

---

**DIAGNÓSTICO OPERACIONAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE  
IBIPORÃ – PR**

Rafael José Teixeira<sup>1</sup>  
Carolina Alves do Nascimento Alvim<sup>2</sup>  
Matheus Toledo Bechara<sup>2</sup>  
Rigoberto Lázaro Prieto Cainzos<sup>2</sup>

## **1 INTRODUÇÃO**

A água é um recurso natural essencial para a humanidade, tanto para a vida quanto para a produção de bens de consumo. Dessa maneira foi elaborado o Plano Nacional de Segurança Hídrica, com o objetivo de melhorar a gestão dos recursos hídricos, afim de garantir a disponibilidade de água de qualidade para a população de todo o país. Para garantir a segurança hídrica é de suma importância uma boa gestão e planejamento dos recursos hídricos, em prol do abastecimento público para que não falte água para as atuais e futuras gerações.

O sistema de abastecimento da cidade de Ibiporã atualmente é constituído por dois mananciais, sendo um subterrâneo, o qual realiza a captação do Aquífero Guarani por meio de poço tubular profundo, atualmente responsável por 42% da demanda do município. E o manancial superficial Ribeirão Jacutinga responsável por 58% do abastecimento da cidade. A Figura 1 apresenta um croqui esquemático do sistema de abastecimento de Ibiporã.

O laboratório de análises da estação de tratamento de água (ETA) do SAMAЕ realiza o monitoramento de ambos mananciais de abastecimento, a ETA é do tipo convencional e faz o tratamento da água proveniente do Ribeirão Jacutinga. O tratamento é do tipo ciclo completo, ou seja, realiza a coagulação e floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Para o sistema de captação do

20

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Filadélfia. E-mail: raffaelteixeira67@gmail.com

<sup>2</sup> Docentes do Centro Universitário Filadélfia

Aquífero do Guarani é adicionado apenas uma dosagem de cloro e flúor na entrada do reservatório.

O Sistema de Abastecimento de Água de Ibirapuã conta com dois reservatórios públicos sendo eles, um reservatório semienterrado com capacidade de 3.500m<sup>3</sup> e outro reservatório enterrado com capacidade de 1.500m<sup>3</sup>, totalizando 5.000 m<sup>3</sup> de reservação. A Rede de distribuição de água da cidade é subdividida em cinco zonas:

- Zona baixa abastecida por gravidade pelos reservatórios.
- Zona alta sendo abastecida pela elevatória do pátio do SAMAÉ.
- Zona abastecida pelo booster do Santa Paula e Parque Industrial
- Zona abastecida pelo booster do Jardim Bom Pastor
- Zona abastecida pelo booster do Recanto do Engenho.

Atualmente segundo os relatórios fornecidos pelo SERVIÇO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAÉ) no ano de 2021, o volume médio mensal é de aproximadamente 560 mil m<sup>3</sup>/mês, ou seja, uma demanda de 780m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> para o sistema de abastecimento. Já a capacidade instalada é de 100 L.s<sup>-1</sup> do manancial superficial, 160 L.s<sup>-1</sup> do manancial subterrâneo, totalizando 260 L.s<sup>-1</sup>.

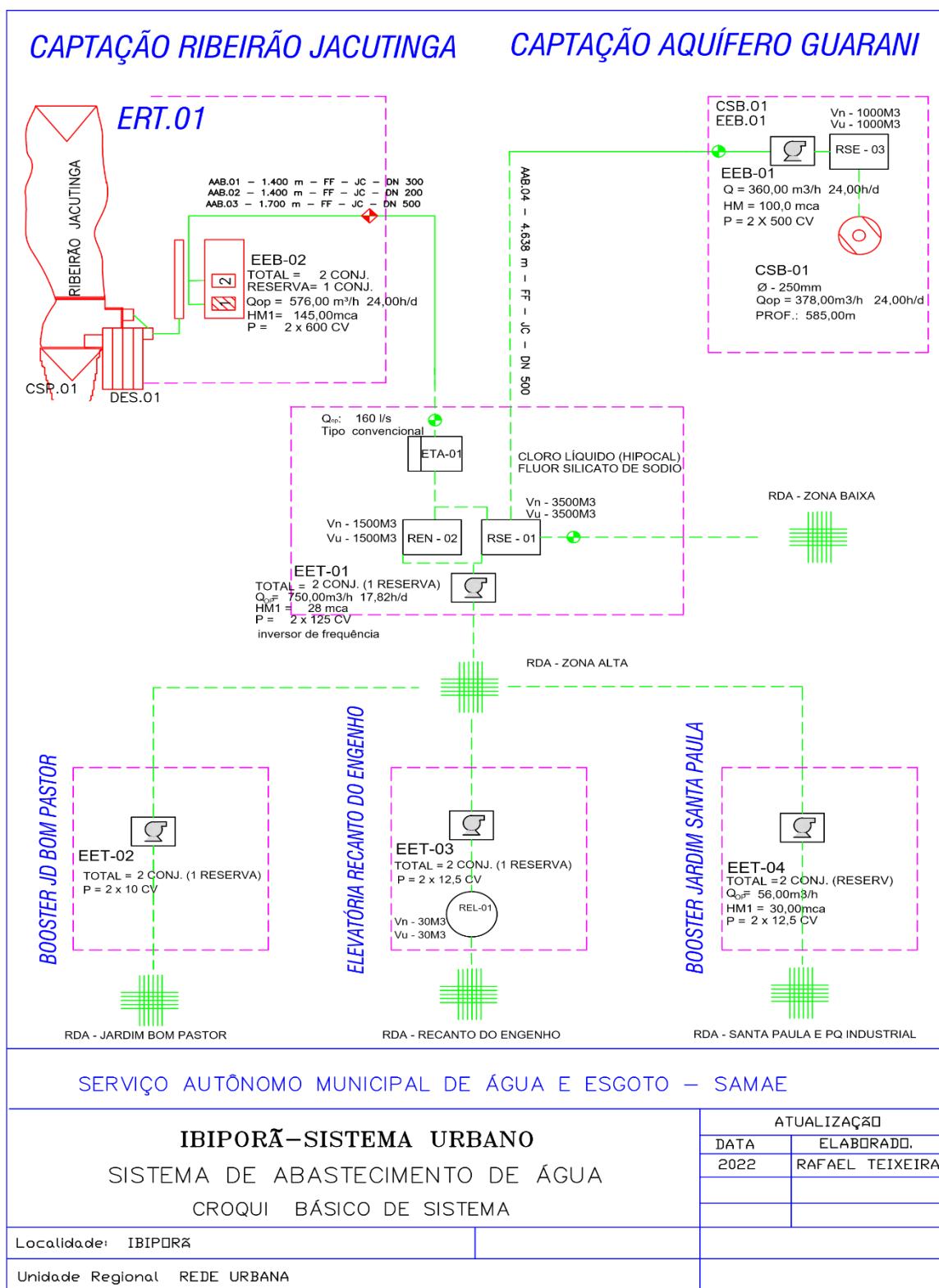
21

Devido ao aquecimento global as mudanças climáticas se tornam cada vez mais extremas, o ciclo da água está diretamente relacionado ao clima. Desta forma as mudanças no clima alteram o regime de chuvas podendo provocar na incidência de longos períodos de seca, ameaçando o suprimento de recursos hídricos para todos.

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional, o novo marco do saneamento propõe desafios para o sistema sendo eles a redução de perdas de água, revitalização de bacias hidrográficas e a universalização do acesso a água até o ano de 2033 garantindo o fornecimento de água potável a 99% da população brasileira. Além disso, o aumento populacional cria pressão sobre a capacidade de produção do sistema.

Sendo assim, neste trabalho será realizado um diagnóstico operacional do sistema de abastecimento de água de Ibirapuã/PR, avaliando a demanda hídrica e a capacidade de reservação atual do sistema e fazendo uma projeção para um horizonte de projeto de 20 anos para verificar a necessidade de planejamento de investimentos em ampliações.

Figura 1 - Croqui do sistema de abastecimento de Ibiporã



Fonte: Próprio Autor

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Obtenção de Dados e Diagnóstico do Sistema

Os dados atuais do sistema foram obtidos em contato direto com a autarquia atualmente responsável pelo sistema de abastecimento do município. A Tabela 1 apresenta o número de ligações por categoria do atual SAA.

**Tabela 1 - Ligações por categoria**

LIGAÇÕES DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE IBIPORÃ POR CATEGORIAS	
Categorias	Unidades Atendidas
Utilidade Pública	195
Igrejas	56
Apae	2
Comerciais	442
Industriais	77
Residenciais	22600

**Fonte:** Próprio Autor

23

Foram ainda obtidos os indicadores históricos do sistema, como economias domiciliares abastecidas, consumo per capita, volumes aduzidos e micromedido, perdas globais do sistema. A Tabela 2 apresenta indicadores históricos do sistema dos últimos cinco anos.

**Tabela 2 - Indicadores Ibirapuã**

INDICADORES - IBIPORÃ	dez/17	dez/18	dez/19	dez/20	dez/21
<b>Economias Domiciliares Abastecidas (ud)</b>	19.834	19.981	20.380	21.873	22.600
<b>Ligações Totais Abastecidas</b>	20.511	20.663	21.076	22.620	23.372
> Taxa de Crescimento Econ. Domiciliares Abastecidas (%aa)	1,89%	0,74%	2,00%	7,33%	3,32%
> Taxa de hab./economias	3,04	3,02	3,00	2,98	2,96
<b>Volume Aduzido (m<sup>3</sup>/ano)</b>	5820980	5869965	5849912	6403141	6742526
<b>Volume Micromedido Total (m<sup>3</sup>/ano)</b>	3148114	3174225	3271264	3612993	3494821
> Per capita Aduzido (l/hab.dia)	264,67	266,69	262,31	268,58	276,32
> Per capita micromedido (l/hab.dia)	143,14	144,21	146,68	151,55	143,22
> Volume Médio Mensal Aduzido por Economia (m <sup>3</sup> /econ.mês)	24,46	24,48	23,92	24,39	24,86
> Volume Médio Mensal Micromedido por Economia Domiciliar (m <sup>3</sup> /econ.mês)	13,23	13,24	13,38	13,76	12,89
Perdas Globais SAA	45,92%	45,92%	44,08%	43,57%	48,17%

**Fonte:** Próprio Autor

Através de dados obtidos dos últimos censos demográficos do IBGE de 1991 a 2010, foi possível estimar a média de moradores por unidade domiciliar. Juntamente com o número de economias residenciais fornecida pela companhia de saneamento, foi possível estimar a população residente existente na cidade de Ibiporã.

#### **4.2 Projeção da população**

A Demanda do abastecimento de água de um município se dá por grande parte pela população residente, sendo assim para demonstrar o crescimento da população de Ibiporã foi realizada a projeção populacional e de demanda hídrica para o horizonte de projeto de 20 (vinte) anos.

Para a projeção foi utilizada uma planilha do Excel com cinco tipos de linhas de tendência de crescimento: projeção linear, de potência, exponencial, logarítmica e projeção polinomial. Dentre elas foi escolhida a que melhor se ajustou aos dados fornecidos, avaliado por meio do coeficiente de determinação “R<sup>2</sup>”. Na Tabela 3 é detalhado o método utilizado para a realização automática das projeções.

**Tabela 3 - Programação do método das curvas**

MÉTODO	FUNÇÃO EXCEL
Ajuste Linear $P = a + b.t$	$a = \text{INTERCEPÇÃO}(\text{Dados}_Y; \text{Dados}_X)$ $b = \text{INCLINAÇÃO}(\text{Dados}_Y; \text{Dados}_X)$ $r^2 = \text{RQUAD}(\text{Dados}_Y; \text{Dados}_X)$
Curva Polinomial (segundo grau) $P = a + b.t + c.t^2$	Uma curva de regressão polinomial não pode ser adicionada automaticamente.
Curva de Potência $P = a.t^b$	$a = \text{EXP}(\text{INTERCEPÇÃO}(\text{LN}(\text{Dados}_Y); \text{LN}(\text{Dados}_X)))$ $b = \text{INCLINAÇÃO}(\text{LN}(\text{Dados}_Y); \text{LN}(\text{Dados}_X))$ $r^2 = \text{RQUAD}(\text{LN}(\text{Dados}_Y); \text{LN}(\text{Dados}_X))$
Equação Exponencial $P = a.e^{bt}$	$a = \text{EXP}(\text{INTERCEPÇÃO}(\text{LN}(\text{Dados}_Y); \text{Dados}_X))$ $b = \text{INCLINAÇÃO}(\text{LN}(\text{Dados}_Y); \text{Dados}_X)$ $r^2 = \text{RQUAD}(\text{LN}(\text{Dados}_Y); \text{Dados}_X)$
Equação Logarítmica $P = a + b(\ln t)$	$a = \text{INTERCEPÇÃO}(\text{Dados}_Y; \text{LN}(\text{Dados}_X))$ $b = \text{INCLINAÇÃO}(\text{Dados}_Y; \text{LN}(\text{Dados}_X))$ $r^2 = \text{RQUAD}(\text{Dados}_Y; \text{LN}(\text{Dados}_X))$

**Fonte:** Próprio Autor

#### **4.3 Projeção da Demanda Hídrica**

Para a análise da Demanda Hídrica do sistema de abastecimento, foi realizado a projeção do volume micromedido fornecido pela concessionária com os dados históricos dos últimos quinze anos. Desta forma foi possível projetar a demanda total do sistema, não apenas para unidades residenciais, mas também para outros tipos de ligações, seja comercial ou industrial, abrangendo a demanda do sistema como um todo.

O método de projeção utilizado é o mesmo que foi usado para a projeção populacional com a ferramenta do Excel projetando cinco tipos de tendência.

O consumo para a avaliação da demanda está pautado em dados históricos, sendo o volume de água micromedido anual ( $m^3$ ). Portanto como os dados de consumo diários são médias anuais, e o consumo de água é variável em função do tempo, deve se relacionar a demanda por recursos hídricos a dois coeficientes.

1. K1 – Coeficiente de máxima vazão diária
2. K2 – Coeficiente de máxima vazão horária

25

Para nossa avaliação será utilizado os valores recomendados pela NBR 12.218 (ABNT, 2017) adotando K1 = 1,2 e K2 = 1,5.

Segundo dados fornecidos a média do índice de perdas dos últimos cinco anos é de 45%, somando com as perdas do sistema produtor. No entanto segundo o Novo Marco do Saneamento o Ministério do Desenvolvimento Regional regulamenta índices máximos de perda de água, objetivando que no ano de 2034 o índice de perdas de distribuição deve estar no máximo a 25%, por isso adotou-se uma diminuição de 2% ao ano para atender os limites máximos até o ano de 2034.

### **5 RESULTADOS**

#### **5.1 Projeção Populacional**

A Tabela 4 apresenta os resultados da projeção populacional do município de Ibirapuã, com base nos dados censitários do IBGE para a taxa de habitantes por

domicílio e com dados históricos da quantidade de unidades residenciais atendidas fornecidas pelo sistema.

**Tabela 4 - Projeção populacional**

ANO	POPULAÇÃO SISTEMA	PROJ. LINEAR	Cresc. i%	PROJ. EXPON.	Cresc. i%	PROJ. LOGARÍT.	Cresc. i%	PROJ. POTÊNC.	Cresc. i%	PROJ. PARAB.	Cresc. i%
<i>R<sup>2</sup></i>		0,9742		0,9743		0,9743		0,9744		0,9753	
2007	47.592	48.090		48.461		48.081		48.452		45.750	
2009	51.088	50.596		50.657		50.594		50.655		48.256	
2011	53.160	53.101		52.953		53.104		52.956		50.732	
2013	55.559	55.607		55.353		55.613		55.359		53.177	
2015	59.362	58.113		57.863		58.118		57.868		55.593	
2017	60.256	60.618		60.485		60.621		60.489		57.979	
2019	61.101	63.124		63.227		63.122		63.225		60.335	
2021	66.853	65.630		66.093		65.620		66.082		62.660	
<b>2025</b>		70.641	1,81%	72.220	2,24%	70.609	1,80%	72.181	2,23%	67.222	1,71%
<b>2035</b>		83.169	1,53%	90.140	2,24%	83.039	1,52%	89.935	2,22%	78.101	1,37%
<b>2045</b>		95.698	1,33%	112.507	2,24%	95.408	1,31%	111.935	2,21%	88.230	1,12%

Legenda: [ ]: dados utilizados para regressão

[ ]: projeção

**Fonte:** Próprio Autor

26

As projeções obtiveram um coeficiente Pearson ( $R^2$ ) muito próximo, variando entre 0,9742 e 0,9753, desta forma foi escolhida a projeção linear, a qual apresenta melhores resultados de acordo com os dados históricos e taxas de crescimento variando de 1,81 a 1,33% ao ano.

## 5.2 Projeção da Demanda Hídrica

A Tabela 5 apresenta os resultados da projeção do volume micromedido com dados históricos do ano de 2007 a 2021 fornecidos pela Autarquia.

**Tabela 5 - Projeção volume micromedido**

ANO	VOLUME MICROMEDIDO	PROJ. LINEAR	Cresc. i%	PROJ. EXPON.	Cresc. i%	PROJ. LOGARÍT.	Cresc. i%	PROJ. POTÊNC.	Cresc. i%	PROJ. PARAB.	Cresc. i%
<i>R</i> <sup>2</sup>		0,9657		0,9618		0,9618		0,9620		0,9658	
2007	2.136.591	2.147.475		2.191.958		2.146.729		2.191.338		2.151.793	
2008	2.221.102	2.247.049		2.271.172		2.246.624		2.270.795		2.249.483	
2009	2.460.828	2.346.623		2.353.249		2.346.470		2.353.092		2.347.464	
2010	2.305.721	2.446.197		2.438.292		2.446.266		2.438.328		2.445.734	
2011	2.614.240	2.545.771		2.526.408		2.546.013		2.526.607		2.544.294	
2012	2.667.244	2.645.345		2.617.708		2.645.710		2.618.036		2.643.144	
2013	2.684.344	2.744.919		2.712.308		2.745.357		2.712.725		2.742.283	
2014	2.953.323	2.844.493		2.810.327		2.844.955		2.810.789		2.841.712	
2015	2.932.387	2.944.067		2.911.888		2.944.503		2.912.348		2.941.431	
2016	2.990.203	3.043.641		3.017.119		3.044.002		3.017.522		3.041.439	
2017	3.148.114	3.143.215		3.126.153		3.143.452		3.126.440		3.141.738	
2018	3.174.225	3.242.790		3.239.128		3.242.852		3.239.232		3.242.326	
2019	3.271.264	3.342.364		3.356.185		3.342.204		3.356.034		3.343.204	
2020	3.612.993	3.441.938		3.477.473		3.441.506		3.476.987		3.444.371	
2021	3.494.821	3.541.512		3.603.143		3.540.758		3.602.236		3.545.828	
2025		3.939.808	2,59%	4.152.912	3,61%	3.937.279	2,58%	4.149.280	3,59%	3.954.554	2,66%
2035		4.935.548	2,06%	5.922.851	3,61%	4.925.165	2,04%	5.901.263	3,58%	4.996.651	2,16%
2045		5.931.289	1,71%	8.447.124	3,61%	5.908.208	1,69%	8.378.520	3,56%	6.067.720	1,82%

Legenda: [ ]: dados utilizados para regressão

[ ]: projeção

**Fonte:** Próprio Autor

27

A Tabela 7 apresenta as vazões de dimensionamento utilizando as projeções do volume micromedido, sendo esta escolhida pelo método de projeção linear. Foram calculadas as vazões máximas, médias e mínimas diárias.

Deve-se atentar para a vazão máxima diária, pois usualmente é por meio desta que se dimensiona a adução de água tratada. A vazão máxima horária deve ser suprida pelo sistema de reservação.

**Tabela 6 - Vazões de Dimensionamento**

Ano	VOLUME MICROMEDIDO (ANUAL)	Índice de perdas %	Vazões (L/s)				Vazões (m³/dia)	
			Média	Mínima	Máxima Diária	Máxima Horária	Média	Máxima Diária
2022	3.641.086	45%	209,92	104,96	251,91	377,86	18.137,41	21.764,90
2023	3.740.660	45%	215,66	107,83	258,80	388,20	18.633,42	22.360,11
2024	3.840.234	45%	220,80	110,40	264,96	397,44	19.077,17	22.892,60
<b>2025</b>	<b>3.939.808</b>	<b>43%</b>	<b>219,18</b>	<b>109,59</b>	<b>263,01</b>	<b>394,52</b>	<b>18.936,83</b>	<b>22.724,20</b>
2035	4.935.548	25%	208,67	104,34	250,41	375,61	18.029,40	21.635,28
2045	5.931.289	25%	250,77	125,39	300,93	451,39	21.666,81	26.000,17

Fonte: Próprio Autor

Observa-se que é projetado para 2045 uma vazão máxima diária de 26.000 m<sup>3</sup>. Porém esta vazão foi obtida considerando a redução da atual taxa de perdas de 45 para 25%, de forma a atender ao Marco Legal do Saneamento. Desta forma deve-se entrar com um plano de ação no setor de pitometria em busca de mais qualidade na rede de distribuição.

Com a projeção populacional foi realizado a projeção de vazão com base no consumo *per capita* de água, utilizando dados da Tabela 3 a média de consumo *per capita* de água dos últimos 5 (cinco) anos é de 145 L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>. 28

**Tabela 7 - Vazão por população**

Ano	Número de Economias	População (hab.)	Índice de perdas %	Vazões (L/s)				Vazões (m³/dia)	
				Média	Mínima	Máxima Diária	Máxima Horária	Média	Máxima Diária
2023	23.201	68.135	45%	207,90	103,95	249,49	374,23	17.962,96	21.555,55
2025	24.273	70.641	43%	207,99	103,99	249,58	374,38	17.970,09	21.564,10
2035	29.629	83.169	25%	186,10	93,05	223,33	334,99	16.079,41	19.295,29
2045	34.984	95.698	25%	214,14	107,07	256,97	385,45	18.501,55	22.201,86

Fonte: Próprio Autor

Comparando as vazões de demanda de fim de plano das duas projeções, entende-se que 88% da vazão do município é consumido por economias residenciais.

Com relação ao sistema produtor de água, a capacidade instalada em 2022 é de 260 L.s<sup>-1</sup> e a demanda em 2045 (fim de plano) será de 300 L.s<sup>-1</sup> um déficit de 40 L.s<sup>-1</sup>, o equivalente a 15%.

Segundo a NBR 12.217 (ABNT 1994) os reservatórios tem como função regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as

pressões na rede de distribuição. Desta maneira para o cálculo do volume de reservação necessário para abastecer o sistema, foi utilizado 1/3 da vazão máxima diária conforme recomendado em (TSUTIYA 2004).

A Tabela 8 apresenta a volume necessário e o déficit referente a reservação do sistema de abastecimento.

**Tabela 8 - Déficit de reservação**

Ano	Máxima Diária (m <sup>3</sup> )	Reservação Necessária (m <sup>3</sup> )	Reservação Existente (m <sup>3</sup> )	Déficit (m <sup>3</sup> )
2023	22360,11	7255	5000	-2255
2025	22724,20	7575	5000	-2575
2035	21635,28	7212	5000	-2212
2045	26000,17	8667	5000	-3667

**Fonte:** Próprio Autor

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

29

O diagnóstico operacional do sistema de abastecimento de água verificou que a demanda média diária atual do sistema é de aproximadamente 250 L.s<sup>-1</sup> e capacidade instalada de produção de água é de 260 L.s<sup>-1</sup>, operando praticamente sem folga operacional. Com relação ao volume de reservação, em 2023 é necessário 7255 m<sup>3</sup> de reservação, volume superior à reservação atual de 5.000 m<sup>3</sup>.

Para o horizonte de projeto de 20 anos, considerando o atendimento aos Marco do Saneamento de redução de perdas, a demanda média diária será de 300 L/s, um déficit de quase 20% de produção, sendo necessário projetar fontes alternativas para complementação da produção. É válido ressaltar que, caso não seja cumprida a redução das perdas de 45 para 25%, o déficit de produção pode ser ainda maior.

De forma análoga, para o horizonte de projeto de 20 anos, o déficit de reservação será de 3.667 m<sup>3</sup>, sendo necessário a realização de projetos e obras de engenharia para ampliar a capacidade de reservação do sistema que já se encontra em déficit, segundo o critério utilizado.

**REFERÊNCIAS**

ÁGUAS PARANÁ – INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Outorga de uso de recursos hídricos**. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/>. Acesso em: 15 maio 2022.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Superintendência de Gestão da Rede Hidro meteorológica Orientações para consistência de dados fluviométricos**. Brasília: ANA, SGH, 2012.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **HidroWeb - Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponivel em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2022. A.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da agência nacional de águas**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br>. Acesso em: 17 mar. 2022. B.

ARABORI, M. K. N. **Análises das Características Hidrogeológicas e Hidrológicas da Microbacia do Ribeirão Jacutinga que abastece a cidade de Ibirapuera/PR**. 2018. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Filadélfia (UNIFIL), Londrina, 2018. 30

ASSUNÇÃO, E. G.; DÍLIO, G. C. **Estudo da Demanda e Disponibilidade Hídrica em Guapirama-PR**. 2014. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2014.

BRASIL. Decreto-lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, D.F., 8 jan. 1997. Seção 1, pt. 1, p. 479,

FIGUEIREDO, L. M. M. **O Papel do Plano Nacional de Segurança Hídrica: A Universalização do acesso a água no país, principalmente no nordeste do Ceará**. 2020. 32 f. Trabalho individual, requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Políticas Públicas – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2020.

SUDERHSA - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Manual técnico de outorgas**. Revisão 1. 2006. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br>. Acesso em: 24 mar. 2022.

PNSH – PLANO NACIONAL DE SEGURANÇA HÍDRICA. **O monitoramento.**  
Disponível em: <http://pnsh.ana.gov.br/monitoramento>. Acesso em: 14 abr. 2022.

FILHO, D. R. A. **Estudo Tecno-Econômico de Sistemas de Tratamento de Esgoto para Municípios Brasileiros com Populações de até 50.000 Habitantes.** 2021. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** v. I, São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004