674 meses, a vazão de 33,0 m³/s está disponível à ETA Guarau. Após este período, em função da baixa disponibilidade hídrica, o volume dos reservatórios chega abaixo de 60% da sua capacidade máxima e de acordo com a nova regra da outorga só é possível tratar 31 m³/s. Com esta nova vazão a ETA consegue se manter durante 17,06% do tempo ou 172 meses. Depois deste período, o volume dos reservatórios sofre mais uma queda, ficando entre 30% e 40% e neste caso, uma nova retirada de vazão é estabelecida (27,0 m³/s). Nesta condição é possível manter o atendimento por 7,14% do tempo, ou seja, 72 meses. Quando o reservatório está entre 20% e 30% do seu volume só é possível aduzir uma vazão de 23,0 m³/s, que ocorre durante 52 meses, isto é, 5,16% do tempo. A menor vazão de retirada é de 15,5 m³/s e ela ocorre quando o reservatório estiver abaixo do 20% da sua capacidade máxima. Devido ao constante deplecionamento dos reservatórios, chegando a volumes menores que 20%, é preciso também reduzir para 15,50 m³/s a vazão de tratamento da ETA, e isso acontece em 3,77% do tempo ou 38 meses. A **Tabela 3.11**, a seguir, apresenta de forma simplificada as informações acima apresentadas.

Tabela 3.11 - Resultados dos estados hidrológicos - ETA Guarau

Est. Hidr.	Faixa	Frequência (%)		Vazão de Retirada (m³/s)
		Sist. Cantareira	ETA Guarau	
EH-1	>60%	66,77	66,87	33,00
EH-2	>40% e ≤60%	17,06	17,06	31,00
EH-3	>30% e ≤40%	7,14	7,14	27,00
EH-4	>20% e ≤30%	5,16	5,16	23,00
EH-5	≤20%	3,87	3,77	15,00
Total		100,00	100,00	-

As Figuras 3.6 e 3.7, a seguir, apresentam as curvas de permanência de vazão do volume do Sistema Cantareira e o Túnel 5, respectivamente.

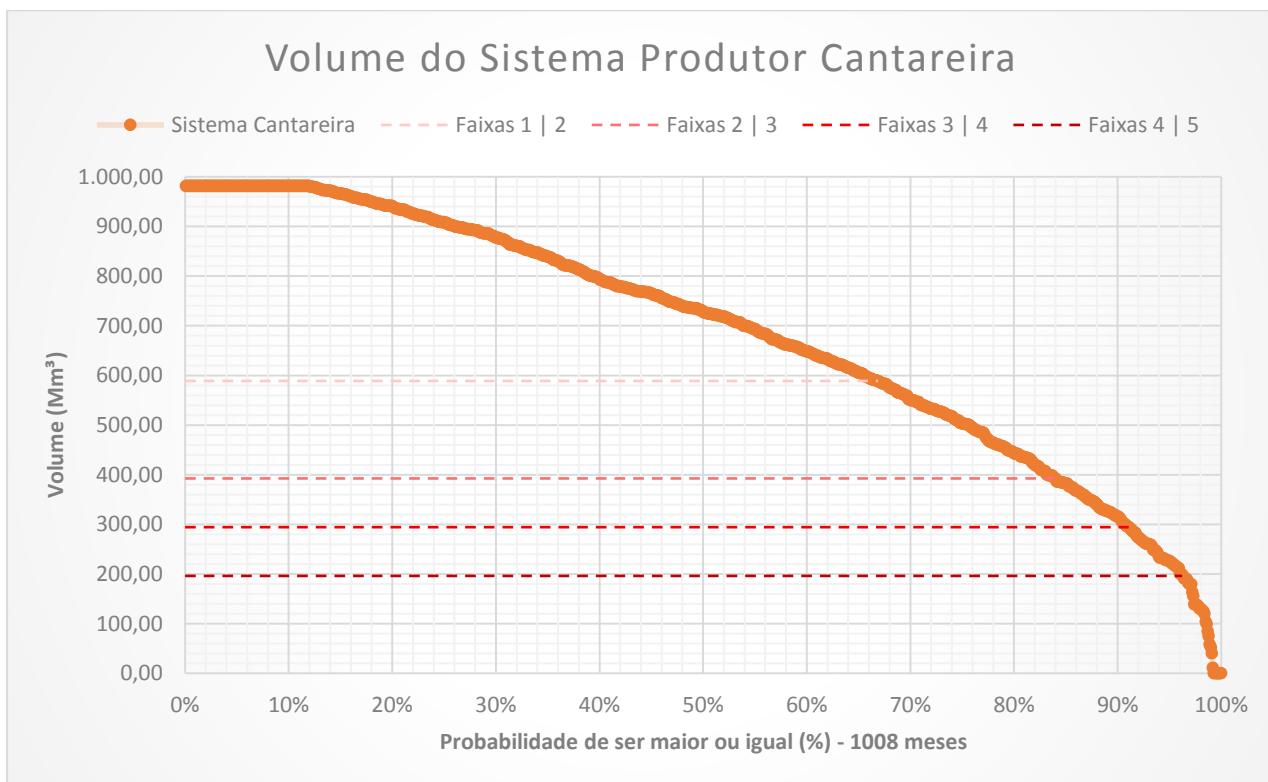


Figura 3.6 - Curva de permanência do volume do Sistema Cantareira com a nova outorga e sem a transposição Jaguari-Atibainha

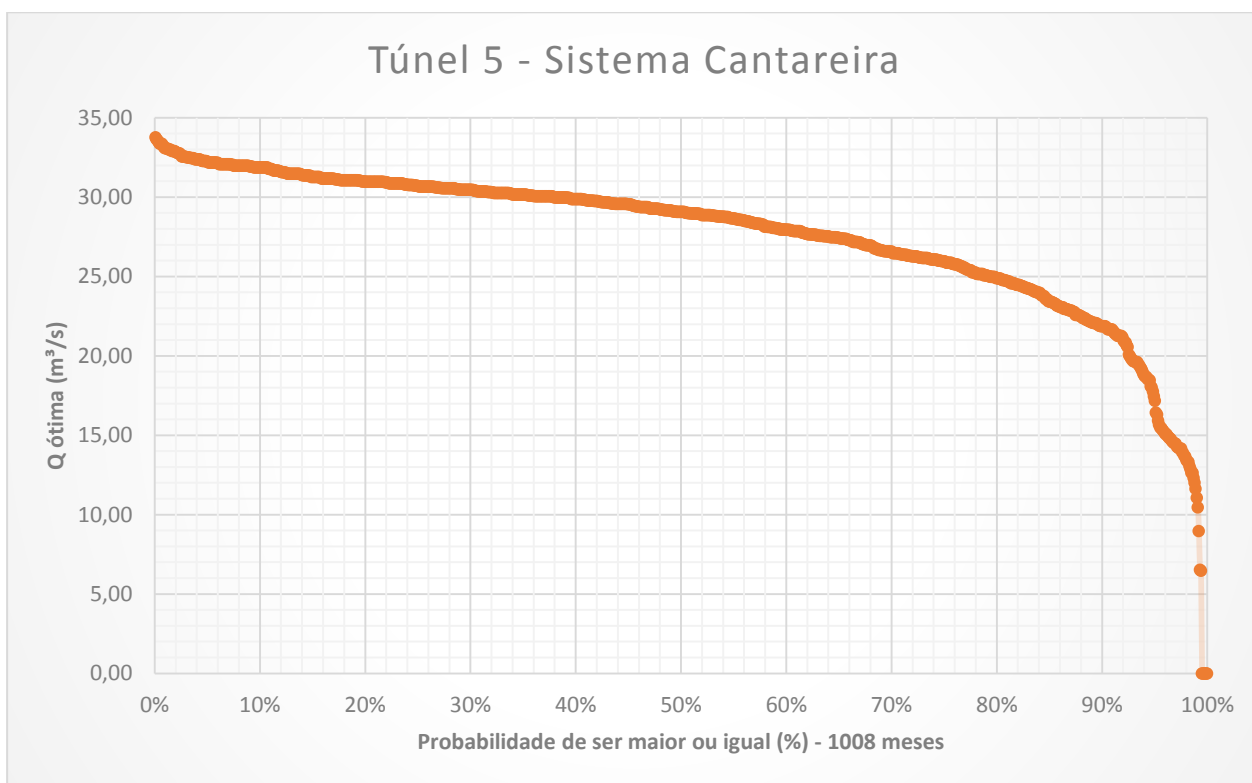


Figura 3.7 - Curva de permanência do Túnel 5 com a nova outorga e sem a transposição Jaguari-Atibainha

- **Nova outorga do Sistema Produtor Cantareira com a transposição Jaguari-Atibainha**

Nesta simulação foram considerados os Estados Hidrológicos apresentados na **Tabela 3.4** juntamente com a regra de utilização da transposição Jaguari-Atibainha. Ou seja, este cenário analisa todas as particularidades impostas pela nova outorga do Sistema Cantareira.

Ao realizar a simulação considerando todos os dados operacionais já apresentados, foi possível analisar, dentre outros aspectos, a curva de permanência de vazão da ETA Guaraú, o comportamento do volume útil dos reservatórios que compõem o Sistema Cantareira, a vazão disponibilizada através do Túnel 5 e os atendimentos às regras operacionais. A **Tabela 3.12** apresenta o resumo hidrológico, considerando os estados hidrológicos atribuídos pela nova outorga do sistema Cantareira e a ligação Jaguari-Atibainha.

Tabela 3.12 - Resumo hidrológico do Sistema Cantareira com a transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2015

	Adução para o Alto Tietê pelo Túnel 5 (RMSP)	Adução para a ETA Guaraú	Posto de Controle de Buenópolis	Posto de Controle de Valinhos	Transp. Res. Jaguari → Res. Atibainha
(m³/s)					
Máximo	35,00	33,00	2,50	12,00	8,50
Média	29,22	32,62	2,23	10,96	4,60
Mediana	30,07	33,00	2,00	10,00	5,13
Mínima	0,00	0,98	2,00	10,00	0,00
Desvio padrão (σ)	3,35	2,30	0,25	0,99	1,62
%					
Coef. de Variação	11,45	7,04	11,18	9,00	35,29
Garantia	0,10	93,15	46,43	46,43	0,00
Permanência (%)	Vazões (m³/s)				
0	35,00	33,00	2,50	12,00	8,50
1	33,47	33,00	2,50	12,00	8,50
2	33,03	33,00	2,50	12,00	5,13
3	32,87	33,00	2,50	12,00	5,13
5	32,53	33,00	2,50	12,00	5,13
10	32,17	33,00	2,50	12,00	5,13
15	31,97	33,00	2,50	12,00	5,13
20	31,67	33,00	2,50	12,00	5,13
25	31,27	33,00	2,50	12,00	5,13
30	31,07	33,00	2,50	12,00	5,13
35	30,87	33,00	2,50	12,00	5,13
40	30,58	33,00	2,50	12,00	5,13
45	30,37	33,00	2,50	12,00	5,13
50	30,07	33,00	2,00	10,00	5,13
55	29,77	33,00	2,00	10,00	5,13
60	29,37	33,00	2,00	10,00	5,13
65	28,96	33,00	2,00	10,00	5,13
70	28,50	33,00	2,00	10,00	5,13
75	27,97	33,00	2,00	10,00	5,13
80	27,42	33,00	2,00	10,00	5,13
85	26,57	33,00	2,00	10,00	4,62
90	25,21	33,00	2,00	10,00	1,03
92	24,67	33,00	2,00	10,00	0,00
93	24,34	33,00	2,00	10,00	0,00
94	23,97	32,13	2,00	10,00	0,00
95	23,07	32,13	2,00	10,00	0,00
96	22,72	32,13	2,00	10,00	0,00
97	22,27	28,13	2,00	10,00	0,00
98	21,60	28,13	2,00	10,00	0,00
99	19,57	24,00	2,00	10,00	0,00
100	0,00	0,98	2,00	10,00	0,00

Ao considerar a ligação Jaguari-Atibainha como existente, é possível verificar na **Tabela 3.12** que na média a vazão disponibilizada à ETA Guarau, após atender todas as demandas de montante, é de 32,62 m³/s. Neste cenário, o túnel 5 forneceu à Estação Elevatório de Santa Inês uma vazão média de 29,22 m³/s. A Transposição Jaguari-Atibainha disponibiliza para o sistema, na média, 4,60 m³/s. Considerando a vazão meta da ETA Guarau de 33 m³/s, verifica-se que só é possível este aporte em 93% do tempo. Isto ocorre, pois, o conjunto de reservatórios pertencentes ao sistema começa a deplecionar e em função desta redução é preciso também diminuir a vazão de tratamento na ETA Guarau. A **Figura 3.8** apresenta a curva de permanência de vazão da ETA Guarau considerando o Estado Hidrológico definido pela nova outorga do Sistema Cantareira.

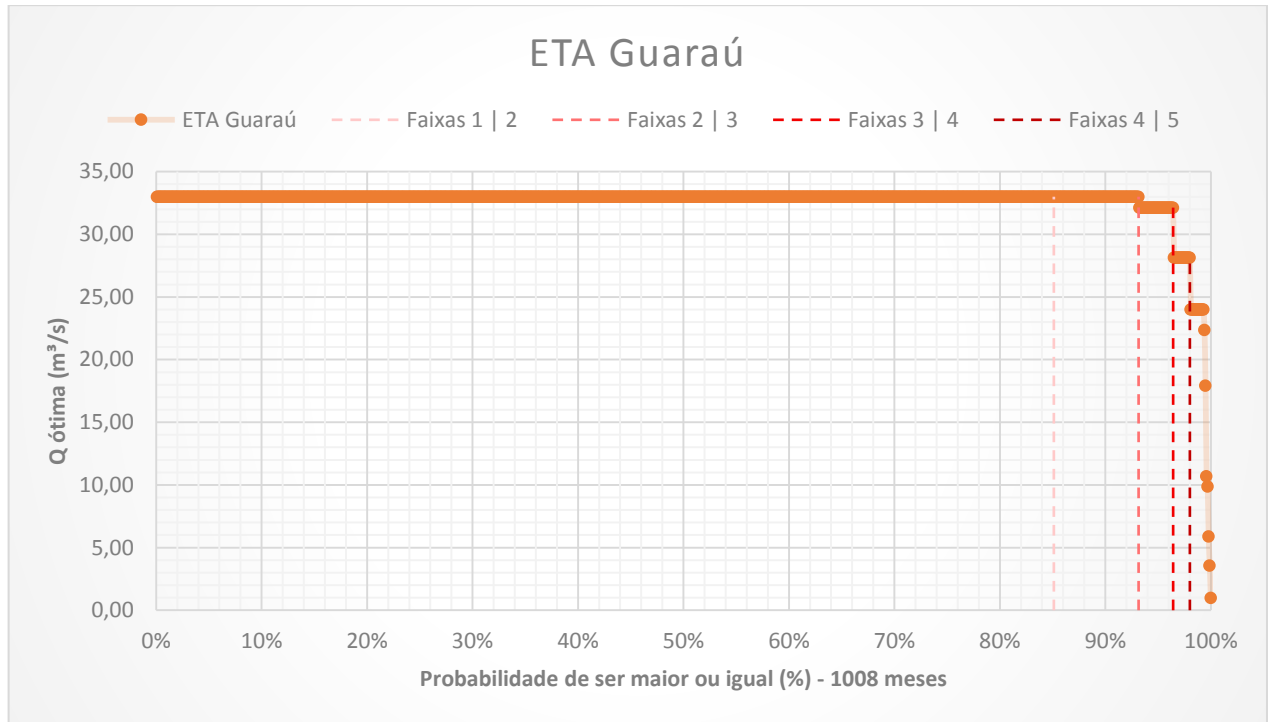


Figura 3.8 - Vazão ótima da ETA Guarau com a transposição Jaguari-Atibainha

Analisando a figura acima verifica-se, como já mencionado, que em 93% do tempo, isto é, 937 meses, a vazão de 33 m³/s requerida pela ETA Guarau é atendida. No momento em que o volume reduz para 40% a vazão de 32,13 m³/s é fornecida 3,27% do tempo. Após este período e a constante queda no volume dos reservatórios, chegando a 30% do total, a vazão da ETA passa para 28,13 m³/s. Esta vazão é fornecida por mais 16 meses até que o reservatório chegue em 20% da sua capacidade, onde, se faz necessário, estabelecer uma nova vazão de retirada, ou seja, 24,00 m³/s. Comparando estes resultados com o cenário anterior, que desconsidera a transposição Jaguari-Atibainha, verifica-se, que o atendimento a capacidade máxima de tratamento da ETA Taiaçupeba é ampliada em 26% (neste cenário) e que a vazão mínima ofertada pelo sistema com a transposição é de 24,00 m³/s. A **Tabela 3.13** apresenta de forma compilada as informações aqui apresentadas.

Tabela 3.13 - Resultados dos estados hidrológicos - ETA Guarau

Est. Hidr.	Faixa	Frequência (%)		Vazão de Retirada (m ³ /s)
		Sist. Cantareira	ETA Guarau	
EH-1	>60%	85,12	85,12	33,00
EH-2	>40% e ≤60%	8,04	8,04	33,00
EH-3	>30% e ≤40%	3,27	3,27	32,13
EH-4	>20% e ≤30%	1,59	1,59	28,13
EH-5	≤20%	1,98	1,98	24,00
Total		100,00	100,00	-

A **Figura 3.9** apresenta a curva de permanência de vazão do Túnel 5, ou seja, a vazão aportada pelo Sistema Equivalente. Analisando a Figura, verifica-se que o Túnel 5 disponibilizou à Estação Elevatória de Santa Inês uma vazão média de 29,22 m³/s.

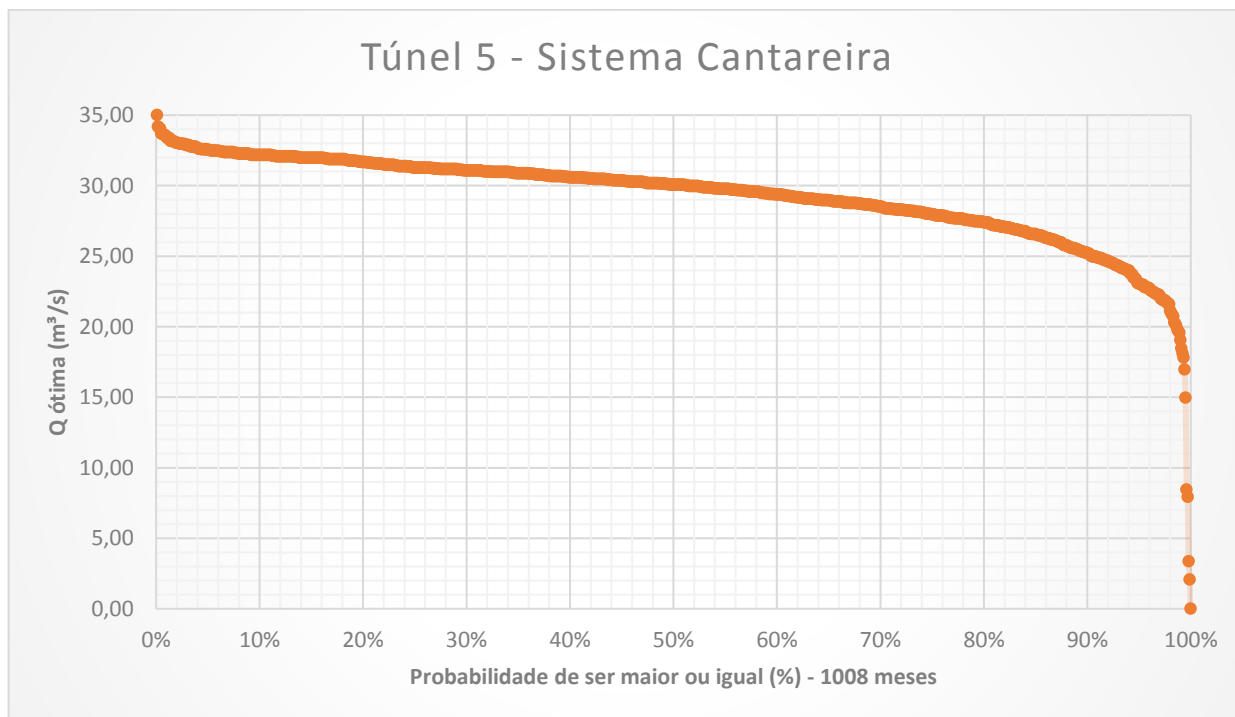


Figura 3.9 - Curva de permanência de vazão no Túnel 5 com a ligação Jaguari-Atibainha

Nesta simulação o comportamento do volume útil total do Sistema Cantareira, considerando a transposição Jaguari-Atibainha, pode ser observado na **Figura 3.10**. Analisando a Figura, observa-se que em 85% do tempo o volume dos reservatórios se manteve acima dos 60%.

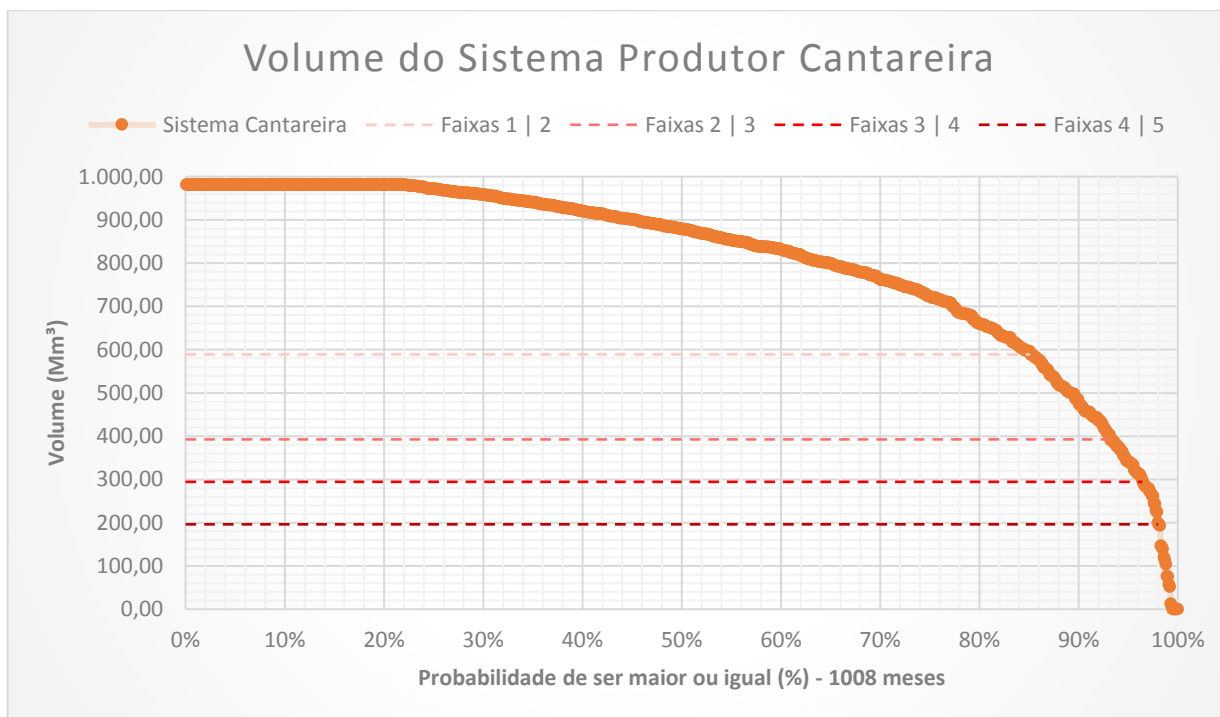


Figura 3.10 - Volume do Sistema Cantareira com a ligação Jaguari-Atibainha

O nível alto dos reservatórios durante boa parte do tempo e o atendimento às demandas de montante da ETA, só foi possível, uma vez que a transposição Jaguari-Atibainha foi considerada como existente. De acordo com a regra operacional, a transposição pode aduzir uma vazão média diária de 5,13 m³/s, no entanto, a capacidade total da transposição é de 8,5 m³/s. Em função desta regra, na construção do modelo, onde se buscou analisar a vazão máxima requerida pelo Sistema Cantareira, dois links foram construídos ligando os reservatórios Jaguari e Atibainha, um com capacidade de 5,13 m³/s e o outro com 3,37 m³/s. No link com capacidade de 3,37 m³/s adotou-se um custo unitário igual a 10, ou seja, as vazões só passam por este link, caso as demanda de montante ou a ETA Guaraú requisitassem, porém, somente no Quinto Estado Hidrológico onde a retirada da vazão máxima é permitida na média diária. Desta forma, foi possível verificar o período em que a vazão total (8,5 m³/s) é solicitada e se esta ultrapassa a média diária de 5,13 m³/s. A **Figura 3.11** apresenta a curva de permanência de vazão da transposição Jaguari-Atibainha, considerando estas duas possibilidades apresentadas.

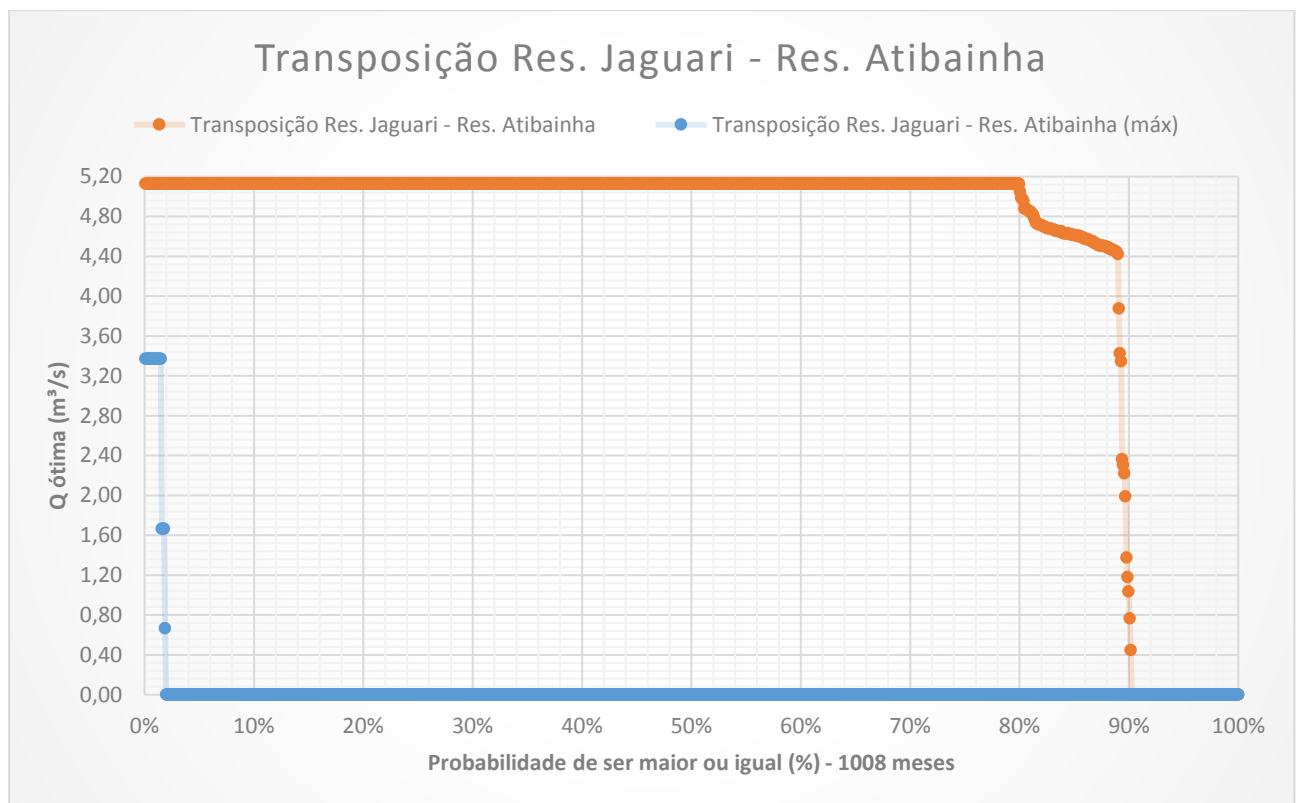


Figura 3.11 - Curva de permanência de vazão da transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2015

Analisando a **Figura 3.11**, verifica-se que em 79% do tempo a vazão de 5,13 m³/s é requerida pelo Sistema Cantareira, especialmente, para atender as demandas da RMSP, representadas pela ETA Guaraú. É possível observar, ainda, que mesmo com um custo mais alto, o link com capacidade de 3,37 m³/s é utilizado, porém, só 1% do tempo, ou seja, 10 meses.

Conclui-se, portanto, que mesmo considerando a ligação Jaguari-Atibainha não é possível atender em 100% do tempo a vazão meta da ETA Guaraú, uma vez que a vazão de tratamento na ETA está condicionada ao volume dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Paiva Castro.

3.2.2.2. Situação futura – ano base 2027

Para a situação futura, ano base 2027, consideraram-se as demandas de 2027 e as estruturas hidráulicas existentes. Para essa situação futura, simulou-se, somente, a nova outorga do Sistema Cantareira com a ligação Jaguari-Atibainha. Desta forma, analisou-se o comportamento da ETA e o atendimento às demandas das Bacias PCJ.

- **Nova outorga do Sistema Cantareira**

Ao realizar a simulação considerando todos os dados operacionais já apresentados, foi possível analisar, dentre outros aspectos, a curva de permanência de vazão da ETA Guaraú, o comportamento do volume útil dos reservatórios que compõem o Sistema, a vazão disponibilizada através do Túnel 5 e a curva de permanência de vazão das regras operacionais. A **Tabela 3.14** apresenta o resumo hidrológico, considerando os estados hidrológicos impostos pela nova outorga do sistema Cantareira e a ligação Jaguari-Atibainha.

Destaca-se que entre os anos de 2015 e 2027 houve um incremento de aproximadamente 5% nas demandas de montante da ETA Guaraú, passando de 5,63 m³/s para 5,93 m³/s.

Tabela 3.14 - Resumo hidrológico do Sistema Cantareira com a transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2027

	Adução para o Alto Tietê pelo Túnel 5 (RMSP)	Adução para a ETA Guaraú	Posto de Controle de Buenópolis	Posto de Controle de Valinhos	Transp. Res. Jaguari ---> Res. Atibainha
(m³/s)					
Máximo	35,00	33,00	2,50	12,00	8,50
Média	29,26	32,61	2,23	10,96	4,61
Mediana	30,11	33,00	2,00	10,00	5,13
Mínima	0,00	0,94	2,00	10,00	0,00
Desvio padrão (σ)	3,38	2,36	0,25	0,98	1,61
%					
Coef. de Variação	11,55	7,23	11,18	8,99	34,99
Garantia	0,10	93,06	46,33	46,33	0,00
Permanência (%)	Vazões (m³/s)				
0	35,00	33,00	2,50	12,00	8,50
1	33,51	33,00	2,50	12,00	8,50
2	33,07	33,00	2,50	12,00	5,13
3	32,91	33,00	2,50	12,00	5,13
5	32,57	33,00	2,50	12,00	5,13
10	32,21	33,00	2,50	12,00	5,13
15	32,01	33,00	2,50	12,00	5,13
20	31,71	33,00	2,50	12,00	5,13
25	31,31	33,00	2,50	12,00	5,13
30	31,11	33,00	2,50	12,00	5,13
35	30,91	33,00	2,50	12,00	5,13
40	30,63	33,00	2,50	12,00	5,13
45	30,39	33,00	2,50	12,00	5,13
50	30,11	33,00	2,00	10,00	5,13
55	29,81	33,00	2,00	10,00	5,13
60	29,41	33,00	2,00	10,00	5,13
65	28,99	33,00	2,00	10,00	5,13
70	28,61	33,00	2,00	10,00	5,13
75	27,98	33,00	2,00	10,00	5,13
80	27,41	33,00	2,00	10,00	5,13
85	26,61	33,00	2,00	10,00	4,62
90	25,26	33,00	2,00	10,00	1,37
92	24,71	33,00	2,00	10,00	0,00
93	24,38	33,00	2,00	10,00	0,00
94	24,01	32,13	2,00	10,00	0,00
95	23,14	32,13	2,00	10,00	0,00
96	22,76	32,13	2,00	10,00	0,00
97	22,31	28,13	2,00	10,00	0,00
98	21,64	28,13	2,00	10,00	0,00
99	19,48	24,00	2,00	10,00	0,00
100	0,00	0,94	2,00	10,00	0,00

Comparando este cenário (2027) ao de 2015, praticamente não existem diferenças, isso se deve, principalmente, por não ter havido aumentado significativo nas demandas de montante de ETA Guaraú e pelo fato da capacidade da ETA permanecer igual.

Uma sutil diferença que existe entre os dois cenários pode ser observada na transposição Jaguari-Atibainha, onde no cenário de 2015 verificou-se 80% de utilização dos 5,13 m³/s, neste cenário

(2027), houve um incremento de 1%, ou seja, passou-se a utilizar 80% do tempo (**Figura 3.12**). Nas curvas de permanência dos reservatórios e da ETA Guaraú, pouco se notam as diferenças. A seguir é apresentado à situação futura, tendo como base o ano de 2045.

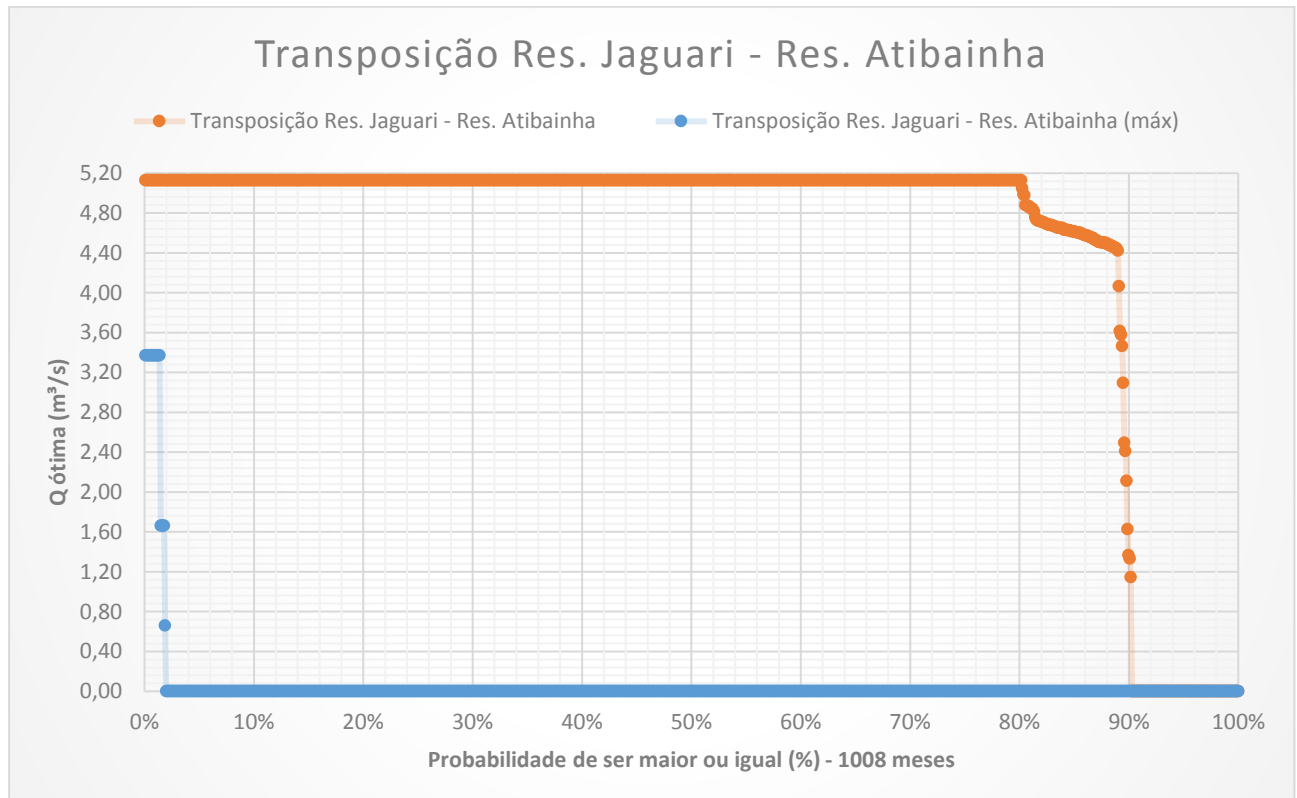


Figura 3.12 - Curva de permanência de vazão da transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2027

3.2.2.3. Situação futura – ano base 2045

Para a situação futura, ano base 2045, consideraram-se as demandas de 2045 e as estruturas hidráulicas existentes. A ligação Jaguari-Atibainha foi considerada como existente, obedecendo as regras estabelecidas pela nova outorga do Sistema Cantareira. Analisou-se o comportamento da ETA e o atendimento às demandas das Bacias PCJ.

- **Nova outorga do Sistema Cantareira**

Para este cenário consideraram-se as mesmas condições anteriores. A única mudança ocorreu nas demandas urbanas, industriais e agrícolas de montante da ETA. Entre os anos de 2027 e 2045 houve um incremento de aproximadamente 4% nas demandas, passando de 5,93 m³/s para 6,15 m³/s. Este aumento também não é suficiente para causar grandes mudanças na vazão meta da ETA Guaraú, como pode ser observado na **Tabela 3.15**.

Comparando este cenário (2045) com o anterior (2027), praticamente não existem diferenças. Observando a vazão média fornecida pela ETA Guaraú em 2045, por exemplo, este valor foi de 32,60 m³/s, onde, em 2027 foi de 32,61 m³/s. Ou seja, não existem alterações significativas ao longo do período de análise. Isso demonstra, que caso não haja nada de excepcional na bacia do Sistema Cantareira, isto é, demandas superiores as projetadas, até o ano de 2045, o mesmo será capaz de atender as demandas das bacias PCJ, cumprir com as devidas regras operacionais (vazões mínimas nos postos de controle) e disponibilizar vazão suficiente à ETA Guaraú de acordo com a nova outorga.

Tabela 3.15 - Resumo hidrológico do Sistema Cantareira com a transposição Jaguari-Atibainha – ano base 2045

	Adução para o Alto Tietê pelo Túnel 5 (RMSP)	Adução para a ETA Guarau	Posto de Controle de Buenópolis	Posto de Controle de Valinhos	Transp. Res. Jaguari ---> Res. Atibainha	
(m³/s)	Máximo	35,00	33,00	2,50	12,00	8,50
	Média	29,28	32,60	2,23	10,96	4,61
	Mediana	30,15	33,00	2,00	10,00	5,13
	Mínima	0,00	0,90	2,00	10,00	0,00
	Desvio padrão (σ)	3,39	2,37	0,25	0,98	1,61
%	Coef. de Variação	11,56	7,27	11,18	8,99	34,87
	Garantia	0,10	93,06	46,33	46,33	0,00
Permanência (%)	Vazões (m³/s)					
0	35,00	33,00	2,50	12,00	8,50	
1	33,55	33,00	2,50	12,00	8,50	
2	33,11	33,00	2,50	12,00	5,13	
3	32,95	33,00	2,50	12,00	5,13	
5	32,61	33,00	2,50	12,00	5,13	
10	32,25	33,00	2,50	12,00	5,13	
15	32,05	33,00	2,50	12,00	5,13	
20	31,75	33,00	2,50	12,00	5,13	
25	31,35	33,00	2,50	12,00	5,13	
30	31,15	33,00	2,50	12,00	5,13	
35	30,95	33,00	2,50	12,00	5,13	
40	30,66	33,00	2,50	12,00	5,13	
45	30,43	33,00	2,50	12,00	5,13	
50	30,15	33,00	2,00	10,00	5,13	
55	29,85	33,00	2,00	10,00	5,13	
60	29,45	33,00	2,00	10,00	5,13	
65	28,97	33,00	2,00	10,00	5,13	
70	28,58	33,00	2,00	10,00	5,13	
75	27,96	33,00	2,00	10,00	5,13	
80	27,45	33,00	2,00	10,00	5,13	
85	26,55	33,00	2,00	10,00	4,62	
90	25,30	33,00	2,00	10,00	1,83	
92	24,75	33,00	2,00	10,00	0,00	
93	24,42	33,00	2,00	10,00	0,00	
94	24,05	32,13	2,00	10,00	0,00	
95	23,18	32,13	2,00	10,00	0,00	
96	22,78	32,13	2,00	10,00	0,00	
97	22,35	28,13	2,00	10,00	0,00	
98	21,68	28,13	2,00	10,00	0,00	
99	19,43	24,00	2,00	10,00	0,00	
100	0,00	0,90	2,00	10,00	0,00	

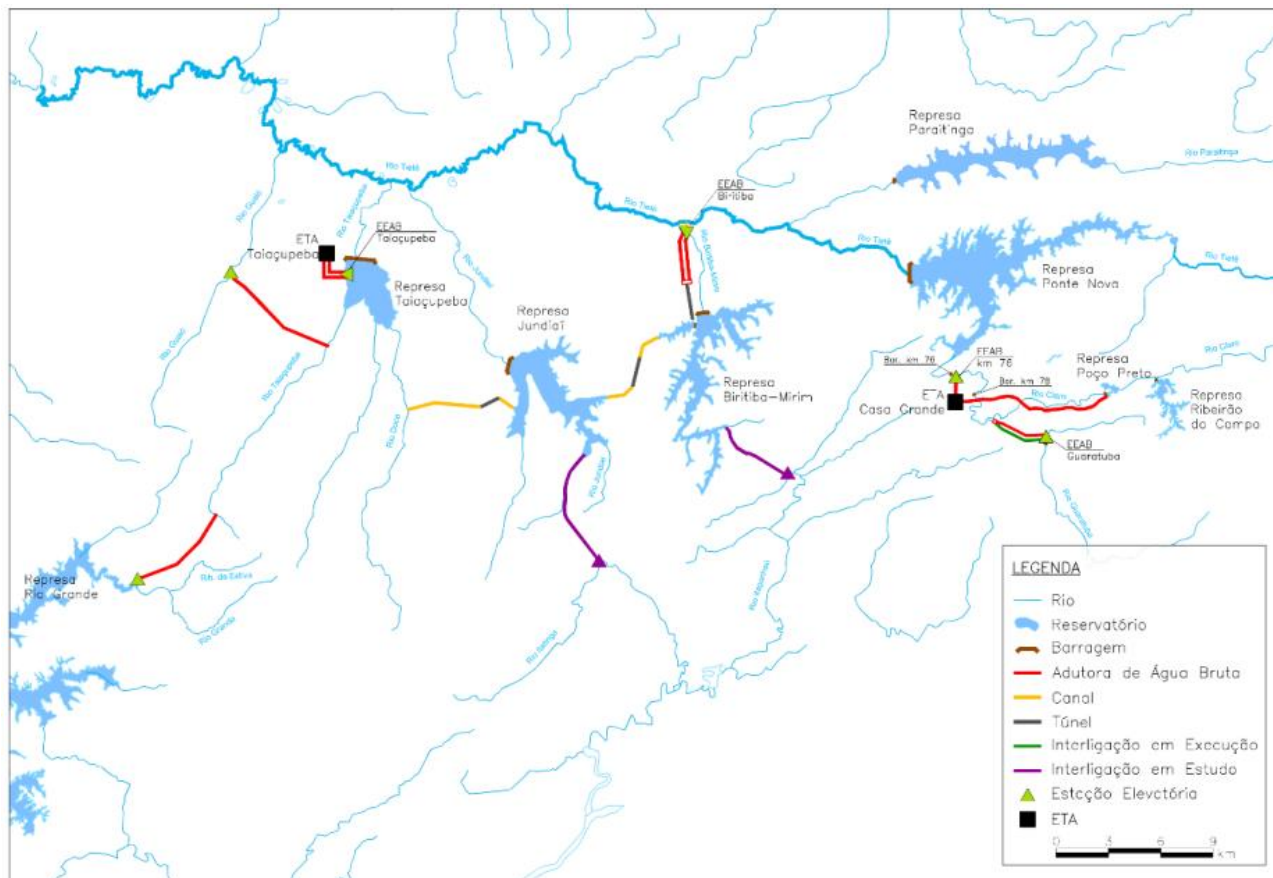
3.3. Sistemas Produtores do Alto Tietê e do Rio Claro

Os Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro se localizam na porção leste da BAT e possuem um volume útil total de reservação de água bruta de 533,23 Mm³. O Sistema Produtor Alto Tietê – SPAT opera desde 1992, sendo formado por um conjunto de 5 reservatórios: Paraitinga, Ponte Nova, Biritiba, Jundiá e Taiapuêba. Esses reservatórios foram concebidos para o aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos prevendo-se usos para o controle de cheias, abastecimento público e industrial, irrigação e lazer.

As águas regularizadas nos reservatórios Paraitinga e Ponte Nova são aproveitadas, através de captação no Rio Tietê, a montante da confluência com o Rio Biritiba, sendo encaminhadas para a estação elevatória de água bruta EEAB Biritiba, com capacidade de 9,0 m³/s. Esta, por sua vez, encaminha as águas para o reservatório de Biritiba, a partir do qual, por gravidade, são transpostas para o reservatório Jundiá, e posteriormente para o reservatório Taiapuêba. No reservatório Taiapuêba é realizada a captação da ETA de mesmo nome, com capacidade de tratamento de até 15,0 m³/s, responsável pelo abastecimento de parte da Zona Leste da RMSP.

No Sistema Alto Tietê, o reservatório Ponte Nova recebe contribuições das águas remanescentes do Sistema Rio Claro, sempre que a disponibilidade desse sistema excede a capacidade de tratamento da ETA Casa Grande. Por esta razão é considerado no balanço hídrico juntamente com o Alto Tietê, uma vez que faz parte e influência em todo o sistema.

O Sistema Rio Claro está localizado a montante do reservatório Ponte Nova, próximo à vertente marítima da Serra do Mar, composto pelo reservatório Ribeirão do Campo e três barramentos no rio Claro, denominados Poço Preto, km 78 e km 76. Além disso recebe contribuições de até 1,0 m³/s da transposição do rio Guaratuba da vertente marítima. Atualmente, a captação ocorre nos barramentos do Poço Preto e do km 76, sendo a água tratada na ETA Casa Grande, com capacidade de 4,0 m³/s. A **Figura 3.13** ilustra a representação dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro.



Fonte: PDAA – Em elaboração pela SABESP.

Figura 3.13 - Representação dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro

A **Tabela 3.16** apresenta o volume útil dos reservatórios pertencentes aos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro e que foram utilizados na modelagem.

Tabela 3.16 - Volumes úteis utilizados na modelagem para os sistemas produtores Alto Tietê e Rio Claro

Reservatórios	Volume útil (Mm ³)
Paraitinga	36,98
Ponte Nova	288,39
Biritiba	34,80
Jundiá	74,10
Taiapuêba	85,29
Ribeirão do Campo	13,67
Total	533,23

Fonte: PDAA, em elaboração pela Sabesp

Com o objetivo de manter uma regularidade de vazão na ETA Taiaçupeba, excepcionalmente em períodos de baixa disponibilidade hídrica, na última crise (2013/2014), duas transposições foram implantadas, a do Rio Guaió e do braço do Rio Pequeno/Rio Grande (Billings) para o reservatório Taiaçupeba, com capacidades de 1,0 m³/s e de 4,0 m³/s, respectivamente. Para efeito de análise, estes novos aportes de vazão foram considerados na modelagem, onde buscou-se avaliar quando e quanto será possível aduzir tais vazões.

3.3.1. Dados Operacionais dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro

Para a modelagem do PBH-AT (2017), foi necessário identificar as regras de operação dos sistemas Alto Tietê e Rio Claro, ou seja, as vazões mínimas e máximas de jusante que devem ser obedecidas. Tais restrições têm a função de manter o abastecimento às demandas de jusante de forma regular.

A **Tabela 3.17**, a seguir, apresenta as restrições operacionais que foram adotadas para os sistemas Alto Tietê e Rio Claro. Os valores de vazão foram obtidos a partir da Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo (em elaboração pela Sabesp).

Tabela 3.17 - Restrições Operacionais adotadas na modelagem para os sistemas Alto Tietê e Rio Claro

Sistemas Alto Tietê e Rio Claro			
Restrições Operacionais	Vazão (m ³ /s)	Observações	
Vazão Mínima rio Guaratuba à jusante da captação	0,15	Qmin	
Vazão mínima da seção do rio Tietê a jusante da foz do rio Biritiba	3,00	Qmin	
Vazão mínima da seção do rio Tietê a jusante da foz do Taiaçupeba	4,00	Qmin	
Vazão Mínima com Novos Aportes			
Vazão mínima UHE Docas	3,30	Qmin	
Vazão mínima para Baixada Santista no rio Itapanhaú	0,67	Qmin	
Represa Paraitinga			
Vazão mínimo a jusante	0,50	Qmáx. de jusante válida de 01 de novembro a 30 de abril.	
Vazão máxima a jusante	7,00		
Represa Ponte Nova			
Vazão mínimo a jusante	0,30		
Vazão máxima a jusante	12,00		
<i>Total das descargas simultâneas das represas Paraitinga e Ponte Nova não deve ser superior a 15 m³/s*</i>			
Represa de Biritiba			
Vazão mínimo a jusante	0,30		
Vazão máxima a jusante	0,60		
Represa Jundiá			
Vazão mínimo a jusante	0,10		
Vazão máxima a jusante	2,00		
Represa Taiaçupeba			
Vazão mínimo a jusante	0,70		
Vazão máxima a jusante	7,00		

*Portaria DAEE nº 2.556, de 28 de novembro de 2011

Fonte: PDAA (Em elaboração pela Sabesp)

Além das restrições acima apresentadas, considerou-se a operação da Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB) Biritiba e a reversão do rio Guaratuba, com uma vazão máxima de 9,0 m³/s e 0,50 m³/s, respectivamente. Tais restrições apresentadas acima, foram organizadas conforme apresentado na **Tabela 3.18**, para que fosse possível incluir no modelo AcquaNet.

Tabela 3.18 - Restrições Operacionais incluídas no modelo

Código AcquaNet	Local	Vazão (m³/s)
Jus_Biritiba_Mirim	Jusante do Reservatório de Biritiba Mirim	0,300
Jus_CODESP	Jusante do Reservatório CODESP	3,300
Jus_Jundiai	Jusante do Reservatório Jundiaí	0,100
Jus_Paraibuna	Jusante do Reservatório Paraibuna	7,000
Jus_Paraitinga	Jusante do Reservatório Paraitinga	0,500
Jus_Ponte_Nova	Jusante do Reservatório de Ponte Nova	0,300
Jus_Ribeirao_do_Campo	Jusante do Reservatório Ribeirão do Campo	1,000
Jus_Santa_Branca	Jusante do Reservatório de Santa Branca	10,000
Jus_Taiacupeba	Jusante do Reservatório Taiacupeba	0,700
Qmin_Rio_Guaio	Vazão mínima a ser garantida pós captação	0,120
Qmin_Rio_Guaratuba	Vazão Mínima rio Guaratuba à jusante da captação	0,150
Qmin_Rio_Tiete_005	Vazão mínima da seção do rio Tietê a jusante da foz do rio Biritiba	3,000
Qmin_Rio_Tiete_010	Vazão mínima da seção do rio Tietê a jusante da foz do Taiacupeba	4,000

Após incluir as restrições operacionais no modelo, adotou-se as seguintes prioridades de atendimento (**Tabela 3.19**). As restrições operacionais possuem as maiores prioridades de atendimento, seguido da transposição do Guaratuba e das demandas urbanas, agrícolas e industriais. A ETA Taiacupeba possui menor prioridades, pois a análise visa obter a vazão disponibiliza à ETA, somente, após atender todas as demandas de montante.

Tabela 3.19 - Prioridades de Atendimento dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro

Elementos	Prioridades	Elementos	Prioridades
Jus_Biritiba_Mirim	5	ZD36_IN	50
Jus_CODESP	5	ZD36_UR	30
Jus_Jundiai	5	ZD37_AG	70
Jus_Paraibuna	5	ZD37_IN	50
Jus_Paraitinga	5	ZD37_UR	30
Jus_Ponte_Nova	5	ZD38_AG	60
Jus_Ribeirao_do_Campo	5	ZD38_IN	40
Jus_Santa_Branca	5	ZD38_UR	20
Jus_Taiacupeba	5	ZD39_AG	60
Qmin_Rio_Guaio	5	ZD39_IN	40
Qmin_Rio_Guaratuba	5	ZD39_UR	20
Qmin_Rio_Tiete_005	5	ZD40_AG	60
Qmin_Rio_Tiete_010	5	ZD40_IN	40
EEAB_Biritiba	10	ZD40_UR	20
ETA_Casa_Grande	10	ETA_Taiacupeba	75
Transp_Guaratuba	10	DRE_001	99
ZD36_AG	70	DRE_002	99

As demandas apresentadas na **Tabela 3.20** correspondem as vazões necessárias para atender os setores agrícolas, urbanos e industriais, nos anos de 2015, 2027 e 2045, dos 10 (dez) municípios (**Tabela 3.21**) pertencentes aos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro, que foram considerados na modelagem.

Tabela 3.20 - Demandas Totais dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro

Elementos/Anos	Vazão (m³/s)		
	2015	2027	2045
Demanda total - Agricultura	3,075	3,080	3,088
Demanda total - Industrial	0,467	0,467	0,467
Demanda total - Urbana	2,991	3,582	3,893
Demanda Total	6,533	7,129	7,448

Tabela 3.21 - Municípios pertencentes a cada zona de demanda dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro

Zonas de Demanda	Municípios
36	Mogi das Cruzes
37	Bertioga; Guarujá
38	Biritiba-Mirim
39	Salesópolis
40	Redenção da Serra; Paraibuna; Natividade da Serra; Jambeiro; Santa Branca

Os Sistemas Alto Tietê e Rio Claro recebem aportes de vazão de outros sistemas produtores, que tem com o um dos objetivos de disponibilizar à ETA Taiaçupeba, vazão suficiente para atender as demandas urbanas de jusante da ETA. Parte destas vazões transpostas também cumprem a função de atender as demandas de montante da ETA, especialmente, as restrições operacionais e as demandas urbanas, agrícolas e industriais. A **Tabela 3.22** apresenta os aportes de vazão considerados na modelagem dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro, que foram agrupados de acordo com estudos pré-existentes ou com o objetivo de suprir demandas específicas. Destaca-se que para o SPAT, encontram-se em fase de estudo as transposições: (i) do rio Sertãozinho afluente do rio Itapanhaú para o reservatório Biritiba, com capacidade prevista de 2,5 m³/s; e (ii) do rio Itatinga para o reservatório Jundiá, com capacidade prevista de 1,2 m³/s.

Tabela 3.22 - Aportes de Vazão dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro

Aportes de Vazão	m ³ /s
Transposição Guaió	1,000
Transposição Sertãozinho - Biritiba	2,500
Transposição Itatinga - Jundiá	1,200
Transposição Guaratuba	0,500 a 1,000
Transposição Paraibuna - Ponte Nova	*5,000

* PDAA (em elaboração pela Sabesp); ** PDMMP (2013)

Ao carregar todas as informações acima apresentadas no modelo AcquaNet, foi possível gerar os dados de balanço hídrico para os três cenários (2015, 2027 e 2045). Analisou-se o comportamento dos sistemas em função do atendimento às demandas de montante e jusante da ETA Taiaçupeba.

3.1.1 Simulação da Operação dos Sistemas Produtores Alto Tietê e Rio Claro

3.3.1.1. Situação Atual – ano base 2015

Para a situação atual, nos dois cenários aqui apresentados, consideraram-se as demandas de 2015 (6,53 m³/s) e as estruturas hidráulicas existentes. A vazão meta da ETA Taiaçupeba adotada nestes cenários, foi de 15,00 m³/s. No caso da ETA Casa Grande, realizou-se uma análise buscando verificar qual foi a vazão requerida exclusivamente da ETA para atender as demandas urbanas, uma vez que o atendimento destas demandas acontece de forma compartilhada com os Sistemas Alto Tietê e Cantareira. Através da modelagem, observou-se que na média a vazão requerida da ETA Casa Grande, considerando as demandas de 2015, foi de 2,98 m³/s, portanto, este foi o valor adotado como capacidade para efeito da modelagem.

- **Condição atual – ano base 2015**

Neste cenário o modelo foi carregado com as demandas atuais e considerou a transposição do rio Guaió com o reservatório Taiaçupeba, como existente. Na simulação buscou-se verificar o atendimento às demandas urbanas, industriais e agrícolas que estão a montante das ETAs Taiaçupeba e Casa Grande. A partir disso, analisou-se as curvas de permanência de vazão e o cumprimento às regras operacionais, ou seja, as vazões mínimas a serem garantidas nos postos de controle. A **Tabela 3.23** apresenta o resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro.

Tabela 3.23 - Resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro – ano base 2015

	Adução para a ETA Taiçupeba	Adução para a ETA Casa Grande	EEAB Biritiba Mirim	Q _{eco} da Foz do Rio Biritiba- Mirim	Q _{eco} da Foz do Rio Taiçupeba
Máximo	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
Média	14,73	2,97	8,78	3,00	4,00
Mediana	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
Mínima	2,43	2,46	0,13	3,00	4,00
Desvio padrão (σ)	1,25	0,03	1,08	0,00	0,00
Coef. de Variação	8,48	1,01	12,25	0,00	0,00
Garantia	91,07	99,11	94,74	100,00	100,00
Permanência (%)	Vazões (m³/s)				
0	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
1	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
2	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
3	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
5	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
10	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
15	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
20	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
25	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
30	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
35	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
40	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
45	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
50	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
55	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
60	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
65	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
70	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
75	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
80	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
85	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
90	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00
92	14,63	2,98	9,00	3,00	4,00
93	14,25	2,98	9,00	3,00	4,00
94	13,88	2,98	9,00	3,00	4,00
95	13,63	2,98	8,84	3,00	4,00
96	12,62	2,98	6,83	3,00	4,00
97	11,89	2,98	5,83	3,00	4,00
98	10,40	2,98	4,25	3,00	4,00
99	8,94	2,98	2,74	3,00	4,00
100	2,43	2,46	0,13	3,00	4,00

Analisando a **Tabela 3.23**, verifica-se que na média do período considerado, a vazão fornecida à ETA Taiçupeba foi de 14,73 m³/s e a vazão meta de 15,0 m³/s foi mantida durante 90% do tempo. Já a ETA Casa Grande disponibilizou na média 2,97 m³/s, como já era de se esperar, e conseguiu manter-se atendendo esta vazão quase que 100% do tempo. A EEAB Biritiba Mirim forneceu na média 8,78 m³/s e manteve-se em sua capacidade máxima em 94% do tempo. As vazões de restrições foram garantidas 100% do tempo.

As **Figuras 3.14** e **3.15**, a seguir, apresentam as curvas de permanências das ETA Taiçupeba e Casa Grande.

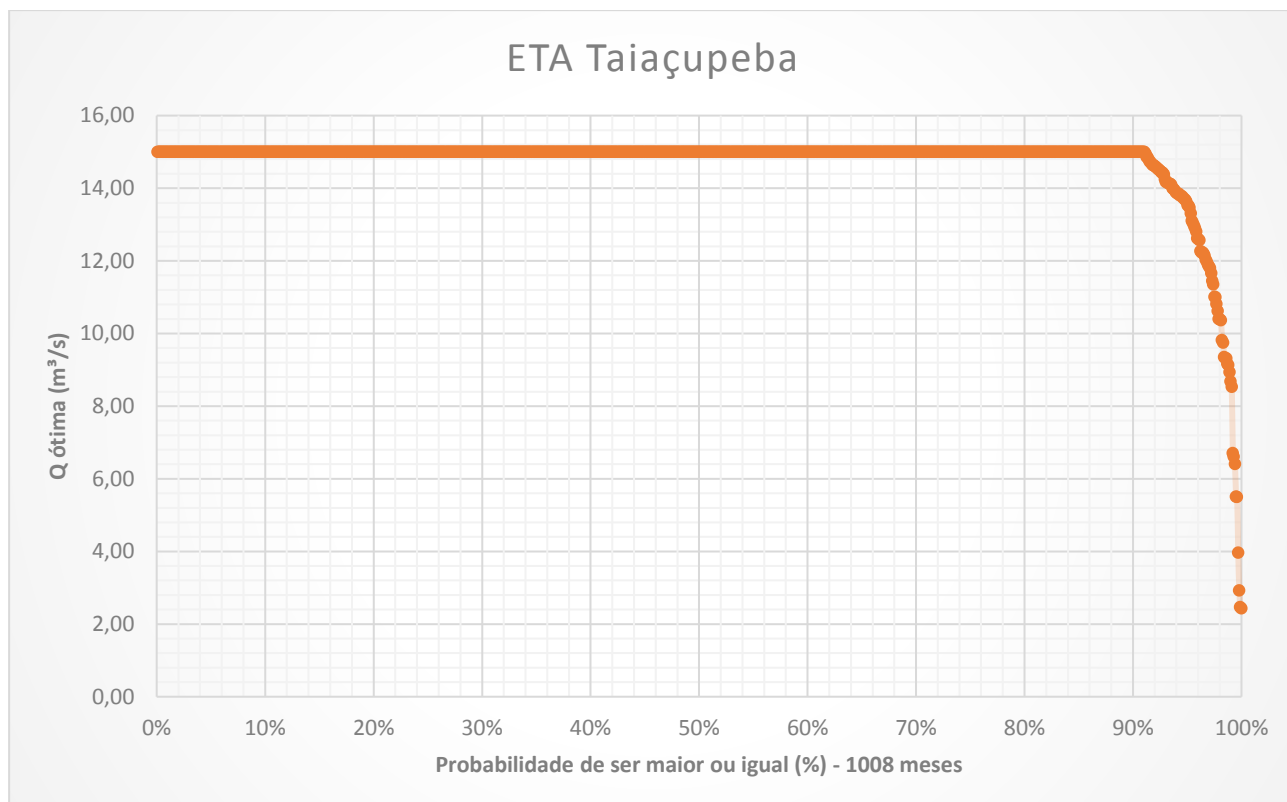


Figura 3.14 - Curva de permanência de vazão da ETA Taiapuêba – ano base 2015

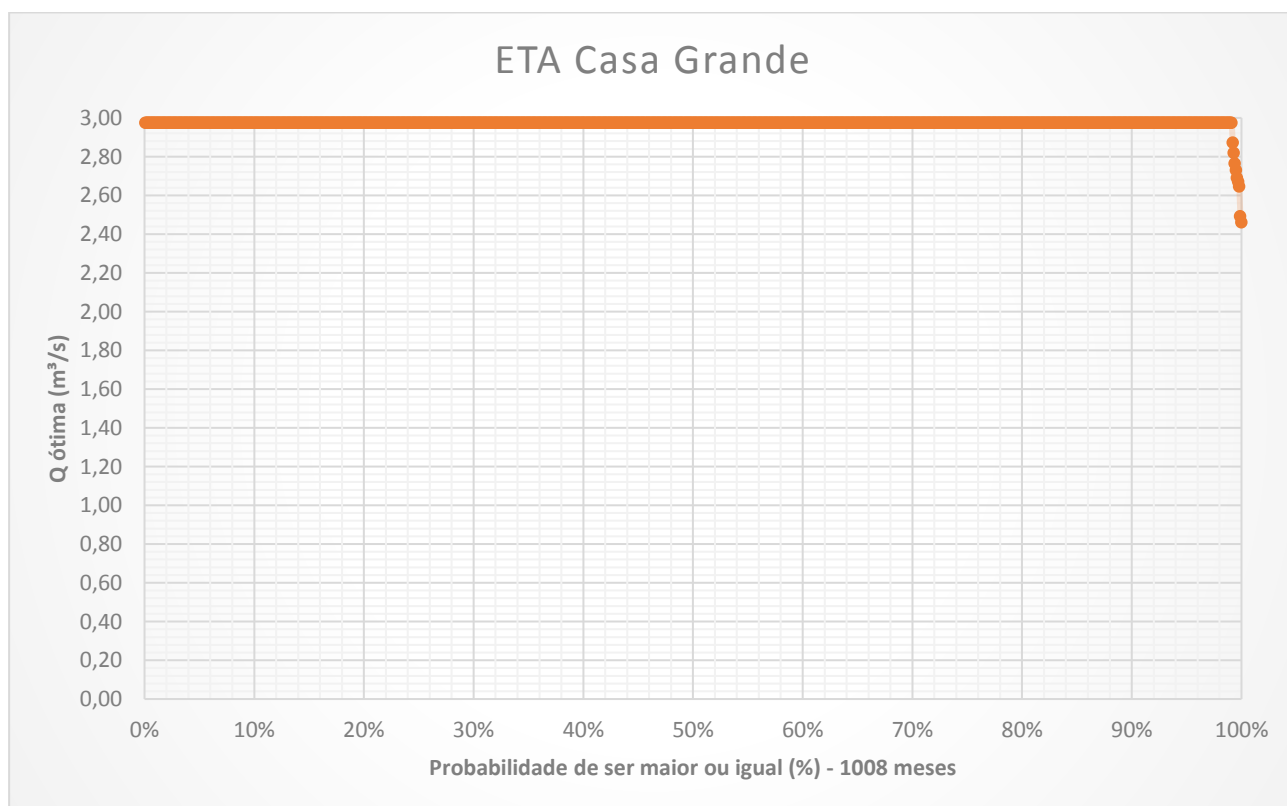


Figura 3.15 - Curva de permanência de vazão da ETA Casa Grande – ano base 2015

• **Condição atual com a Transposição de Itapanhaú – ano base 2015**

Ao analisar os resultados obtidos para o cenário anterior, onde, identificou-se através das curvas de permanência da ETA Taiapuêba que a vazão meta não foi atendida 98% do tempo, conforme estabelecido como sendo o atendimento desejável, buscou-se, a partir de estudos consolidados, identificar soluções que pudessem minimizar tais problemas. A solução que atualmente encontra-se mais consolidada é a transposição do rio Sertãozinho (afluente do rio Itapanhaú) para a represa de Biritiba, com capacidade máxima de 2,5 m³/s. Como se tratam de uma obra que de certa forma já está sendo considerada do ponto de vista de planejamento, esta solução foi analisada. Após incluir este novo aporte de vazão no modelo, foram obtidos os resultados hidrológicos (**Tabela 3.24**).

Tabela 3.24 - Resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro com a Transposição de Itapanhaú – ano base 2015

	Adução para a ETA Taiapuêba	Adução para a ETA Casa Grande	EEAB Biritiba Mirim	Q _{eco} da Foz do Rio Biritiba-Mirim	Q _{eco} da Foz do Rio Taiapuêba	Transp. Rio Itapanhaú → Res. Biritiba Mirim
(m³/s)						
Máximo	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	2,50
Média	14,95	2,97	8,78	3,00	4,00	1,05
Mediana	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,20
Mínima	4,45	2,46	0,13	3,00	4,00	0,00
Desvio padrão (σ)	0,55	0,03	1,08	0,00	0,00	0,84
%						
Coef. de Variação	3,70	1,01	12,25	0,00	0,00	80,54
Garantia	98,12	99,11	94,74	100,00	100,00	5,46
Permanência (%)	Vazões (m³/s)					
0	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	2,50
1	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	2,50
2	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	2,50
3	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	2,50
5	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	2,50
10	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	2,21
15	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,96
20	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,83
25	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,70
30	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,58
35	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,51
40	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,39
45	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,26
50	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,20
55	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	1,07
60	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,95
65	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,66
70	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,00
75	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,00
80	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,00
85	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,00
90	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,00
92	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,00
93	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,00
94	15,00	2,98	9,00	3,00	4,00	0,00
95	15,00	2,98	8,84	3,00	4,00	0,00
96	15,00	2,98	6,83	3,00	4,00	0,00
97	15,00	2,98	5,83	3,00	4,00	0,00
98	15,00	2,98	4,25	3,00	4,00	0,00
99	14,11	2,98	2,74	3,00	4,00	0,00
100	4,45	2,46	0,13	3,00	4,00	0,00

Analisando a **Tabela 3.24**, verifica-se que este novo aporte de vazão possibilita um aumento na vazão média fornecida à ETA Taiapuêba, passando de 14,73 m³/s para 14,95 m³/s. E mais que isso, onde anteriormente se tinha 90% de garantia da vazão meta (15,0 m³/s), agora se tem 98%. Destaca-se que a ETA Casa Grande e a EEAB Biritiba Mirim não sofrem alterações, uma vez que

o novo aporte se encontra a jusante destas estruturas. Os postos de controle permanecem atendidos, uma vez que são prioridades no sistema. A **Figura 3.16** apresenta a curva de permanência de vazão da ETA Taiacupeba.

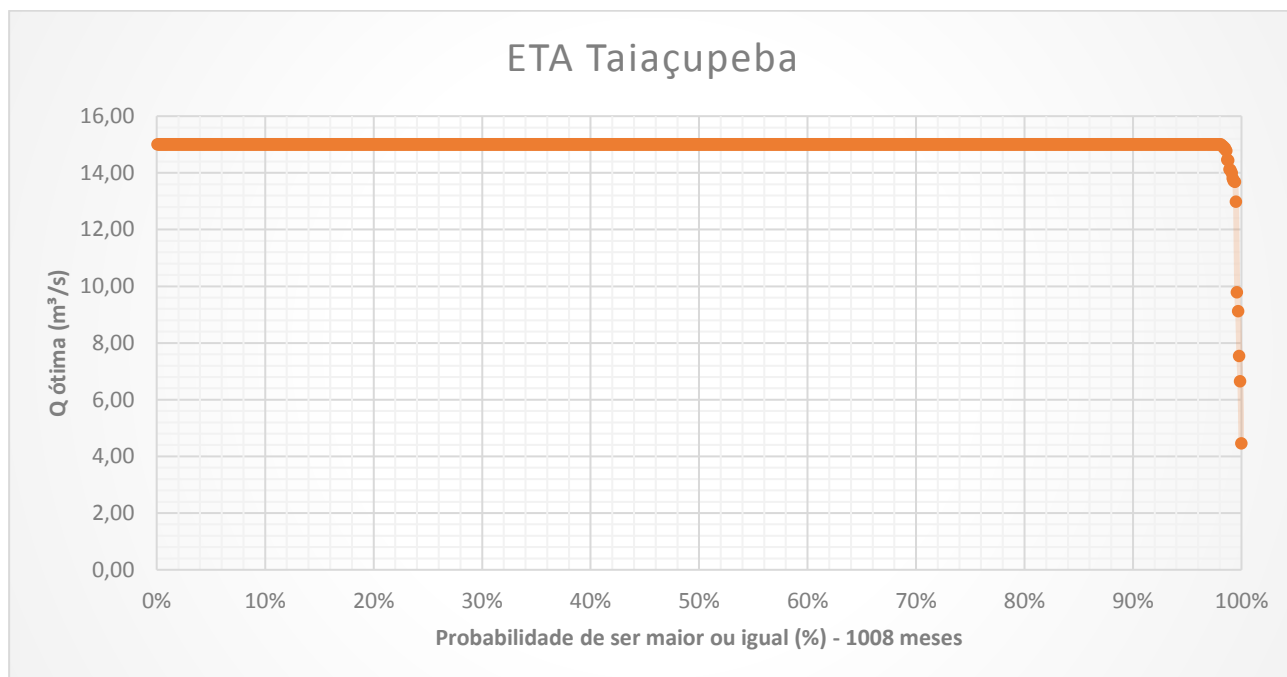


Figura 3.16 - Curva de permanência de vazão da ETA Taiacupeba com a transposição Itapanhaú – ano base 2015

Avaliando ainda a **Tabela 3.24**, é possível observar o comportamento da transposição Itapanhaú, que, na média, forneceu uma vazão de 1,05 m³/s. A **Figura 3.17** apresenta a curva de permanência de vazão destes novos aportes.

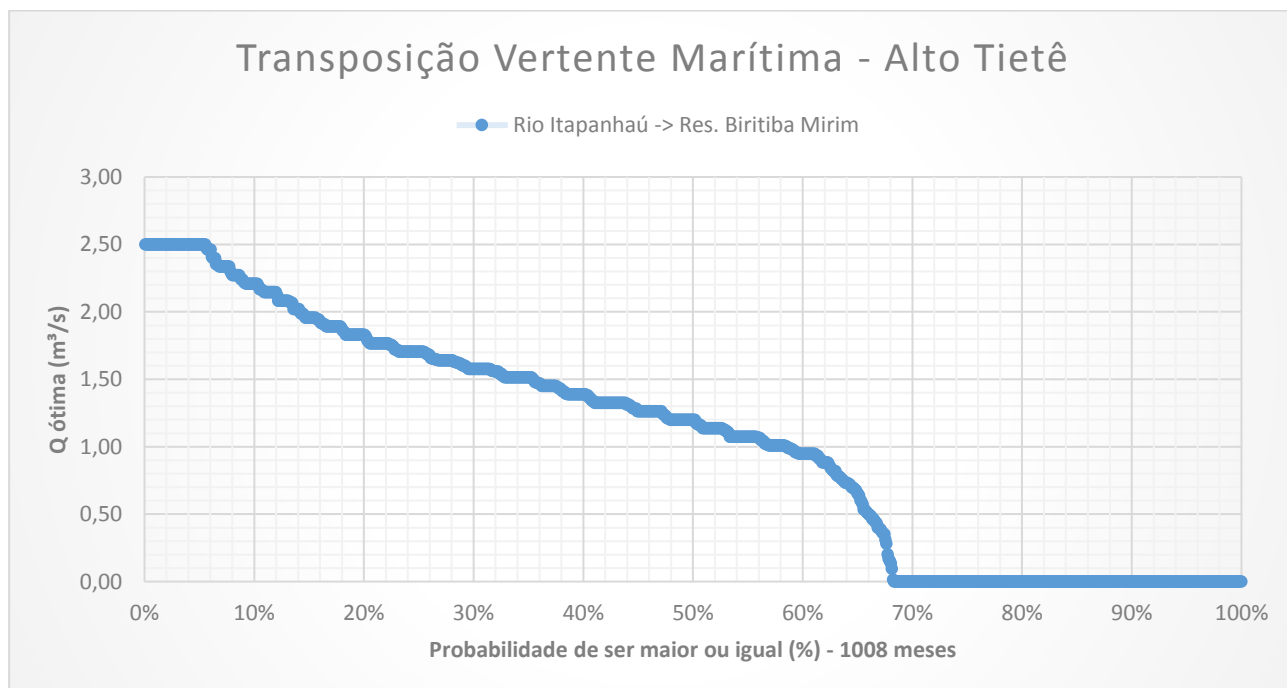


Figura 3.17 - Curva de permanência de vazão da transposição de Itapanhaú – ano base 2015

É importante destacar que ao considerar este novo aporte de vazão é preciso que a capacidade de transferência entre os reservatórios de Biritiba, Jundiá e Taiacupeba, permita passar uma vazão

máxima 13,5 m³/s, como pode ser observado nas curvas de permanência de vazão, **Figuras 3.18 e 3.19**. É somente ao considerar essa vazão de transferências entre os reservatórios que a vazão meta da ETA Taiacupeba se mantém por 98% do tempo.

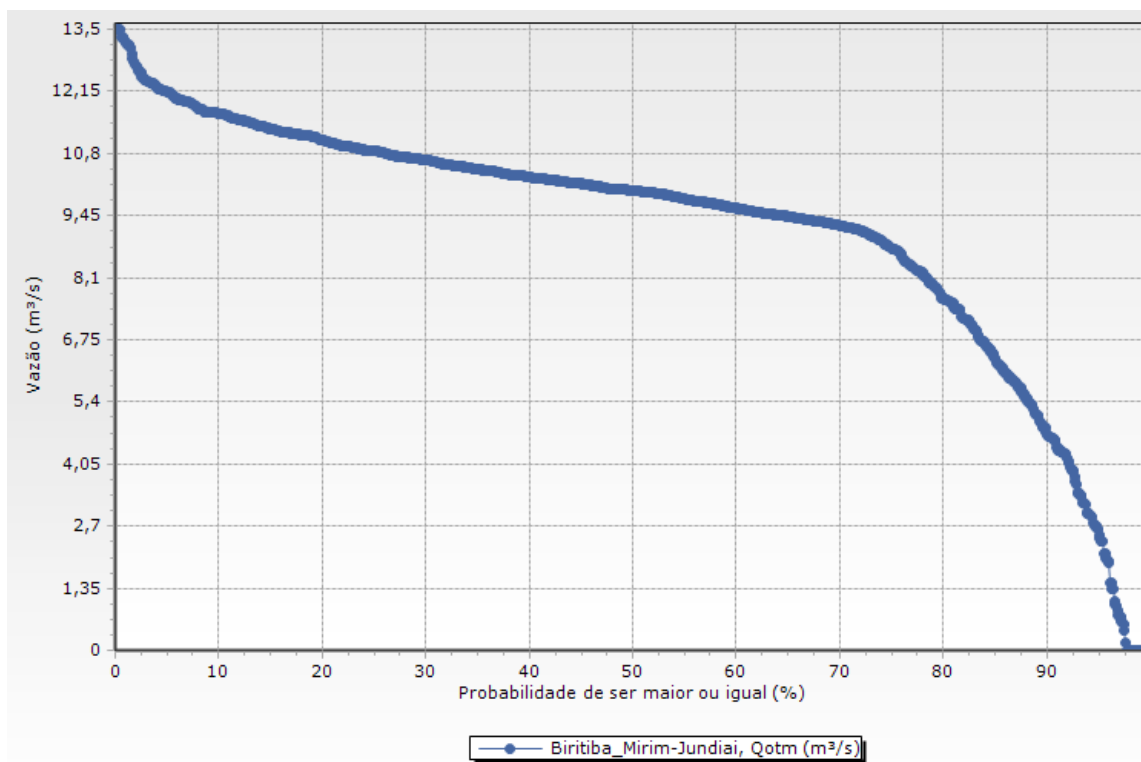


Figura 3.18 - Curva de permanência de vazão da ligação entre os reservatórios de Biritiba e Jundiá – ano base 2015

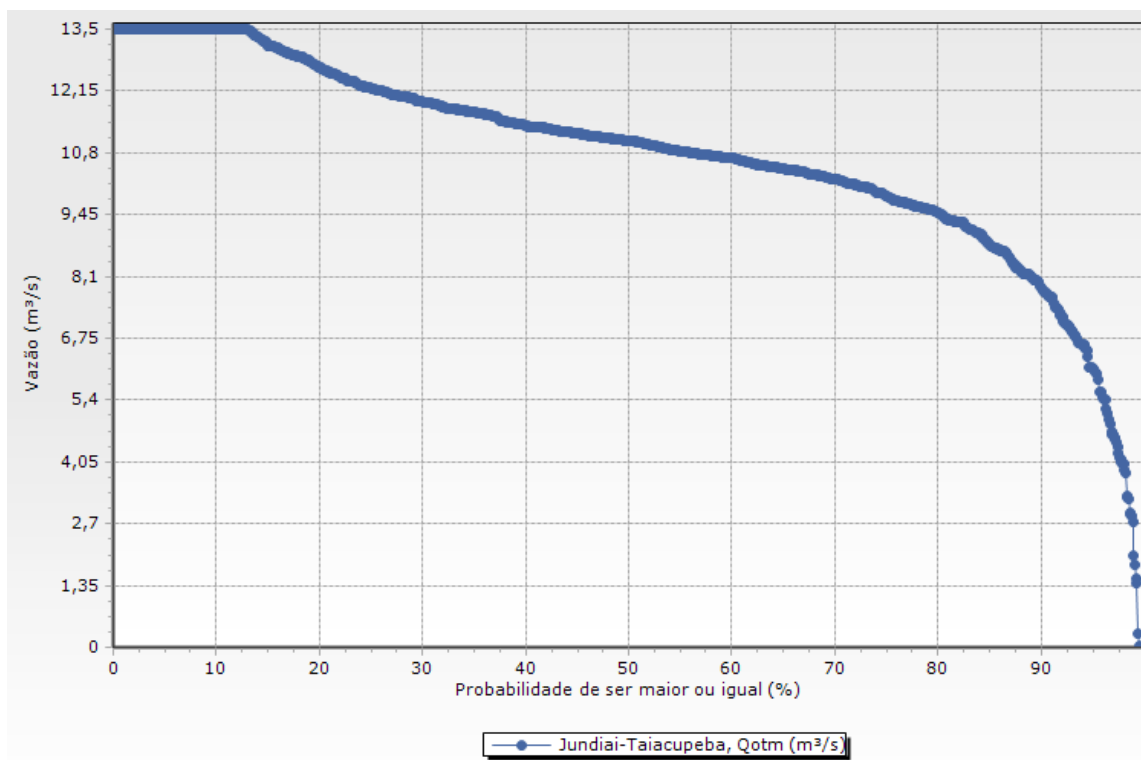


Figura 3.19 - Curva de permanência de vazão da ligação entre os reservatórios de Jundiá e Taiacupeba – ano base 2015

3.3.1.2. Situação futura – ano base 2027

Para a condição futura – ano base 2027, utilizaram-se as demandas urbanas, agrícolas e industriais projetadas, que juntas correspondem a 7,13 m³/s, ou seja, 9% a mais que o cenário de 2015. Estas demandas estão localizadas a montante da ETA Taiapuêba.

Para este cenário (2027), a vazão meta da ETA passou de 15,0 m³/s para 22,0 m³/s, portanto, alguns arranjos foram considerados para que tal vazão fosse atendida em 98% do tempo, permitindo, ainda, uma avaliação entre as alternativas. A **Tabela 3.25** apresenta os arranjos estudados para a situação de 2027.

Tabela 3.25 - Resumo dos cenários/arranjos utilizados na modelagem – ano base 2027

Sistemas Produtores	Vazão Meta	Ano	Cenários/Arranjos
Alto Tietê e Rio Claro	ETA Taiapuêba: 22,00 m ³ /s	2027	Condição Futura com as transposições de Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova
			Condição Futura com as transposições Itatinga, Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova

- **Condição futura com as transposições Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova**

Partindo do pressuposto que com uma vazão meta de 15,0 m³/s considerou-se a transposição de Itapanhaú, com esta nova vazão meta (22,0 m³/s) o primeiro cenário já leva em conta esta estrutura como existente e inclui, ainda, a transferência entre os reservatórios de Paraibuna e Ponte Nova. No entanto, como se pretende obter um atendimento que atenda a nova vazão meta em 98% do tempo, realizou-se uma análise de sensibilidade com o objetivo de verificar qual deve ser a vazão transposta para que isso ocorra. Neste cenário a captação no Itapanhaú foi considerada como fio d'água e com uma capacidade de 2,5 m³/s.

Após análise de sensibilidade observou-se que a transferência entre os reservatórios de Paraibuna e Ponte Nova deve ser de 6,85 m³/s para que vazão meta de 22,0 m³/s na ETA Taiapuêba seja atendida 98% do tempo. Por outro lado, para que seja possível atingir essa vazão meta de tratamento são necessários ajustes nas estruturas hidráulicas existentes em função dos novos aportes. A EEAB deve passar de uma capacidade de bombeamento de 9,0 m³/s para 14,90 m³/s. A interligação entre os reservatórios de Biritiba-Mirim e Jundiaí deve possuir capacidade para transportar 20,20 m³/s, já a entre os reservatórios Jundiaí e Taiapuêba esta capacidade deve ser de 22,00 m³/s. Deve-se analisar também a possibilidade de ampliação da calha do rio Tietê, localizado imediatamente após a confluência entre os reservatórios Paraitinga e Ponte Nova, para 18,10 m³/s, uma vez que de acordo com a Portaria DAEE n° 2.556, de 28 de novembro de 2011, esta descarga máxima não pode ultrapassar os 15 m³/s. A **Tabela 3.26** apresenta o resumo hidrológico para este cenário.

Tabela 3.26 - Resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro com as Transposições de Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027

	Adução para a ETA Taiaçupeba	Adução para a ETA Casa Grande	EEAB Biritiba Mirim	Q _{eco} da Foz do Rio Biritiba-Mirim	Q _{eco} da Foz do Rio Taiaçupeba	Transp. Rio Itapanhaú → Res. Biritiba Mirim	Transp. Res. Paraibuna → Res. Ponte Nova
Máximo	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,50	6,85
Média	21,96	2,97	14,85	3,00	4,00	1,36	5,77
Mediana	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,46	6,85
Mínima	16,22	2,46	9,89	3,00	4,00	0,00	0,00
Desvio padrão (σ)	0,37	0,03	0,41	0,00	0,00	0,85	2,26
Coef. de Variação	1,67	0,97	2,77	0,00	0,00	62,22	39,15
Garantia	98,02	99,21	98,31	100,00	100,00	13,10	76,39
Permanência (%)	Vazões (m³/s)						
0	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,50	6,85
1	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,50	6,85
2	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,50	6,85
3	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,50	6,85
5	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,50	6,85
10	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,50	6,85
15	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,40	6,85
20	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,21	6,85
25	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	2,08	6,85
30	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,89	6,85
35	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,77	6,85
40	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,68	6,85
45	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,58	6,85
50	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,46	6,85
55	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,36	6,85
60	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,26	6,85
65	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,16	6,85
70	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	1,07	6,85
75	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,93	6,85
80	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,07	5,29
85	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	3,39
90	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	0,26
92	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	0,00
93	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	0,00
94	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	0,00
95	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	0,00
96	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	0,00
97	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	0,00
98	22,00	2,98	14,90	3,00	4,00	0,00	0,00
99	21,43	2,98	12,93	3,00	4,00	0,00	0,00
100	16,22	2,46	9,89	3,00	4,00	0,00	0,00

Analisando a **Tabela 3.26** verifica-se que a vazão meta da ETA Taiaçupeba é atendida 98% do tempo, como já era de se esperar. Neste cenário a vazão máxima de transferência entre os reservatórios de Paraibuna e Ponte Nova – obtida através da análise de sensibilidade –, ocorreu em 75% do tempo. A EEAB Biritiba-Mirim transferiu para o sistema uma vazão de 14,90 m³/s em 98% do tempo. As **Figuras 3.20** e **3.21** apresentam as curvas de permanência de vazão da ETA Taiaçupeba e da transposição Paraibuna-Ponte Nova.

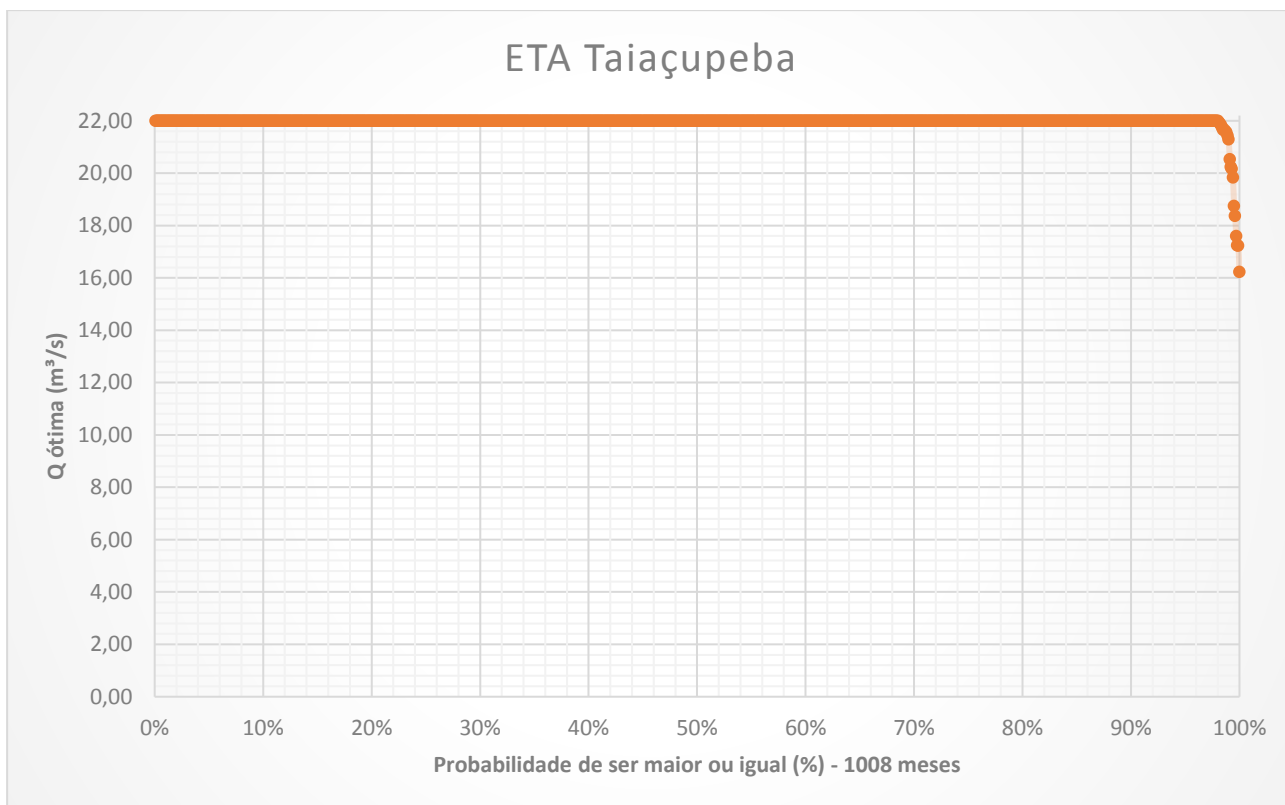


Figura 3.20 - Curva de permanência de vazão da ETA Taiapuêba com as Transposições de Itapanhá e Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027

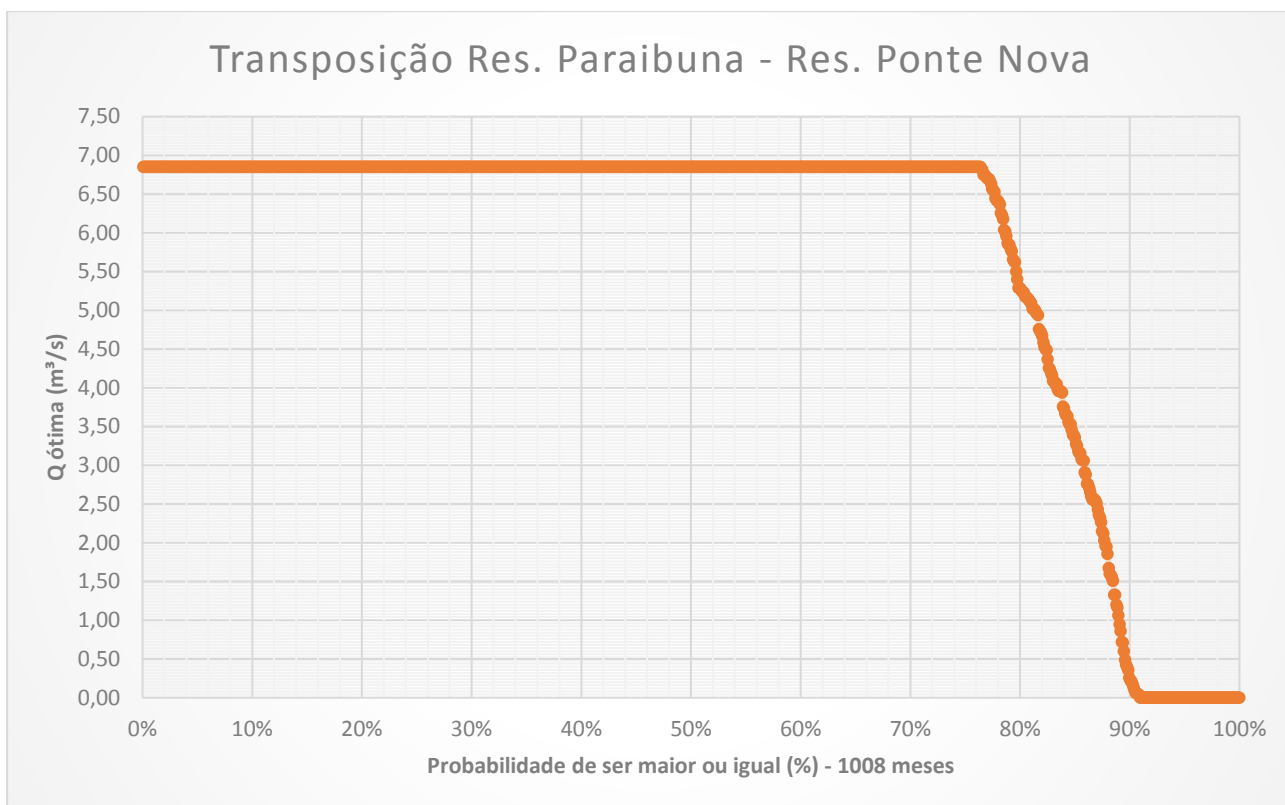


Figura 3.21 - Curva de permanência de vazão da transposição Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2015

- **Condição futura com as transposições Itatinga, Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova**

O segundo cenário considera dois reservatórios para regularização de vazão, um no rio Itatinga e outro no rio Itapanhaú, com volume útil de 59,20 Mm³ e 45,60 Mm³, respectivamente. Este arranjo tomou como base os estudos apresentados no PDMMP (DAEE, 2013). A capacidade máxima de transferência entre o reservatório de Itatinga e Jundiáí, foi de 1,20 m³/s. Já entre os reservatórios de Itapanhaú e Biritiba-Mirim, adotou-se o mesmo valor do cenário anterior, ou seja, 2,5 m³/s.

Da mesma forma como foi realizada a análise de sensibilidade no cenário anterior, neste, também buscou-se obter a vazão necessária a ser aportada para o sistema, considerando atingir a vazão meta de 22,0 m³/s na ETA Taiapuêba em 98% do tempo. Após esta análise, observou-se que é preciso transferir entre os reservatórios uma vazão de 6,60 m³/s para cumprir tal regra.

É importante destacar neste cenário alguns pontos importantes que divergem do cenário anterior: (i) a vazão requerida do Paraibuna é menor, uma vez que neste arranjo considera-se o reservatório Itatinga; (ii) em função desta transposição (Itatinga-Jundiáí) a capacidade da EEAA Biritiba-Mirim passa a ter uma capacidade de 13,90 m³/s; (iii) a confluência entre os reservatórios Paraitinga e Ponte Nova, neste arranjo, passa a precisar de uma capacidade 16,09 m³/s, pouco mais próximo da restrição imposta pela Portaria DAEE n° 2.556, de 28 de novembro de 2011. As capacidades de transferência de vazão entre os reservatórios de Biritiba-Mirim, Jundiáí e Taiapuêba permaneceram iguais ao cenário anterior. A **Tabela 3.27** apresenta o resumo hidrológico para este cenário.

Analisando a **Tabela 3.27** verifica-se que a vazão de 6,60 m³/s, proveniente do reservatório Paraibuna-Ponte Nova, é disponibilizada em 65% do tempo. A EEAA Biritiba-Mirim disponibiliza sua vazão máxima em 100% do tempo. As transposições de Itatinga e Itapanhaú, fornecem ao sistema suas capacidades máximas em 60% e 10% do tempo, respectivamente. As **Figuras 3.22, 3.23 e 3.24** apresentam as curvas de permanência de vazão da ETA Taiapuêba, das transposições Itatinga, Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova, respectivamente.

Tabela 3.27 - Resumo hidrológico dos Sistemas Alto Tietê e Rio Claro com as Transposições Itatinga, Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027

	Adução para a ETA Taiaçupeba	Adução para a ETA Casa Grande	EEAB Biritiba Mirim	Q _{eco} da Foz do Rio Biritiba-Mirim	Q _{eco} da Foz do Rio Taiaçupeba	Transp. Rio Itatinga → Res. Jundiá	Transp. Rio Itapanhaú → Res. Biritiba Mirim	Transp. Res. Paraibuna → Res. Ponte Nova
Máximo	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,50	6,60
Média	21,98	2,97	13,90	3,00	4,00	0,85	1,33	5,20
Mediana	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	1,45	6,60
Mínima	17,91	2,46	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
Desvio padrão (σ)	0,23	0,03	0,00	0,00	0,00	0,51	0,87	2,47
Coef. de Variação	1,04	0,97	0,00	0,00	0,00	60,06	65,55	47,52
Garantia	98,02	99,21	100,00	100,00	100,00	62,30	13,99	68,85
Permanência (%)	Vazões (m³/s)							
0	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,50	6,60
1	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,50	6,60
2	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,50	6,60
3	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,50	6,60
5	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,50	6,60
10	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,50	6,60
15	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,46	6,60
20	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,21	6,60
25	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	2,08	6,60
30	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	1,89	6,60
35	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	1,77	6,60
40	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	1,64	6,60
45	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	1,54	6,60
50	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	1,45	6,60
55	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	1,33	6,60
60	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,20	1,24	6,60
65	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	1,01	1,14	6,60
70	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,60	1,01	6,36
75	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,38	0,71	5,10
80	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	2,99
85	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,69
90	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
92	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
93	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
94	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
95	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
96	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
97	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
98	22,00	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
99	21,54	2,98	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00
100	17,91	2,46	13,90	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00

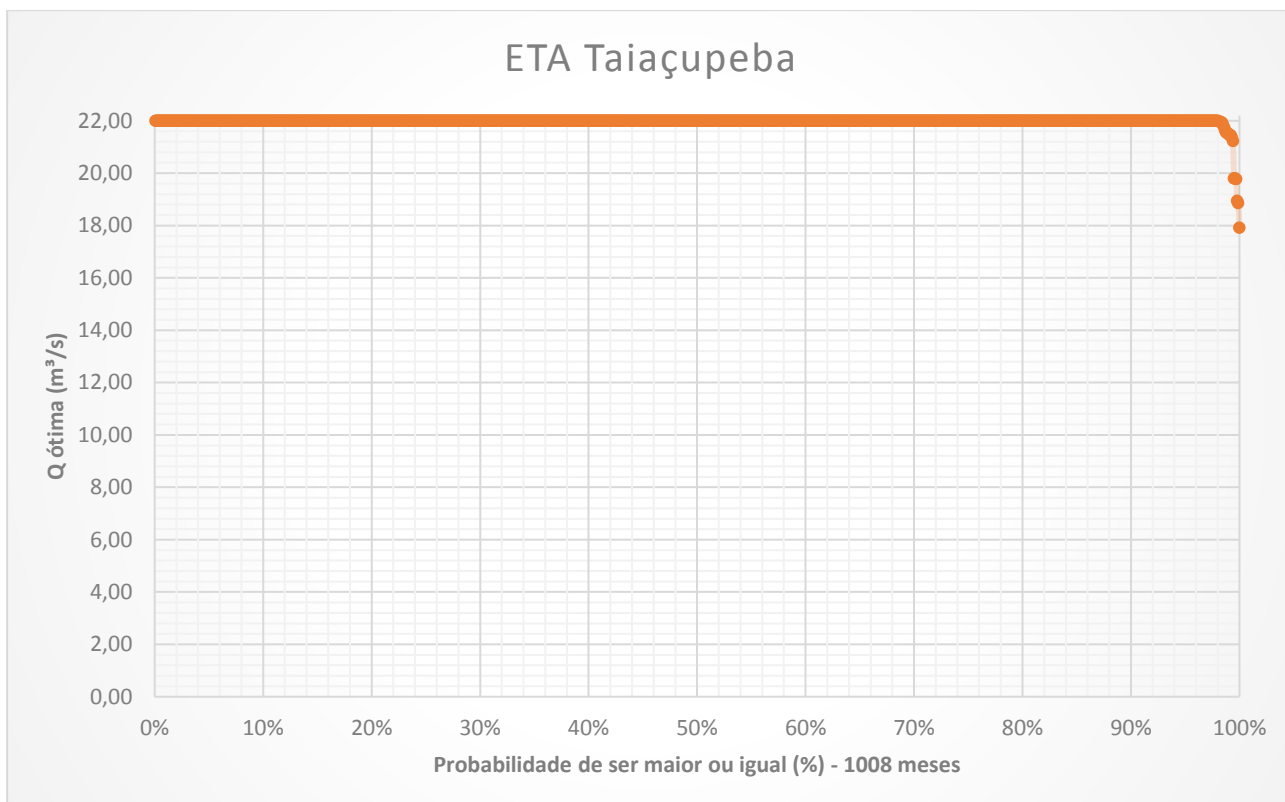


Figura 3.22 - Curva de permanência de vazão da ETA Taiacupeba com as Transposições Itatinga, Itapanhaú e Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027

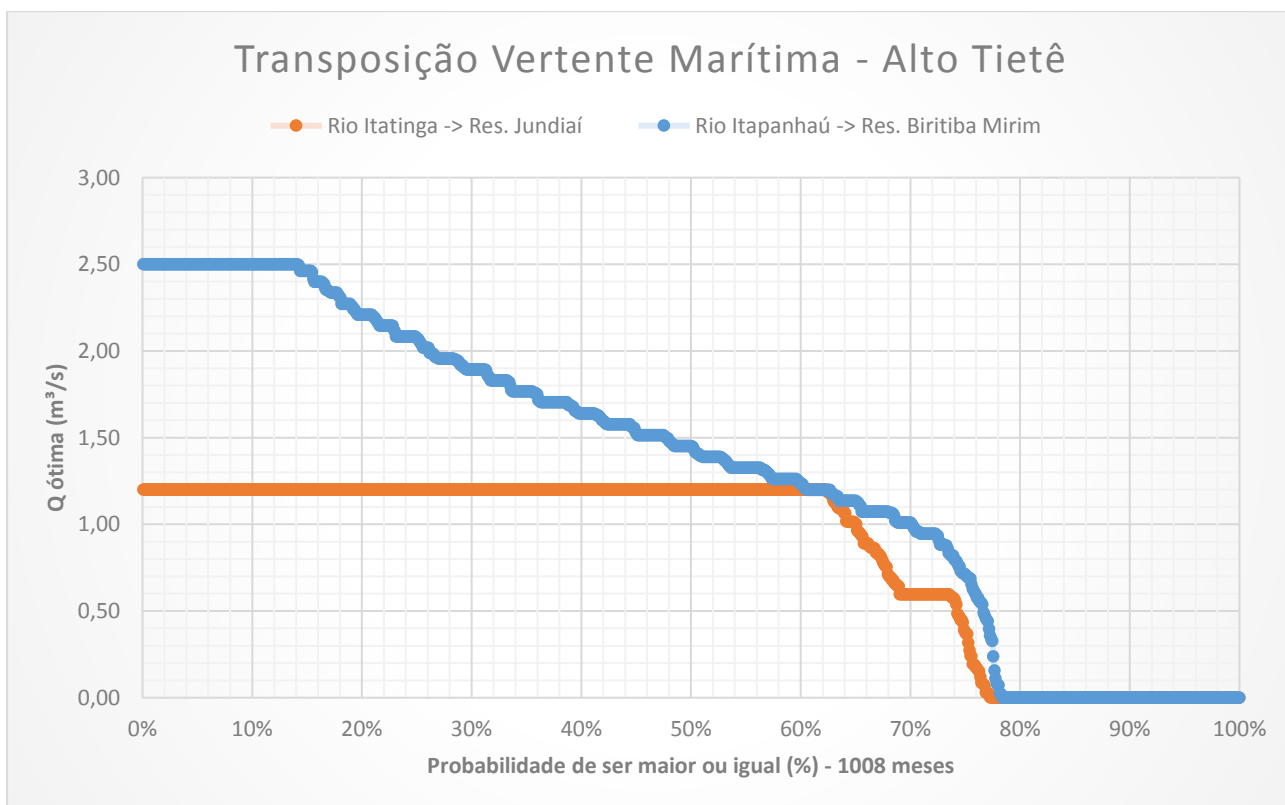


Figura 3.23 - Curva de permanência de vazão das transposições de Itatinga e Itapanhaú – ano base 2027

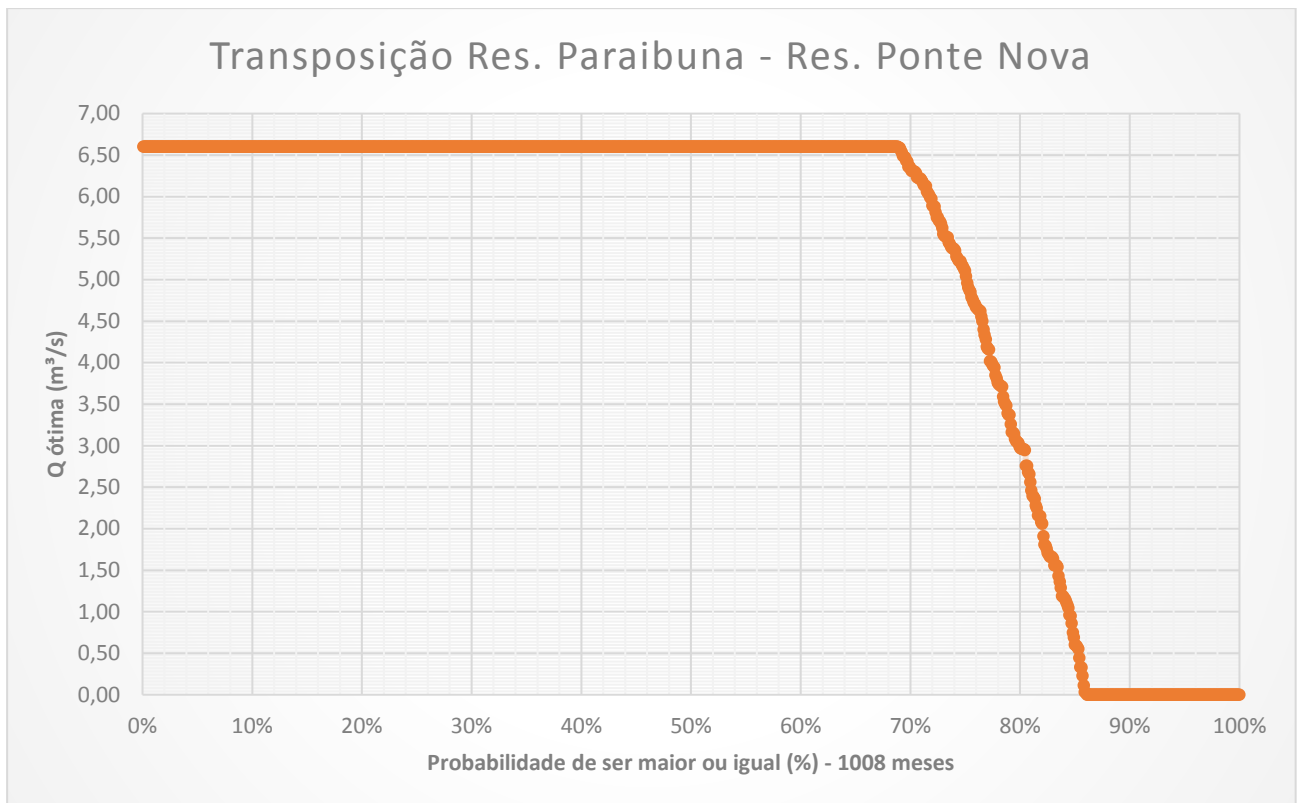


Figura 3.24 - Curva de permanência de vazão da transposição Paraibuna-Ponte Nova – ano base 2027

Uma vez que as demandas de montante da ETA Taiaçupeba crescem apenas 6% entre 2027 e 2045, isto é, passaram de 7,13 m³/s para 7,44 m³/s, e a vazão meta da ETA Taiaçupeba se mantém nos 22,0 m³/s, o cenário de 2045 não sofreu alterações significativas que justifiquem uma análise detalhada. Ou seja, não havendo mudanças significativas neste período (2027/2045) as considerações apresentadas para o cenário de 2027 são válidas para o de 2045.

3.4. Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos

Os Sistemas Guarapiranga-Billings, Rio Grande, Ribeirão da Estiva e Capivari-Monos estão localizados na região sul da BAT.

O Sistema Produtor Guarapiranga-Billings apresenta os seguintes usos múltiplos: abastecimento de água, geração de energia (Henry Borden), controle de cheias, recreação e preservação ambiental. As águas que afluem ao reservatório Guarapiranga são tratadas na Estação de Tratamento de Água Rodolfo José da Costa e Silva – ETA RJCS, anteriormente denominada ETA ABV, em operação desde 1958. Recentemente, em 2015, a ETA RJCS foi ampliada, com módulos de membranas de ultrafiltração, elevando-se a capacidade total de produção de 14,0 para 16,0 m³/s.

Observa-se que as vazões de produção no Sistema Produtor Guarapiranga incorporam as contribuições de vazões transpostas de outras bacias. Entre 1,0 e 1,5 m³/s das águas do rio Capivari, pertencente à vertente marítima, que são revertidos para o ribeirão Vermelho, afluente do rio Embu-Guaçu. Além disso, há a transposição de até 4,0 m³/s das águas do braço do Taquacetuba do reservatório Billings para o reservatório Guarapiranga.

O Sistema Produtor Capivari - Embu-Guaçu, localizado na Bacia da Guarapiranga, está em operação desde 2013. Este sistema possui captação no rio Embu-Guaçu, a jusante do ponto que recebe as contribuições da transposição do rio Capivari, além de complementação de captação subterrânea por meio de dois poços, com tratamento na ETA Embu-Guaçu, que tem capacidade para tratar até 0,15 m³/s de água. Existe uma proposta para a realização de uma segunda captação a jusante do Rio Capivari, denominada de Médio Capivari, com capacidade de aportar 4,0 m³/s para

a estação elevatória Alto Capivari, que seria ampliada para encaminhar até 5,72 m³/s ao Ribeirão Vermelho. As vazões que excedem a capacidade da ETA Embu-Guaçu são armazenadas pelo reservatório Guarapiranga (PDAA, em elaboração pela Sabesp).

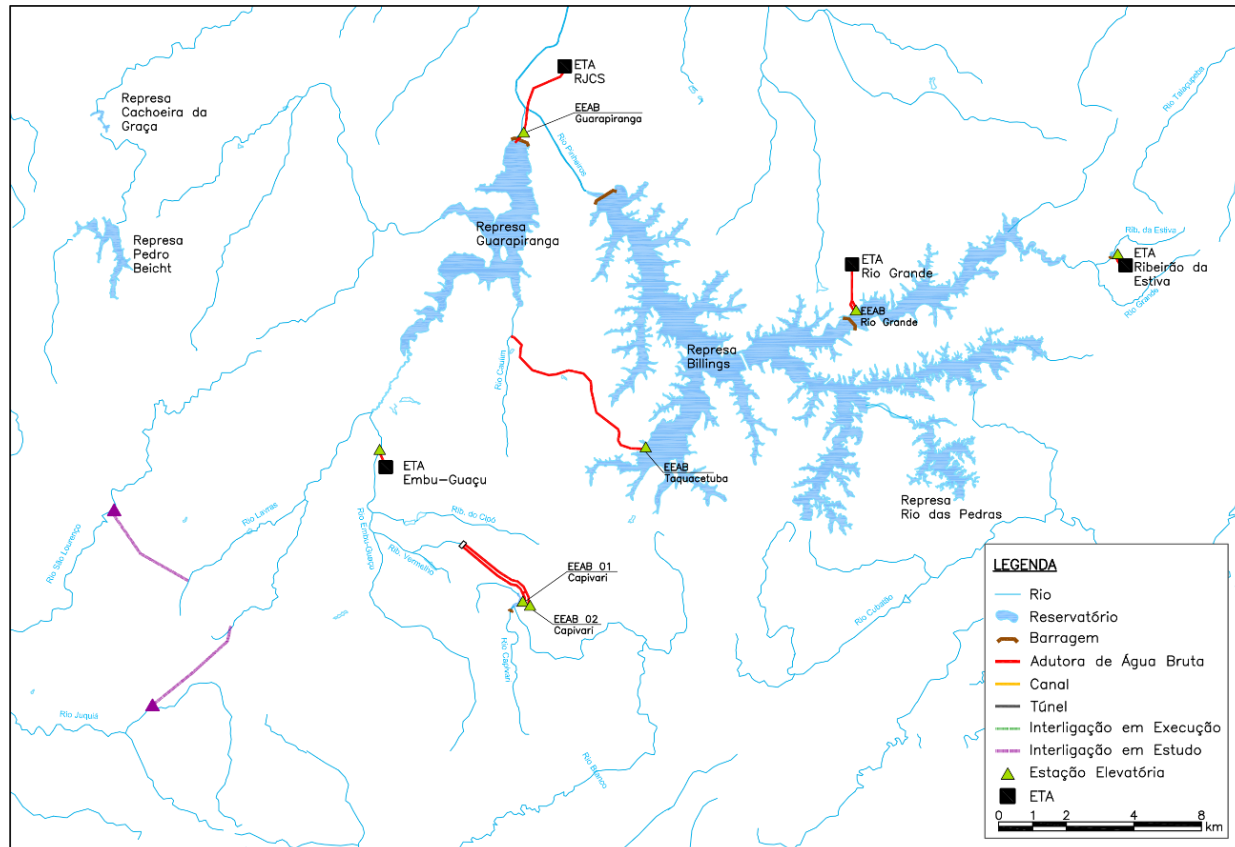
Além disso, encontram-se em fase de estudo duas transposições da bacia do Alto Juquiá para a bacia do Guarapiranga: (i) reversão de até 1,5 m³/s do rio Juquiá para o Ribeirão Santa Rita; e (ii) reversão de até 2,5 m³/s do rio São Lourenço para o Ribeirão das Lavras.

O Sistema Rio Grande, em operação desde 1955, possui sua captação de água no braço do Rio Grande do Reservatório Billings, segmentado, por barragem, do restante do reservatório. As águas são tratadas na ETA Rio Grande, que possui capacidade de 5,5 m³/s. Ressalta-se que, atualmente, as águas do braço do Rio Pequeno podem ser transpostas, em carácter emergencial, (até 4,0 m³/s) para o braço do Rio Grande, a partir do qual podem ser encaminhadas para o reservatório Taiaçupeba (Sistema Produtor Alto Tietê). A **Figura 3.25** apresenta o esquema nos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos.

Estes sistemas, juntos, possuem um volume útil total de reservação de água bruta de 1.489,17 Mm³. A **Tabela 3.28** apresenta os volumes úteis dos reservatórios de forma individual.

Tabela 3.28 - Volumes úteis utilizados na modelagem para os sistemas produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos

Reservatórios	Volume útil (Mm ³)
Billings	638,33
Braço do Rio Grande	153,15
Braço Taquacetuba	493,34
Guarapiranga	171,19
Capivari-Monos	4,10
Rio das Pedras	29,06
TOTAL	1.489,17



Fonte: PDAA – Em elaboração pela SABESP.

Figura 3.25 - Representação dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos

Sabe-se que inicialmente o reservatório Billings tinha como principal função fornecer água à UHE Henry Borden para geração de energia elétrica. Com o passar dos anos buscaram-se alternativas para que fosse possível ampliar a capacidade de geração, onde a mais significativa, foi a reversão do rio Pinheiros. No entanto, devido ao aumento da necessidade de utilização das água do reservatório Billings para abastecimento urbano e, como a reversão estava se mostrando problemática do ponto de vista da qualidade da água, regras para operação deste sistema de transposição foram estabelecidas a partir da Resolução Conjunta da Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria de Energia e Saneamento do Estado de São Paulo nº 03, emitida em 04 de outubro de 1992, atualizada pelos mesmo órgãos, em 19 de fevereiro de 2010, através da Resolução Conjunta nº 02. A partir desta data as águas do rio Pinheiros só poderiam ser bombeadas para o reservatório Billings apenas para o controle de cheias. Devido a esta restrição operacional que resultou significativamente na disponibilidade hídrica do reservatório Billings, houve uma redução na geração de energia elétrica por parte da UHE Henry Borden.

A atual regra vigente, define através da Portaria do Ministério de Minas e Energia nº 21 de 30 de julho de 2007, que a UHE Henry Borden tem de garantia física de energia 127,7 MW. Por outro lado, a máxima potência outorgada para esta UHE é de 889 MW, onde para tal geração, possui uma capacidade de engolimento máximo de 157,2 m³/s, ou seja, uma produtividade de 5,65 MW/(m³/s). Portanto, para a energia assegurada de 127,7 MW, são necessários 22,6 m³/s, isto é, 14% da vazão necessária para a máxima capacidade de geração. Para efeito da modelagem, a vazão de 22,6 m³/s foi fixada como uma demanda contínua da UHE Henry Borden visando analisar seu comportamento ao longo do período.

3.4.1. Dados Operacionais dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos

Para a modelagem dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos, no PBH-AT (2017), foi necessário identificar as regras operacionais existentes, ou seja, as vazões mínimas que devem ser garantidas ou asseguradas. A **Tabela 3.29** apresenta as restrições operacionais e as transposições que foram incluídas no modelo.

Tabela 3.29 - Restrições Operacionais e transposições incluídas no modelo

Código AcquaNet	Local	Valor (m ³ /s)
Jus_Cachoeira_do_Franca	Jusante do Reservatório Cachoeira do França	3,20
Jus_Capivari_Monos	Jusante do Reservatório Capivari Monos	0,14
Jus_Rio_das_Pedras	Jusante do Reservatório Rio das Pedras	6,00
Qmin_Henry_Borden	Vazão objetivo da UHE Henry Borden	22,60
Qmin_Taquacetuba	Transposição Taquacetuba	2,19
Revers_Pinheiros_Billings	Reversão Pinheiros - Billings	6,20

As vazões de jusante, apresentadas na Tabela acima, se tratam de restrições que devem ser obedecidas, pois foram determinadas em função das demandas de cada reservatório. A vazão mínima para a UHE Henry Borden é a assegurada, obtida a partir da garantia física de energia atual. A transposição do Braço do Taquacetuba (Res. Billings) para o Reservatório Guarapiranga, tem capacidade máxima de até 4,0 m³/s, no entanto, na média utiliza-se 2,19 m³/s, por esta razão, foi este o valor adotado no modelo. Na reversão do Rio Pinheiro para o Reservatório Billings adotou-se o valor que vem sendo utilizado no PDAA (em elaboração pela Sabesp).

Assim como nos demais sistemas produtores, as vazões mínimas de jusante dos reservatórios, são prioritárias quanto ao atendimento, seguida das demandas urbanas, agrícolas e industriais e por fim, as ETAs. A **Tabela 3.30** apresenta as restrições operacionais dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos.

Tabela 3.30 - Prioridades de Atendimento dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos

Elementos	Prioridade	Elementos	Prioridade
Jus_Billings	5	ZD11_IN	40
Jus_Braco_Grande	5	ZD12_AG	60
Jus_Cachoeira_do_Franca	5	ZD12_IN	40
Jus_Capivari_Monos	5	ZD12_UR	20
Jus_Guarapiranga	5	ZD13_AG	60
Jus_Rio_das_Pedras	5	ZD13_IN	40
Jus_Taquacetuba	5	ZD32_AG	60
Qmin_Henry_Borden	20	ZD32_IN	40
Qmin_Taquacetuba	5	ZD35_AG	60
Qmin_Alto_Capivari	5	ZD35_IN	40
Braco_Pequeno	10	ETA_Embu_Guacu	75
Revers_Pinheiros_Billings	10	ETA_Rio_Grande	75
ZD10_AG	60	ETA_RJCS	75
ZD10_IN	40	DRE_001	99
ZD11_AG	60	DRE_003	99

As demandas apresentadas na **Tabela 3.31** correspondem as vazões necessárias para atender os setores agrícolas, urbanos e industriais, nos anos de 2015, 2027 e 2045, considerando de forma parcial ou integral os 12 (doze) municípios (**Tabela 3.32**) pertencentes aos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos, que foram considerados para efeito de modelagem.

Tabela 3.31 - Demandas Totais dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos

Elementos/Anos	Vazão (m³/s)		
	2015	2027	2045
Demanda total - Agricultura	0,235	0,235	0,232
Demanda total - Industrial	1,143	1,143	1,143
Demanda total - Urbana	0,077	0,085	0,091
Demanda Total	1,455	1,463	1,466

Destaca-se que nestes sistemas não existem demandas urbanas a montante das ETAs Rio Grande e RJCS. O único caso de demandas urbana são os municípios de Jujuitiba e São Lourenço da Serra, que fazem a captação diretamente no reservatório Cachoeira do França e possuem estações de tratamento de água isolado do Sistema Integrado Metropolitano. Por conta desta condição, foi possível analisar exclusivamente a vazão disponibilizada às ETAs, em função da demanda requerida e a capacidade de tratamento.

Tabela 3.32 - Municípios pertencentes a cada zona de demanda dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos

Zonas de Demanda	Municípios
10 e 11	São Paulo
12	Jujuitiba
13	Embu das Artes; Embu-Guaçu; Itapeçerica da Serra; Taboão da Serra
32	Ribeirão Pires; Rio Grande da Serra
35	Diadema; Santo André; São Bernardo do Campo; São Paulo

Ao carregar todas as informações acima apresentadas no modelo AcquaNet, foi possível gerar os dados de balanço hídrico para os três cenários (2015, 2027 e 2045). Analisou-se o comportamento dos sistemas em função do atendimento às demandas das ETAs Rio Grande, RJCS e Embu-Guaçu.

3.4.2. Simulação da Operação dos Sistemas Produtores Guarapiranga-Billings, Rio Grande e Capivari-Monos

3.4.2.1. Situação Atual – ano base 2015

Para a situação atual consideraram-se as demandas de 2015 e as estruturas hidráulicas existentes. Destaca-se que em todos os cenários adotou-se uma vazão de 22,6 m³/s a ser disponibilizada à UHE Henry Borden. Em função desta vazão que deve ser ofertada à UHE Henry Borden, as simulações realizadas neste sistema priorizaram inicialmente as transposições existentes e na sequência a garantia de vazão para geração de energia elétrica.

- **Condição atual – ano base 2015**

Atualmente no braço do Taquacetuba (Reservatório Billings) existe uma transposição média de vazão de 2,19 m³/s para o reservatório Guarapiranga. No entanto, por questões operacionais, essa transferência só ocorre enquanto o reservatório Billings estiver 60% acima de seu volume útil (1.131,67 Mm³), ou seja, com volume acima dos 638,33 Mm³. Para que fosse possível considerar essa restrição criou-se no modelo AquaNet um Estado Hidrológico que representasse tal condição.

Ao carregar o modelo com esta regra, somada as demandas urbanas, agrícolas e industriais localizadas a montante das ETAs RJCS e Rio Grande, as vazões médias mensais correspondentes aos 1.008 meses de análise, as restrições operacionais e as prioridades de atendimento, foi possível avaliar a disponibilidade hídrica para as ETAs. A **Tabela 3.33** apresenta o resumo hidrológico dos Sistemas Billings, Guarapiranga, Rio Grande e Capivari-Monos, para a situação atual.

Analisando a **Tabela 3.33** verifica-se que a ETA RJC é atendida 60% do tempo ao considerar sua vazão meta (16,0 m³/s), por outro lado, na média do período analisado recebeu uma vazão de 13,54 m³/s. A transferência do Taquacetuba é mantida 55% do tempo na sua vazão máxima, no entanto, na média recebe 1,75 m³/s. A UHE Henry Borden 65% do tempo recebeu a vazão assegurada de 22,6 m³/s.

Tabela 3.33 - Resumo hidrológico dos Sistemas Billings, Guarapiranga, Rio Grande e Capivari-Monos – ano base 2015

	Adução para a ETA RJCS	Adução para a ETA Rio Grande	Transp. para Henry Borden	Transp. Braço Taquacetuba para Res. Guarapiranga	Reversão do Braço Pequeno para o Braço Grande
(m³/s)					
Máximo	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
Média	13,54	3,45	20,48	1,75	4,00
Mediana	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
Mínima	1,88	0,00	9,02	0,05	4,00
Desvio padrão (σ)	3,86	2,57	3,68	0,64	0,00
%					
Coef. de Variação	28,54	74,48	17,97	36,28	0,00
Garantia	62,20	56,94	68,15	55,75	100,00
Permanência (%)	Vazões (m³/s)				
0	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
1	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
2	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
3	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
5	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
10	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
15	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
20	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
25	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
30	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
35	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
40	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
45	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
50	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
55	16,00	5,50	22,60	2,19	4,00
60	16,00	4,07	22,60	2,02	4,00
65	15,04	1,46	22,60	1,80	4,00
70	13,27	0,00	21,76	1,63	4,00
75	11,46	0,00	19,09	1,38	4,00
80	9,68	0,00	17,12	1,15	4,00
85	8,10	0,00	15,67	0,92	4,00
90	6,53	0,00	13,99	0,63	4,00
92	6,06	0,00	13,24	0,54	4,00
93	5,90	0,00	12,82	0,49	4,00
94	5,55	0,00	12,43	0,41	4,00
95	5,14	0,00	11,93	0,38	4,00
96	4,75	0,00	11,38	0,28	4,00
97	4,39	0,00	11,06	0,21	4,00
98	4,10	0,00	10,70	0,16	4,00
99	3,67	0,00	10,28	0,09	4,00
100	1,88	0,00	9,02	0,05	4,00

As **Figuras 3.26, 3.27 e 3.28** apresentam as curvas de permanência de vazão da ETA RJCS, do Braço Taquacetuba para o reservatório Guarapiranga e da UHE Henry Borden, respectivamente.

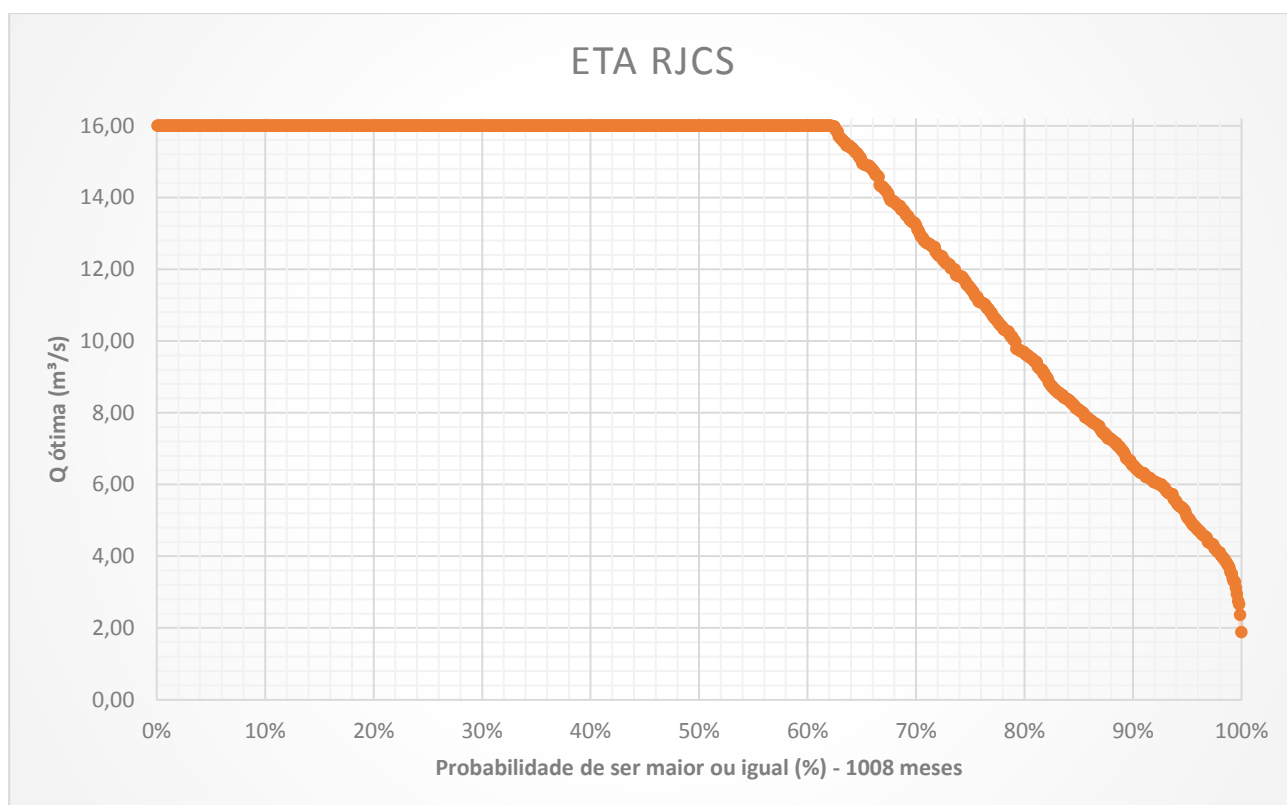


Figura 3.26 - Curva de permanência de vazão da ETA RJCS – ano base 2025

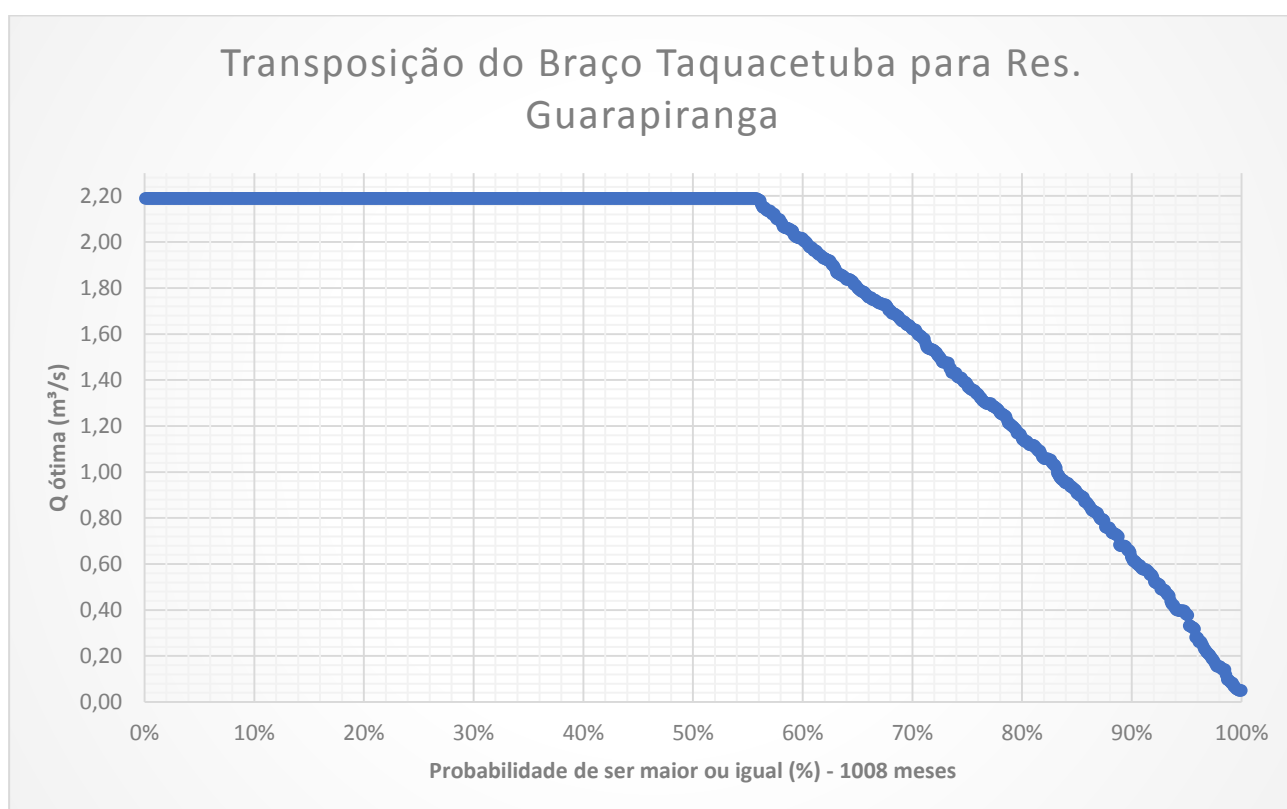


Figura 3.27 - Curva de permanência de vazão da transposição do braço do Taquacetuba para o reservatório Billings – ano base 2015

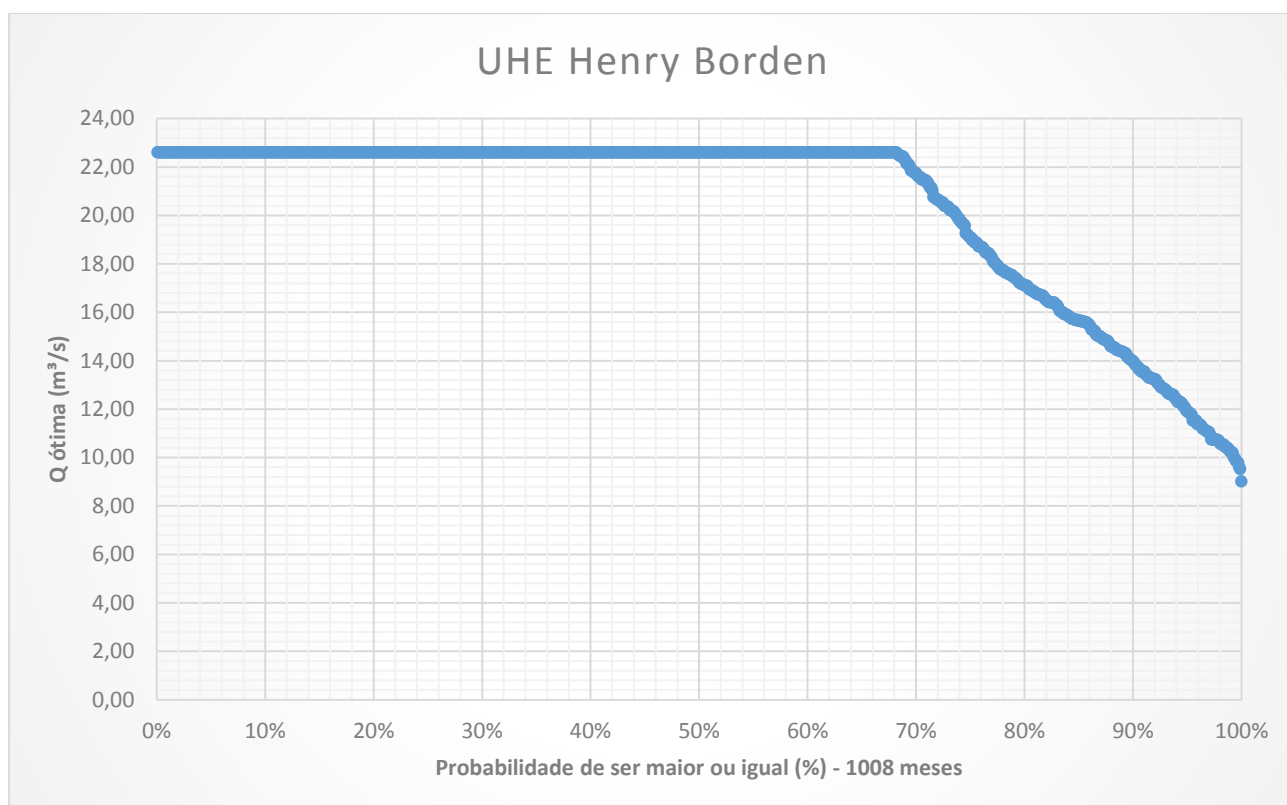


Figura 3.28 - Curva de permanência de vazão da UHE Henry Borden – ano base 2025

3.4.2.2. Situação Futura – ano base 2027

Para a condição futura consideraram-se as demandas futuras e uma vazão de transferência de 4,0 m³/s entre o Braço do Taquacetuba (Res. Billings) e o Reservatório Guarapiranga. Além disso, para que fosse possível viabilizar esse incremento de vazão, ampliou-se a transferência entre o rio Pinheiro e o reservatório Billings para 10,0 m³/s. Este aporte tem como objetivo disponibilizar também uma vazão maior para a geração de energia elétrica na UHE Henry Borden.

Analisando a **Tabela 3.34** verifica-se que o atendimento da ETA Taiapuêba a sua vazão meta passou de 60% para 70% do tempo. A transferência de vazão entre o Braço do Taquacetuba e o Reservatório Billings, aqui considerado com uma capacidade máxima de 4,0 m³/s, foi possível 30% do tempo, no entanto a média ofertada foi de 2,57 m³/s. A UHE Henry Borden passou a receber sua vazão máxima (22,6 m³/s) 85% do tempo.

Tabela 3.34 - Resumo hidrológico dos Sistemas Billings, Guarapiranga, Rio Grande e Capivari-Monos – ano base 2027

	Adução para a ETA RJCS	Adução para a ETA Rio Grande	Transp. para Henry Borden	Transp. Braço Taquacetuba para Res. Guarapiranga	Reversão do Braço Pequeno para o Braço Grande
(m³/s)					
Máximo	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
Média	14,19	4,62	22,09	2,57	4,00
Mediana	16,00	5,50	22,60	2,69	4,00
Mínima	1,88	0,00	13,32	0,05	4,00
Desvio padrão (σ)	3,56	1,90	1,64	1,30	0,00
%					
Coef. de Variação	25,08	41,24	7,44	50,58	0,00
Garantia	73,31	79,17	88,10	30,46	100,00
Permanência (%)	Vazão (m³/s)				
0	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
1	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
2	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
3	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
5	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
10	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
15	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
20	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
25	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
30	16,00	5,50	22,60	4,00	4,00
35	16,00	5,50	22,60	3,67	4,00
40	16,00	5,50	22,60	3,32	4,00
45	16,00	5,50	22,60	2,97	4,00
50	16,00	5,50	22,60	2,69	4,00
55	16,00	5,50	22,60	2,38	4,00
60	16,00	5,50	22,60	2,15	4,00
65	16,00	5,50	22,60	1,93	4,00
70	16,00	5,50	22,60	1,73	4,00
75	14,80	5,50	22,60	1,47	4,00
80	12,60	5,28	22,60	1,25	4,00
85	9,77	2,39	22,60	0,95	4,00
90	7,64	0,00	21,00	0,68	4,00
92	6,71	0,00	19,99	0,55	4,00
93	6,19	0,00	19,34	0,49	4,00
94	5,76	0,00	18,62	0,41	4,00
95	5,38	0,00	18,17	0,38	4,00
96	4,82	0,00	17,22	0,28	4,00
97	4,56	0,00	16,40	0,21	4,00
98	4,20	0,00	15,32	0,16	4,00
99	3,67	0,00	14,50	0,09	4,00
100	1,88	0,00	13,32	0,05	4,00

As Figuras 3.29, 3.30 e 3.31 apresentam as curvas de permanência de vazão da ETA RJCS, do Braço Taquacetuba para o reservatório Guarapiranga e da UHE Henry Borden, respectivamente.

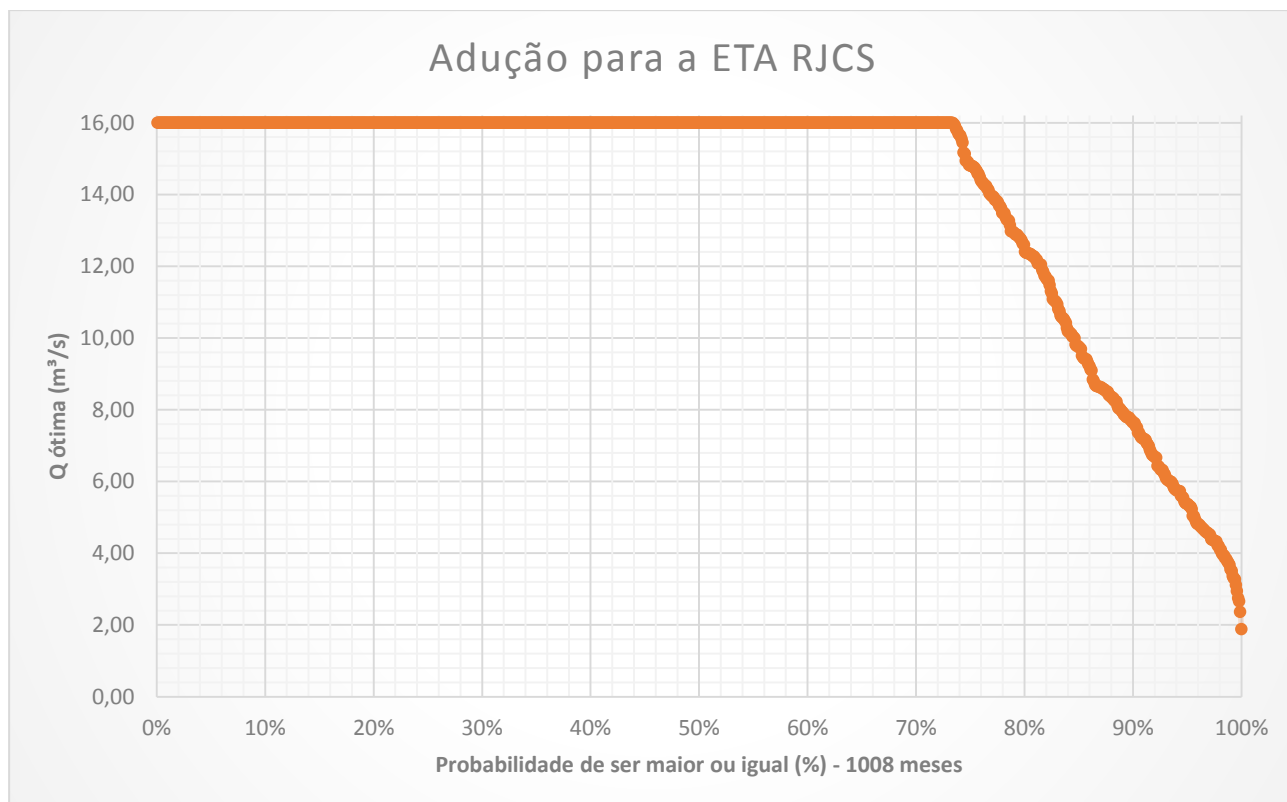


Figura 3.29 - Curva de permanência de vazão da ETA RJCS – ano base 2027

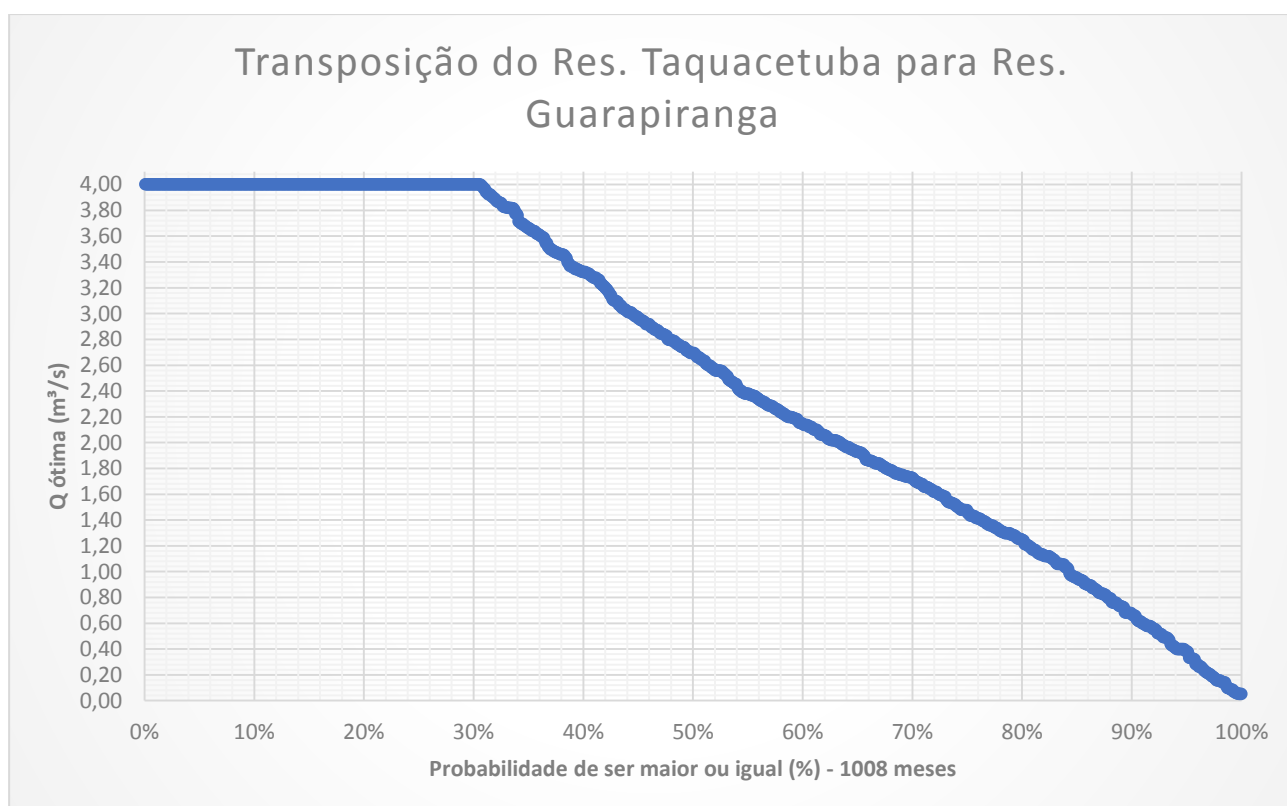


Figura 3.30 - Curva de permanência de vazão da transposição do braço do Taquacetuba para o reservatório Billings – ano base 2027

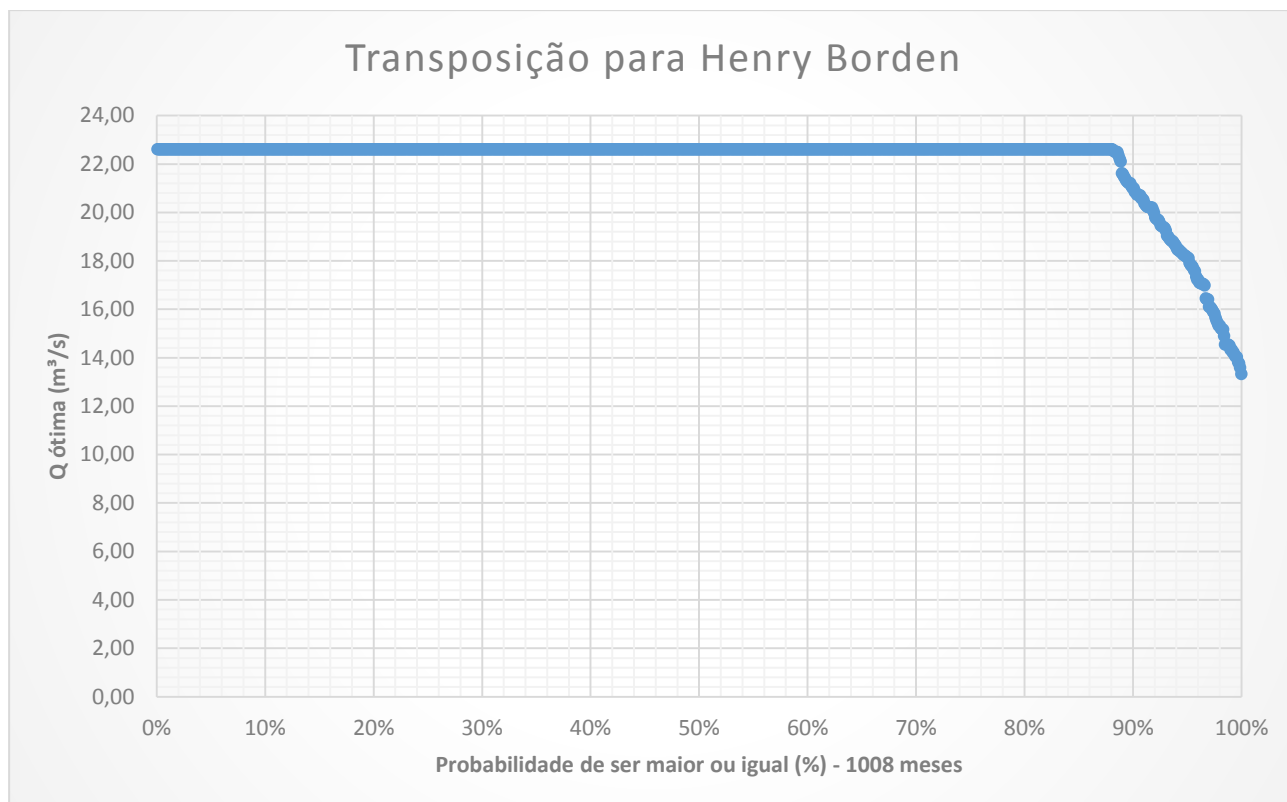


Figura 3.31 - Curva de permanência de vazão da UHE Henry Borden – ano base 2027

Uma vez que as demandas de montante da ETA RJCS crescem apenas 1% entre 2027 e 2045, isto é, passaram de 1,463 m³/s para 1,466 m³/s, e a vazão meta da ETA RJCS se mantém nos 16,0 m³/s, o cenário de 2045 não sofreu alterações significativas que justifiquem uma análise detalhada. Ou seja, não havendo mudanças significativas neste período (2027/2045) as considerações apresentadas para o cenário de 2027 são válidas para o de 2045.

4. COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO – RIO TIE TÊ

Uma bacia hidrográfica tem como resposta à precipitação que ocorre sobre a mesma, a vazão no tempo, que representa a integração dos efeitos da precipitação, tipo e uso do solo, geologia e morfologia da bacia. A disponibilidade hídrica é entendida como a parcela vazão que pode ser utilizada pela sociedade para o seu desenvolvimento, sem comprometer o meio ambiente aquático. A vazão resultante no rio após o uso da água é denominada aqui de vazão remanescente.

A caracterização da disponibilidade hídrica natural e remanescente ao longo do rio Tietê aqui caracterizada será primeiramente analisada pela curva de permanência que representa uma forma de expressão da frequência de ocorrência das vazões do rio, embora tenha como limitação a falta de representatividade da sequência temporal, tem grande notabilidade dos períodos de estiagens.

O **Mapa 2** ilustra as curvas de permanência ao longo do Rio Tietê e na saída dos principais reservatórios da BAT. As Curvas de Permanências foram obtidas com base nas séries de vazões médias mensais naturais e nas séries de vazões remanescentes extraídas do modelo de simulação hidrológico para os respectivos locais.

A BAT é uma bacia hidrográfica muito alterada em razão de transposições hídricas, os aportes de vazões existentes advindas de bacias vizinhas chegam a 35 m³/s podendo atingir uma vazão de 48,09 m³/s, conforme apresentado na **Tabela 4.1**, representando um acréscimo em sua a disponibilidade hídrica de 41,67%².

Tabela 4.1 - Transposições existentes advindas de bacias vizinhas

Transposições	Status	Q médio (m ³ /s)
Reservatório Atibainha - Reservatório Paiva Castro	existente	33,00
Capivari Monos - Guarapiranga	existente	1,50
Rio Guaratuba - Sistema Rio Claro	existente	0,50
Rio Guararema (PBS) - Reservatório Biritiba	planejado	4,69
Reservatório Cachoeira do França - ETA Vargem Grande (SPSL)*	planejado	4,70
Rio Itatinga/Ribeirão Grande - Reservatório Jundiá	planejado	1,20
Rio Itapanhaú/Rio das Pedras - Reservatório Biritiba	planejado	2,50

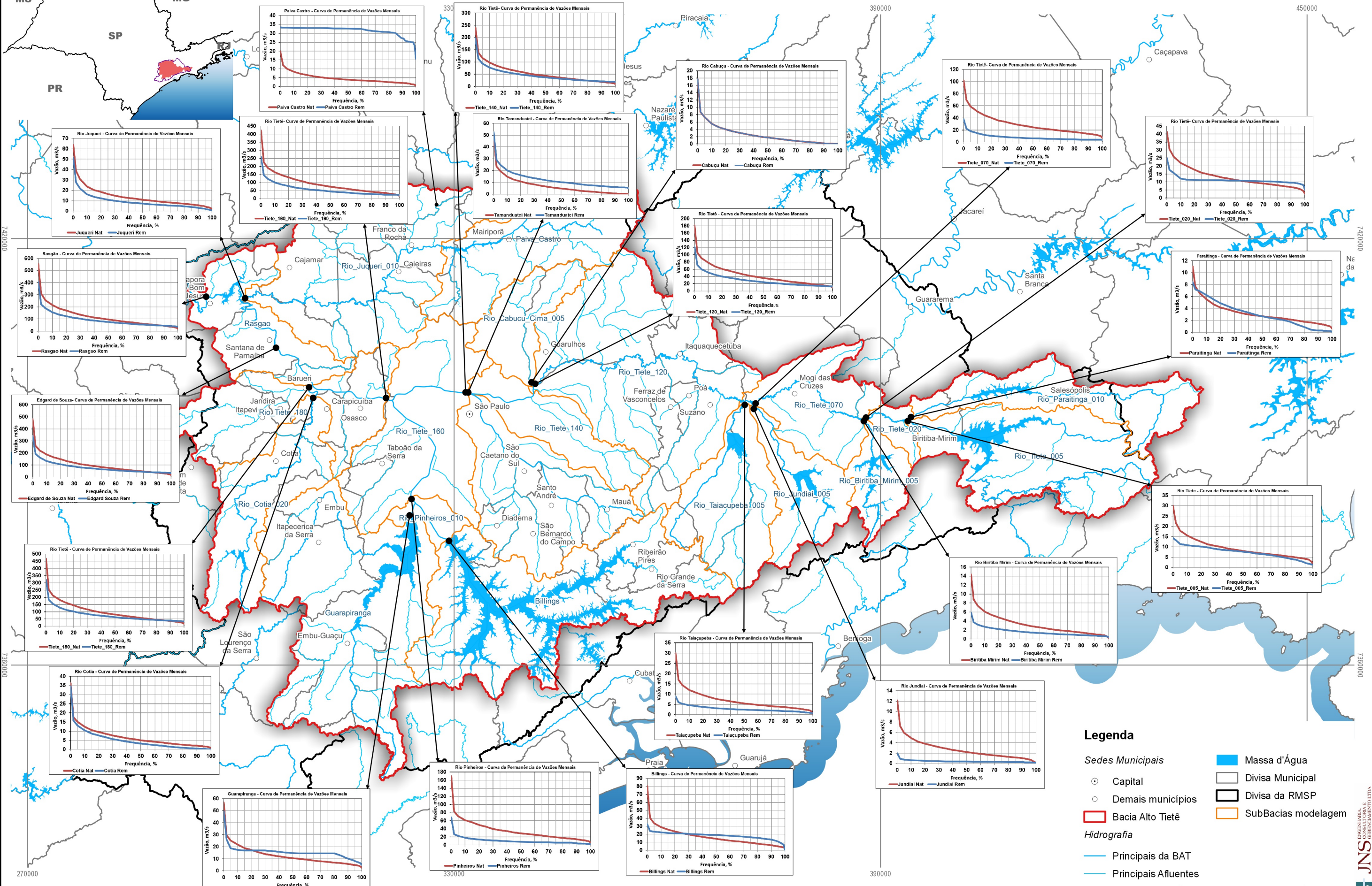
Quando pensamos nas vazões de transposições entre os reservatórios inseridos na BAT, a vazão transportada chega a 45,73 m³/s, conforme expostas na **Tabela 4.2**.

Tabela 4.2 - Transposições existentes entre reservatórios da BAT

Transposições	Status	Q médio (m ³ /s)
Tietê - Reservatório Biritiba (EEAB)	existente	9,00
Reservatório Biritiba - Reservatório Jundiá	existente	10,52
Reservatório Jundiá - Reservatório Taiacupeba	existente	12,52
Braço do Taquacetuba - Reservatório Guarapiranga	existente	2,19
Rio Tietê - Rio Pinheiros (Traição)	existente	0,00
Reversão Pinheiros - Reservatório Billings (Pedreira)	existente	6,50
Rio Guaió - Reservatório Taiacupeba	existente	1,00
Braço Rio Pequeno - Rio Grande - Reservatório Taiacupeba	existente	4,00

² Para uma vazão média natural na estrutura de Rasgão de 115,4 m³/s

Mapa 2 - Disponibilidade Hídrica Natural x Remanescente



Legenda

- Sedes Municipais
 - Capital
 - Demais municípios
- Massa d'Água
- Divisa Municipal
- Divisa da RMSP
- SubBacias modelagem
- Hidrografia
 - Principais da BAT
 - Principais Afluentes

Fonte:
Emplasa, 2017;
SABESP, 2017;
ANA, 2010.

Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator Datum SIRGAS 2000 - Fuso 23S Escala Gráfica 	Código do Desenho 5278-MAP-RPD-030-V0 Escala Numérica 1:500.000	Folha 01/01 Revisão 0/0
--	--	----------------------------------

Além das alterações hídricas sofridas pelos aportes de vazões, advinda de bacias vizinhas, a BAT ainda transfere vazão do Reservatório Billings para o Rio das Pedras (Usina Henry Borden), usina localizada na bacia da Baixada Santista. A vazão média dessa transposição é de 22,30 m³/s, no entanto sua capacidade é de 398 m³/s, conforme **Tabela 4.3**.

Tabela 4.3 - Vazão de transposição para Usina Henry Borden

Transposições	Status	Q médio (m ³ /s)
Reservatório Billings - Rio das Pedras (Henry Borden)	existente	22.60

Em uma análise de disponibilidade hídrica de uma bacia sem aportes de vazões, ou seja, onde a oferta e a demanda partem de valores unicamente internos a bacia ou sub-bacia, é esperado que as vazões remanescentes sejam inferiores às vazões naturais, uma vez que seus usos são deduzidos. Todavia ao se analisar as curvas de permanências nos diferentes pontos, ao longo do rio Tietê, se observa uma discrepância entre as curvas de disponibilidade natural e remanescente, fato esse justificado pelas transposições e reservatórios de regularização.

A **Tabela 4.4** apresenta as vazões características (vazões médias, Q_{100%}, Q_{98%}, Q_{95%} e Q_{80%}.) para os pontos de controle notáveis ao longo do Rio Tietê. Nota-se, portanto que as vazões máximas naturais em termos gerais, salvo para a sub-bacia do Reservatório de Paiva Castro, com alto aporte de vazão, são superiores as vazões remanescentes. No entanto essa relação, quanto tratamos de vazões mínimas naturais, não fica tão clara, uma vez que as mesmas sofrem influência, não somente das contribuições de vazões, mas também das regras operacionais dos reservatórios de regularização.

Tabela 4.4 - Vazões Características Naturais x Remanescentes

Local/Pontos	AD Total (km ²)	Q _{médio} Total (m ³ /s)		Q _{100%} Total (m ³ /s)		Q _{98%} Total (m ³ /s)		Q _{95%} Total (m ³ /s)		Q _{80%} Total (m ³ /s)	
		Natural	Remanescente	Natural	Remanescente	Natural	Remanescente	Natural	Remanescente	Natural	Remanescente
Rio Tietê/ Mont. Confluência Rio Paraitinga	357	9,22	7,39	1,66	1,18	3,34	1,67	4,19	2,11	5,62	4,73
Rio Paraitinga/ Mont. Confluência Rio Tietê	217	3,14	3,02	0,68	0,11	1,09	0,24	1,25	0,29	1,80	0,91
Rio Biritiba Mirim/ Mont. Confluência Rio Tietê	100	3,17	1,56	0,19	0,42	0,71	0,60	0,86	0,67	1,44	0,88
Rio Tietê/ Mont. Confluência Rio Biritiba-Mirim	612	13,04	11,11	2,66	5,16	4,89	8,39	5,95	9,08	8,02	10,11
Rio Jundiaí/ Mont. Confluência Rio Tietê	145	2,64	0,41	0,15	0,14	0,45	0,19	0,77	0,22	1,27	0,27
Rio Taiapuê/ Mont. Confluência Rio Tietê	235	6,67	2,76	0,48	0,73	2,01	0,89	2,38	1,07	3,65	1,74
Rio Tietê/ Jusante da Foz do Rio Taiapuê-Açu	1325	28,90	7,96	6,97	3,46	10,64	4,00	12,10	4,00	16,57	4,47
Rio Cabuçu de Cima/ Mont. Confluência Rio Tietê	124	2,42	2,42	0,02	0,02	0,05	0,05	0,08	0,08	0,50	0,49
Rio Tietê/ Jusante da Foz do Rio Cabuçu de Cima	2012	42,30	28,84	9,46	12,46	13,03	12,75	14,55	13,35	21,30	15,94
Rio Tamanduateí/ Mont. Confluência Rio Tietê	330	6,44	11,88	0,06	4,85	0,15	5,58	0,21	5,67	1,34	6,76
Rio Tietê/ Jusante da Foz do Rio Tamanduateí	2487	51,57	43,84	9,77	17,86	13,53	18,80	15,49	19,58	23,90	23,93
Billings/ Barragem Billings	560	16,28	18,25	2,54	0,10	4,00	7,93	4,84	10,83	8,31	15,41
Guarapiranga/ Barragem Guarapiranga	631	12,40	15,23	2,71	4,96	4,21	6,95	4,87	8,19	6,97	14,62
Rio Pinheiros/ Mont. Confluência Rio Tietê	1473	34,19	10,14	5,89	2,10	9,67	2,90	11,79	3,31	17,33	6,21
Rio Tietê/ Jusante da Foz do Rio Pinheiros	4115	88,78	54,97	15,90	22,23	23,88	22,96	28,54	23,76	42,56	28,65
Rio Cotia/ Mont. Confluência Rio Tietê	401	6,33	4,54	0,76	0,09	1,31	0,16	1,62	0,28	2,62	0,93
Rio Tietê/ Jusante da Foz do Rio Cotia	4615	97,04	74,94	16,70	33,69	25,56	35,39	30,38	37,24	45,97	43,16
Edgard de Souza/ Barragem Edgard de Souza	4750	99,68	77,57	16,76	33,86	25,74	35,56	30,56	37,35	46,57	43,89
Rio Juqueri/ Barragem Paiva Castro	312	4,64	31,45	0,50	15,48	1,27	24,89	1,70	25,23	2,47	30,66
Rio Juqueri/ Mont. Confluência Rio Tietê	916	13,34	8,92	1,98	0,57	3,38	1,35	4,39	2,20	7,18	4,51
Rio Tietê/ Rasgão	5775,1	115,67	90,60	19,93	36,42	31,38	40,64	37,25	43,03	55,97	51,92

5. CURVA DE AVERSÃO A RISCO

A Curva de Aversão a Risco (CAR) estabelece níveis mínimos de armazenamento em termos de volume útil a ser mantido em um reservatório. É apresentado em base mensal e serve como referência de segurança para a definição das vazões de retirada do reservatório, tendo se como base uma afluência nos meses subseqüentes a partir de uma série de vazões observadas.

Na construção das CAR, considera-se que, ao final do período que se pretende simular, representado pelo cenário hidrológico, deva haver uma reserva estratégica no reservatório ou sistema (conjunto de reservatórios), isto é, um volume mínimo desejável a ser garantido. A obtenção do CAR é feita obedecendo se as seguintes etapas:

- Identifica-se um período hidrológico crítico como padrão para simulação (por exemplo, o biênio mais seco da série histórica);
- Fixa-se uma vazão qualquer “Q” para a construção da Curva de Aversão a Risco, que representa a vazão total de retirada do reservatório;
- Estabelece-se uma reserva estratégica “ V_{res} ” aceitável a ser a garantida ao final do período (por exemplo, 5% a 10% do Volume Útil);
- Determina-se o volume requerido ao final do mês antecedente ao último período da simulação “ Vol_{t-1} ”, onde “t” é o mês considerado, pela soma do volume da reserva estratégica “ $Vol_t = V_{res}$ ” com a diferença entre o volume a ser retirado “ $Q \cdot \Delta t$ ” e o volume afluente “ $Q_{aflut} \cdot \Delta t$ ”, ou seja:

$$Vol_{t-1} = Vol_t + (Q - Q_{aflut}) \cdot \Delta t$$

Aplica-se a expressão anterior até o início do período hidrológico crítico definido, determinando-se para cada mês “t” o volume requerido “ V_t ” para adução da vazão “Q”; Repete-se o procedimento alterando-se o valor da vazão de retirada “Q”, até, no máximo, o limite superior correspondente ao valor da vazão média anual; Como resultado, obtém-se um conjunto de curvas que indicam basicamente a taxa de deplecionamento crítica do reservatório ao se adotar cenários de vazão de retirada distintos.

Assim, as CAR correspondem a um conjunto de curvas utilizadas para definir a vazão limite de retirada de um reservatório a partir do seu volume atual, de forma a manter uma reserva estratégica ou volume mínimo ao final do período hidrológico seco. Na análise das CAR, a diferença entre as perdas devido à evaporação do reservatório e os ganhos de vazão devido à chuva direta sobre o reservatório foi considerada nula.

Para a construção das CAR utilizaram-se as séries históricas de vazão natural afluente correspondente a dois cenários hidrológicos críticos, que se referem aos biênios de 1953/1954 e 2013/2014. Além destas informações, consideraram-se também as transposições existentes e suas respectivas capacidades. A seguir são apresentadas as CAR e suas particularidades para os sistemas produtores Cantareira, Alto Tietê, Guarapiranga e Billings.

5.1. Sistema Produtor Cantareira

O Sistema Produtor Cantareira foi concebido originalmente na década de 60 e é formado atualmente por seis reservatórios, Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha, Paiva Castro e Águas Claras. Esses reservatórios, que são interligados através de canais, têm o objetivo de reter água e transpor para a Estação de Tratamento de Água – ETA Guaraú. Os reservatórios Jaguari-Jacareí, Atibainha e Cachoeira estão localizados na bacia do Piracicaba e podem ser representados por um único reservatório equivalente. Estes reservatórios são responsáveis por abastecer a Região Metropolitana de São Paulo e a Bacia do Rio Piracicaba. Os volumes destes reservatórios estão apresentados na **Tabela 5.1**.

Tabela 5.1 - Volumes úteis utilizados do sistema Cantareira

Volume útil	Volume útil (mm ³)
Jaguari-Jacareí	808,04
Atibainha	96,26
Cachoeira	69,26
Total	973,56

Fonte: Resolução Conjunta DAEE n° 925/2017

A primeira autorização para retirada de água deste conjunto de reservatórios se deu através da Portaria do Ministério de Minas e Energia n° 750, publicada em 08 de agosto de 1974, onde liberava a derivação de até 33 m³/s de água da bacia do rio Piracicaba para a bacia do rio Juqueri e possuía prazo de 30 anos de vigência. Ao longo do tempo, outras autorizações foram emitidas com suas respectivas regras de operação. No entanto, foi na Resolução Conjunta ANA/DAEE n° 428/2004, que se definiu os limites de vazão a serem liberadas para os usuários, a partir das curvas-guia de operação. Estas curvas-guia foram desenvolvidas com base no conceito de CAR, permitindo avaliar a situação futura do sistema, caso um cenário hidrológico crítico de estiagem ocorresse.

No sistema Cantareira, pela Resolução Conjunta ANA/DAEE n° 428/2004, as CAR foram definidas considerando uma reserva técnica de 5% para o sistema equivalente e o cenário hidrológico do período bianual de baixa disponibilidade hídrica, correspondente ao biênio de 1953/1954. Em razão da recente crise hídrica ocorrida entre 2013 e 2014, este novo período bianual, também foi inserido na presente análise.

No processo de construção das CAR, considerou-se as restrições operacionais – demandas de jusantes. No Sistema Cantareira, a Resolução Conjunta ANA/DAEE n° 926, de 29 de maio de 2017, determina tais restrições (**Tabela 5.2**).

Tabela 5.2 - Restrições Operacionais do Sistema Cantareira

Restrições Operacionais - Sistema Cantareira	Vazão (m ³ /s)
Jusante Cachoeira/Atibainha	0,25
Jusante Paiva Castro	0,10
Demanda mínima no Posto Guaripocaba, no rio Jaguari	3,00
Demanda mínima no Posto Buenópolis, no rio Jaguari	2,50
Demanda mínima no Posto Atibaia, no rio Atibaia	3,00
Demanda mínima no Posto Valinhos, no rio Atibaia	12,00

Fonte: Resolução Conjunta ANA/DAEE n° 926, de 29 de maio de 2017

Visando considerar apenas as demandas da ETA Guaraú na análise da CAR do Sistema Cantareira, inicialmente, realizou-se uma análise das demandas e vazões naturais de jusante dos reservatórios. Esta análise se faz necessário, uma vez que as restrições operacionais de jusante são condições prioritárias de atendimento, especialmente em períodos críticos de baixa disponibilidade hídrica. Os rios que possuem tais restrições de jusante são Jaguari e Atibainha.

Na análise do balanço hídrico do rio Jaguari – trecho entre as represas Jaguari-Jacareí e o posto Buenópolis –, foram consideradas as demandas urbanas, industriais e agrícolas, e as vazões mínimas exigidas nos postos Guaripocaba e Buenópolis. Como a análise das CAR consiste em verificar os dois biênios de baixa disponibilidade hídrica (1953/54 e 2013/14), o balanço hídrico, neste caso, avaliou a vazão requerida pelas represas – para cumprimento das restrições operacionais (**Tabela 5.2**) – também para os dois biênios. O balanço hídrico de jusante demonstrou que as represas deveriam fornecer 3,19 m³/s, para um cenário hidrológico similar ao de 1953/1954, e 1,01 m³/s para um cenário hidrológico similar ao de 2013/2014 (**Tabela 5.3**). Considerou-se na elaboração do balanço hídrico, uma taxa de retorno de 80% proveniente da demanda urbana e industrial.

Tabela 5.3 - Balanço Hídrico das demandas e restrições operacionais

BALANÇO HÍDRICO COM AS RESTRIÇÕES OPERACIONAIS (JAGUARI-JACAREÍ)		
	1953/1954 (m³/s)	2013/2014 (m³/s)
Demanda total do trecho	1,47	1,47
Vazão mínimo no Posto Guaripocaba	3,00	3,00
Vazão mínima no Posto Buenópolis	2,50	2,50
Taxa de retorno da demanda urbana e industrial (80%)	0,34	0,34
Vazão Natural Média do trecho	3,44	5,62
Vazão requerida das Represas	3,19	1,01

Na análise do balanço hídrico do rio Atibaia – trecho entre as represas Cachoeira e Atibainha e o posto Valinhos –, foram consideradas as demandas urbanas, industriais e agrícolas, e as vazões mínimas exigidas nos postos Atibaia e Valinhos. Diferente do trecho anteriormente apresentado – entre as represas Jaguari-Jacareí e o posto Buenópolis –, este apresenta uma vazão média mensal natural similar para os dois biênios. Isto é, neste trecho, o balanço hídrico demonstrou que as represas devem, juntas, na média, fornecer 7,14 m³/s para que as restrições operacionais de jusante sejam cumpridas.

Além da análise de jusante, que se trata de uma restrição operacional que deve ser cumprida, analisou-se também as demandas de montante, uma vez que os rios que afluem para os reservatórios, são os mesmos utilizados para suprir as demandas urbanas, agrícolas e industriais dos municípios de montante.

Para os reservatórios Jaguari-Jacareí, descontou-se da vazão natural afluente o valor de 0,384 m³/s, que representam as demandas, somadas, dos municípios de Extrema (MG) e Joanópolis (SP). Já para os reservatórios Cachoeira e Atibainha, subtraiu-se da vazão natural afluente aos reservatórios o valor de 0,224 m³/s, que correspondem as demandas, somadas, dos municípios de Piracaia (SP) e Nazaré Paulista (SP).

Ou seja, o Sistema Equivalente precisa disponibilizar para as demandas de jusante e de montante, na média, 10,94 m³/s para um cenário hidrológico similar ao de 1953/1954 e, 8,76 m³/s para um cenário hidrológico similar ao de 2013/2014. Para a construção das CAR, estes valores foram descontados da vazão média mensal natural total aportada aos reservatórios.

A **Figura 5.1** apresenta os cenários hidrológicos (vazões médias mensais naturais) correspondentes aos biênios de 1953/1954 e 2013/2014. Destaca-se, que as vazões apresentadas se referem a soma dos aportes de vazão totais ao sistema equivalente, considerando as afluições das bacias hidrográficas dos quatro reservatórios.

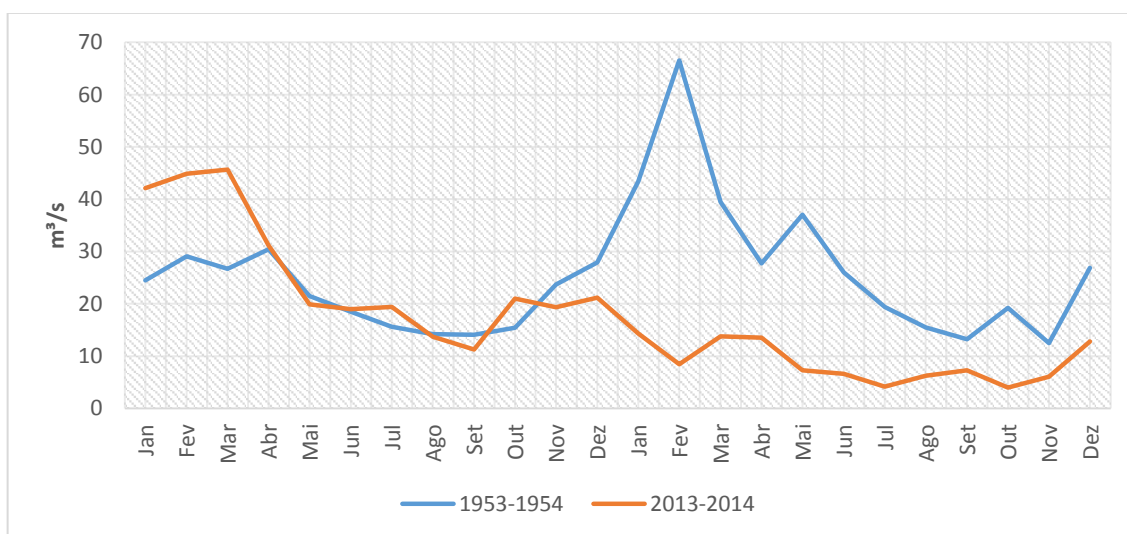


Figura 5.1 - Vazão natural afluente do sistema produtor Cantareira

Analisando a Figura supra é possível verificar que na maior parte do tempo, a vazão média mensal natural afluente no cenário hidrológico de 2013/2014 foi menor em comparação ao cenário hidrológico de 1953/1954. Isto é, a crise hídrica ocorrida entre 2013/2014, no sistema Cantareira, foi mais expressiva que a anterior (1953/1954). Ressalta-se que durante o segundo ano do cenário hidrológico de 1953/1954, ocorreram vazões significativamente superiores às ocorridas no mesmo período do cenário de 2013/2014, sobretudo entre janeiro e maio. O aporte máximo de vazão natural entre 1953/1954 ocorreu em fev/54 com 66 m³/s. Outro, também significativo, aconteceu em maio/54 com 37 m³/s. Para o biênio de 2013/2014, a máxima vazão afluente foi de 45,64 m³/s em mar/13 e a mínima de 3,96 m³/s em out/14. No cenário hidrológico de 1953/1954, a vazão média afluente ao Sistema Equivalente (SE) foi de 25,35 m³/s, já em 2013/2014 a média foi de 17,21 m³/s.

5.1.1. Análise do Cenário Hidrológico Crítico de 1953-1954

Para a construção das CAR, utilizaram-se as vazões naturais, descontadas as restrições/demandas de jusante e de montante, e os volumes úteis dos reservatórios apresentados anteriormente (**Tabela 5.1**). Assim, como já definido na Resolução Conjunta ANA/DAEE n° 428/2004, considerou-se uma reserva técnica de 5% do volume útil total do sistema equivalente. Para as defluências foram fixados valores de vazão de retirada do SE, variando de 23 m³/s a 30 m³/s. Destaca-se que essas defluências correspondem as vazões médias a serem disponibilizadas para o Túnel 5³, ou seja, aportes totais do SE.

Com base nas informações acima apresentadas e consideradas, foi possível obter as CAR para o cenário hidrológico de 1953/1954 (**Figura 5.2**). As curvas indicam a vazão máxima disponível a ser encaminhada para o túnel 5, em função do nível de armazenamento inicial disponível, de forma que o nível mínimo de segurança seja garantido.

Analisando a **Figura 5.2**, verifica-se que não é possível aportar mais do que 30 m³/s para o reservatório Paiva Castro – através do túnel 5 –, caso houvesse um cenário hidrológico crítico similar a este biênio (1953/1954). Ainda assim, só seria possível aduzir essa vazão igual a esta, quando os reservatórios estivessem em sua capacidade máxima. Isto é, para retirada de vazões superiores aos 30 m³/s, seria preciso acessar o volume correspondente a reserva técnica.

³ O túnel 5 corresponde a tomada de água que faz a ligação entre os Reservatórios Atibainha e Paiva Castro com uma extensão de 9.840m escavado em rocha e revestido de concreto. Possui uma capacidade máxima de transporte de 66 m³/s e entrou em operação em 1974, como parte da 1º etapa do Sistema Cantareira.

Curva de Aversão de Risco Sistema Produtor Cantareira (1953-1954)

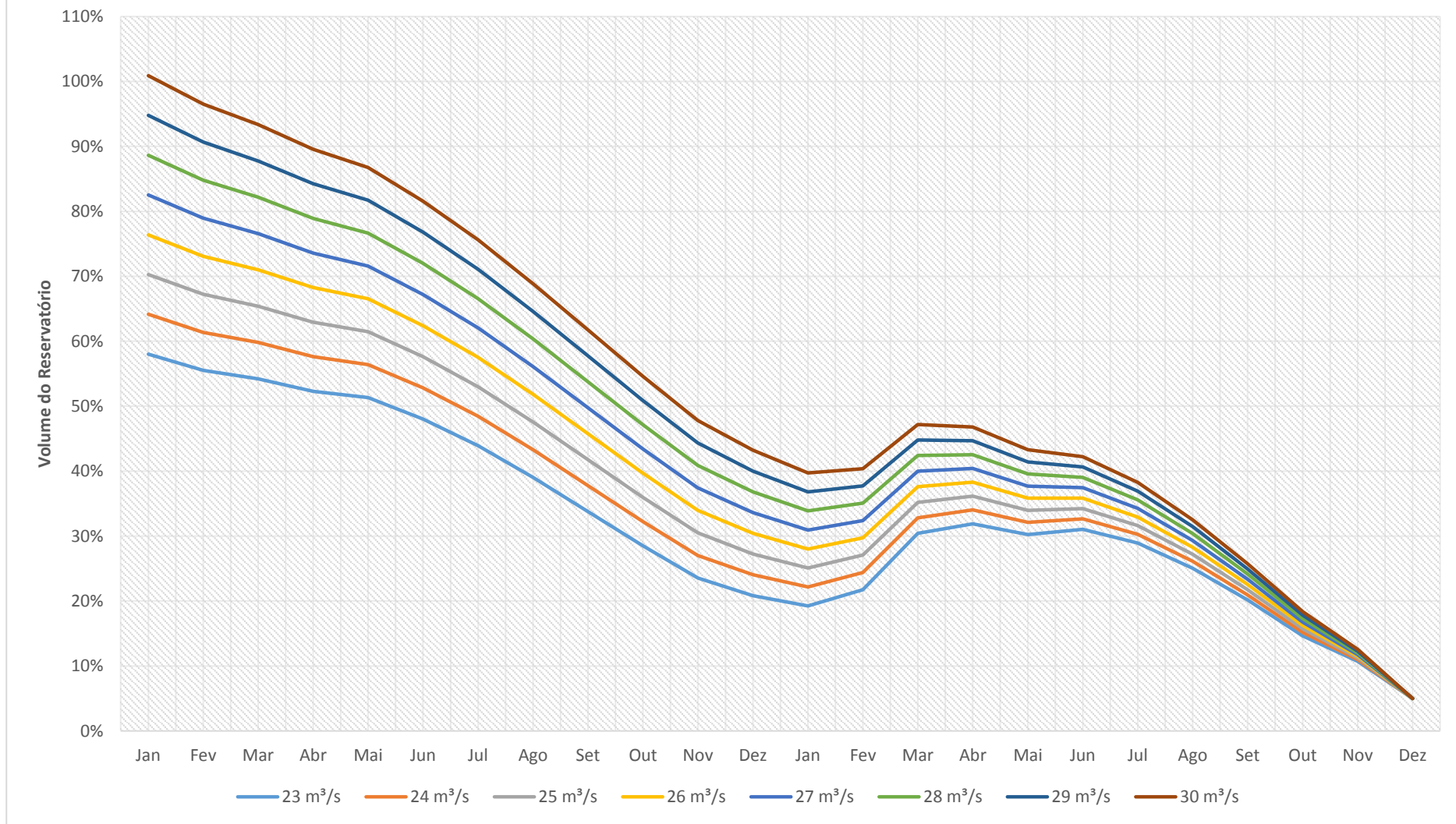


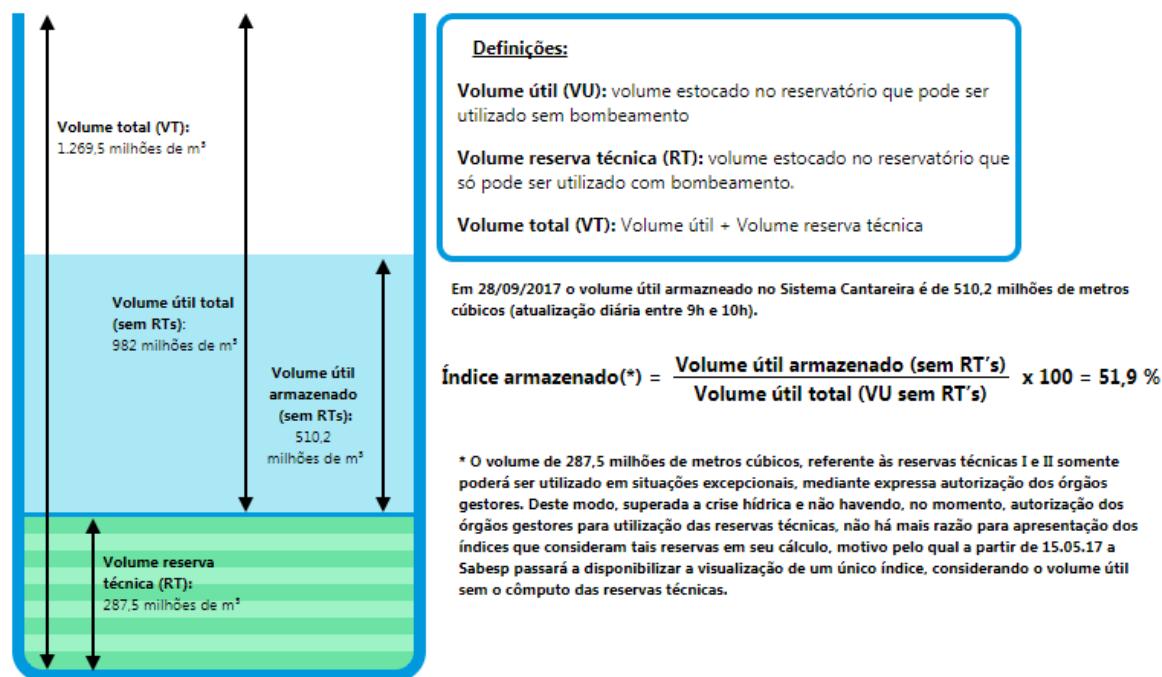
Figura 5.2 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Cantareira – Biênio 1953/1954

5.1.2. Análise do Período Crítico de 2013-2014

O biênio de 2013/2014, assim como o de 1953/1954, também foi marcado por um cenário hidrológico de baixa disponibilidade hídrica na região sudeste do país. Neste período foram observadas vazões naturais afluentes excepcionalmente baixas para a época, o que contribuiu para que os reservatórios não recebessem o volume esperado. Por essa razão, em 5 de março de 2014, foi publicada a Resolução Conjunta ANA-DAEE nº 335, que dispõe sobre as condições especiais de operação dos reservatórios Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, estabelecendo regras complementares à operação do Sistema Cantareira.

Com a redução dos volumes acumulados, em 16/05/2014 foi emitido um novo Comunicado Conjunto ANA/DAEE nº 233 autorizando a Sabesp a realizar o bombeamento de volumes dos reservatórios de Jaguari-Jacareí e Atibainha situados em cotas inferiores aos níveis mínimos operacionais. O volume adicional total corresponde à Reserva Técnica I.

Com o agravamento da situação decorrente do longo período de estiagem, em 17 de novembro de 2014 foi emitida a Resolução Conjunta ANA/DAEE nº 1.672 que autorizou a utilização de volumes armazenados nos reservatórios de Jaguari-Jacareí e Atibainha, abaixo das cotas que correspondiam à Reserva Técnica I. A soma desse novo volume adicional correspondeu à Reserva Técnica II (**Figura 5.3**).



Fonte: Sabesp, 2017

Figura 5.3 - Esquema representativo da reserva técnica do Sistema Cantareira

Para analisar o biênio (2013/2014) construiu-se a Curva de Aversão a Risco (**Figura 5.4**). Para as defluências foram fixados valores de vazão de retirada do SE variando de 13 m³/s a 22 m³/s – já desconsiderando as demandas/restrições operacionais de jusante e de montante.

Destaca-se que neste biênio, a vazão média de transferência da Estação Elevatória Santa Inês para a Represa Águas Claras se manteve, em 2013, com 31,80 m³/s e em 2014 com 23,19 m³/s. Por esta razão, foi necessário acessar o volume correspondente a reserva técnica para este período, corroborando com as Curvas de Aversão a Risco (biênio de 2013/2014), que demonstram a não disponibilidade desta retirada considerando o volume útil.

Nestas condições – sem considerar o volume correspondente a reserva técnica –, a vazão máxima de retirada deveria ser de 22 m³/s e o SE teria que estar com 91% de sua capacidade máxima no início do período crítico e, entre o 4º e 5º mês de crise, a vazão de retirar teria que ser reduzida, pelo fato de necessitar volume maior que o útil.

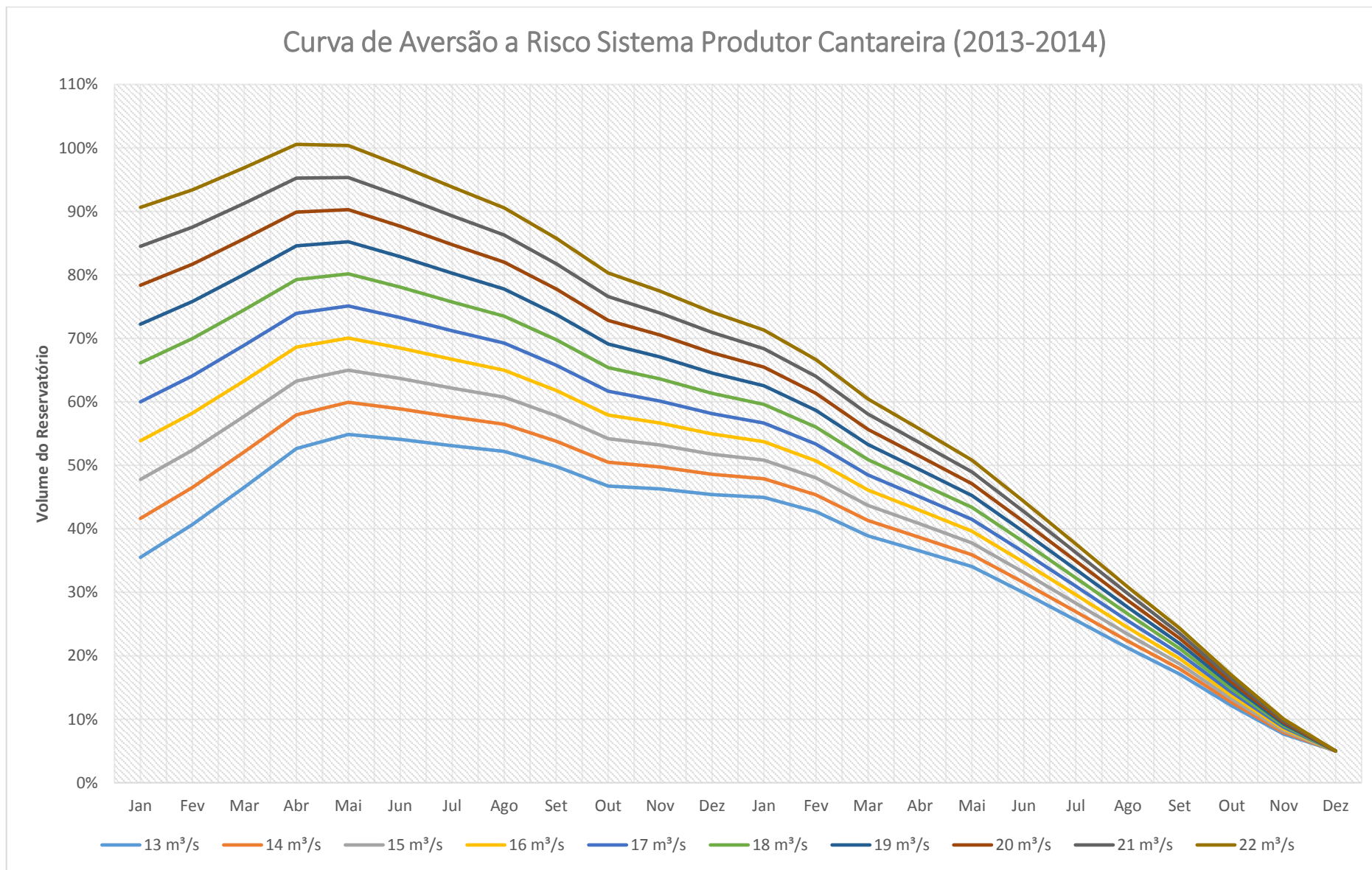


Figura 5.4 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Cantareira – Biênio 2013/2014

5.2. Sistema Produtor Alto Tietê

O Sistema Produtor Alto Tietê (SPAT) é composto por um conjunto de cinco reservatórios (Ponte Nova, no rio Tietê, na divisa dos municípios de Salesópolis e Biritiba Mirim; Paraitinga, no rio Paraitinga, em Salesópolis; Biritiba, no rio Biritiba, na divisa dos municípios de Biritiba Mirim e Mogi das Cruzes; Jundiaí, no rio Jundiaí, em Mogi das Cruzes; e barragem de Taiapuêba, no rio Taiapuêba, na divisa de Mogi e Suzano) que foram concebidos visando o aproveitamento múltiplo de recursos hídricos, com ênfase para o controle de enchentes, abastecimento público, diluição de esgoto, irrigação e lazer. Para efeito de cálculo, na construção das CAR, considerou-se apenas os três reservatórios apresentados na **Tabela 5.4**, uma vez que as vazões aportadas para o SPAT advinda dos reservatórios Ponte Nova e Paraitinga, estão restritas a capacidade da EEAB Biritiba.

Tabela 5.4 - Volumes úteis utilizados do sistema produtor Alto Tietê

Volume útil	Volume útil (Mm ³)
Biritiba	34,80
Jundiaí	74,10
Taiapuêba	85,29
Total	194,19

Fonte: PDAA, em elaboração pela Sabesp

Os estudos para aproveitamento das águas da bacia superior do Rio Tietê tiveram início em 1957, pela “Comissão Coordenadora dos Planos Gerais de Abastecimento de Água”, incluídos no Programa de Obras para os anos de 1957-1958, do Departamento de Água e Esgotos da Capital (Sabesp, 2009).

O Sistema, no entanto, entrou em funcionamento em março de 1992. Nesse momento foi inaugurada a primeira etapa das obras de captação e tratamento das águas do Reservatório de Taiapuêba, com produção de 5 mil litros de água por segundo, advindas da Estação de Tratamento de Água – ETA Taiapuêba, projetada para produzir 15 mil litros de água por segundo em etapas futuras (Sabesp, 2009).

A outorga concedida pelo DAEE à Sabesp para exploração do Sistema Produtor Alto Tietê que antecede a vigente, teve prazo de validade de dez anos e foi veiculada pela Portaria DAEE n° 2.006, de 05 de novembro de 2007, por meio da qual foram autorizadas as retiradas de vazões máximas para fins de abastecimento público ao longo dos reservatórios, limitando a ETA Taiapuêba em 10 m³/s. Mais recentemente, a Portaria DAEE n° 350, de 11 de fevereiro de 2014, autorizou a retirada de mais 5 m³/s no reservatório Taiapuêba, passando para 15 m³/s.

Para que fosse possível verificar se a adução de 15 m³/s para a ETA Taiapuêba pode ser mantida em períodos de baixa disponibilidade hídrica, neste caso, para os cenários hidrológicos de 1953/1954 e 2013/2014, considerou-se como prioridade inicial, atendimento às demandas agrícolas, urbanas e industriais a montante dos reservatórios de Biritiba Mirim e Jundiaí e atendimento as restrições operacionais de jusante, dos reservatórios de Biritiba Mirim, Jundiaí e Taiapuêba (**Tabela 5.5**).

Tabela 5.5 - Demandas de montante e jusante do Sistema Produtor Alto Tietê

Reservatórios	Demandas Totais de Montante (m ³ /s)	Demandas Totais de Jusante (m ³ /s)
Biritiba-Mirim	1,44	0,30
Jundiaí	1,07	0,10
Taiapuêba	-	0,70
Subtotal	2,51	1,10
TOTAL	3,61	

A demanda total de montante (2,51 m³/s), corresponde a soma das demandas urbanas, agrícolas e industriais dos municípios de Biritiba-Mirim e Mogi das Cruzes. Destaca-se que a vazão demandada

de 1,07 m³/s do reservatório Jundiaí, diz respeito, somente, a parte agrícola do município de Mogi das Cruzes, as demais demandas são supridas pelo rio Tietê.

Analisando a **Tabela 5.5**, é possível verificar que os três reservatórios juntos precisam disponibilizar prioritariamente 3,61 m³/s para as demandas de montante e para as restrições operacionais, antes da ETA Taiapuêba. Ou seja, este valor, para efeito de cálculo, é subtraído da vazão média natural total dos reservatórios.

Por outro lado, considerou-se para a construção das CAR, um aporte de 9 m³/s proveniente da captação denominada EEAB Biritiba, para o reservatório de Biritiba Mirim. Para verificar se esta vazão estaria disponível, especialmente no período crítico, utilizou-se o Balanço Hídrico como referência. É possível perceber na **Figura 5.5** – curva de permanência – que a vazão fornecida se mantém constante em ambos os biênios (1953/54 e 2013/14). Ou seja, nos dois biênios considerados de baixa disponibilidade hídrica, esteve disponível para a EEAB Biritiba, uma vazão de 9 m³/s durante todo o período.

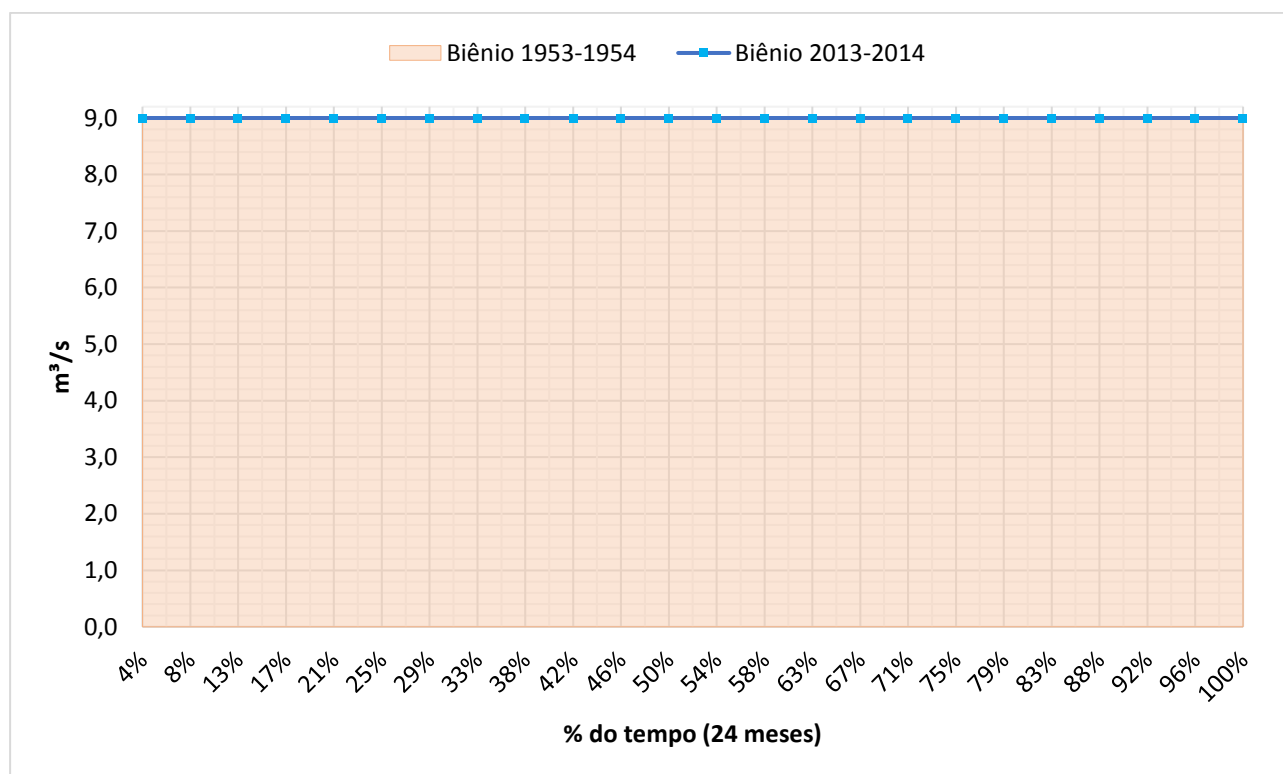


Figura 5.5 - Vazão fornecida à EEAB Biritiba para os biênios de 1953/54 e 2013/14

A **Figura 5.6**, a seguir, apresenta a vazão natural afluente ao Sistema Produtor Alto Tietê. Nela, verifica-se que o biênio 2013/2014 teve maior aporte de vazão afluente natural – 8,22 m³/s na média – em comparação ao biênio de 1953/1954 – 6,14 m³/s na média. No biênio de 2013/2014, as vazões foram superiores entre jan/13 e jan/14, mar/14 e abr/14, com picos em set/14 e dez/14. O aporte máximo de vazão natural entre 1953/1954 ocorreu em fev/53 onde registrou-se 12,87 m³/s e o mínimo, foi registrado em jul/53 com 2,92 m³/s. Para o biênio de 2013/2014 a máxima vazão afluente foi de 21,98 em jan/13 e a mínima de 2,08 m³/s, ocorreu em out/14.

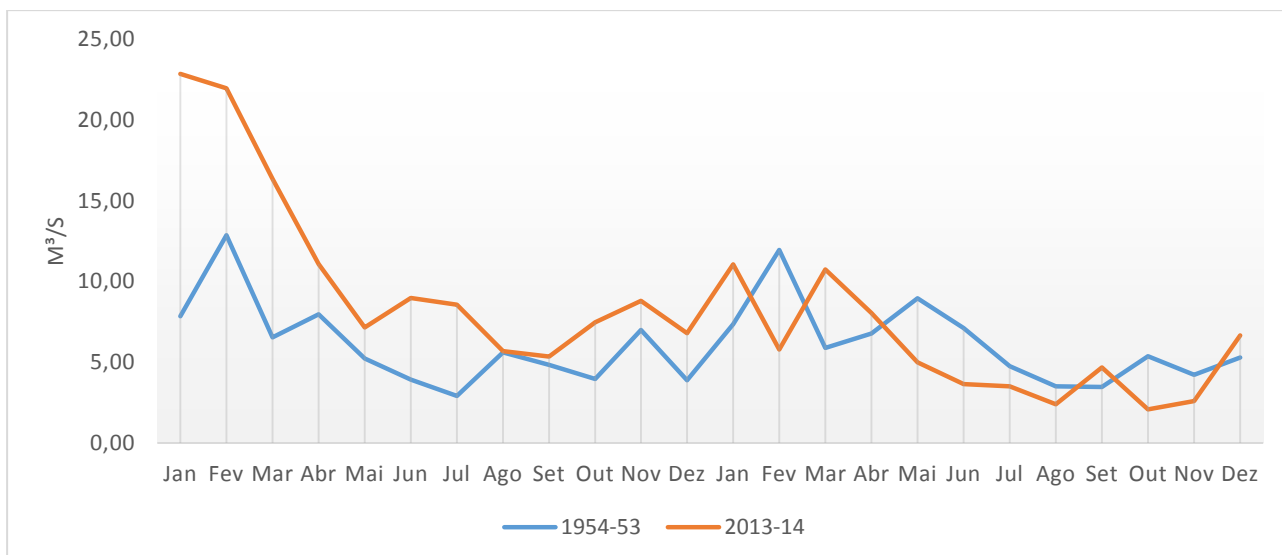


Figura 5.6 - Vazão natural afluente ao sistema produtor Alto Tietê

5.2.1. Análise do Período Crítico de 1953-1954

Para a construção das CAR, utilizou-se as vazões naturais, os volumes úteis dos reservatórios apresentados na Tabela 5.4, um aporte de 9 m³/s proveniente da EEAB Biritiba e, desconsiderou-se as vazões referentes as restrições operacionais e as demandas de jusante e de montante (Tabela 5.5). Como reserva técnica, considerou-se 5% do volume útil total. Lembrando que as curvas indicam a vazão máxima de retirada a ser praticada em função do nível de armazenamento, de forma que o nível mínimo de segurança seja obedecido. Os aportes de água do Guaió e da interligação com o braço do rio Grande, ambos para o Taiaçupeba, não foram considerados.

Para as defluências foram fixados valores de vazão de retirada, variando de 12 m³/s a 14 m³/s, que possibilita analisar o comportamento da ETA Taiaçupeba ao longo do período crítico, caso esteja operando em sua capacidade máxima de tratamento (Figura 5.7).

Considerando uma vazão de retirada de 15 m³/s para a ETA Taiaçupeba, é possível verificar na Figura 5.5, que ao considerar um cenário hidrológico crítico similar ao ocorrido no biênio de 1953/1954, não é possível aduzir tal vazão. Neste caso, a vazão máxima de retirada seria de 14 m³/s, se no início de um período crítico similar a este, o volume do reservatório estivesse com 80% da sua capacidade máxima.

5.2.2. Análise do Período Crítico de 2013-2014

Para o biênio de 2013/2014 considerou-se os mesmos volumes úteis dos reservatórios, uma reserva técnica de 5% do volume útil, atendimento as mesmas restrições e demandas de montante e jusante, o bombeamento de 9 m³/s para o reservatório de Biritiba Mirim, atualizando apenas as vazões naturais. Para as defluências foram fixados valores de vazão de retirada, variando de 14 m³/s a 15 m³/s (Figura 5.8).

Ao considerar uma capacidade média de tratamento de água na ETA Taiaçupeba de 15 m³/s, para um cenário hidrológico crítico similar ao biênio de 2013/2014, o volume útil do reservatório teria que estar com 46%, no início do período crítico.

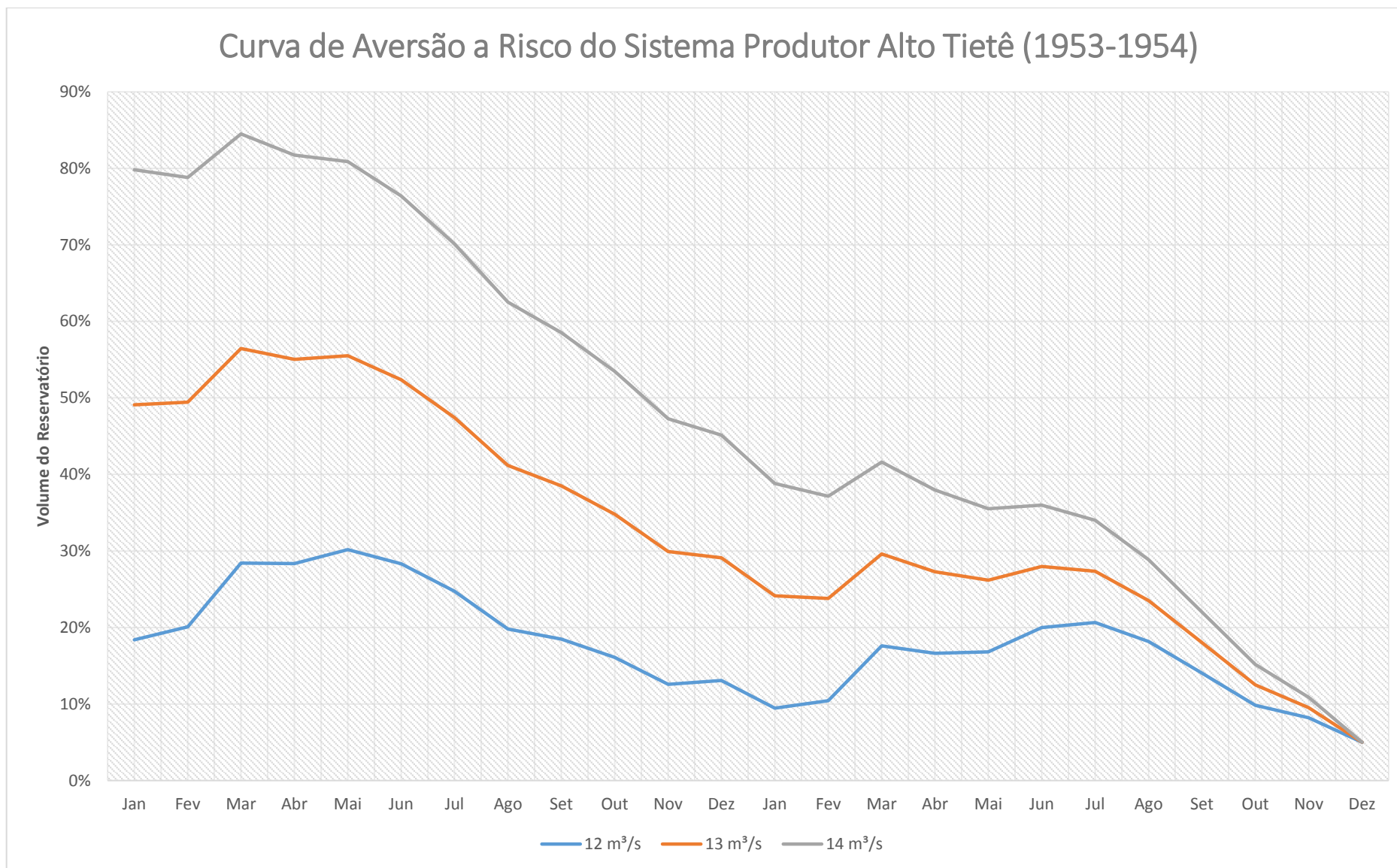


Figura 5.7 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Alto Tietê – Biênio 1953/1954

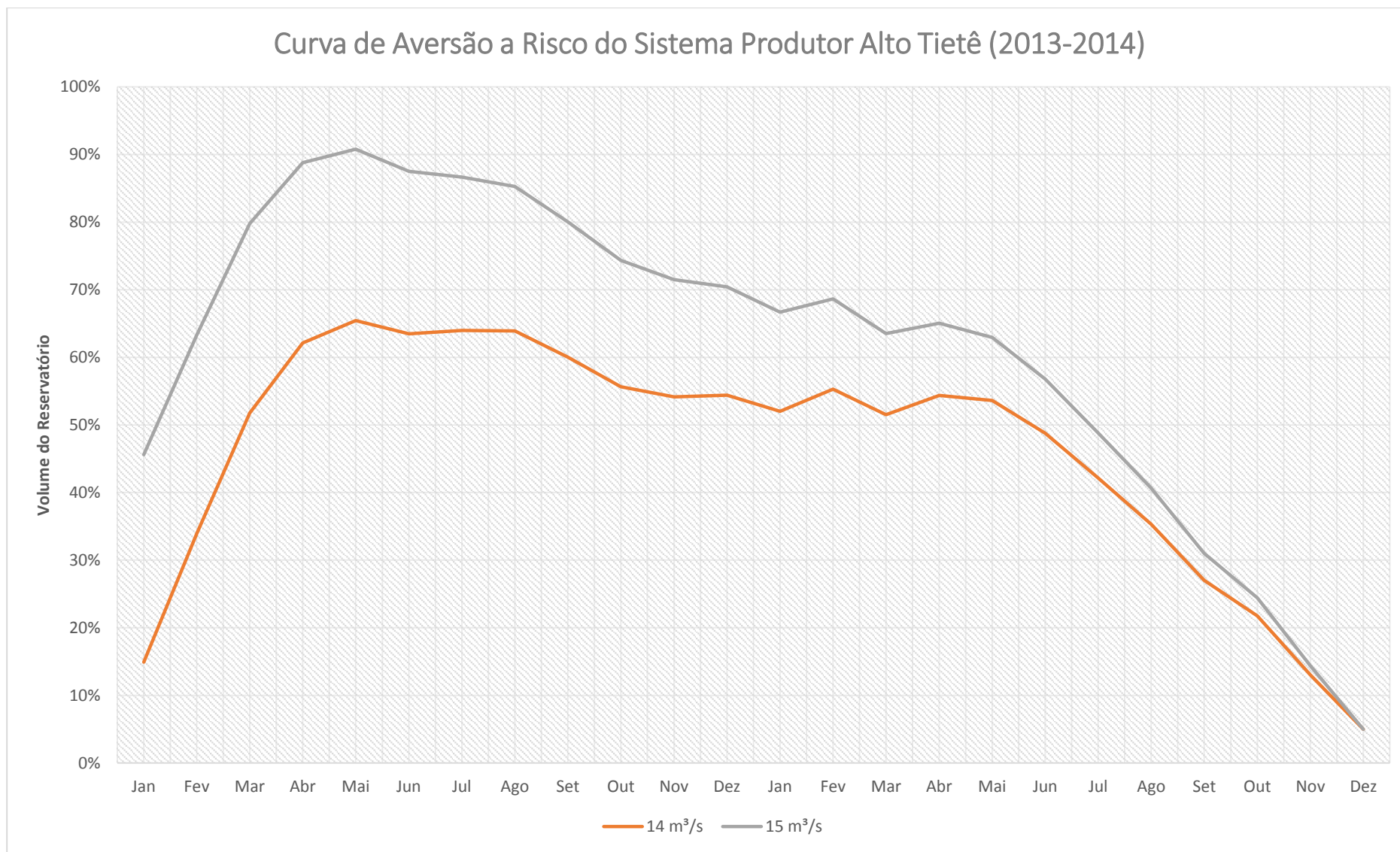


Figura 5.8 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Alto Tietê – Biênio 2013/2014

5.3. Sistema Produtor Guarapiranga

O Sistema Guarapiranga é o segundo maior sistema de produção de água da RMSP e está localizado nas proximidades da Serra do Mar. A represa Guarapiranga é formada pelos rios Embu-Mirim, Embu-Guaçu, Santa Rita, Vermelho, Ribeirão Itaim, Capivari e Parelheiros. Este Sistema é responsável por abastecer cerca de 5,6 milhões de habitantes e possui um volume útil de 171,13 Mm³ (PDPA, em elaboração pela Sabesp).

A principal estrutura que recebe vazão do reservatório Guarapiranga é a ETA Eng. Rodolfo José da Costa e Silva – RJCS (anteriormente denominada Alto da Boa Vista – ETA ABV), operada pela Sabesp. De acordo com a Sabesp (PDAA, em elaboração), a média de vazões de água bruta aduzidas e constantes nos registros da ETA RJCS, ocorridas entre 01/01/2013 e 31/12/2013, foi de 13,73 m³/s, um pouco inferior à sua capacidade nominal de tratamento à época, de 14 m³/s.

A mais importante obra emergencial executada em 2014 no reservatório Guarapiranga foi a ampliação do tratamento da ETA RJCS em 1.000 l/s, viabilizada a partir da utilização de membranas de ultrafiltração, que permitiu passar de 14 m³/s para 16 m³/s.

Para suprir as demandas existentes no manancial – sendo a ETA RJCS a principal delas –, na construção das CAR, consideraram-se como reforços as seguintes transposições e suas capacidades: (i) 1,5 m³/s do rio Capivari - pertencente à bacia hidrográfica da Baixada Santista - para o ribeirão Vermelho (afluente do Embu-Guaçu); e (ii) 2,2 m³/s do braço Taquacetuba - do reservatório Billings - para o rio Parelheiros. Utilizou-se, ainda, o volume útil do reservatório Guarapiranga e as vazões naturais afluentes (**Figura 5.9**).

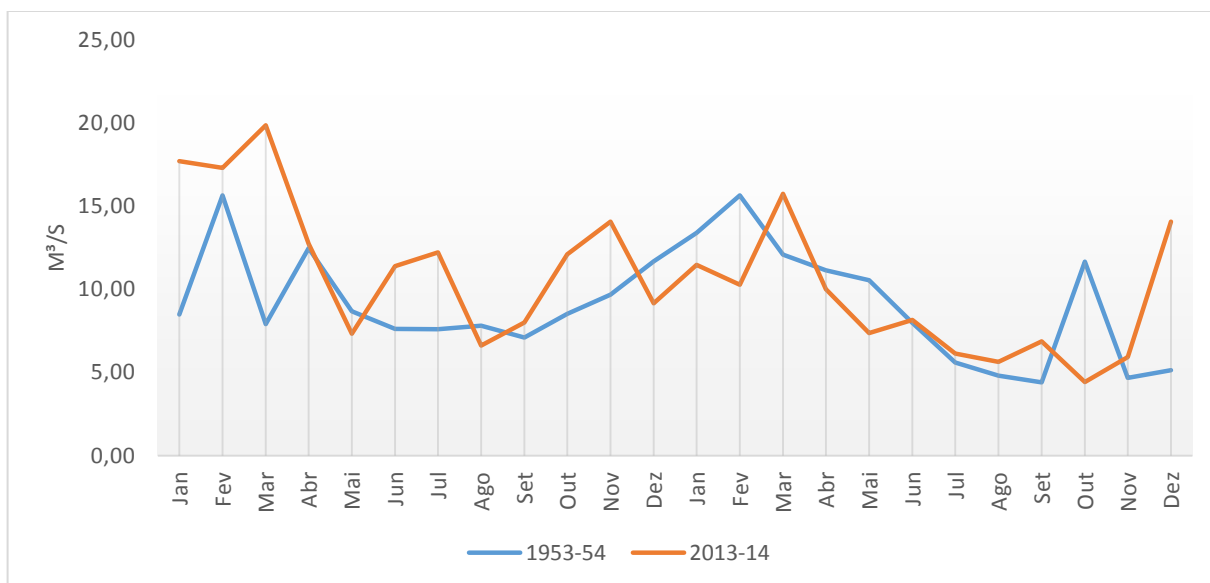


Figura 5.9 - Vazão natural afluyente ao sistema produtor Guarapiranga

Analisando a Figura supra é possível verificar que o cenário hidrológico pertencente ao biênio de 2013/2014 foi o que teve maior aporte de vazão afluyente natural – 10,62 m³/s na média – em comparação ao biênio de 1953/1954 – 9,19 m³/s na média. O aporte máximo de vazão natural entre 1953/1954 ocorreu no mês de fevereiro dos dois anos, onde registrou-se, igualmente 15,67 m³/s, e o mínimo foi observado em set/54 com 4,40 m³/s. Para o biênio de 2013/2014 a máxima vazão afluyente registrada foi de 19,88 m³/s em mar/13 e a mínima de 4,42 m³/s em out/14.

5.3.1. Análise do Período Crítico de 1953-1954

Na análise deste período crítico, biênio de 1953/1954, as defluências foram fixadas variando de 13 m³/s a 16 m³/s (**Figura 5.10**).

Como apresentado anteriormente, para a construção das CAR considerou-se os aportes de vazão (transposição) de 1,5 m³/s do Capivari-Monos e 2,2 m³/s do braço do Taquacetuba – Reservatório

Billings, com o objetivo de verificar como o reservatório se comportaria nos dias atuais caso houvesse um cenário hidrológico crítico semelhante.

Analisando a **Figura 5.8**, é possível verificar que para retirar 13 m³/s e ao final do período crítico se ter 5% do volume útil total, é preciso que o reservatório esteja com o volume variando de 5% a 30% ao longo do tempo. Por outro lado, para aduzir 16 m³/s o reservatório precisaria estar em sua capacidade máxima, no entanto, no início do período crítico, seria preciso reduzir a retirada para aproximadamente 15,5 m³/s – uma vez que no início do período seria necessário volume superior a 100% – para ao final do período crítico se ter 5% do volume útil disponível.

5.3.2. Análise do Período Crítico de 2013-2014

Para o biênio de 2013/2014 considerou-se o mesmo volume útil do reservatório, as transposições e uma reserva técnica de 5%, onde apenas as vazões naturais foram atualizadas.

Para as defluências foram fixados valores de vazão de retirada, variando de 14 m³/s a 16 m³/s (**Figura 5.11**). Destaca-se que ao considerar o cenário hidrológico referente ao biênio 1953/1954, não é possível aduzir uma vazão de retirada constante igual a capacidade nominal da ETA RJCS (atualmente 16,0 m³/s). Porém, para o cenário hidrológico do biênio 2013/2014, a retirada de 16,0 m³/s se mostra viável, isso, se no início do período crítico o reservatório estiver com 69% da sua capacidade total.

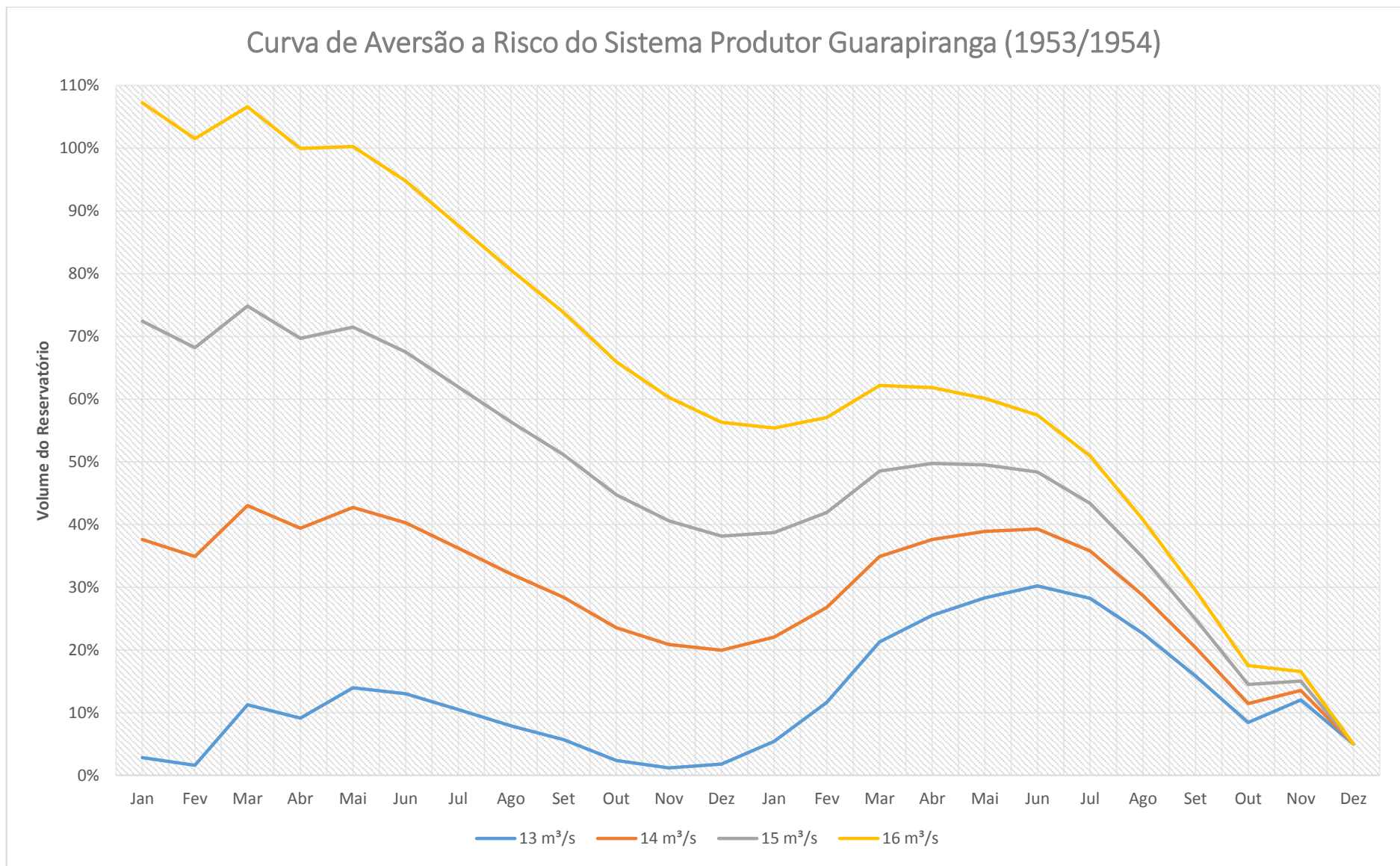


Figura 5.10 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Guarapiranga – Biênio 1953/1954

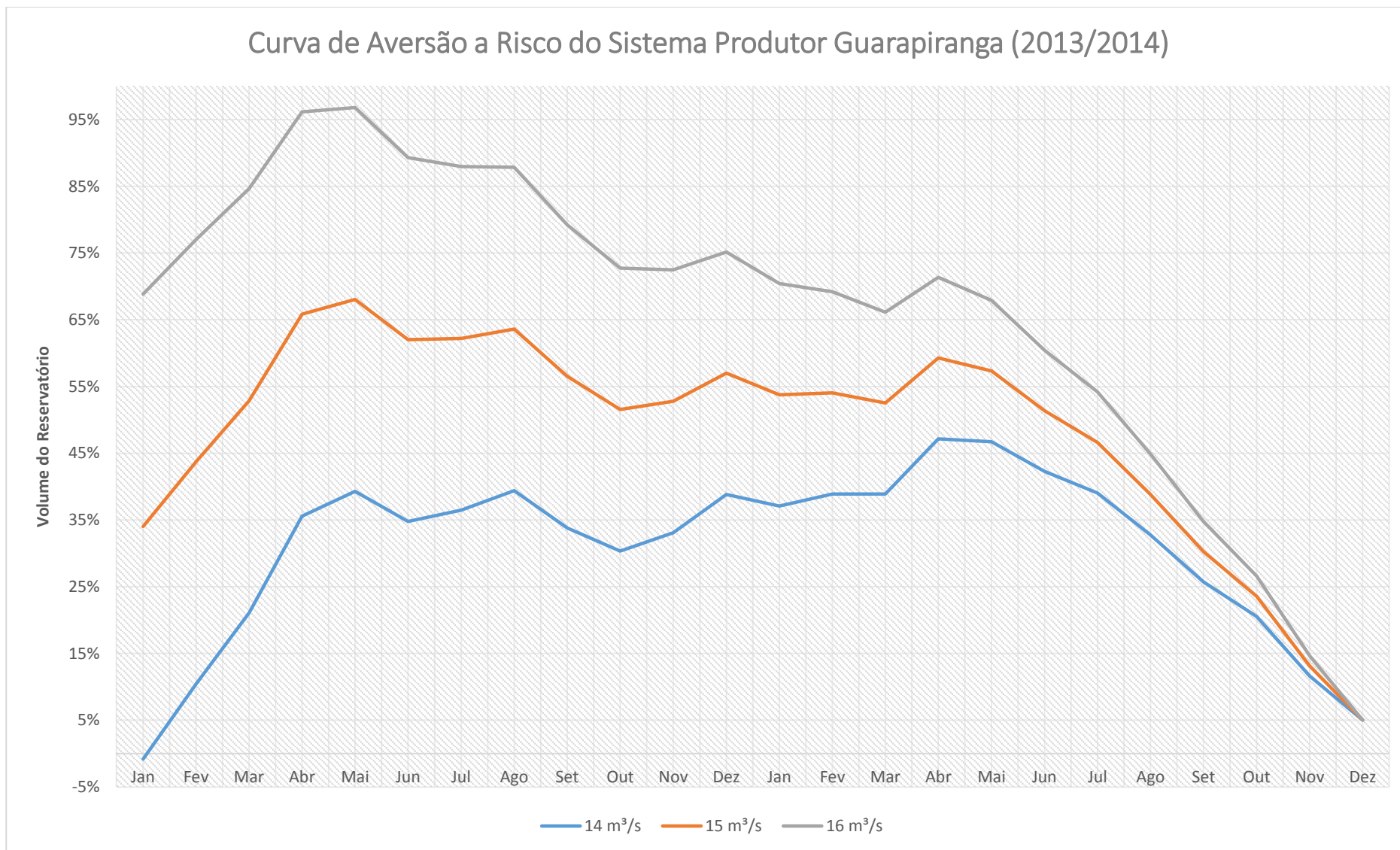


Figura 5.11 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Guarapiranga – Biênio 2013/2014

5.4. Reservatório Billings

O reservatório Billings está localizado ao sul da RMSP e abrange os municípios de Diadema, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Santo André, São Bernardo do Campo e São Paulo. Constitui-se de um corpo central alongado e estreito, ligado a diversos braços, alguns de grande volume, compostos por uma grande quantidade de afluentes.

No início dos anos 40, iniciou-se o desvio de parte das águas do rio Tietê para a Billings, a fim de aumentar a vazão da represa e, conseqüentemente, ampliar a capacidade de geração de energia elétrica na UHE Henry Borden. Este processo foi viabilizado pela reversão do curso do rio Pinheiros, através da construção das Usinas Elevatórias de Pedreira e Traição. Esta operação também se mostrou útil para as ações de controle das enchentes e de afastamento dos efluentes domésticos e industriais gerados na capital. Porém, com o passar dos anos esta reversão se mostrou problemática, pois comprometia a qualidade da água do reservatório Billings, que não mais se destinava – como pensado inicialmente – exclusivamente para geração de energia elétrica, passando a ser aproveitado também para usos múltiplos, como recreação, pesca e abastecimento público.

Se tratando da UHE Henry Borden, para utilizar a sua máxima potência outorga de 889 MW é necessária uma vazão de 157,2 m³/s, ou seja, sua produtibilidade é de 5,65 MW/(m³/s). Analisando os dados de demanda de energia da UHE Henry Borden para o período de 2013 a 2017, fornecidos pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), é possível estimar, com base na sua produtibilidade, a vazão média anual que foi utilizada para o atendimento a demanda da usina (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 - Demanda de energia da UHE Henry Borden (2013 – 2017)

Ano	2013	2014	2015	2016	2017*
Demanda de Energia (MWmed/ano)	105	83	58	99	119
Vazão média para demanda (m³/s)	18,57	14,68	10,26	17,51	21,05

* gerado até o dia 31/07/2017

Fonte: ONS, 2017

Analisando a Tabela supra é possível verificar que mesmo com a crise hídrica no Sudeste (2013/2014) a vazão utilizada se manteve próxima aos demais anos, à exceção de 2015 que foi menor. Isso se deve ao fato da crise não ter atingido o sistema produtor Billings como atingiu, por exemplo, o sistema produtor Alto Tietê. Ou seja, nos anos de 2013 e 2014 a UHE Henry Borden consumiu 18,57 m³/s e 14,68 m³/s na média anual, respectivamente. Porém, a energia assegura à UHE Henry Borden é de 127,7 MW e para esta potência, necessitaria de 22,6 m³/s.

Destaca-se, que as vazões utilizadas pela UHE Henry Borden provêm parte do reservatório Billings, acrescida da vazão natural do reservatório Rio das Pedras. Para se ter uma ideia, no ano de 2013 a vazão natural afluente média no reservatório Rio das Pedras foi de 2,71 m³/s, já em 2014 foi de 3,15 m³/s. Ou seja, o reservatório Billings foi responsável por fornecer à UHE Henry Borden, ao menos, 15,86 m³/s em 2013 e 11,54 m³/s em 2014. As vazões naturais afluentes ao sistema produtor Billings para os biênios de 1953/1954 e 2013/2014 estão apresentados na **Figura 5.12**.

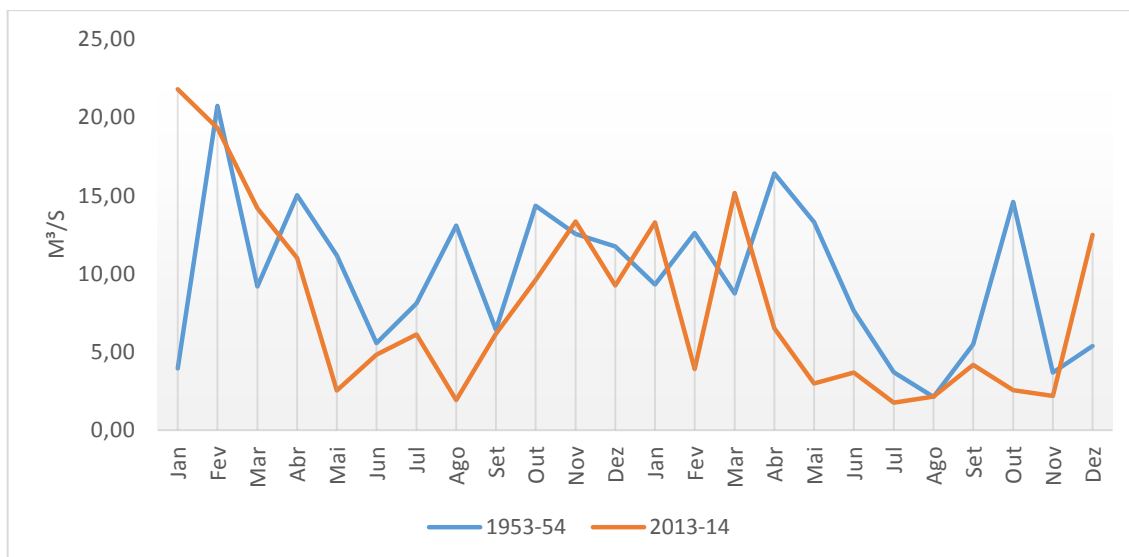


Figura 5.12 - Vazão natural afluyente ao Sistema Produtor Billings

Analisando a Figura supra é possível verificar que no biênio de 1953/1954 houveram aportes de vazão em fev/53, entre abril e outubro de 1953, em fev/54 e entre abril e julho de 1954, superiores ao biênio de 2013/2014, que resultaram na vazão natural afluyente média de 9,79 m³/s para 1953/1954 e 7,96 m³/s para 2013/2014. Para o biênio de 1953/1954, o aporte máximo de vazão natural ocorreu em fev/53 com 20,74 m³/s e o mínimo, foi registrado ago/54 com 2,14 m³/s. Já para o biênio de 2013/2014 o aporte máximo foi de 21,81 m³/s em jan/13 e o mínimo de 1,76 m³/s foi registrado em jul/14.

Para a construção das CAR do Reservatório Billings, foi considerado atendimento prioritário a transposição Braço Taquacetuba para o reservatório Billings de 2,2 m³/s e a transferência de 0,14 m³/s para a ETA Parque do Pedroso. Ou seja, nas CAR essas vazões já estão desconsideradas. Portanto, as CAR analisam a vazão máxima que poderia ser disponibilizada para a UHE Henry Borden.

O volume útil do reservatório é também um dado fundamental para a construção das CAR. No caso específico do reservatório Billings, este volume varia em função de uma restrição, que é captação localizada no braço do Taquacetuba. De acordo com a Sabesp (PDAA, em elaboração), o volume útil do reservatório Billings, em função desta captação, é o volume acima do nível de captação da estação de bombeamento, que é de 493,34 Mm³, ou seja, 57% do volume útil total (1.131,67 Mm³). Em função desta restrição, as CAR foram construídas para o volume de restrição e não para o volume total.

Como aporte para o reservatório Billings, considerou-se uma vazão média de 6 m³/s, derivada da reverão do rio Pinheiros para o reservatório Billings.

5.4.1. Análise do Período Crítico de 1953-1954

Na análise deste período crítico, biênio de 1953/1954, as defluências foram fixadas variando de 14 m³/s a 22 m³/s (Figura 5.12).

Analisando a Figura 5.13 é possível verificar que para retirar os 22,6 m³/s do reservatório Billings para a UHE Henry Borden, já considerando atendimento a todas as demandas apresentadas acima, caso ocorresse um cenário hidrológico crítico similar a este, o reservatório precisaria estar, no início do período crítico, acima da sua capacidade total de reservação. Do contrário, corria-se o risco de prejudicar a transferência do Taquacetuba para o reservatório Guarapiranga, uma vez que o volume utilizado para a construção das CAR, está condicionado a esta restrição de operação.

5.4.2. Análise do Período Crítico de 2013-2014

Neste período crítico (biênio 2013/2014), em razão das vazões afluentes naturais terem sido pouco menores, as defluências foram fixadas variando de 12 m³/s a 19 m³/s (**Figura 5.14**).

Conforme apresentado na **Figura 5.14**, neste cenário de baixa disponibilidade hídrica, só seria possível disponibilizar para a UHE Henry Borden 19 m³/s, isso, se o reservatório estivesse com 97% da sua capacidade total no início do período crítico.

Lembrando, que neste mesmo cenário crítico, o reservatório Billings disponibilizou, na média anual, em 2013 uma vazão de 15,86 m³/s e em 2014 uma vazão de 11,54 m³/s, para a UHE Henry Borden.

Ou seja, é evidente que a disponibilização de 22,06 m³/s para a UHE Henry Borden, que corresponde a vazão necessária para gerar os 127,7 MW como parte da energia assegurada, em períodos de baixa disponibilidade hídrica não se mostra viável.

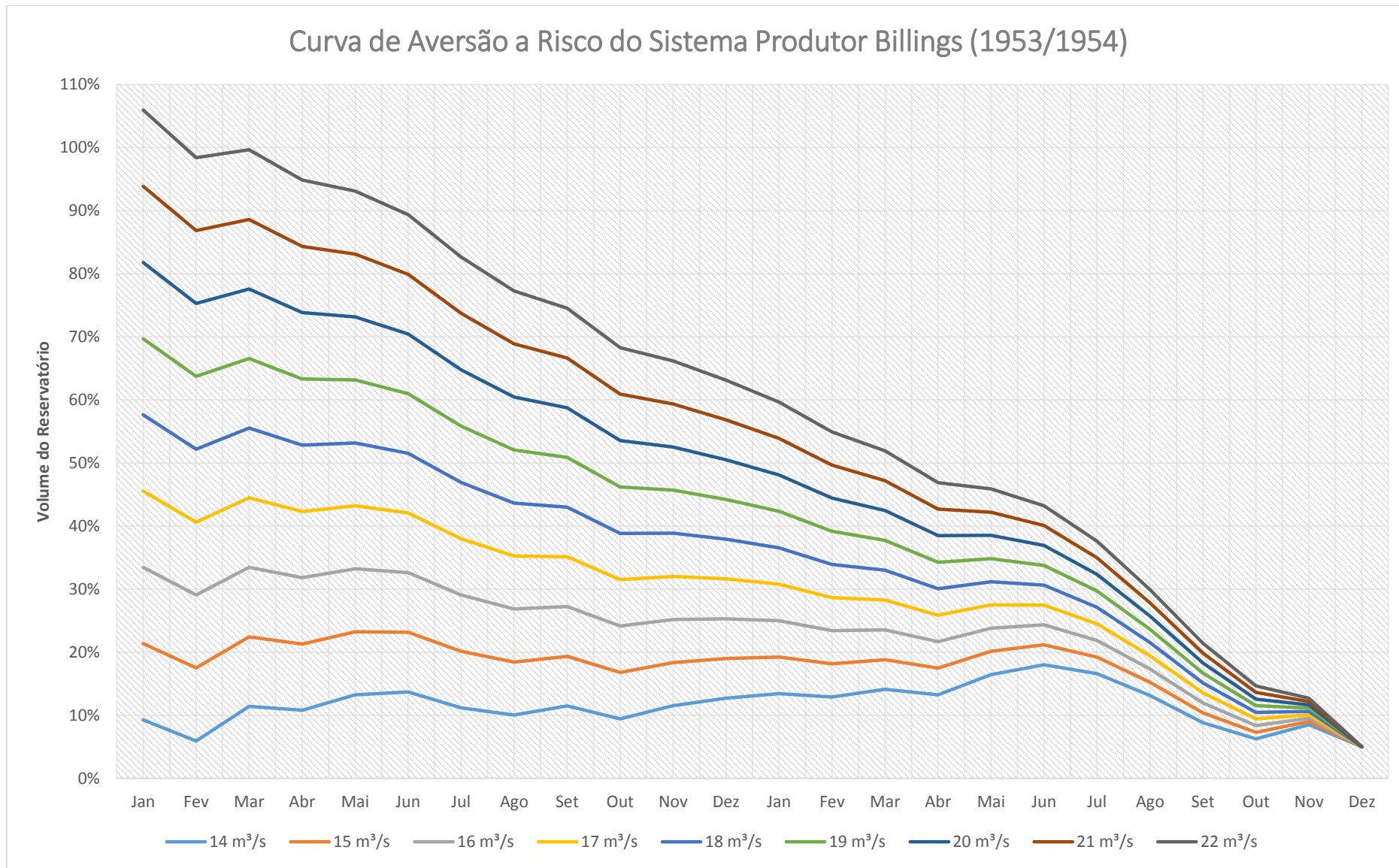


Figura 5.13 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Billings – Biênio 1953/1954

Curva de Aversão a Risco do Sistema Produtor Billings (2013/2014)

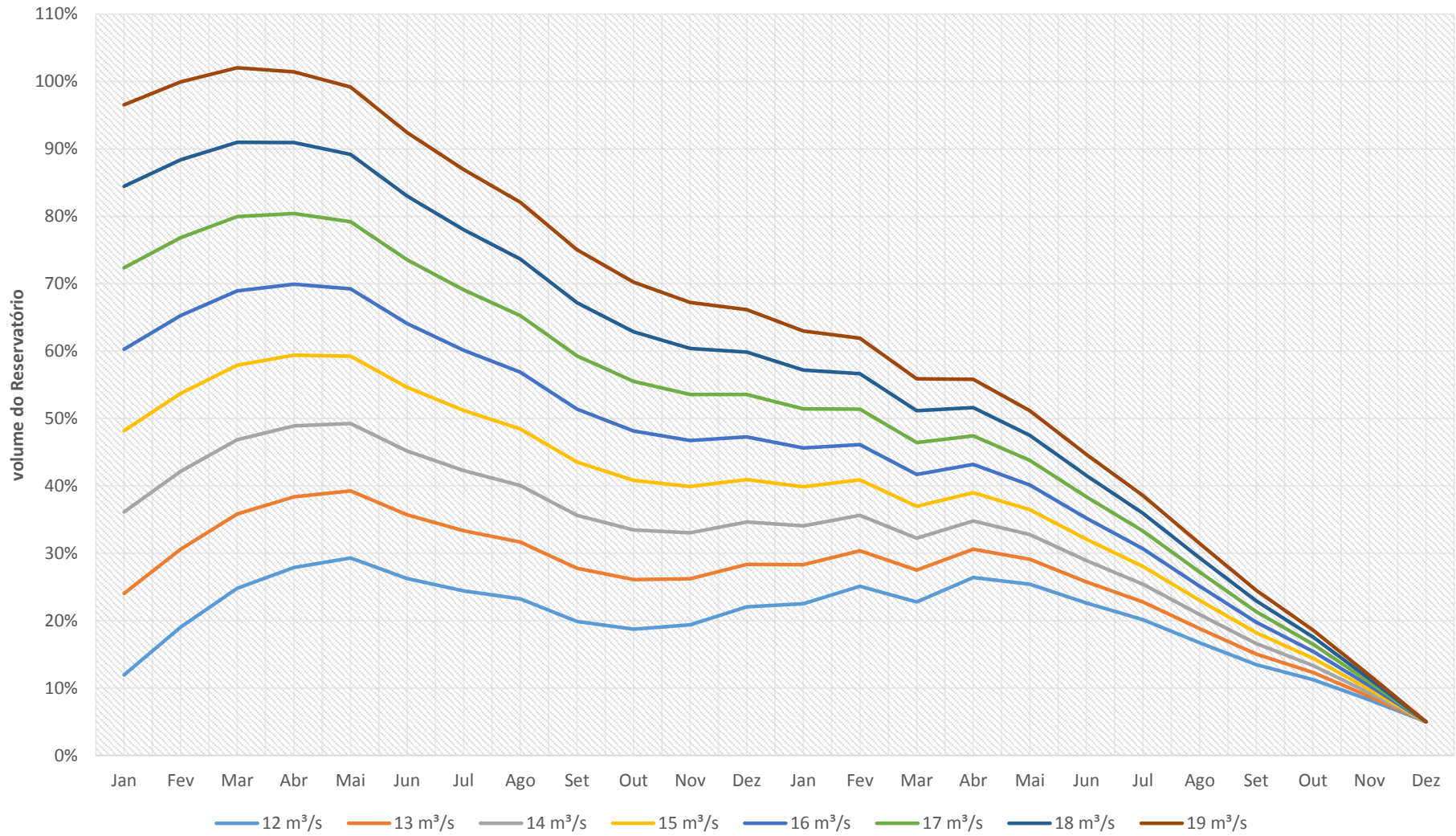


Figura 5.14 - Curva de aversão a risco do Sistema Produtor Billings – Biênio 2013/2014

6. DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE NOVOS MANANCIASIS

6.1. Caracterização da disponibilidade hídrica

- **Ribeirão dos Cristais**

O Ribeirão dos Cristais é o principal manancial do sistema Cajamar-Jordanésia, alimentando a ETA Cristais, situada próxima ao ponto de captação. O manancial é afluente do rio Juqueri, e abrange uma bacia de contribuição de 41,8 km².

No estudo realizado para a SABESP, foi utilizado o modelo de regionalização hidrológica do Estado de São Paulo, presente no site do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo), para a determinação das vazões médias plurianuais, vazões permanentes e vazão mínima (Q_{7,10}).

Como resultado obtido, pelo estudo, chegou-se a uma precipitação média anual de 1.342 mm, além de uma vazão média plurianual de 0,463 m³/s, correspondendo a uma produtividade hídrica de 11,1 l/s/km². A seguir, apresenta-se a curva de permanência do Ribeirão dos Cristais, sendo utilizadas as mesmas coordenadas adotadas no estudo já feito a pedido da SABESP.

P (%)	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
Q (m ³ /s)	1,110	0,918	0,771	0,668	0,581	0,519	0,427	0,365	0,314	0,274	0,253	0,234	0,217	0,194	0,168	0,103

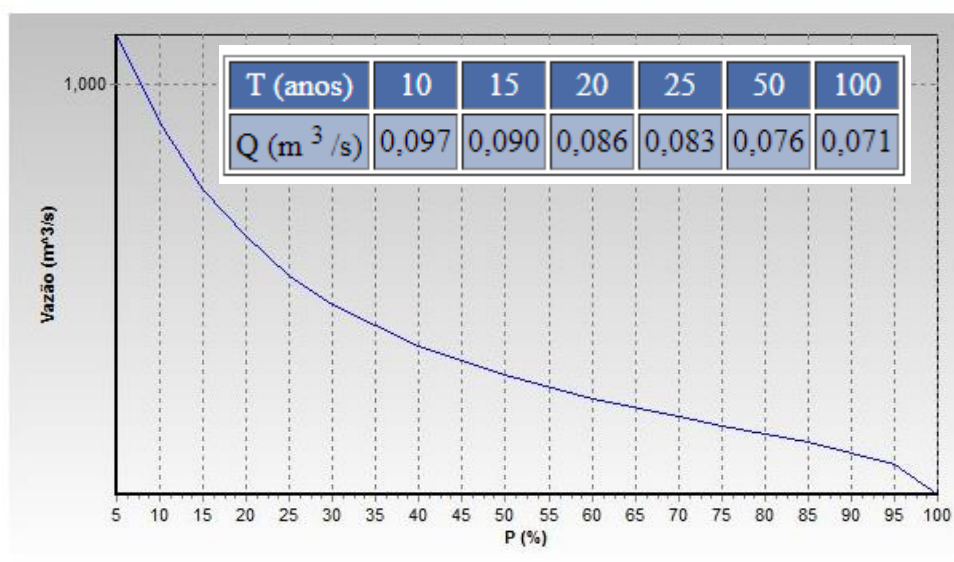


Figura 6.1 - Curva de Permanência Ribeirão dos Cristais

Com os dados obtidos destacamos que a vazão atual outorgada pelo DAEE, de 92,6 l/s, está abaixo da vazão com permanência de 95% do tempo (Q₉₅ = 168 l/s) e, também abaixo da vazão mínima de 7 dias consecutivos para um período de retorno de 10 anos (Q_{7,10} = 97 l/s).

- **Ribeirão Santo André**

O Sistema Sede tem como contribuinte o Ribeirão Santo André, com seu ponto de captação localizado na região conhecida como Sítio do Suru. A água captada é enviada para ETA Sede, localizada no centro da cidade de Santana de Parnaíba.

Assim como o Ribeirão dos Cristais, o Santo André também possui um estudo realizado para a SABESP, onde se utilizou a metodologia de regionalização hidrológica do Estado de São Paulo, encontrado no “site” do DAEE.

Com o uso das mesmas coordenadas geográficas UTM do ponto de estudo, utilizadas no estudo, e uma área de drenagem da bacia de 21 km², o resultado obtido é apresentado a seguir.

P (%)	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	75	80	85	90	95	100
Q (m ³ /s)	0,551	0,456	0,383	0,332	0,289	0,258	0,212	0,181	0,156	0,136	0,126	0,116	0,108	0,097	0,083	0,051

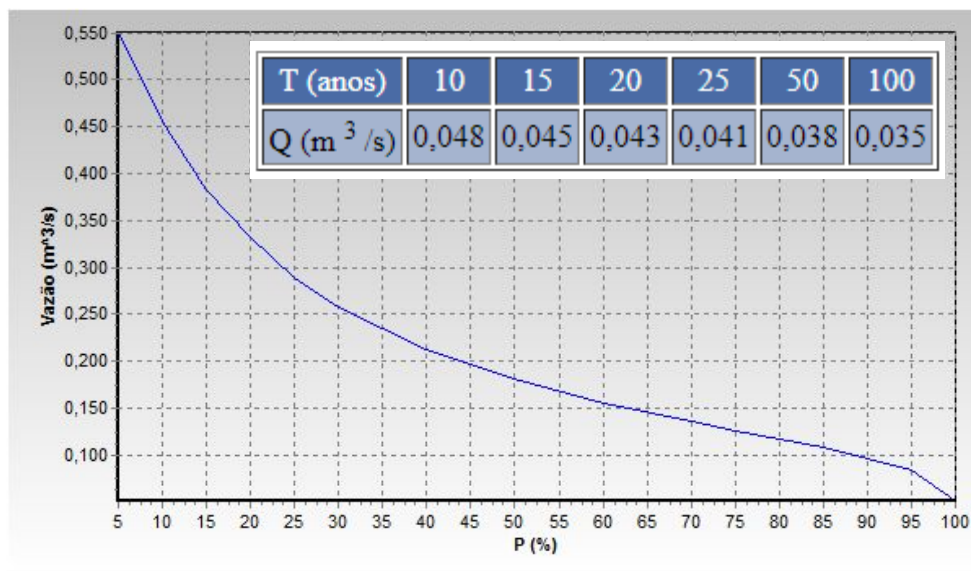


Figura 6.2 - Curva de Permanência Ribeirão Santo André

Atualmente, a retirada da ETA Sede está em 38,9 l/s, valor outorgado pelo DAEE para exploração. Esse valor é inferior à vazão com permanência de 95% do tempo ($Q_{95} = 83$ l/s) e, inferior a $Q_{7,10}$, de 48 l/s.

- **Ribeirão Itaim**

Junto ao Ribeirão Itaim existe uma barragem que forma o pequeno reservatório denominado de 4ª Colônia. Esse reservatório conta com uma ETA próxima, com capacidade para retirar 70 l/s. Tem como demanda o Hospital do Juqueri, FEBEM, Distrito Industrial e o bairro Pretoria da Franco da Rocha.

No estudo já realizado sobre o Itaim, foi adotada a metodologia de regionalização proposta pelo DAEE-SP, assim como já utilizada para os cursos d'água anteriores. Sabendo-se que o Itaim possui uma bacia de contribuição de 39,3 km², obteve-se, no estudo, uma disponibilidade hídrica de 116 a 127 l/s ($Q_{7,10}$) e, uma vazão média de 553 a 608 l/s.

Para o levantamento final do estudo, foi-se estudado o Ribeirão Itaim juntamente com o córrego Moenda, sendo que o resultado final é apresentado como a soma das suas contribuições, e não individualizado.

Assim sendo, a vazão média de longo termo das bacias dos dois cursos d'água está entre 659 e 725 l/s, sendo que o estudo adotou a média entre os valores, chegando a 692 l/s.

É apresentada, a seguir, as curvas de permanência do ribeirão Itaim e córrego Moenda para 4 cenários diferentes, sendo levando em conta uma vazão máxima do sistema produtor do Baixo Juqueri de 1.252 l/s e uma vazão mínima ($Q_{7,10}$) de 45 l/s.

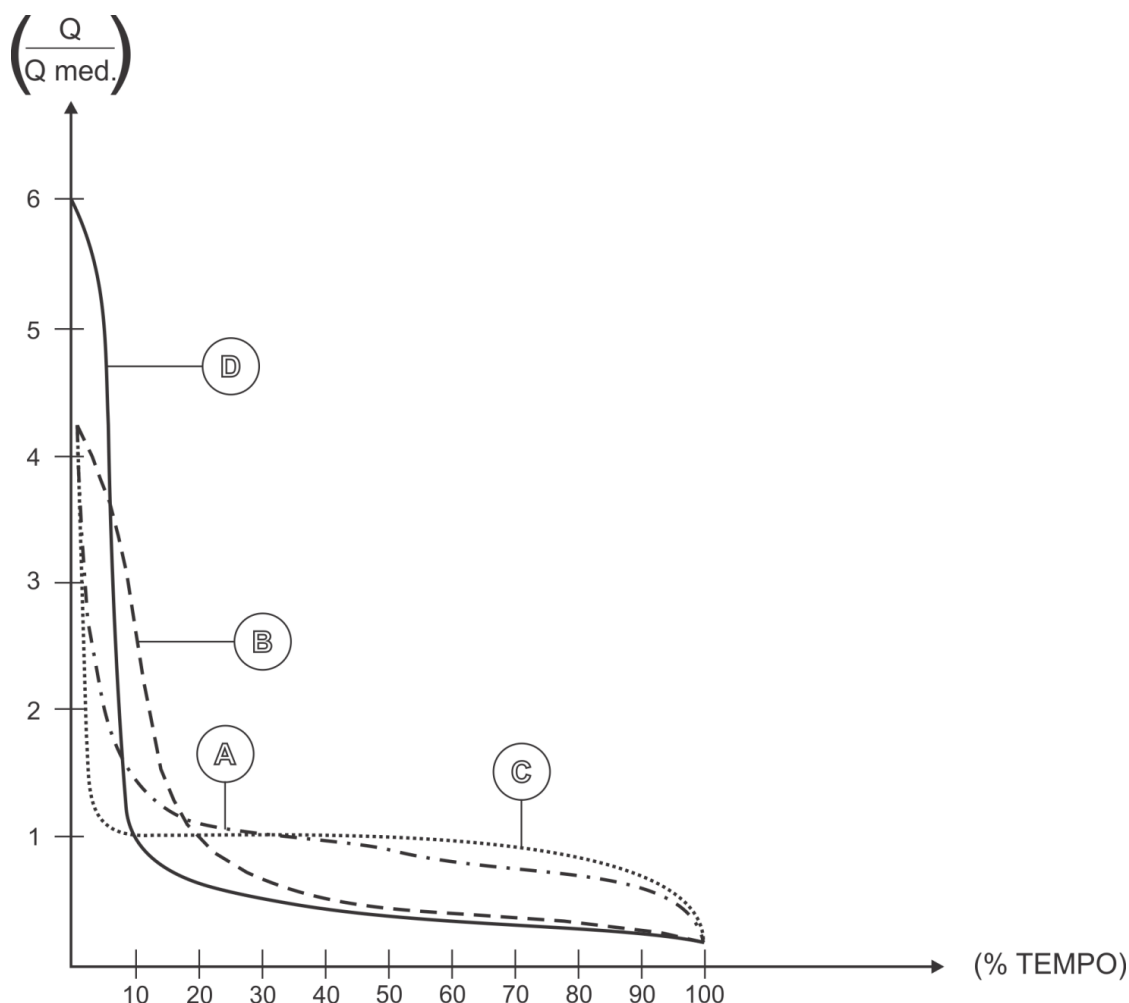


Figura 6.3 - Curva de Permanência Ribeirão Itaim

6.2. Campanha de qualidade da água

A caracterização da qualidade da água dos mananciais de pequeno porte disponíveis na UGRHI 6, que foram estudados pela Sabesp e considerados como não prioritários para abastecimento público, foi feita através de uma campanha de campo nos seguintes cursos d'água:

- Ribeirão dos Cristais: afluente do Rio Juqueri, localizado no município de Cajamar;
- Ribeirão Itaim: afluente do Rio Juqueri, localizado no município de Franco da Rocha; e
- Ribeirão Santo André: afluente do Rio Tietê, localizado no município de Santana de Parnaíba.

A alocação dos pontos de amostragem foi realizada através da compatibilização com a rede de monitoramento de qualidade da água da CETESB, quando existir, ou com as captações de água bruta constantes no PDAA RMSP. Na **Tabela 6.1** estão apresentados: (i) código dos pontos de amostragem; (ii) manancial monitorado; (iii) município do manancial; (iv) descrição da localização dos pontos de amostragem; e (v) coordenadas dos pontos de amostragem. Já a **Figura 6.4** ilustra a localização dos pontos na BAT.

Tabela 6.1 - Mananciais monitorados e os pontos de amostragem

Código do ponto	Manancial	Município	Descrição	Coordenadas	
				Latitude	Longitude
CRIS01	Ribeirão dos Cristais	Cajamar	Próximo a captação da ETA Cristais	-23,33161	-46,82419
ITAI01	Ribeirão Itaim	Franco da Rocha	Próximo a captação da ETA Juqueri	-23,32472	-46,69056
ANDR01	Ribeirão Santo André	Santana de Parnaíba	Próximo a EEAB do Ribeirão Santo André	-23,43696	-46,96187

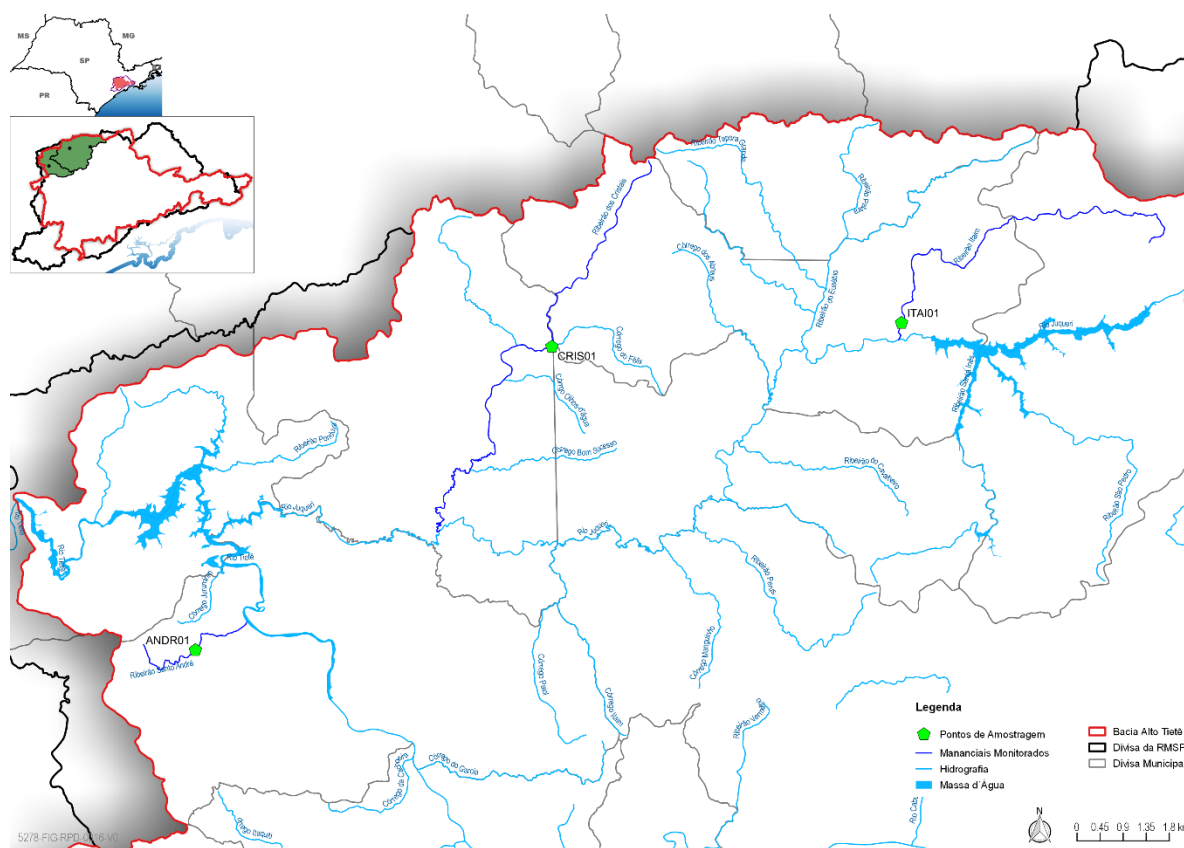


Figura 6.4 - Localização dos pontos de amostragem

A campanha foi realizada no dia 06 de outubro de 2017, inserido no período hidrológico seco, abrangendo os meses de maio a outubro, e considerado como crítico para a qualidade da água.

Os parâmetros de qualidade da água analisados constam na lista de parâmetros recomendados pelo Plano Nacional de Qualidade da Água (PNQA), da Agência Nacional de Águas (ANA), para ambientes lóticos, e estão apresentados no **Quadro 6.1**.

Quadro 6.1 - Parâmetros analisados na campanha de campo

Categoria	Parâmetro
Físico-Químico	Alcalinidade total
	Condutividade elétrica
	DBO
	DQO
	OD
	pH
	Sólidos em suspensão
	Sólidos totais dissolvidos
	Temperatura da água e do ar
	Turbidez
Microbiológico	Coliformes termotolerantes
	Fósforo total
Nutrientes	Fósforo solúvel reativo
	Nitrogênio amoniacal
	Nitrogênio kjeldahl total
	Nitrato
	Nitrito
	Nitrogênio total

As coletas e análises das amostras de água foram realizadas pelo laboratório Controle Analítico Análises Ambientais, acreditado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), e seguem as recomendações do “Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras”, publicado pela ANA, em parceria com a CETESB, em 2011. Na **Figura 6.5** estão apresentadas as coletas das amostras de água realizadas nos três mananciais monitorados.



Figura 6.5 - Coleta das amostras de água nos mananciais monitorados

6.3. Análise dos Resultados

A avaliação dos resultados da campanha de campo considerou a Resolução CONAMA 357/2005. O Ribeirão Itaim é o único corpo hídrico que possui enquadramento preconizado no Decreto Estadual nº 10.755/1977, sendo classificado como classe 4. O Ribeirão dos Cristais está enquadrado como classe 3 pela CETESB; e o Ribeirão Santo André não possui enquadramento definido, sendo considerado neste estudo como classe 2, conforme orientação da Resolução CONAMA 357/2005.

Comparando as concentrações dos parâmetros analisados com os limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005, observa-se que, no geral, a qualidade da água dos três mananciais esteve boa na data da campanha de campo. As exceções foram encontradas para os parâmetros DBO e coliformes termotolerantes em dois cursos d'água. A DBO esteve acima dos limites estabelecidos para as classes 2 (< 5,0 mg/L) e 3 (< 10,0 mg/L) no Ribeirão Santo André e no Ribeirão dos Cristais, respectivamente; e os coliformes termotolerantes não atenderam a legislação no Ribeirão dos Cristais. Os resultados das campanhas estão apresentados no **Quadro 6.2**.

Quadro 6.2 - Resultados da campanha de campo

Categoria	Parâmetro	Unidade	Pontos de amostragem			LQ	Limite CONAMA 357/2005		
			ANDR01	CRIS01	ITA01		Classe 2	Classe 3	Classe 4
			classe 2	classe 3	classe 3				
Físico-Químico	Alcalinidade total	mg/L	41,10	22,60	24,10	5,00	-	-	-
	Condutividade elétrica	µs/cm	73,80	50,20	63,70	1,50	-	-	-
	DBO	mg/L	13,00	11,00	< LQ	2,00	< 5,00	< 10,00	< 10,00
	DQO	mg/L	25,00	28,00	< LQ	5,00	-	-	-
	OD	mg/L	5,69	5,23	5,10	0,10	≥ 5,00	≥ 4,00	≥ 2,00
	pH	-	6,81	6,65	7,02	2,00	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
	Sólidos em suspensão	mg/L	< LQ	< LQ	< LQ	30,00	-	-	-
	Sólidos totais dissolvidos	mg/L	78,00	74,00	68,00	29,00	500,00	500,00	500,00
	Temperatura da água	°C	19,60	21,40	24,70	-	-	-	-
	Temperatura do ar	°C	26,80	27,90	27,50	-	-	-	-
Microbiológico	Turbidez	NTU	13,12	19,19	20,40	0,10	100,00	100,00	100,00
	Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	120,00	7.600,00	540,00	1,00	1.000,00	4.000,00	4.000,00
Nutrientes	Fósforo total	mg/L	0,012	0,036	0,027	0,005	0,100	0,150	0,150
	Fósforo solúvel reativo	mg/L	0,008	0,018	0,013	0,005	-	-	-
	Nitrogênio amoniacal	mg/L	< LQ	< LQ	< LQ	0,41	3,70, para pH ≤ 7,5	13,3, para pH ≤ 7,5	13,3, para pH ≤ 7,5
	Nitrogênio kjeldahl total	mg/L	< LQ	< LQ	< LQ	2,00	-	-	-
	Nitrato	mg/L	1,02	1,72	2,07	1,00	10,00	10,00	10,00
	Nitrito	mg/L	< LQ	< LQ	< LQ	0,10	1,00	1,00	1,00
	Nitrogênio total	mg/L	< LQ	2,35	2,82	2,00	-	-	-

Legenda:

Em desacordo com os limites da Resolução CONAMA 357/2005

LQ Limite de quantificação

6.4. Conclusão

No que tange a análise sobre a disponibilidade hídrica, apresentada anteriormente, os três mananciais demonstram potencial para um maior aproveitamento de suas águas, referente ao abastecimento público, uma vez que todos possuem sua vazão outorgada para retirada abaixo da vazão mínima de sete dias consecutivos ($Q_{7,10}$).

Embora a vazão outorgada fosse igualada a vazão mínima ($Q_{7,10}$), esse incremento não resultaria em grandes valores de vazão adicional, sendo assim, conclui-se que a utilização dos mananciais para abastecimento de água seria pontual, sendo utilizados apenas para regiões próximas aos seus cursos. Cabe salientar que, em 2013, a vazão média de exploração do Santo André foi de 150 m³/h ($Q = 41,67$ l/s), ou seja, houve momentos em que a captação excedeu o limite da outorga.

No âmbito relativo à qualidade das águas, os três mananciais, possuem águas passíveis de serem usadas para abastecimento público. Apesar de dois mananciais apresentarem ao menos um indicador acima do limite, em geral DBO, a qualidade encontrada nos ensaios foi boa, sendo apenas necessários os devidos tratamentos para torná-la potável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SABESP, 2009. **Dossiê Alto Tietê.** Disponível em <http://memoriasabesp.sabesp.com.br/acervos/dossies/pdf/3_dossie_sistema_alto_tiete.pdf>. Acesso em 04 de setembro de 2017.

ONS, 2017. **Histórico de Operação.** Disponível em <http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx>. Acesso em 04 de setembro de 2017.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP - Extrato Santana de Parnaíba – Sede.** São Paulo: SABESP, maio de 2016.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP - Extrato Sistema Cajamar-Jordanésia.** São Paulo: SABESP, maio de 2016.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Revisão e Atualização do Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP - Extrato ETA Juqueri - Franco da Rocha.** São Paulo: SABESP, maio de 2016.

SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Elaboração dos Serviços de Concepção, Projeto Básico e Relatório Ambiental Preliminar – RAP, para as Obras de Captação, Elevatória, Adutora de Água Bruta, Estação de Tratamento, Reservatório, Elevatória e Adutora de Água Tratada, do Sistema Produtor Baixo Juqueri, no Município de Franco da Rocha – Extremo Norte – RMSP.** São Paulo: SABESP, agosto de 2001.

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista, no Estado de São Paulo.** São Paulo: DAEE, 2013.