

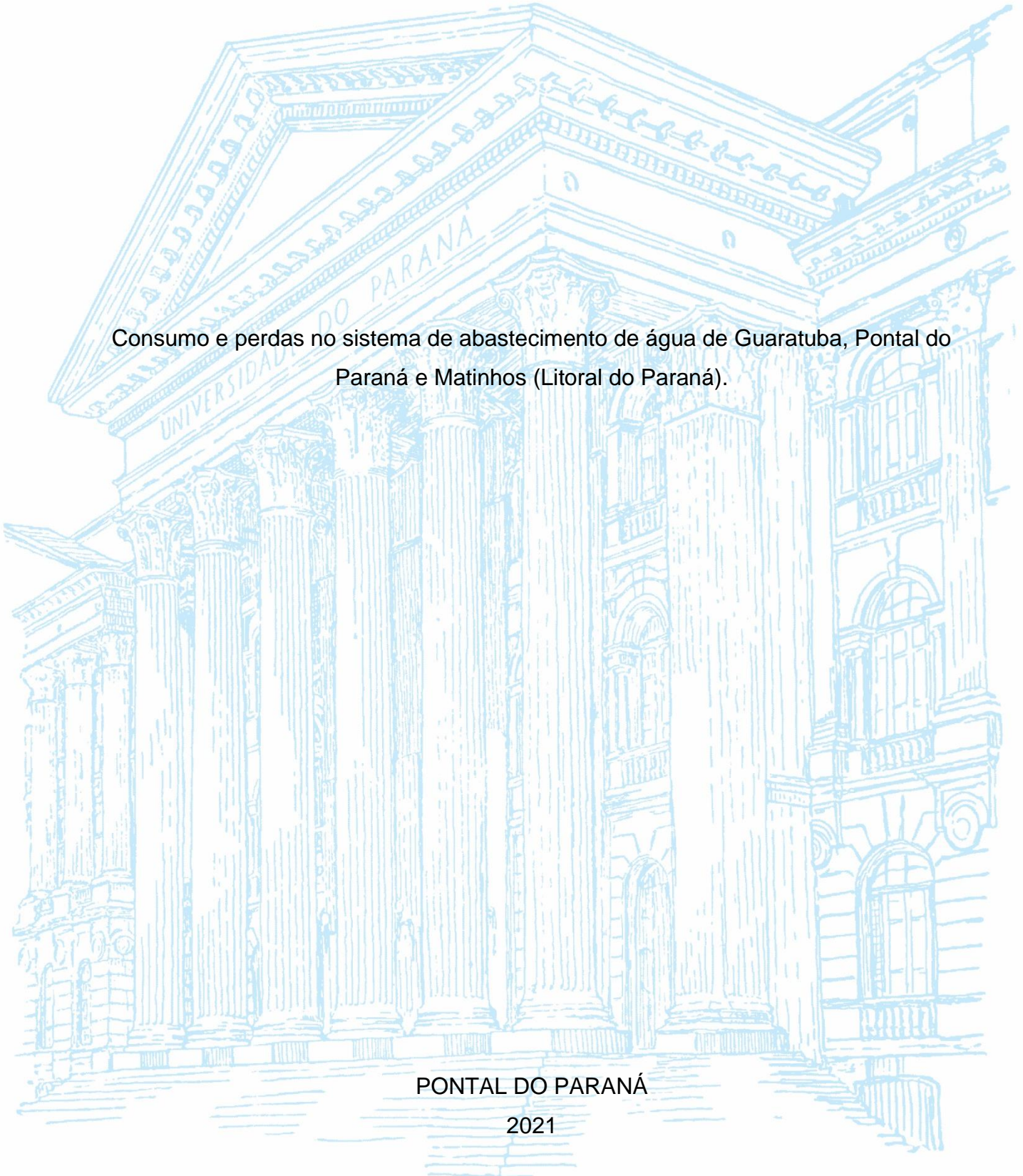
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MAURILIO CARVALHO JUNIOR

Consumo e perdas no sistema de abastecimento de água de Guaratuba, Pontal do Paraná e Matinhos (Litoral do Paraná).

PONTAL DO PARANÁ

2021



MAURILIO CARVALHO JUNIOR

CONSUMO E PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE
GUARATUBA, PONTAL DO PARANÁ E MATINHOS (LITORAL DO PARANÁ).

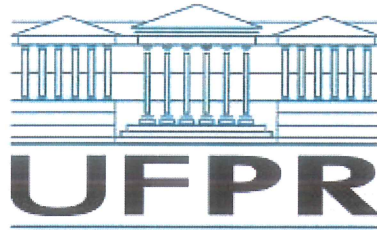
Projeto de TCC apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Campus avançado Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Amanara Potykytã de Sousa Vieira

Banca: Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani
Pedro Paulo Pereira Junior – Engenheiro Civil da Sanepar.

PONTAL DO PARANÁ

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

Maurilio Carvalho Junior

Consumo e perdas no sistema de abastecimento de água de Guaratuba, Pontal do Paraná e Matinhos (litoral do Paraná).

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:

Prof. Dr Fernando Augusto Silveira Armani - CPP-CEM/UFPR

Eng. Pedro Paulo Pereira Jr. - SANEPAR

Prof. Dr^a Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira - CPP-CEM/UFPR

Presidente

Pontal do Paraná, 19 de Março de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **AMANARA POTYKYTA DE SOUSA DIAS VIEIRA, VICE / SUPLENTE COORDENADOR(A) DE CURSO DE GRADUACAO (CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITARIA) - PP**, em 22/03/2021, às 17:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **FERNANDO AUGUSTO SILVEIRA ARMANI, COORDENADOR(A) DE CURSO DE GRADUACAO (CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITARIA) - PP**, em 23/03/2021, às 10:35, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **3362860** e



o código CRC **7D6F7C67**.

Referência: Processo nº 23075.011900/2021-47

SEI nº 3362860

A handwritten signature in blue ink, located in the bottom right corner of the page.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus por permitir que eu tivesse determinação e paciência para enfrentar os obstáculos encontrados durante o curso, e assim, alcançar meus objetivos, me auxiliando até este momento.

À minha querida esposa Eduarda Leticia Barbosa Moreira Carvalho, que esteve comigo em todos os momentos, sendo o meu pilar e braço direito, contando sempre com seu apoio, auxílio e paciência, ao compreender o tempo que não dediquei a ela durante essa graduação

Aos meus pais, Maurilio Carvalho e Luciana Milet Chemure, por terem sempre batalhado para me tornar a pessoa que sou hoje. Agradeço também aos meus tios, avós, irmãos, primos, sogra, sogro e cunhados por todo apoio e incentivo que me prestaram nesses anos de estudo. Basicamente, agradeço a Deus por me conceder essa família.

À Prof. Dra. Amanara P. S. Vieira, pelo seu exemplo, dedicação, incentivo, análise cuidadosa e sua contribuição, a qual fez com que esse trabalho fosse concluído. Obrigado por confiar em mim e dedicar seu tempo neste trabalho.

Ao Dr. Prof. Fernando A. S. Armani e o Engenheiro Pedro Paulo Ribeiro, pelas análises e valorosas contribuições a este trabalho.

Aos meus amigos que fiz nesta caminhada, em especial ao Alan D'Oliveira Correa, Diogo Milani, Matheus Kopp Prandini, Rodrigo Nuernberg e Vinícius Rogel Paulino de Oliveira. Por serem cúmplices e me auxiliarem no decorrer dessa jornada.

Às empresas do Grupo Nova Prata, onde tenho orgulho e satisfação em trabalhar. Em especial aos seus diretores Hemerson Pampuch e Helinson Pampuch, ao meu supervisor, o Engenheiro Pedro Afonso Bolognesi Hruschka, por todas as oportunidades, e apoio que recebi. E também a todos os colegas que contribuíram de forma direta ou indireta em minha formação.

Sinceramente, gratidão é o que sinto por todos que aqui citei!

Deus é bom o tempo todo, e o tempo todo Deus é bom!

“A luz surge nas trevas para o íntegro, para quem é misericordioso, justo e compassivo. Feliz é o homem, cujas suas ações são de generosidade, e que com honestidade conduz os seus negócios. (Salmos 112:4 e 5)”

RESUMO

Os recursos hídricos são essenciais para satisfazer as necessidades das cidades, da população e seu crescimento. Com o aumento de núcleos populacionais, soluções para a captação, tratamento e distribuição de água se fizeram necessárias. Deste modo, Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) foram criados com o intuito de tratar e distribuir água com qualidade e quantidade suficientes para suprir a demanda de consumo de forma segura. No intuito de avaliar o funcionamento e eficiência desses sistemas, neste trabalho foram calculados e analisados parâmetros e coeficientes que indicam o desempenho dos sistemas e projetos, contribuindo para o melhor dimensionamento e planejamento das soluções técnicas. O presente trabalho analisou os valores dos coeficientes do dia de maior consumo ($k1$), *per capita*, perdas de água e seus indicadores, constatando que os sistemas de abastecimento de água dos municípios de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná são diferenciados pelo fato de os indicadores avaliados variaram sazonalmente, por serem cidades litorâneas e turísticas.

Palavras-chave: Consumo *Per Capita*; coeficiente do dia de maior consumo; Sistema de Abastecimento de Água; e Perdas.

ABSTRACT

Water resources are essential to meet the needs of cities, the population and, consequently, for their growth. With the increase in population centers, solutions for the collection, treatment and distribution of water became necessary. In this way, Water Supply Systems (SAA) were created, aiming the treatment and distribution of water with sufficient quality and quantity to supply the consumption demand in a safe manner. In order to evaluate the functioning and efficiency of these systems, this work calculated and analyzed parameters and coefficients that indicate the performance of systems and projects, contributing to the best dimensioning and planning of technical solutions. The present study analyzed the values of the coefficients of the day of greatest consumption (k_1), per capita, water losses and their indicators, noting that the water supply systems in the municipalities of Guaratuba, Matinhos and Pontal do Paraná are differentiated by the fact that have a great seasonality in different periods, for being coastal and tourist cities.

Keywords: Greatest consumption's coefficient; Losses; *Per Capita*; and Water supply system.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Índice de atendimento urbano de água do SNIS	18
FIGURA 2 – Sistema simples de abastecimento de água.....	20
FIGURA 3 – Sistema de abastecimento de água que atende a zona baixa e zona alta	20
FIGURA 4 – Sistema de abastecimento de água com captação superficial e subterrânea.....	20
FIGURA 5 – Modelo do consumo de água para um ano.....	22
FIGURA 6 – Evolução do consumo com energia elétrica e despesas com energia elétrica) dos prestadores de serviços participantes do snis de 2009 a 2019	27
FIGURA 7 – Cidades de Guaratuba, Matinhos e Pontal do paraná, demonstradas dentro do mapa do Brasil	36
FIGURA 8 – Sistema de abastecimento do município de Guaratuba.....	38
FIGURA 9 – Sistema combinado de abastecimento dos municípios de matinhos e pontal do paraná	39
FIGURA 10 – Dados excluidos que foram excluidos, por serem zerados ou considerados outlier	41

LISTA DE GRÁFICO

GRÁFICO 1 – Volume consumido de água no município de guaratuba, entre os meses de janeiro de 2016 a dezembro de 2018.	50
GRÁFICO 2 – Volume consumido de água nos municípios de matinhos/pontal do paraná, entre os meses de janeiro de 2016 a dezembro de 2018	51
GRÁFICO 3 – Comparação entre os 3 anos de $k1$ calculados e o recomendado.....	52
GRÁFICO 4 – Comparação entre os 4 anos de $k1$ calculados e o recomendado.....	53
GRÁFICO 5 – Comparação do consumo per capita calculado e disponibilizado pelo SNIS.....	55
GRÁFICO 6 – Perdas de água de sistema urbanos em %	59

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Coeficiente do dia de maior consumo (k_1) obtidos em escala real.....	25
TABELA 2 – Índice de perdas na distribuição dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2018, segundo tipo de prestador de serviços, macrorregião geográfica e Brasil	28
TABELA 3 – Fluxo de turistas para litoral do paraná (em pessoas): 1992-2012.....	37
TABELA 4 – Valores tpicos de consumo de gua.....	37
TABELA 5 – População de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná utilizada para o cáculo do consumo <i>per capita</i> anual e baixa temporada (q) .	43
TABELA 6 – População de Guaratuba, Matinhos e Pontal do paraná utilizada para o cáculo do consumo per capita de alta temporada (q).....	44
TABELA 7 – Extensão de rede e numeros de ramais dos SSAs de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná.....	46
TABELA 8 – Valores usados como parâmetros para cáculo das perdas reais inevitáveis anuais.....	47
TABELA 9 – Cculo das componentes das perdas reais anuais inevitáveis (PRAI).	48
TABELA 10 – Valores de k_1 anual referente aos anos de 2016 a 2019 para Guaratuba e o sistema combinado de Matinhos/Pontal do Paraná. ..	51
TABELA 11 – Coeficiente do dia de maior consumo para o Guaratuba e Matinhos/Pontal do Paraná no período de alta e baixa temporada para os anos de 2016 a 2019.....	53
TABELA 12 – Consumo médio <i>per capita</i> em (L/habxdia) de Guarauba e Matinhos/Pontal do Paraná para os anos de 2016 a 2019.	54
TABELA 13 – Consumo médio per capita em (L/habxdia) para o período de baixa temporada e alta temporada de Guaratuba e Matinhos/Pontal do Paraná para os anos de 2016 a 2019.....	56
TABELA 14 – ndices de perdas de água da série histórica do snis para o município de guaratuba para os anos de 2016 a 2019.	57
TABELA 15 – Valores da perda do sistema combinado do município de Matinhos e Pontal do Paraná	58
TABELA 16 – Valores usados como parâmetros para cáculo das perdas reais inevitáveis anuais.....	59

TABELA 17 – Indicador de perdas por ramal calculado do sistema combinado de Matinhos e Pontal do Paraná e o valor para Guaratuba do SNIS.....	60
TABELA 18 – Indicadores médios de perda por ramal	61
TABELA 19 – Perdas inevitáveis anuais do sistema de abastecimento combinado de Matinhos e Pontal do Paraná.....	61
TABELA 20 – Índice de infraestrutura de perdas do sistema de abastecimento combinado de Matinhos e Pontal do Paraná	62
TABELA 21 – GUIA GERAL PARA AVALIAÇÃO DO BANCO MUNDIAL.....	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo geral	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL	17
2.2	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA)	19
2.3	CONSUMO <i>PER CAPITA</i>	21
2.4	COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO (<i>K1</i>)	24
2.5	PERDAS DE ÁGUA.....	26
2.5.1	Controle sobre perdas reais	32
2.5.2	Controle sobre perdas aparentes	33
2.6	SISTEMAS DE ANÁLISE E CORREÇÃO DE FALHAS.....	34
3	METODOLOGIA.....	36
3.1	LOCAL DE ESTUDO	36
3.2	AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS	39
3.3	COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO (<i>K1</i>)	41
3.4	CONSUMO <i>PER CAPITA</i>	42
3.5	PERDAS DE ÁGUA.....	44
4	RESULTADOS	50
4.1	COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO	51
4.2	CONSUMO <i>PER CAPITA</i> DE ÁGUA.....	54
4.3	PERDAS DE ÁGUA E SEUS INDICADORES.....	56
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
	REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

O aumento das concentrações populacionais em núcleos urbanos ocasionou, o aumento da demanda por água em quantidade e qualidade, e conseqüentemente a necessidade de sistemas de condução e distribuição desse recurso. Além do aumento do consumo doméstico e industrial, a geração de esgoto implica em soluções técnicas mais robustas para o tratamento, de modo a devolver este recurso a uma condição adequada ao consumo humano.

No Brasil, o alcance de sistemas de abastecimento de água passou por um grande incremento entre as décadas de 1970 e 1990 com a implementação do Plano Nacional do Saneamento (PLANASA). Este plano permitiu ao país, atingir uma cobertura de abastecimento de água de cerca de 90% da população (TSUTIYA, 2006). O plano, porém, não deu enfoque à coleta e tratamento de esgoto, área extremamente deficiente no país até os dias atuais. O PLANASA, encerrado no início da década de 90, foi substituído em 2013 pelo PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico), que continua em vigor até os dias de hoje.

Segundo a ONU - Organização das Nações Unidas (2017), em todo o mundo, cerca de três em cada dez pessoas não possuem acesso a água potável em sua residência, e 4,5 bilhões carecem de saneamento seguro. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2018), o índice de atendimento total com rede de abastecimento de água no Brasil é de 83,6%, apresentando um crescimento de 0,1 ponto percentual em relação ao índice calculado no ano anterior.

De acordo com Tsutya (2006), o sistema de abastecimento de água (SAA) consiste no conjunto de estruturas (captação, adutoras, elevatórias, estação de tratamento de água, reservação e distribuição) destinado a ofertar água em quantidade e qualidade adequadas à população.

O dimensionamento de um sistema de abastecimento de água primeiramente deve levar em consideração a própria demanda por água. A demanda ou quantidade de água necessária para consumo varia diariamente ao longo do ano, havendo dias de maior e menor consumo. Essa variação pode ser ainda maior em cidades turísticas devido à grande variação populacional ao longo do ano. A demanda considerada em um sistema de abastecimento inclui o consumo *per capita*, a variação que esse consumo tem ao longo do ano e as perdas de água no SAA.

As cidades em estudo neste trabalho (Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná) fazem parte do litoral paranaense e apresentam uma grande variação populacional durante os ditos meses de “alta temporada” (dezembro a março). Em conjunto, estes municípios possuem aproximadamente 99.071 habitantes, segundo o censo estimado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2019. Nos períodos de verão (alta temporada), o número de pessoas no Litoral do Paraná chega a quadruplicar, segundo a “operação verão” do governo do Paraná, impactando diretamente a infraestrutura sanitária existente nos municípios (BEM PARANÁ, 2017). Este trabalho apresenta uma avaliação do consumo de água dos municípios de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná. Analisando o consumo *per capita*, o coeficiente do dia de maior consumo ($k1$) e as perdas de água nos sistemas de abastecimento de água entre os anos de 2016 a 2019.

1.1 JUSTIFICATIVA

A busca pela universalização do saneamento básico no Brasil se fez ainda mais presente nos últimos anos (2018, 2019 e 2020) devido à discussão do novo marco legal do saneamento. Para a efetivação dessa meta é primordial a avaliação e melhoria de desempenho de sistemas e projetos de saneamento.

A região litorânea do estado do Paraná carece de estudos e informações regionais e locais acerca de seu sistema de abastecimento de água, assim como de outros sistemas de infraestrutura sanitária (água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem urbana). Além de todas as dificuldades enfrentadas no tema saneamento em todos os municípios brasileiros, essa região especificamente ainda conta com a grande variação de demanda entre a alta e baixa temporada, o que interfere diretamente nos projetos e operação de sistemas de abastecimento de água.

A melhor compreensão do perfil operacional do SAA da região litorânea do Paraná pode auxiliar engenheiros e gestores desta região e também de outros municípios litorâneos brasileiros, que enfrentam cenários semelhantes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é estudar a variação e perfil de consumo de água nos sistemas de abastecimento de água (SAAs) de Matinhos, Guaratuba e Pontal do Paraná, entre os anos de 2016 e 2019.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

São objetivos específicos propostos neste trabalho:

- Avaliar os parâmetros de variação de consumo ($K1$) e consumo *per capita* nos sistemas dos três municípios;
- Verificar e analisar o impacto da alta temporada nos sistemas de abastecimento de água;
- Avaliar índices de perdas dos sistemas;
- Levantamento bibliográfico de soluções para redução de índice de perdas, e conseqüentemente a eficiência energética.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo faz-se um breve levantamento histórico do saneamento básico no Brasil, culminando especificamente nos sistemas de abastecimento de água e parâmetros do seu funcionamento.

2.1 SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL

O saneamento básico no Brasil também se confunde com o aparecimento e formação das cidades. Muitas cidades e colônias surgiram devido a existência de um corpo hídrico próximo, facilitando o abastecimento de água local. No início não havia preocupação com a falta dos recursos naturais, muito menos com o correto descarte das águas residuárias. Em se tratando de áreas urbanas, quando havia descarte, na maioria dos casos, o esgoto era destinado a fossa negra, ao corpo hídrico mais próximo, ou até mesmo a céu aberto. Deste modo, a qualidade da água usada para consumo também começou a sofrer alterações (SAMUEL, 2012), surgindo a necessidade de tratar tanto a água residuária, quanto a própria água para abastecimento público.

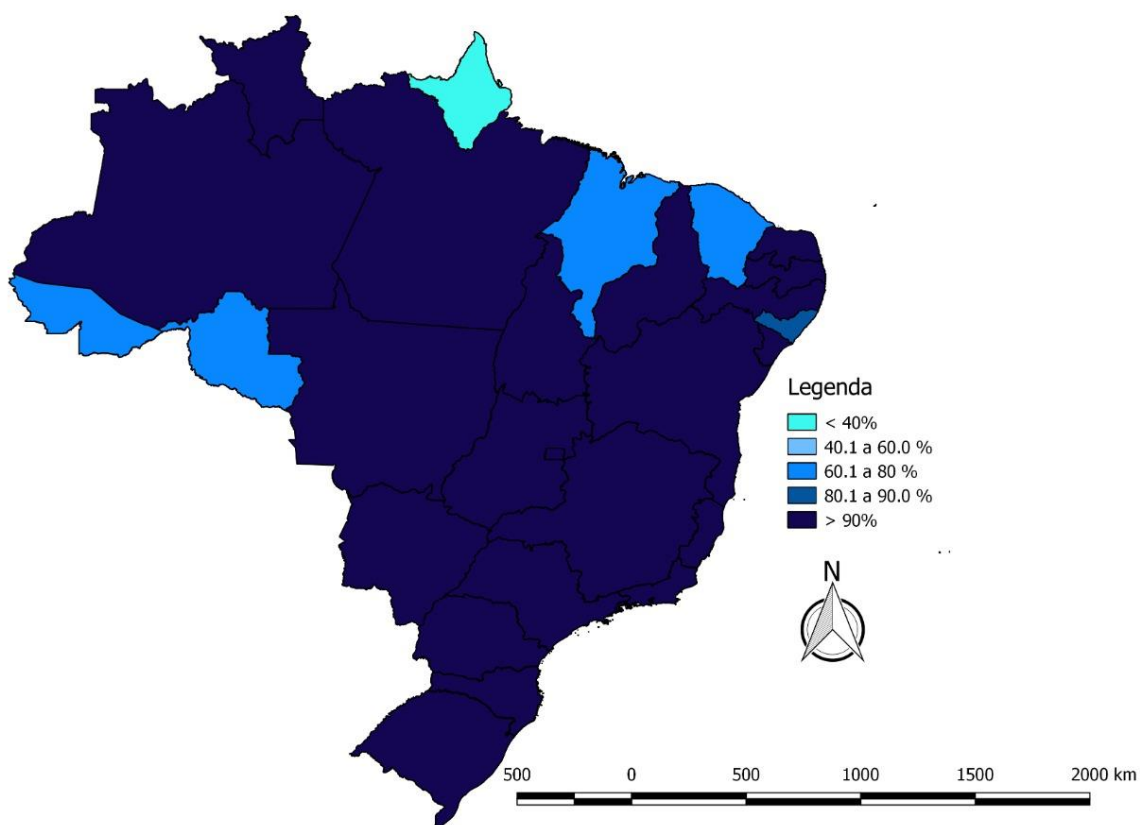
No século passado, desde a década de 1950 até o seu final, o investimento em saneamento básico no Brasil ocorreu pontualmente em alguns períodos específicos, com um destaque para as décadas de 1970 e 1980, quando existia um predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade (Soares, Bernardes e Cordeiro Netto, 2002).

Na década de 80 foi consolidado o Plano Nacional de Saneamento (Planasa), que deu ênfase ao incremento dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água, mas que, em contrapartida, não contribuiu para diminuir o déficit de coleta e tratamento de esgoto, o que é ainda verificado atualmente. Até 2006, apenas 15% do esgoto sanitário gerado nas regiões urbanas dos municípios do Brasil era tratado (SNIS, 2007).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, em 2018 foram registrados 2.639 municípios com índice de atendimento urbano por rede de água igual a 100%. Os índices médios de atendimento urbano por rede de água indicam valores acima de 90% no Distrito Federal e em 18 estados: Paraná, Roraima,

Mato Grosso do Sul, São Paulo, Mato Grosso, Tocantins, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Piauí, Rio Grande do Norte, Bahia, Sergipe, Minas Gerais, Goiás, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Paraíba e Pernambuco; na faixa de 80% a 90% estão Alagoas e Amazonas; e entre 60% e 80% estão os estados Maranhão, Ceará, Acre e Rondônia; na penúltima faixa, de 40% a 60%, situa-se o estado do Pará. Ressalta-se que estes são valores médios, e que, a média pode camuflar grandes desigualdades dentro dos estados, ou até mesmo municípios. Tais informações podem ser melhor observadas na FIGURA 1.

FIGURA 1 – ÍNDICE DE ATENDIMENTO URBANO DE ÁGUA DO SNIS.



FONTE: adaptado do SNIS (2018).

Nas cidades de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, de acordo com as séries históricas do SNIS para os anos de 2016 a 2019, o índice de atendimento urbano para os municípios é de 100%, ou seja, a rede de abastecimento de água está instalada em todo o perímetro urbano.

2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAA)

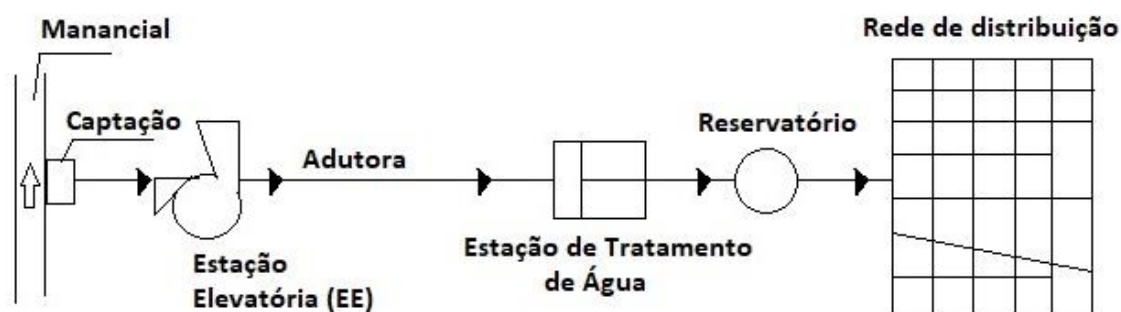
Os Sistemas de abastecimento de Água (SAA) são um conjunto de obras, equipamentos e serviços que se destinam ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, industrial, serviços públicos e outros diversos usos (GOMES, 2019). Heller e Pádua (2006) descrevem que o sistema é de responsabilidade do poder público (atualmente sob titularidade municipal de acordo com Lei 11445, Art. 8), mesmo que administrada em regime de concessão ou permissão. Um SAA caracteriza-se pela captação de água na natureza, adequação de sua qualidade através de um tratamento, transporte aos conglomerados humanos e fornecimento à população, em quantidade e qualidade compatível com suas necessidades.

Tsutiya (2001) diz que o Sistema de Abastecimento de Água pode variar significativamente de acordo com o tamanho, topografia e posição da cidade em relação aos mananciais. Geralmente, os sistemas possuem as seguintes partes constituintes:

- Manancial: corpo d'água superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento populacional;
- Captação: conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados ao manancial, para a retirada de água ao sistema de abastecimento;
- Estação elevatória: conjunto de obras e equipamentos para recalcar a água para a unidade seguinte;
- Adutora: canalizações para conduzir água entre unidades que precedem a rede de distribuição;
- Estação de Tratamento de Água (ETA): unidade onde a água é tratada para atender as normas e padrões de potabilidade vigentes no país;
- Reservatório: unidade do sistema onde a água tratada é armazenada para ser distribuída aos consumidores;
- Rede de distribuição: tubulações e acessórios para levar a água tratada aos consumidores.

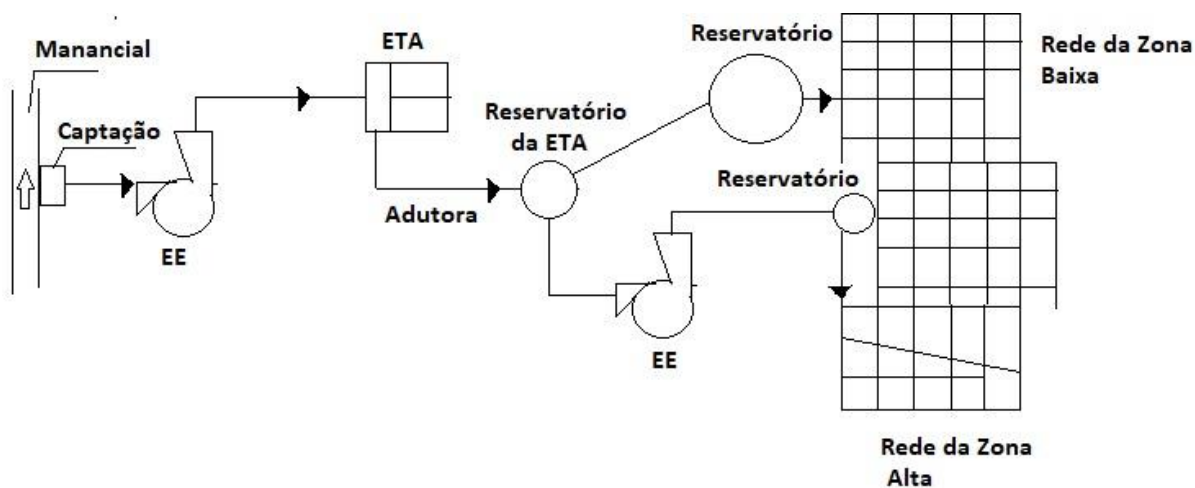
Nas FIGURAS 2, 3 e 4 podem ser visualizadas algumas concepções de SAA, desde os mais simples, aos mais complexos sistemas, que captam água bruta de diversas fontes e distribuem a água tratada a locais com relevo muito acidentado.

FIGURA 2 – SISTEMA SIMPLES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.



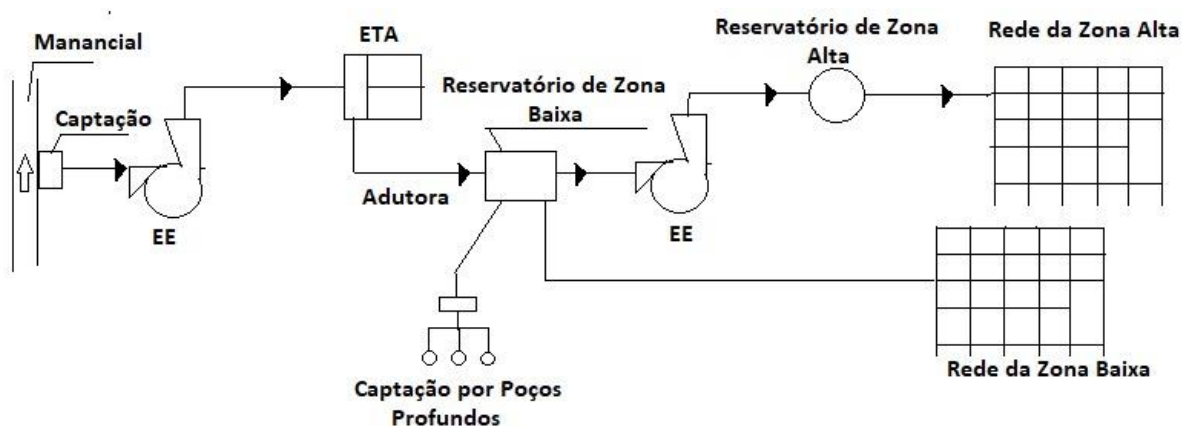
FONTE: adaptado de TSUTIYA (2001).

FIGURA 3 – Sistema de abastecimento de água que atende a zona baixa e zona alta.



FONTE: adaptado de TSUTIYA, (2001).

FIGURA 4 – SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA COM CAPTAÇÃO SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA.



FONTE: adaptado de TSUTIYA (2001).

O funcionamento de um SAA, basicamente, consiste na captação de água bruta do manancial, tratamento desta água na ETA (Estação de Tratamento de Água), reservação da água tratada e distribuição ao consumidor.

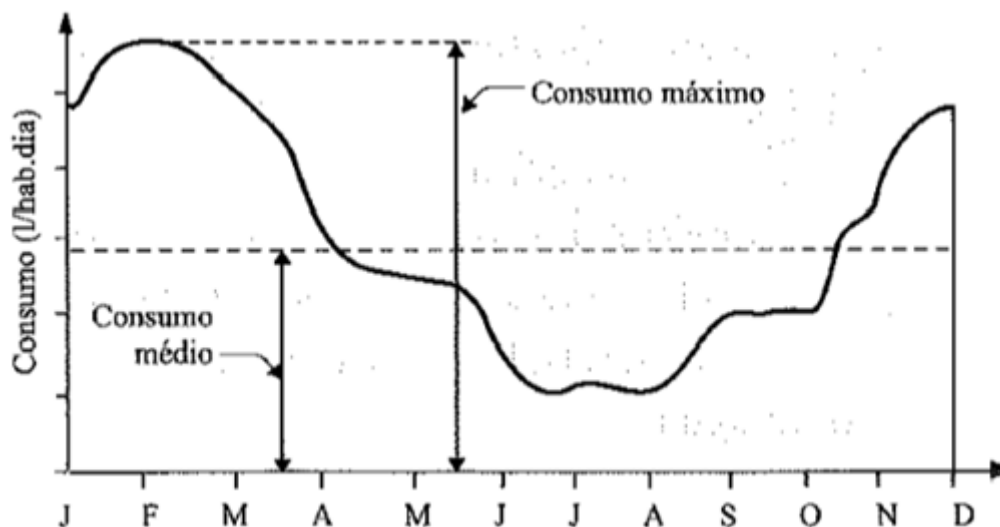
De acordo com Ribeiro et. al. (2010), os sistemas de abastecimento de água trazem benefícios sociais, econômicos e sanitários. Com relação ao aspecto social, nota-se melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade, diminuição da mortalidade em geral, aumento da esperança de vida da população, possibilidade de proporcionar conforto e bem-estar, e melhoria das condições de segurança. Por sua vez, na questão econômica, estão o aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos, diminuição dos gastos particulares e públicos com consultas e instalações hospitalares, facilidade para a instalação de indústrias e incentivo a regiões com potencial turístico. Para o último benefício citado, destaca-se a diminuição da incidência de doenças relacionadas à falta de saneamento, adoção de hábitos de higiene pela população, facilidade na implantação e melhoria da limpeza pública e dos sistemas de esgotos sanitários.

Para que os setores econômicos, sociais e sanitários gozem de tais benefícios, é necessário que os SAA`s sejam corretamente dimensionados, planejados e operados.

2.3 CONSUMO *PER CAPITA*

No dimensionamento de um sistema de abastecimento de água, é necessário conhecer primeiramente a necessidade de água, ou seja, a demanda. Este valor varia diariamente ao longo do ano, sendo possível notar um maior consumo em determinado mês e menor em outros, como ilustra a FIGURA 5. Por sua vez, a demanda depende de outros parâmetros, dentre estes o consumo de água *per capita*, definido como o volume de água diário requerido pelo indivíduo, expresso na maioria das vezes em L/hab.dia.

FIGURA 5 – MODELO DO CONSUMO DE ÁGUA PARA UM ANO.



FONTE: TSUTIYA (2006).

Os equipamentos e estruturas presentes em um sistema de abastecimento de água (SAA) devem ser dimensionados de tal forma que o consumidor receba água suficiente para satisfazer suas necessidades.

O consumo *per capita* considerado no dimensionamento das diversas unidades de um sistema de abastecimento de água deve considerar os consumos doméstico, comercial, industrial e público, bem como as perdas físicas (ABNT, 1992). A definição de perdas, assim como suas classificações serão melhor explicadas adiante.

Geralmente, o consumo *per capita* de água é calculada pelo prestador do serviço de água com base nos padrões de consumo e características operacionais de cada região. Essa variável é entendida como o volume total distribuído, medido ou estimado, dividido pela população total servida, em um período de tempo estimado (FUNASA, 1991; OLIVEIRA E LUCAS FILHO, 2003). Um problema encontrado por projetistas para estimar o consumo residencial é a adoção de volumes *per capita* que se aproximem do consumo real (OLIVEIRA E LUCAS FILHO, 2003).

De acordo com Martins et al (1973), desde a década de 70, os prestadores de serviços de saneamento de algumas capitais brasileiras buscam valores *per capita* mais específicos para a realidade local. O método para calcular as cotas *per capita* baseia-se no controle operacional dos sistemas de abastecimento, por meio de macro e micromedições.

A partir de várias observações, Bacellar (1976) estimou que a quantidade de água necessária para as necessidades das instalações residenciais variava entre 120 e 200 L/hab.dia, sendo 200 um valor amplamente recomendado e adotado pela maioria dos projetistas de SAAs.

Em um levantamento mais recente, Matos (2007) descreve que a região sul do Brasil possui as maiores cotas per capita, com médias oscilando entre 150 e 200 L/pessoa/dia. Nas demais regiões do país o consumo varia de 100 a 150 L/pessoa/dia, exceto na região Nordeste que possui médias menores.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), em 2018 o consumo médio *per capita* de água, fornecido pelos prestadores de serviço participantes do SNIS, no Brasil, envolvendo os setores comercial, residencial, público e industrial, estava na faixa de 154,9 litros/habitante/dia, sendo que a média do consumo, considerando o ano de 2018 e os dois anos que o precedem (2016 e 2017), foi de 154,2 L/hab.dia. No entanto, há grandes variações nesse consumo de acordo com o estado, cidade, e até mesmo bairros. Com 254,9 l/hab./dia em 2018, o estado do Rio de Janeiro apresenta valor 39,6% acima da média da macrorregião Sudeste e 64,6% acima da média do país (SNIS, 2018).

De acordo com Dias *et al* (2010), o consumo *per capita* varia de acordo com a classe financeira, em estudo feito no município de Belo Horizonte com diferentes classes financeiras, a classe de mais baixa renda possui consumo médio de 113 L/hab.dia. Por sua vez, a população de renda elevada, utiliza em média 174 L/hab.dia.

No Paraná, de acordo com o SNIS (2018), o valor médio de consumo é de 139,9 L/hab.dia, valor abaixo da média brasileira.

De acordo com Andreoli *et al* (1999), para a demanda de água na região metropolitana de Curitiba, consideram consumos *per capita* médios crescentes, partindo de 200 L/hab.dia para o ano de 2000 e chegando a 300 L/hab.dia até 2050. O estudo levou em consideração o aumento do consumo *per capita* causado pelo crescimento populacional, já incluindo neste caso o acréscimo devido à demanda industrial. Os mesmos pesquisadores afirmaram que a demanda de água da região metropolitana de Curitiba tem sofrido aumento devido ao crescimento populacional como também devido à uma elevação no consumo *per capita* e mostraram uma evolução projetada por Mazuchowaski e Tosin em 1997, onde se partiu de um consumo de 295 L/hab.dia, chegando a 341 L/hab.dia previsto para o ano de 2000 (ANDRIOLI *et al*, 1999)

De acordo com o SNIS (2019), os padrões de consumos variam de estado, região e cidades, por exemplo, no Nordeste o uso é de 120,6 L/hab.dia e no Sudeste, é 177,4 L/hab.dia. Tal variação está associada a cultura, clima, renda, entre outros.

Alguns dos resultados apresentados neste trabalho é o consumo per capita anual e o consumo per capita na alta e baixa temporada.

2.4 COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO (K_1)

Como comentado anteriormente, é comum o consumo de água variar ao longo do ano, em qualquer município. Em regiões litorâneas e turísticas, especificamente, esta variação costuma ser ainda mais acentuada. KÖRÖSSY (2008) descreve que em Fernando de Noronha a demanda pela água é maior nos períodos de maior fluxo turístico, sobretudo dezembro e janeiro, a demanda chega a 40 m³/h e em períodos de baixa estação, consegue-se atender satisfatoriamente a demanda da ilha com uma produção média de água de 24 m³/h.

O volume distribuído em um ano dividido pela quantidade de dias permite conhecer a vazão média diária anual. A relação entre o maior consumo diário verificado e a vazão média diária anual fornece o coeficiente do dia de maior consumo (k_1) (GUIDI, 2016).

De acordo com Falkenberg (2005), o coeficiente k_1 é utilizado para a determinação da vazão de dimensionamento de várias partes constituídas de um sistema de abastecimento de água, como por exemplo a captação, bomba, adutoras e estações de tratamento de água (ETA). O coeficiente pode ser relevante também no dimensionamento de sistemas de esgotamento sanitário, já que é comum considerar que em média 80% da água consumida torna-se esgoto.

A TABELA 1 abaixo apresenta valores de k_1 utilizados por autores e entidades, obtidos através de medições realizadas pelos responsáveis técnicos ou recomendações previstas para projetos.

TABELA 1 – COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO (*K1*) OBTIDOS EM ESCALA REAL.

Autor/ Entidade – Ano	Local	<i>k1</i>	Condições de obtenção do valor
Cetesb (1978)	Valinhos	1,25 - 1,42	Medições em sistema operados a vários anos
AEP (1996)	Canadá	1,5 - 2,5	Recomendação para projeto
Tsutya (1989)	São Paulo	1,08 - 3,08	Medições em sistema operados a vários anos
Saporta <i>et al.</i> (1993)	Barcelona	1,10 - 1,25	Medições em sistema operados a vários anos
Azevedo Neto et al.	Brasil	1,1 - 1,4	Recomendação para projeto
Hammer (1996)	EUA	1,2 - 4,0	Medições em sistema norte-americanos
Walski <i>et al.</i> (2001)	EUA	1,2 - 3,0	Recomendação para projeto

FONTE: Adaptado de TSUTIYA (2004).

Na ausência de valores específicos para a região, encontra-se na literatura uma ampla recomendação para o uso do valor 1,2 para o *k1* (HELLER e PADUA, 2006), mesmo valor recomendado no Manual de Projetos Hidrossanitário de 2019 da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Este valor significa que o consumo de água, ao longo do ano, varia cerca de 20% em torno de uma média. Contudo, é sempre preferível valores específicos locais, se existirem, para assim dimensionar o sistema de acordo com características e peculiaridades da região.

Vale ressaltar que o coeficiente do dia de maior consumo de um sistema de abastecimento de água já estabelecido geralmente não considera as fontes alternativas (poços residenciais, por exemplo). A existência de fontes alternativas de abastecimento pode levar a mudanças no dimensionamento dos projetos de sistemas de abastecimento de água, já que representa uma alteração na demanda por água captada nos mananciais. Logicamente, o dimensionamento de um sistema de

abastecimento leva em consideração, além de critérios técnicos, decisões de gestores quanto à viabilidade econômica e planejamento.

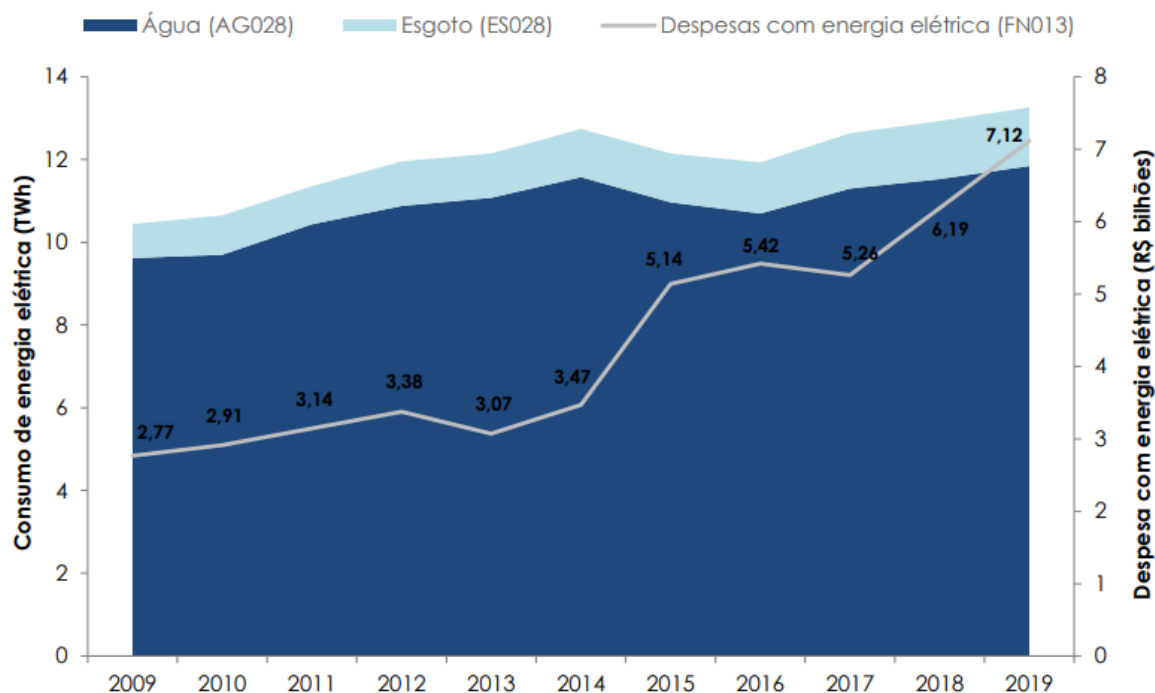
2.5 PERDAS DE ÁGUA

Caracterizadas como ineficiências técnicas, as perdas ocorrem em qualquer sistema de abastecimento de água. Este é um tema de alta relevância frente a cenários de escassez hídrica e de altos custos de energia elétrica, além de possuir uma relação direta com a saúde financeira dos prestadores de serviços, uma vez que podem representar desperdício de recursos naturais, operacionais e de receita (SNIS, 2018).

Devido aos elevados gastos de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água, muito se tem discutido com relação às perdas, já que o maior gasto energético é justamente no bombeamento da água demandada (ELEOTERO, 2008). De acordo com Tsutiya (2001), a relação entre perdas de água e consumo de energia possuem relação direta, visto que são necessários entre 0,6 a 0,7 kWh para produzir 1m³ de água potável.

No ano de 2019, as despesas elétricas dos prestadores de serviço de saneamento participantes do SNIS, chegaram à marca de 7,12 bilhões de reais, com consumo de 13,26 TWh, compostos por 11,84 TWh para abastecimento de água e 1,42 TWh com esgotamento sanitário, como exibido na FIGURA 6.

FIGURA 6 – EVOLUÇÃO DO CONSUMO COM ENERGIA ELÉTRICA E DESPESAS COM ENERGIA ELÉTRICA) DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS PARTICIPANTES DO SNIS DE 2009 A 2019



FONTE: SNIS (2019).

Nesta perspectiva, são essenciais ações estruturantes e programas de avaliação, controle e redução de perdas, uma vez que toda energia utilizada na produção e transporte desse recurso também é perdida.

As perdas de água podem ser classificadas como: perdas reais (ou físicas) e perdas aparentes (não físicas) (ALEGRE, 2006). A razão entre elas é um dos indicadores da condição do gerenciamento do sistema.

As perdas reais correspondem ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final. Esse tipo de perda se deve a vazamentos em adutoras, redes de distribuição, ramais prediais e reservatórios e extravasamentos em reservatórios (TARDELLI FILHO, 2004). Antigamente ditas como perdas físicas, estes valores representam perdas de água produzida (tratada) (MOTTA, 2010). Importante destacar que este tipo de perda impacta a disponibilidade de recursos hídricos superficiais e os custos de produção de água tratada.

Segundo Tardelli Filho (2004), nos sistemas de abastecimento de água, as perdas físicas totais de água são as que ocorrem entre a captação de água bruta e o cavalete do consumidor. Os índices de perdas na distribuição dos prestadores de serviço do SNIS 2018 estão dispostos na TABELA 2.

TABELA 2 – ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS PARTICIPANTES DO SNIS EM 2018, SEGUNDO TIPO DE PRESTADOR DE SERVIÇOS, MACRORREGIÃO GEOGRÁFICA E BRASIL

Macrorregião	Tipo de prestador de serviços					Total
	Regional	Microrregional	Local Direito Público	Local Direito Privado	Local Empresa Privada	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Norte	55,3	43,2	34,7	-	73,1	55,5
Nordeste	46,5	-	37,5	34,3	61,0	46,0
Sudeste	33,5	34,7	37,6	28,1	33,4	34,4
Sul	39,1	26,0	31,4	45,9	36,4	37,1
Centro-Oeste	33,1	49,7	40,7	-	39,8	35,7
Brasil	38,3	35,4	36,6	32,4	49,3	38,5

Notas: a) As macrorregiões Norte e Centro-Oeste não têm prestadores de serviços de abrangência Local – Direito privado e a macrorregião Nordeste não tem prestadores de serviços de abrangência Microrregional.

b) Existem apenas oito prestadores de serviços de abrangência Microrregional, sendo três no Sudeste (que cobrem 10 municípios), dois no Sul (5 municípios), um no Centro-Oeste (2 municípios) e dois no Norte (18 municípios).

c) Existem apenas 14 prestadores de serviços de abrangência Local Direito Privado, sendo três no Nordeste, sete no Sudeste e quatro no Sul.

FONTE: Adaptado de SNIS (2018)

No Brasil, de acordo com a Trata Brasil (2020), as 5 cidades com maior índice de perdas são Porto Velho (77,68%), Manaus (74,95%), Boa vista (73,77%), São Luiz (66,24%) e Macapá (65,47%). E as 5 com menor índice de perdas são Nova Iguaçu (4,27%), São Gonçalo (5,93%), Santos (14,28%), Campo Grande (19,59%) e Limeira (19,78%).

As perdas que possuem maior grau de dificuldade de controle são as que ocorrem na rede distribuição, decorrentes de vazamentos nas tubulações, nos ramais prediais e descargas (Da SILVA, 2005). Tais perdas podem ser altas, demandando ações corretivas complexas, onerosas e de retorno duvidoso, se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos (SILVA et al., 2004).

Da Silva (2005) descreve que a magnitude das perdas será tanto maior quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas exercidas pela água conduzida por elas. As perdas físicas em redes de distribuição ocorrem, em ordem crescente de importância, nas seguintes peças: registros, juntas, anéis, hidrantes e tubos. Nestes últimos podem ocorrer até 95% das perdas na distribuição, quando estão rachados, perfurados ou partidos (DA SILVA, 2005).

As perdas aparentes quantificam a água que foi consumida, mas não faturada. Podem ser constituídas por uso não autorizado (furto) e/ou erros de medição. As perdas aparentes são conhecidas também como comerciais (TARDELI, 2004). Este tipo de perda é geralmente significativo, podendo representar até mesmo 50% ou mais da porcentagem de água não faturada, dependendo de aspectos técnicos como critérios de dimensionamento e manutenção de contadores e procedimentos comerciais e de faturação (SILVA et al., 2004). Segundo Brasil (2003), as perdas aparentes (não físicas) podem ser definidas também como ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou que fazem medições abaixo do consumo real, fraudes em hidrômetros (furto ou desvio) e outras.

No Brasil em 2018, 38,15% da água tratada não foi contabilizada ou não chegou aos consumidores, podendo tanto serem perdas físicas ou aparentes (SNIS, 2018). Apesar de similar ao índice médio de perdas de 38,3% obtido no ano de 2017, o valor atual mantém o aumento identificado de 2015 para 2016, ano em que o índice subiu 1,4 pontos percentuais após a constância de queda identificada no período de 2012 a 2015. Possíveis causas para tal comportamento podem ter origem tanto na qualidade dos dados informados para o cálculo do indicador, quanto no efetivo aumento do volume de perdas por alguma ineficiência da infraestrutura de saneamento (SNIS, 2018).

A fim de melhor analisar as perdas, e conseqüentemente trabalhar em sua redução, vários pesquisadores e instituições desenvolveram alguns índices. Tardelli Filho (2004) descreve que os indicadores de perdas permitem retratar a situação das

perdas e gerenciar a evolução dos volumes perdidos, redirecionar as ações de controle e, em princípio, comparar sistemas de abastecimentos de água distintos.

Alegre *et al.*(2006) relatam que os indicadores servem para se saber o nível atual das perdas e para se definir metas de onde pretende-se chegar, bem como para acompanhamento do desempenho do sistema de abastecimento de água ao longo do tempo, sendo fundamental o seu cálculo periódico. É um instrumento de apoio ao monitoramento da eficiência e da eficácia, simplificando uma avaliação que de outro modo poderia ser mais complexa e subjetiva.

Para realizar a comparação entre sistemas de abastecimento de água é essencial a padronização e a confiabilidade dos dados utilizados para calcular os indicadores. Caso contrário, as conclusões e as decisões tomadas com o resultado deste indicador não terão um padrão de eficiência.

Nesse seguimento, no ano 2000 a *International Water Association* (IWA) padronizou a terminologia e a definição de uma série de indicadores para sistemas de abastecimento de água, definindo também os indicadores de perdas, através da publicação *Performance Indicators for Water Supply Services - Manual of Best Practice*, cuja 2ª edição foi revisada em 2006. Com isso, tornou-se possível a comparação de índices de desempenho de diferentes sistemas em diversos países. Neste trabalho utilizaremos alguns dos índices propostos pela IWA, sendo eles o Indicador percentual, Índice de perdas por ramal, Índice de perdas por extensão de rede e o Índice infraestrutural de perdas, todos comentados a seguir.

O indicador percentual é ainda muito utilizado devido à facilidade na interpretação pela população atendida. Porém, não é o índice mais indicado para avaliações e comparações técnico-operacionais, pois é influenciado pelo consumo, pela presença de grandes consumidores e pelo consumo *per capita* (MELATO, 2010). Por exemplo, se houver aumento de consumo, mantendo-se o volume perdido, ocorre queda do indicador percentual e uma falsa impressão de redução de perdas. Uma vez que a maior parte das perdas reais ocorre nos ramais, o índice de perdas por ramal é operacionalmente mais pertinente que o índice de perdas por extensão de rede (MANZI, 2020).

Visando permitir uma melhor comparação entre sistemas de tamanhos diversos, foi introduzido um “fator de escala” no cálculo do indicador. Esta consideração é conseguida através da quantidade de ramais (índice de perda por

ramal) e o comprimento da rede de distribuição de água (índice de perda por extensão de rede, expresso respectivamente em L/ramal/dia ou m³/km/ano (MELATO, 2010). O índice de perda por extensão de rede (IPER), não foi calculado neste trabalho, pois é indicado para sistemas cuja a densidade seja inferior a 20 ramais/km. Para calcular a relação densidade de ramais por km, utilizou-se as informações das séries históricas do SNIS. A extensão do sistema Matinhos/Pontal para o ano 2016 é de 734,46 km e o número de ramais é de 50.108. Fazendo a divisão de números ramais pela extensão da rede, obtém-se aproximadamente 69 ramais por km. Não obedecendo os critérios para a utilização do IPER. Não foi calculado a relação ramal/km para os anos de 2017, 2018 e 2019, pois os números ficaram próximos à 2016, não havendo variação na relação.

No intuito de aperfeiçoar os indicadores de perdas, criou-se o índice Infraestrutural de Perdas (IIE), em inglês Infrastructure Leakage Index (ILI). O índice é calculado através da relação entre o nível atual de perdas do sistema e o nível mínimo aceitável, definido a partir do estudo das condições de sistemas bem operados na Europa (Melato, 2010). O resultado é um número adimensional, que demonstra quantas vezes o sistema se encontra abaixo do nível tecnicamente aceitável. Com isso, quanto mais distante do valor unitário, pior é a condição de perdas do sistema.

De acordo com Lambert (2009), os parâmetros para o cálculo das perdas inevitáveis (ou inerentes) anuais inicialmente se baseiam em inúmeros testes em distritos pitométricos, principalmente na Inglaterra e no País de Gales durante a década de 1990. Os valores encontrados se mostraram aceitáveis na Alemanha e Áustria, e também foram checados com vários outros testes na Austrália e Nova Zelândia.

Esses parâmetros empíricos envolveram valores de referência para vazamentos inerentes (inevitáveis), visíveis e não visíveis. Além disso, como as perdas reais anuais inevitáveis variam com a pressão, esses parâmetros foram inicialmente especificados a pressão padrão de 50 mca.

De acordo com MANZI (2020), a abordagem mais comum adotada para determinação desta pressão média sugere a divisão do local a estudar em áreas menores, com realização de campanhas de medição de pressão em pontos de cota geométrica média em cada uma dessas parcelas, de forma a ser possível determinar a pressão média em cada uma dessas subáreas e a média ponderada da região de estudo como um todo.

Um fato interessante, que além de trabalhosa, esta abordagem não garante necessariamente a pressão média em cada subárea. O uso de modelos hidráulicos calibrados, com pressões disponíveis nó a nó, revela pressões operacionais médias mais próximas da realidade e, por conseguinte, valores mais realistas das perdas reais inevitáveis (MANZI, 2020).

2.5.1 Controle sobre perdas reais

De acordo com Tardelli Filho (2005), diversos fatores potencializam as perdas, como, por exemplo, a qualidade dos materiais, dos componentes e da mão de obra; características e movimentação dos solos; aumento da pressão; o tráfego pesado; a idade da rede etc. Dentre os fatores citados, a falta de controle de pressão nas redes hidráulicas, más ligações ou falta de manutenção na unidade consumidora se destacam, resultando em um aumento significativo no volume de vazamentos invisíveis.

A gestão de pressão é uma das mais importantes intervenções para a redução de perdas reais (físicas) em sistemas públicos de abastecimento de água. De modo geral, a diminuição da pressão em grandes sistemas implica na redução do volume perdido por vazamentos. Do ponto de vista econômico, uma política operacional de controle de pressões é extremamente importante e necessária (Yazbek Filho, 2003).

Stokes, Horvath e Sturm (2013) avaliaram a gestão da pressão nas cidades de Philadelphia, Estados Unidos da América e a região de Halifax, localizada no Canadá, e concluíram que uma gestão de pressão eficiente é um forte aliado ao combate às perdas reais de água.

Em resumo, quatro ações apresentadas a seguir são eficientes para um maior controle de perdas reais de água (FUNASA, 2014).

- Controle de pressão: gerenciar as pressões garantindo uma operação eficiente e minimizar ocorrência e vazões de vazamento;
- Rapidez e qualidade dos reparos: buscar reparar danos estruturais de maneira rápida e eficiente;
- Gestão da infraestrutura: gerenciar, de maneira adequada, todo um sistema de abastecimento de água;

- Controle ativo de vazamentos: corresponde à realização de varreduras periódicas mediante o uso de equipamentos de detecção acústica, para buscar vazamentos não visíveis ou ocultos.

O controle ativo de vazamento se opõe ao controle passivo. O controle passivo é, basicamente, a atividade de reparar os vazamentos apenas quando se tornam visíveis. Já no controle ativo, emprega-se mais comumente a pesquisa de vazamentos não visíveis, realizada através da escuta dos vazamentos, por geofones mecânicos ou eletrônicos. Essa atividade reduz o tempo de vazamento, ou seja, quanto maior for o controle da estrutura física e dos seus indicadores, maior será a taxa de vazão anual utilizada pelos consumidores (DINIS, 2012).

O grupo de trabalho sobre perdas de água da IWA sugere ações para minimizar significativamente o volume de perdas de água. Entretanto, diversos estudos foram realizados para se entender a natureza e o impacto dos vazamentos. Busca-se implementar ações para reduzir, controlar e gerenciar as perdas reais.

2.5.2 Controle sobre perdas aparentes

Os fatores que influenciam as perdas aparentes de água têm relação com ligações clandestinas, fraudes e/ou hidrômetros parados e submedições. O grupo de trabalho sobre perdas de água da IWA também sugere algumas soluções para o controle de perdas aparentes de água. A seguir, são apresentadas as principais ações para reduzir as perdas aparentes de água (FUNASA, 2014).

- Combate a fraudes e ligações clandestinas: incentivo a programas de regularização de tubulações em comunidades e em áreas invadidas;
- Redução de erros de medição: erros medidos em hidrômetros, que influenciam negativamente o sistema de abastecimento de água;
- Qualificação de mão de obra: trabalhar com profissionais competentes e qualificados para o serviço desejado;
- Implementação de sistema comercial adequado: buscar atualizar cadastros de clientes, combater falhas no processo de sistema comercial.

Os instrumentos de medição também possuem uma grande função em um sistema de abastecimento de água, pois se houver alguma alteração ou irregularidade operacional, há um risco de perdas de informações sobre a vazão disponível de água

dentro do sistema. Tardelli Filho (2006) faz menção de três situações básicas onde os hidrômetros devem ser trocados, são elas:

- Manutenção corretiva: é a substituição de aparelhos quando há ocorrência de problemas no funcionamento do hidrômetro e impedem a leitura, como violações e embaçamento;
- Manutenção preventiva: neste tipo de manutenção, faz-se uma troca preventiva depois de um determinado tempo de instalação ou volume medido;
- Adequação: é a troca em função da inadequação do consumo com o hidrômetro instalado.

De acordo com Gularte (2005), a principal causa de perdas aparentes no parque de hidrômetros é a submedição. Sendo necessária uma política regular de aferição e substituição de hidrômetros para um controle de perdas. É necessário que todos os envolvidos no combate a perda de água sejam capacitados. Até mesmo uma simples leitura de um hidrômetro depende do nível de qualificação dos leituristas.

2.6 SISTEMAS DE ANÁLISE E CORREÇÃO DE FALHAS

Uma das ferramentas de auxílio a minimização de falhas operacionais em SAA são os modelos de previsão de curto prazo, que apresentam entre as principais finalidades a resposta instantânea dos sistemas produtores e distribuidores a picos prolongados e flutuações acentuadas de demanda e o consequente subsídio para a decisão sobre manobra operacional (Silva e Rocha, 1999).

Lertpalangsunti et al. (1999), com o objetivo de auxiliar a tomada de decisões gerenciais no SAA da cidade de Regina, no Canadá, desenvolveram um sistema híbrido (SH), para previsão de consumo de água, que combina técnicas de Lógica Fuzzy, conhecimento baseado em casos e de sistema baseado em conhecimento. León et al. (2000), motivados pelas necessidades de redução de custos com energia elétrica, de otimização operacional e de ações de gestão de demanda da água no SAA da cidade de Seville, na Espanha, desenvolveram um SH denominado EXPLORE, os resultados indicam redução de 25% nos custos com energia e benefícios adicionais como qualificação dos operadores menos experientes. Para realizar, eficientemente, a distribuição diária de água, Zhou et al. (2000) formularam um modelo matemático computacional capaz de prever o consumo de água para o próximo dia, os resultados indicaram um modelo com performance satisfatória. O

modelo proposto por Zhou et al. (2000) se fundamentou na hipótese de que a série temporal de consumo é igual ao somatório do consumo de base e o consumo sazonal (componentes sazonal, climático e de persistência).

3 METODOLOGIA

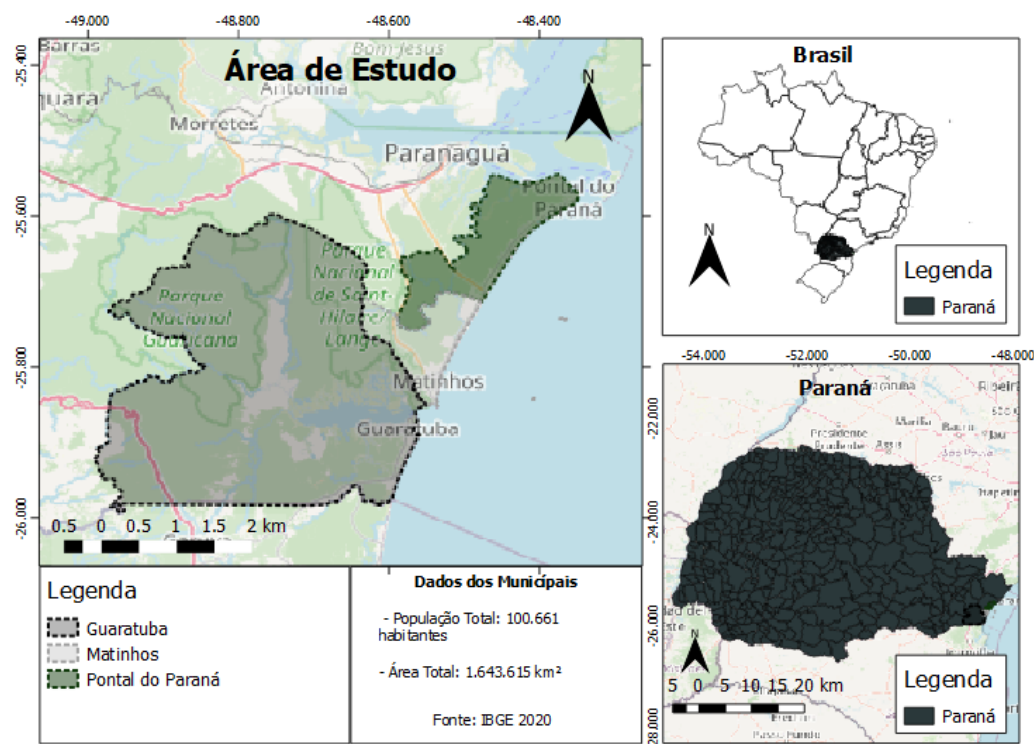
Nesta seção primeiramente será apresentado o local de estudo, as cidades de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, localizadas no litoral do Paraná. Em seguida será apresentada a metodologia para a aquisição e tratamento dos dados.

Por fim, serão detalhados os cálculos do coeficiente do dia de maior consumo (K1) e suas variações de acordo com a temporada; cálculo do consumo *per capita* e variações sazonais, e cálculo dos 4 índices de perdas do IWA: Indicador percentual, índice de perdas por ramal, índice de perdas por extensão de rede, índice infraestrutural de perdas.

3.1 LOCAL DE ESTUDO

Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, as cidades em estudo neste trabalho, são localizadas no estado do Paraná e fazem parte do litoral paranaense como ilustra a FIGURA 7.

FIGURA 7 – CIDADES DE GUARATUBA, MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ, DEMONSTRADAS DENTRO DO MAPA DO BRASIL.



FONTE: O autor (2021)

Por serem cidades litorâneas, apresentam um grande fluxo populacional. De acordo com a Secretaria de Turismo do Estado do Paraná (SETU, 2013), constatou-se que no litoral paranaense, o número de turistas atingiu 2.597.392 pessoas em 2012. A TABELA 3 apresenta o fluxo de turistas para o litoral paranaense entre 1992 e 2012.

TABELA 3 – FLUXO DE TURISTAS PARA LITORAL DO PARANÁ (EM PESSOAS): 1992-2012.

Tipo de Fluxo	ANO				
	1992	1997	2002	2007	2012
Embarque de pessoas na Rodoviária	828.982	766.247	734.938	505.658	535.673
Fluxo de Turistas	2.511.585	2.315.397	2.304.279	2.794.778	2.597.392
Embarcados nas rodoviárias	359.157	319.525	306.469	209.608	223.376
Pelas rodovias	2.152.428	1.995.872	1.997.810	2.585.170	2.374.016

FONTE: SETU (2013)

A variação populacional descrita se dá nos ditos meses de "Alta temporada" (dezembro a março). O problema desta grande variação populacional é a alteração das vazões consumidas no período de alta temporada. Além do acréscimo populacional, é provável que a população de veraneio também possua um padrão de consumo diferente da população residente, elevando os valores de cota *per capita*. Esta variação no padrão de consumo individual está sendo avaliada neste trabalho. Em revisões bibliográficas, Von Sperling (1996) determinou valores típicos para diferentes tipos de consumo *per capita* (TABELA 4).

TABELA 4 – VALORES TÍPICOS DE CONSUMO DE ÁGUA.

PORTE	HABITANTES POR FAIXA	CONSUMO PER CAPITA
Povoado Rural	< 5.000	90 – 140
Vila	5.000–10.000	100 – 160
Pequena Localidade	10.000–50.000	110 – 180
Cidade Média	50.000–250.000	120 – 220
Cidade Grande	> 250.000	150 – 300

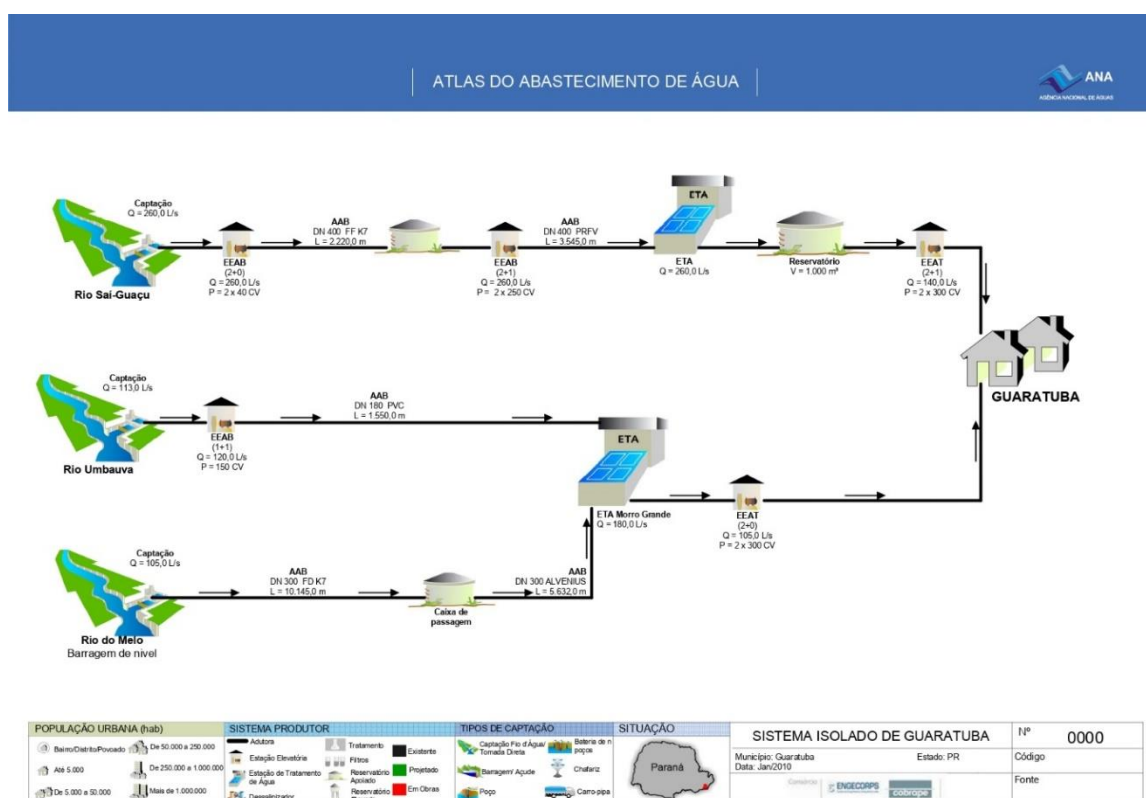
FONTE: Adaptado de VON SPERLING (1996)

De acordo com TSUTIYA (2006), no Brasil o consumo diário de água da rede pública é maior ou menor que o consumo médio diário anual, sendo que o consumo é, geralmente, maior no verão e menor no inverno, devido à variação da temperatura.

Os municípios mencionados, em conjunto, possuem aproximadamente 99.071 habitantes segundo o censo estimado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2019. A cidade de Guaratuba possui 37.527 habitantes de acordo com estimativas do IBGE para o ano de 2020.

O sistema de abastecimento de água (SAA) do município conta com duas estações de tratamento de água (ETA) e possui 3 captações: o Rio Sai-Guaçu, Rio Umbauva e o Rio do Melo, como ilustra a FIGURA 8.

FIGURA 8 – SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO MUNICÍPIO DE GUARATUBA.

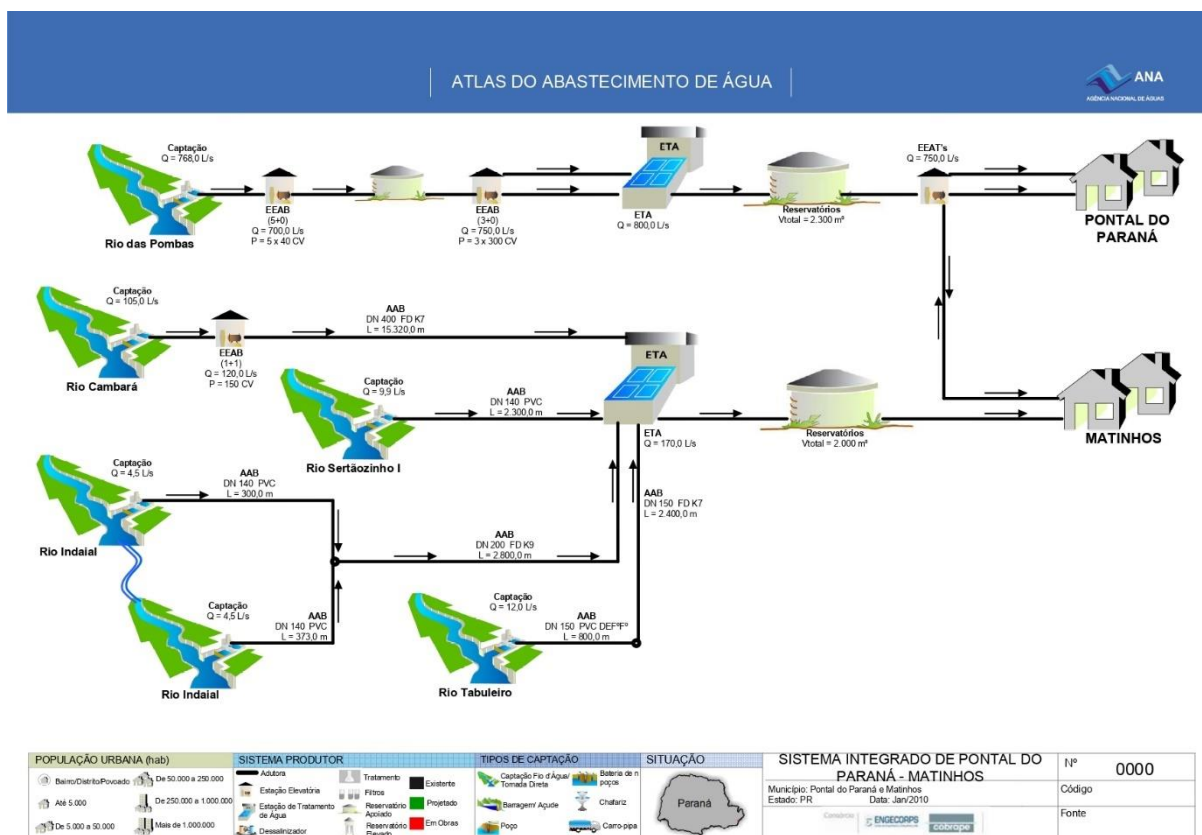


FONTE: Adaptado de APLICATIVO ÁGUA E ESGOTO (2010).

Os municípios de Matinhos e Pontal do Paraná possuem 35.219 e 27.915 habitantes, de acordo com as estimativas do IBGE para o ano de 2020. Possui um sistema de abastecimento de água integrado, ou seja, os SAAs são interligados, e

alimentam um ao outro em caso de necessidade ou falha. Cada município possui mananciais diferentes. O sistema de Matinhos retira a água para abastecimento de quatro corpos hídricos: o Rio Cambará, Rio Indaial, Tabuleiro e Sertãozinho I. Já o município de Pontal do Paraná utiliza apenas um manancial para captação, o Rio das Pombas, como ilustra o atlas do sistema de abastecimento dos municípios (FIGURA 9).

FIGURA 9 – SISTEMA COMBINADO DE ABASTECIMENTO DOS MUNICÍPIOS DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ.



FONTE: Adaptado de APLICATIVO ÁGUA E ESGOTO (2010).

3.2 AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

A companhia prestadora do serviço de abastecimento nesses municípios (SANEPAR) disponibilizou informações referentes às macromedições dos reservatórios e do volume produzido nas estações de tratamento de água para as cidades de Matinhos e Pontal do Paraná (2016,2017 e 2018) e Guaratuba (2016, 2017, 2018 e 2019). Além disso, a prestadora de serviço também forneceu os volumes

de água produzida e faturada dos municípios de Pontal do Paraná e Matinhos, nos anos de 2016 a 2018.

Nas planilhas de dados disponibilizadas foi possível notar a ausência, ou discrepância, de alguns dados (macromedições de dias específicos). Segundo a Companhia de Saneamento do Paraná, estes dados faltantes ou discrepantes referem-se a erros de medição (falhas de leitura). Alguns dos equipamentos de leitura podem eventualmente apresentar determinadas falhas, geradas por quedas e oscilações no fornecimento de energia elétrica, falhas de comunicação, entre outros fatores. Quando ocorrem estas falhas, os valores acumulados podem ser alterados e/ou ocorrer falhas na leitura ao longo de determinados períodos até que o equipamento volte a funcionar ou receba manutenção.

Para calcular o coeficiente do dia de maior consumo, consumo *per capita* e as perdas de água das três cidades, se fez necessário adotar um padrão. Com isso, utilizando recomendações de Tsutya (2006) e NBR 12211/1992, foram excluídos os dias que possuíam anormalidades em seus valores, por estarem zerados ou valores muito inferiores ou superiores à média de consumo de dias vizinhos. Por exemplo, se no dia 10 de janeiro de 2016 a estação de tratamento de água de Matinhos possuir um outlier ou estar zerada, esse dia deve ser excluído no ano de 2016 apenas nas estações que abastecem o sistema em questão, no caso, Matinhos e Pontal do Paraná, que são sistemas interligados. No sistema de Guaratuba não precisar excluir o dia em questão, visto que os sistemas não são interligados, para melhor exemplificar a FIGURA 10.

Utilizando as recomendações, foram encontrados 1,4% de anormalidades entre os anos de 2016 e 2019, totalizando um montante de 16 erros de medição. O ano que mais encontrou inconsistências foi o de 2016, com 2,2 %. Em 2017 e 2018 constatou-se 1,37% e 0,82%, respectivamente.

A estação de tratamento de água em que foi encontrado maior quantidade de erros de leitura, foi a de Matinhos com 2,73% (10 erros) entre 2016 e 2018. Já no SAA de Guaratuba não foi encontrada nenhuma inconstância.

FIGURA 10 – DADOS EXCLUIDOS QUE FORAM EXCLUIDOS, POR SEREM ZERADOS OU CONSIDERADOS OUTLIER

	Data	ETA	Produzido (m3)	ETA	Produzido (m3)	Sistema	Produzido (m3)
1							
2	01/01/2016	ETA Matinhos	13.863	ETA Praia de Leste	45.349	SAA Guaratuba	27.575
3	02/01/2016	ETA Matinhos	10.469	ETA Praia de Leste	46.259	SAA Guaratuba	25.146
4	03/01/2016	ETA Matinhos	4.162	ETA Praia de Leste	39.796	SAA Guaratuba	23.423
5	04/01/2016	ETA Matinhos	11.175	ETA Praia de Leste	34.793	SAA Guaratuba	19.169
6	05/01/2016	ETA Matinhos	13.958	ETA Praia de Leste	20.406	SAA Guaratuba	22.924
7	06/01/2016	ETA Matinhos	10.721	ETA Praia de Leste	27.987	SAA Guaratuba	19.427
8	07/01/2016	ETA Matinhos	14.272	ETA Praia de Leste	22.516	SAA Guaratuba	21.854
9	08/01/2016	ETA Matinhos	13.798	ETA Praia de Leste	26.866	SAA Guaratuba	21.265
10	09/01/2016	ETA Matinhos	11.666	ETA Praia de Leste	35.588	SAA Guaratuba	22.208
11	10/01/2016	ETA Matinhos	0	ETA Praia de Leste	35052	SAA Guaratuba	18.098
12	11/01/2016	ETA Matinhos	6.098	ETA Praia de Leste	25.329	SAA Guaratuba	19.159
13	12/01/2016	ETA Matinhos	7.515	ETA Praia de Leste	29.649	SAA Guaratuba	18.655
14	13/01/2016	ETA Matinhos	12.003	ETA Praia de Leste	21.730	SAA Guaratuba	18.827
15	14/01/2016	ETA Matinhos	5.940	ETA Praia de Leste	25.895	SAA Guaratuba	17.756
16	15/01/2016	ETA Matinhos	13.231	ETA Praia de Leste	22.813	SAA Guaratuba	20.773
17	16/01/2016	ETA Matinhos	14.650	ETA Praia de Leste	25.552	SAA Guaratuba	20.196
18	17/01/2016	ETA Matinhos	11.520	ETA Praia de Leste	27.853	SAA Guaratuba	19.928
19	18/01/2016	ETA Matinhos	12.739	ETA Praia de Leste	24.179	SAA Guaratuba	19.905
20	19/01/2016	ETA Matinhos	14.752	ETA Praia de Leste	14.771	SAA Guaratuba	19.718
21	20/01/2016	ETA Matinhos	14.019	ETA Praia de Leste	15.166	SAA Guaratuba	17.685
22	21/01/2016	ETA Matinhos	14.081	ETA Praia de Leste	21.146	SAA Guaratuba	15.340

FONTE: O autor (2021).

3.3 COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO (K1)

Para o cálculo do coeficiente do dia de maior consumo das cidades de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, foram utilizados dados de consumo diário de água disponibilizados pela Sanepar.

Para a realização dos cálculos do coeficiente, foram consideradas a NBR 12211/1992 “Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água” e a recomendação de Tsutyia (2006).

. Segundo a norma técnica brasileira (NBR) 12211 da ABNT de 1992, o coeficiente do dia de maior consumo (k_1) deve ser obtido da relação expressa na equação (1) entre o maior consumo diário, verificado no período de um ano, e o consumo médio diário neste mesmo período, considerando-se o mesmo sistema. A norma recomenda a consideração de um período de cinco anos consecutivos de observações, adotando-se a média dos coeficientes determinados.

A metodologia recomendada na NBR 12211/1992 foi parcialmente adotada devido à facilidade de sua aplicação com os dados existentes. Vale ressaltar que os

cálculos foram feitos para dados no período de um ano, no conjunto de 3 anos de dados para Matinhos/Pontal do Paraná e 4 anos para o município de Guaratuba.

$$k1 = \frac{A}{B} \quad (1)$$

Onde, A é a vazão do maior consumo diário; B é a vazão do consumo médio diário anual.

Considerando a especificidade das cidades avaliadas neste trabalho, pequena população fixa e flutuação da população devido ao turismo na alta temporada, além de se calcular o valor anual para o coeficiente $k1$, serão calculados separadamente, a fim de comparação e análise do sistema, o coeficiente para alta e baixa temporada, de forma a verificar também o impacto da sazonalidade no planejamento e funcionamento do sistema de abastecimento de água dos municípios. Para os cálculos dos coeficientes $k1$ anuais, utilizou-se o consumo total resultante da soma dos volumes consumidos em cada reservatório existente nos sistemas de abastecimento.

A fim de computar os $k1$ de alta e baixa temporada, aplicou-se o mesmo procedimento utilizado para calcular o coeficiente do dia de maior consumo anual, mas o período de cálculo para o $k1$ de alta temporada foi de dezembro a março e de abril a novembro para baixa temporada.

3.4 CONSUMO PER CAPITA

Para o cálculo da cota *per capita* de água, utilizou-se as recomendações da Funasa (1991) e Oliveira e Lucas Filho (2003), que descrevem o consumo *per capita* como o volume total distribuído, medido ou estimado, dividido pela população total servida, em um período de tempo. Sendo geralmente expressa em L/hab.dia.

De forma geral, a fixação da cota *per capita* é feita com base na adoção de valores clássicos da literatura, por similaridade com sistemas que possuam as mesmas características ou por meio de dados estatísticos da própria cidade, obtidos de micromedidores instalados junto às ligações prediais ou pela leitura de

macromedição na saída dos reservatórios de distribuição. Neste trabalho, para calcular o consumo *per capita* anual, alta temporada e baixa temporada, foram utilizados os dados dos volumes diários consumidos nos reservatórios disponibilizados pela Sanepar. Para calcular o consumo *per capita*, utilizou-se a equação (2):

$$q = \frac{C}{DE} \quad (2)$$

Onde *C* é a demanda de água em litros; *D* é a população local; *E* é a quantidade de dias do ano.

Na equação (2) considerou-se a população fixa estimada pelo IBGE para os anos de 2016 a 2018 nas cidades de Matinhos e Pontal do Paraná e 2016 a 2019 para Guaratuba. Essa equação foi calculada para estimar o *per capita* anual e na baixa temporada para o *per capita* anual e de baixa temporada.

Os dados populacionais foram retirados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para seus respectivos anos, como ilustra a TABELA 5.

TABELA 5 – POPULAÇÃO DE GUARATUBA, MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ UTILIZADA PARA O CÁLCULO DO CONSUMO PER CAPITA ANUAL E BAIXA TEMPORADA (q).

Ano	População - Cidades de Estudo		
	Guaratuba	Matinhos	Pontal do Paraná
	IBGE	IBGE	IBGE
2016	35.588	33.024	24.878
2017	35.986	33.450	25.393
2018	36.595	34.207	26.636
2019	37.067	-	-

FONTE: IBGE (2020)

Para o dimensionamento do consumo *per capita* para o período de alta temporada, não se utilizou o índice populacional do IBGE, pois este se refere a moradores. Como as cidades em estudo são litorâneas, no período de alta temporada

(dezembro a março) há uma grande variação populacional e com isso devem ser utilizados valores que demonstrem as variações populacionais nos municípios.

Devido à falta de dados confiáveis, que definam o quantitativo de pessoas visitando as cidades no verão, serão utilizados os valores descritos pelo BEM PARANÁ (2017), que descreve que de acordo com a operação verão, do Governo do Estado, em 2017 a população do litoral do paraná quadruplicou nesse período.

Portando, no cáculo de *per capita*, para a alta temporada, utilizou-se a população de Guaratuba estimada pelo IBGE no ano de 2016, 35.588 pessoas, e para a alta temporada multiplicou-se este valor por 4, chegando a 142.352. A TABELA 6 exibe uma estimativa da população que frequenta as cidades avaliadas neste trabalho durante a alta temporada, aplicando o método mencionado.

TABELA 6 – POPULAÇÃO DE GUARATUBA, MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ UTILIZADA PARA O CÁLCULO DO CONSUMO *PER CAPITA* DE ALTA TEMPORADA (q).

Ano	População - Cidades de Estudo		
	Guaratuba	Matinhos	Pontal do Paraná
2016	142.352	132.096	99.512
2017	143.944	133.800	101.572
2018	146.380	136.828	106.544
2019	148.268	-	-

FONTE: adaptado do IBGE e GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

3.5 PERDAS DE ÁGUA

Os ndices relacionados às perdas foram calculados para o município de Guaratuba e conjuntamente para os municípios de Matinhos e Pontal do Paraná, que possuem um sistema interligado, como descrito anteriormente.

A fim de analisar as perdas do sistema de abastecimento combinado utilizou a equação (3):

$$\text{Perdas de gua Anual} = \frac{F}{G} \quad (3)$$

Onde F é a entrada de água no sistema anual e G é o consumo de água anual.

Para avaliar as perdas de água do sistema de abastecimento foram utilizados os quatro indicadores propostos pelo IWA: 1- Indicador percentual; 2- Índice de perdas por ramal; 3- Índice de perdas por extensão de rede; e 4- Índice infraestrutural de perdas.

O Indicador Percentual (IP) é calculado relacionando o volume total perdido anual com o volume total produzido anual ou disponibilizados ao sistema, em bases anuais, de acordo com a equação (4):

$$\text{Indicador Percentual (IP)} = \frac{H \times 100}{I} \quad (4)$$

Onde H é o volume de perdas anual e I é o volume disponibilizado anual.

De acordo com Gomes (2007), devido à facilidade de cálculo, este índice de perdas é amplamente adotado no Brasil, porém não deve ser utilizado isoladamente para medir desempenho.

Visando permitir a comparação entre sistemas de tamanhos diversos, foram criados índices que introduzem “fatores de escala” em seus cálculos, sendo: a quantidade de ramais e o comprimento da rede de distribuição de água, expresso respectivamente em L/ramal/dia ou m³/km/ano.

Para sistemas com densidade de ramais por extensão de rede superior a 20 ramais/km (ALEGRE et al., 2006), o que ocorre geralmente em áreas urbanas, é indicado o índice de perdas por ramal (IPR), que é calculado pela equação (5):

$$\text{Índice de perdas por ramal (IPR)} = \frac{H}{J} \times T/100 \quad (5)$$

Onde J é o número de ramais; T é o percentual do ano em que o sistema está pressurizado (%).

Por sua vez, o índice de perdas por extensão de rede (IPER), que é calculado pela equação (6) é indicado para sistemas que possuem densidade inferior a 20 ramais/km.

$$\text{Índice de Perdas por Extensão de Rede (IPER)} = \frac{H}{K} \times T/100 \quad (\text{m}^3/\text{kml}/\text{dia}) \quad (6)$$

Onde K é a extensão de rede.

Para sistemas em que não há intermitência no abastecimento, T é igual a 100%. Contudo, em sistemas intermitentes é difícil avaliar com precisão o percentual do ano em que o sistema está pressurizado.

No cálculo dos IPR e IPER, o número de ramais e extensão de rede utilizados foram retirados da série histórica do sistema nacional de informações sobre saneamento. Os valores estão descritos na TABELA 7.

TABELA 7 – EXTENSÃO DE REDE E NÚMERO DE RAMAIS DOS SAAS DE GUARATUBA, MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ.

Ano	SÉRIE HISTÓRICA DO SNIS					
	Guaratuba		Matinhos		Pontal do Paraná	
	Número de ramais	extensão de rede (km)	Número de ramais	Extensão de rede (km)	Número de ramais	extensão de rede (km)
2016	21.103	350,54	25.207	332,56	24.901	401,9
2017	21.524	352,68	25.788	335,24	25.490	404,46
2018	21.904	352,68	26.044	335,24	25.944	404,46
2019	22.293	375,74	26.544	355,1	26.570	418,18

FONTE: SNIS

Apesar desses indicadores serem melhores que o indicador percentual, pois consideram seu tamanho e o tempo que o sistema fica pressurizado, não são perfeitos pois não levam em consideração a pressão de operação do sistema, o que influencia diretamente as perdas reais.

Na tentativa de aprimorar os indicadores de perdas, foi criado o Índice Infraestrutural de Perdas (IIE).

Para calcular o índice Infraestrutural de Perdas (IIE), é necessário utilizar a relação entre o nível atual de perdas do sistema e o nível mínimo aceitável, sendo o resultado um número adicional, conforme equação (7):

$$\text{Índice Infraestrutural de Perdas (IIE)} = \frac{L \text{ (m}^3\text{/liq*dia)}}{M \text{ (m}^3\text{/liq*dia)}} \quad (7)$$

Em que L é o volume de perdas anual e M as Perdas inevitáveis anual.

Os parâmetros para o cálculo das perdas inevitáveis anuais, segundo Lambert (2009), foram inicialmente baseados em inúmeros testes em distritos pirométricos, principalmente na Inglaterra e País de Gales durante a década de 1990. Os valores usados se mostraram aceitáveis na Alemanha e Áustria, e também foram checados com vários outros testes na Austrália e Nova Zelândia.

Esses valores empíricos envolveram valores de referência para vazamentos inerentes, visíveis e não visíveis. Além disto, como as perdas reais inevitáveis anuais variam com a pressão, esses parâmetros foram inicialmente especificados a pressão padrão de 50 mca. A TABELA 8 (LAMBERT et al, 1999) apresenta os valores de referência usados como parâmetros em bases anuais.

TABELA 8 – VALORES USADOS COMO PARÂMENTROS PARA CÁLCULO DAS PERDAS REAIS INEVETÁVEIS ANUAIS.

Componente da infraestrutura	Vaz. Inerentes	Vaz. Visíveis	Vaz. Não Visíveis
Redes	20 litros/km/h*	0,1234 arrebentados/km/ano a 12 m ³ /h* com 3 dias de duração	0,006 arrebentados/km/ano a 6 m ³ /h* com 50 dias de duração
Ramais até a testada da propriedade	1,25 litros/ramal/h*	2,25/ 1000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h com 8 dias de duração	0,75/1000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h com 100 dias de duração
Ramais após a testada da propriedade (extensão média de 15 m)	0,50 litros/ramal/h*	1,5/ 1000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 9 dias de duração	0,50/1000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 101 dias de duração

FONTE: ADAPTADO DE LAMBERT ET AL (1999).

Para calcular as perdas reais inevitáveis é necessário levar em conta a frequência, a vazão perdida e a duração dos vazamentos visíveis e não visíveis. As frequências apresentadas na TABELA 8 foram baseados nas médias de dados internacionais publicados, assumindo que 5% dos vazamentos de redes e 25% dos vazamentos de ramais eram não visíveis. A vazão dos vazamentos de rede varia enormemente, mas os grandes vazamentos têm uma duração menor, então a Tabela 1 efetivamente calcula o volume médio perdido por vazamento de rede a 50 mca. A

vazão típica de vazamento em ramal (1,6 m³/h) foi baseada em dados publicados no Reino Unido, Brasil e Alemanha em 1994 (LAMBERT, 2009),

A TABELA 9 (LAMBERT et al, 1999) apresenta os valores das Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) para cada componente da infraestrutura e tipo de vazamento, calculados a partir da TABELA 8.

TABELA 9 – CÁLCULO DAS COMPONENTES DAS PERDAS REAIS ANUAIS INEVITÁVEIS (PRAI).

Componente da infraestrutura	Vaz. Inerentes	Vaz. Visíveis	Vaz. Não Visíveis	PRAI Total	Unidades
Redes	9,6	5,8	2,6	18	L/Km de redes/dia/mca de pressão
Ramais, hidrômetros na testada da propriedade	0,60	0,04	0,16	0,8	L/ramal/dia/mca de pressão
Tubulação interna subterrânea entre a testada da propriedade e o hidrômetro	16,0	1,9	7,1	25	L/km tubulação interna subter/dia/mca de pressão

FONTE: ADAPTADO DE LAMBER ET AL (1999).

Com os valores da PRAI da TABELA 8, as perdas reais inevitáveis em L/dia podem ser calculadas através da equação (8):

$$\text{Perdas Reais Inevitáveis (PRI)} = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P \quad (8)$$

em que L_m é o comprimento de rede (km), N_c é o número de ramais, L_p é a extensão entre a testada do imóvel e o hidrômetro (m) e P é a pressão média de operação, (mca).

Como no Brasil os hidrômetros são instalados praticamente junto à testada do imóvel, o termo L_p pode ser considerado nulo (TARDELLI FILHO, 2004).

O Índice Infraestrutural de Perdas é indicado para o cálculo das perdas reais, e leva em consideração a pressão de operação do sistema, sendo mais completo que os outros indicadores.

Atualmente o IIE é um indicador largamente aceito e utilizado pelos prestadores de serviços de saneamento em diversos países como a melhor descrição da eficiência do gerenciamento de perdas reais em sistemas de água. Cabe ressaltar

que, segundo LAMBERT (2009), apesar de algumas críticas e mesmo após 10 anos da criação da equação para cálculo do IIE, seria possível propor pequenas alterações nos coeficientes para cálculo dos parâmetros, mas o efeito na fórmula final seria muito pequeno e causaria confusões, já que a fórmula está bem estabelecida internacionalmente. Portanto, não foi proposta nenhuma alteração na fórmula até o momento.

4 RESULTADOS

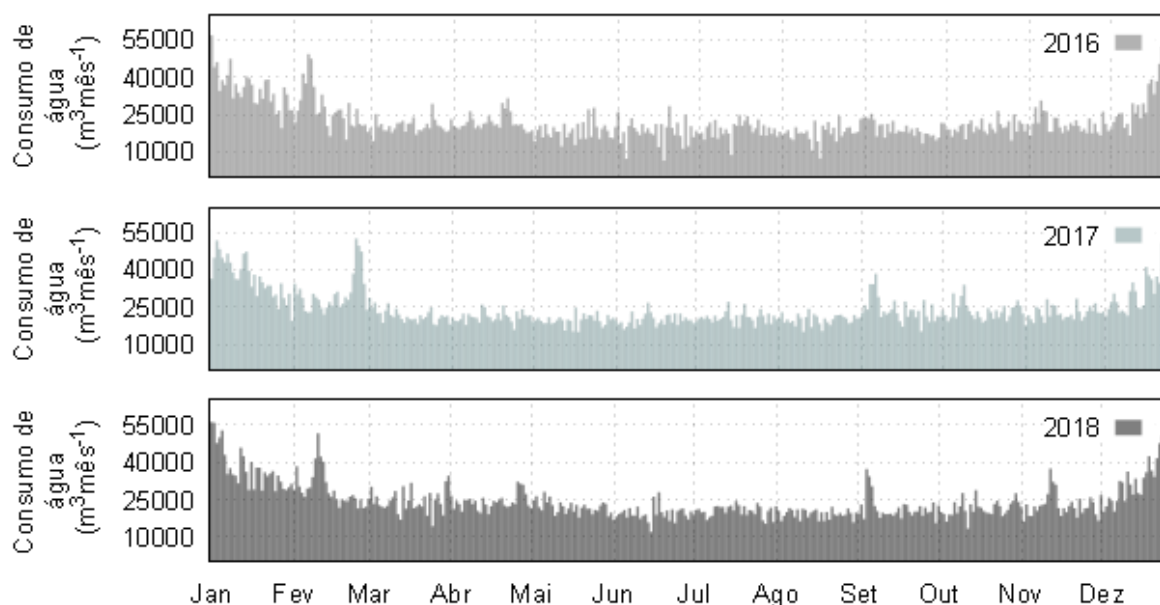
Os resultados apresentados nesta seção serão o consumo *per capita* anual na alta e baixa temporada; o coeficiente do dia de maior consumo ($k1$) anual, na baixa e alta temporada; e valores das perdas de água dos sistemas de abastecimento, juntamente com os índices proposto pelo IWA para as cidades de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná para os anos de 2016 a 2019.

Com base no consumo de água dos sistemas de abastecimento dos municípios de Guaratuba (GRÁFICO 1) e Matinhos/Pontal do Paraná (GRÁFICO 2), é possível observar variações de valores em diferentes períodos.

É possível observar nos gráficos 1 e 2, os picos de variação nos feriados e períodos festivos. Nota-se que no carnaval o consumo de água se aproxima do consumo do réveillon, porém a extensão deste período é menor por conta da quantidade de feriados.

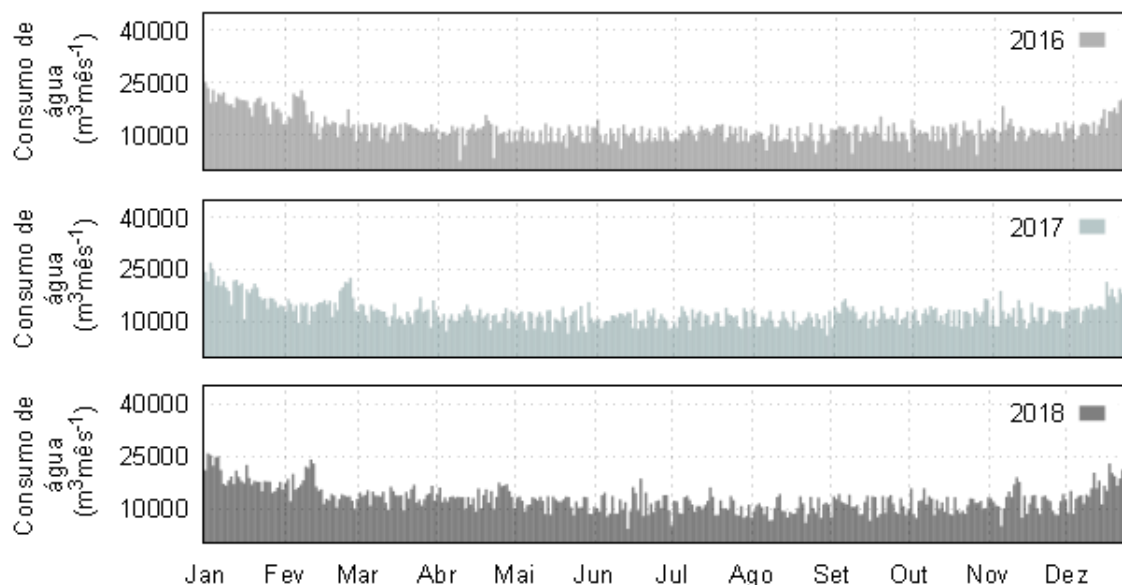
Observa-se no gráfico a relação de consumo de água com a temperatura. No verão, período que nas cidades em estudo o calor é intenso, o consumo de água é maior que no inverno.

GRÁFICO 1 – VOLUME CONSUMIDO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE GUARATUBA, ENTRE OS MESES DE JANEIRO DE 2016 A DEZEMBRO DE 2018.



FONTE: Adaptado de SANEPAR (2016, 2017,2018)

GRÁFICO 2 – VOLUME CONSUMIDO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DE MATINHOS/PONTAL DO PARANÁ, ENTRE OS MESES DE JANEIRO DE 2016 A DEZEMBRO DE 2018.



FONTE: Adaptado de SANEPAR (2016, 2017,2018)

4.1 COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO

Foram calculados o coeficiente do dia de maior consumo para os anos de 2016, 2017 e 2018 no sistema combinado Matinhos e Pontal do Paraná. Em Guaratuba, foi calculado o coeficiente para os anos de 2016 a 2019. Os valores encontrados estão dispostos na TABELA 10.

TABELA 10 – VALORES DE K1 ANUAL REFERENTE AOS ANOS DE 2016 A 2019 PARA GUARATUBA E O SISTEMA COMBINADO DE MATINHOS/PONTAL DO PARANÁ.

Ano	<i>k1 – Guaratuba</i>	<i>k1 – Matinhos/Pontal</i>
2016	2,29	2,65
2017	2,11	2,32
2018	2,20	2,52
2019	2,13	-

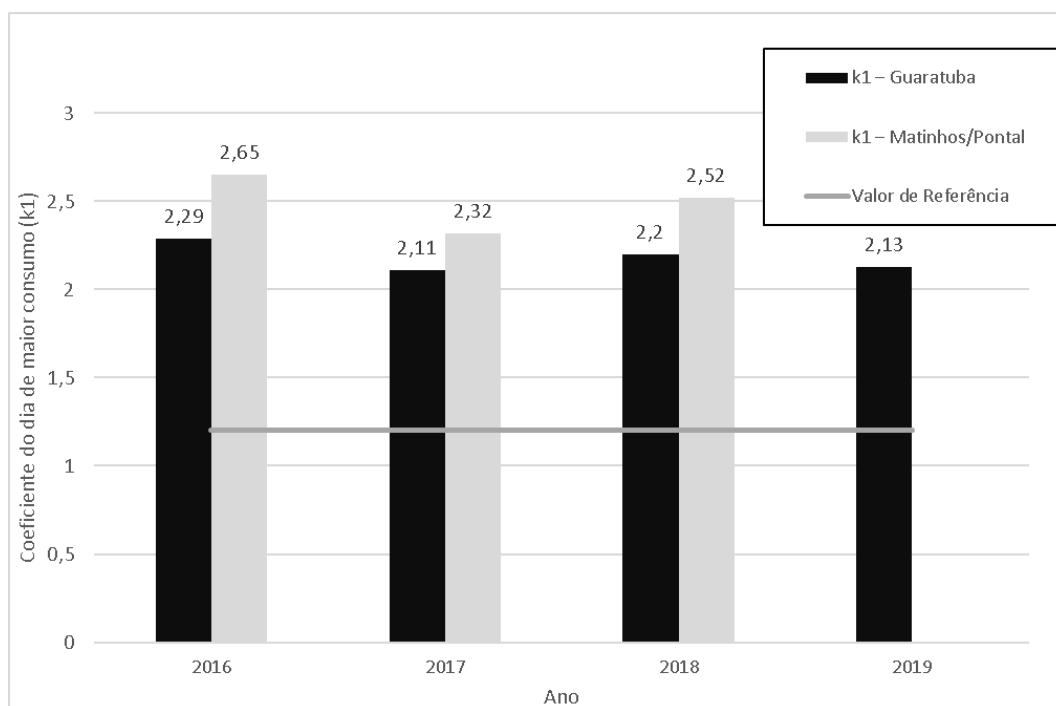
FONTE: Autor (Dados SANEPAR)

Para melhor analisar os coeficientes calculados para Guaratuba e Matinhos/Pontal do Paraná, nos anos de 2016 a 2019, é importante lembrar o valor

referência de 1,2, recomendado por vários autores, inclusive indicado em manual técnico da SANEPAR. No GRÁFICO 3 são apresentados os *k1* dos municípios para os diferentes anos.

O valor de referência 1,2, significa uma variação de 20% para mais ou menos em torno do valor médio de consumo diário no período de um ano. No caso dos dois sistemas considerados (Guaratuba e Pontal/Matinhos), o valor do coeficiente está acima do valor de referência. Guaratuba, em geral, possui valores menores que Matinhos e Pontal do Paraná, e 2 vezes maior que o valor de referência encontrado na literatura. No sistema Matinhos/Pontal encontram-se valores mais altos, chegando a uma variação de 165% em torno do valor médio.

GRÁFICO 3 – COMPARAÇÃO ENTRE OS 3 ANOS DE *K1* CALCULADOS E O RECOMENDADO.



FONTE: o autor (2021)

Os valores do coeficiente de variação de consumo no município de Guaratuba apresentam variação de 18% entre 2016 e 2019. No sistema Matinhos/Pontal nota-se uma mudança maior. Novamente, pode-se relacionar esta característica ao maior impacto da flutuação populacional em cidades menores. Além disto, os municípios de Pontal do Paraná e Matinhos passaram por ampliações no sistema, além de mudanças em seu sistema de operação (informação da companhia).

Os valores encontrados para o coeficiente do dia de maior consumo para alta e baixa temporada, separadamente, estão descritos na TABELA 11.

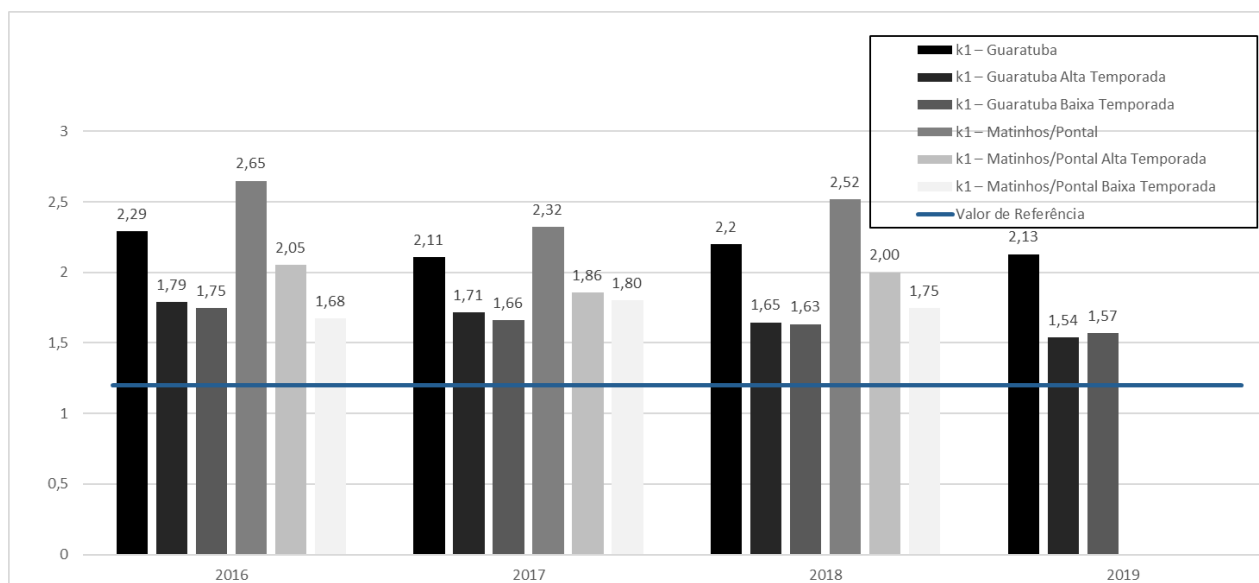
TABELA 11 – COEFICIENTE DO DIA DE MAIOR CONSUMO PARA O GUARATUBA E MATINHOS/PONTAL DO PARANÁ NO PERÍODO DE ALTA E BAIXA TEMPORADA PARA OS ANOS DE 2016 A 2019.

Ano	<i>k1</i> – Guaratuba Alta Temporada	<i>k1</i> – Matinhos/Pontal Alta Temporada	<i>k1</i> – Guaratuba Baixa Temporada	<i>k1</i> – Matinhos/Pontal Baixa Temporada
2016	1,79	2,05	1,75	1,68
2017	1,71	1,86	1,66	1,80
2018	1,65	2,00	1,63	1,75
2019	1,54	-	1,57	-

FONTE: o autor (2021)

Para melhor avaliar os coeficientes calculados da TABELA 11, foi criado o GRAFICO 4 juntamente com o valor de referência de 1,2.

GRÁFICO 4 – COMPARAÇÃO ENTRE OS 4 ANOS DE *K1* CALCULADOS E O RECOMENDADO.



FONTE: o autor (2021)

Analisando o GRÁFICO 4, percebe-se que o cálculo separado de coeficientes para a alta e baixa temporada, diminuíram, porem continuam maior que o valor de referência. É possível dizer que os sistemas do litoral se comportam praticamente como dois sistemas, pois a variação dos consumos em alta e baixa temporada,

quando calculados de forma separada, são mais próximos do valor de referência, do que no período anual. Além disso, fica claro o impacto da sazonalidade no consumo de água, e conseqüentemente nos sistemas de abastecimento de água

O GRÁFICO 4 demonstra a variação de consumo ao longo de um ano, nos quatro anos de dados obtidos. É possível observar como o sistema de abastecimento de água se comporta de diferentes formas em um período de um ano. Este é um fato comum, mas que se torna ainda mais acentuado em pequenas cidades litorâneas, já que no período de baixa temporada o consumo de água é muito inferior ao consumo de alta temporada para o mesmo sistema, apresentando valores duas vezes maiores ou além. Lembra-se que o valor referencial adotado amplamente no Brasil é de uma variação de 20%. Esta característica dificulta o dimensionamento de sistemas de abastecimento de água em cidades de grande variação populacional, como é o caso das cidades em estudo.

4.2 CONSUMO *PER CAPITA* DE ÁGUA

No cálculo do consumo *per capita*, utilizou-se a equação (2). Os valores obtidos estão descritos na TABELA 12, onde são apresentados o consumo médio *per capita* da cidade de Guaratuba para os anos de 2016 a 2019 e Matinhos/Pontal do Paraná para os anos de 2016 a 2018.

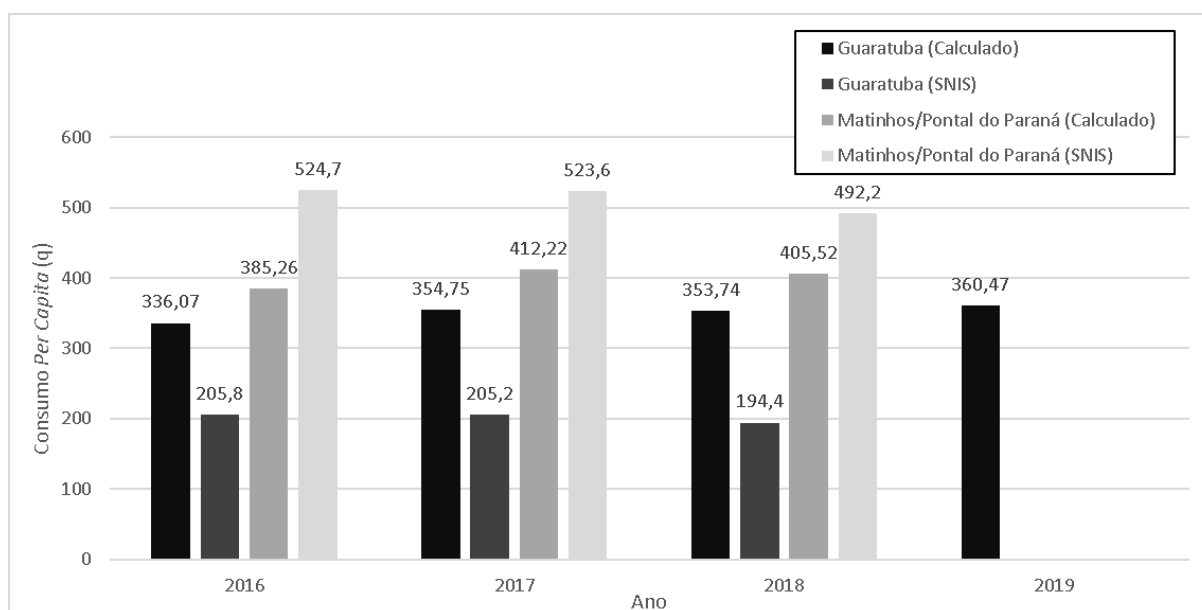
TABELA 12 – CONSUMO MÉDIO *PER CAPITA* EM (L/HABxDIA) DE GUARATUBA E MATINHOS/PONTAL DO PARANÁ PARA OS ANOS DE 2016 A 2019.

Ano	Consumo <i>Per Capita</i> (q)	
	Guaratuba (Calculado)	Matinhos/Pontal do Paraná (Calculado)
2016	336,09	385,26
2017	355,10	412,22
2018	353,53	405,52
2019	360,47	-

FONTE: O autor (2021)

Analisando a TABELA 12, observam-se valores mais altos de consumo *per capita* do que a média nacional 139,9 L/hab.dia (SNIS, 2019). É muito provável que esta alta ocorra devido aos altos consumos no período de alta temporada. Por este motivo foi calculado separadamente as cotas *per capita* de alta e baixa temporada. Para melhor analisar, foram acrescentados os valores de consumo *per capita* disponibilizados na plataforma digital do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para as respectivas cidades e anos (GRÁFICO 5). Vale ressaltar que, como neste trabalho as ETAs de Matinhos e Pontal do Paraná funcionam em conjunto, a análise somou o *per capita* do SNIS para as duas cidades.

GRÁFICO 5 – COMPARAÇÃO DO CONSUMO *PER CAPITA* CALCULADO E DISPONIBILIZADO PELO SNIS.



FONTE: O autor (2021)

Observando o GRÁFICO 5 é possível notar uma discrepância entre os valores de consumo *per capita* obtidos neste trabalho e informados pelo SNIS. A principal diferente é com relação as diferentes metodologias de cálculo entre os 2 estudos.

Para cálculo do consumo *per capita* de baixa e alta temporada utilizou-se a mesma metodologia do anual, considerando, períodos amostrais diferentes. Para a baixa temporada, foi de abril a novembro e em alta temporada de dezembro a março.

Os valores obtidos estão descritos na TABELA 13, juntamente com os *per capita* anual.

TABELA 13 – CONSUMO MÉDIO *PER CAPITA* EM (L/HABxDIA) PARA O PERÍODO DE BAIXA TEMPORADA E ALTA TEMPORADA DE GUARATUBA E MATINHOS/PONTAL DO PARANÁ PARA OS ANOS DE 2016 A 2019.

Consumo Per Capita (q)				
Ano	Guaratuba (Alta Temporada)	Guaratuba (Baixa Temporada)	Matinhos/Pontal do Paraná (Alta Temporada)	Matinhos/Pontal do Paraná (Baixa Temporada)
2016	106,53	290,88	122,52	332,40
2017	109,21	314,36	128,77	361,43
2018	110,59	308,95	128,58	350,89
2019	111,95	316,63	-	

FONTE: O autor (2021)

Analisando os dados da TABELA 13, constata-se um padrão de consumo diferente entre os valores de *per capita* baixa e de baixa temporada.

O provável motivo da variação encontrada é a grande inconsistência populacional nos diferentes períodos. Ainda que o consumo total é maior, o consumo *per capita* foi menor. Com isso, é impossível afirmar que a população de veraneio possua um padrão de consumo superior à população fixa do litoral. Vale ressaltar que entre dezembro e março (alta temporada), os sistemas de abastecimento chegam em sua limitação, desta forma, muitos utilizadores desfrutam de poços artesianos como fonte alternativa de água.

4.3 PERDAS DE ÁGUA E SEUS INDICADORES

Ao calcular as perdas e os índices de perda do sistema de abastecimento para Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, não foi possível calcular os parâmetros para o município de Guaratuba. A Sanepar disponibilizou apenas os dados micromedidos e macromedidos dos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná, no qual o sistema de abastecimento é combinado.

Para o sistema de Guaratuba, como não foi possível dimensionar as perdas, foram retiradas as informações referentes as perdas de abastecimentos disponibilizados nas séries históricas do sistema nacional de informações sobre saneamento. Os dados obtidos foram o índice de perdas por distribuição, o índice bruto de perdas lineares, o índice de perdas por ligação e o índice de perdas por faturamento. Os valores retirados estão descritos na TABELA 14.

TABELA 14 – ÍNDICES DE PERDAS DE ÁGUA DA SÉRIE HISTÓRICA DO SNIS PARA O MUNICÍPIO DE GUARATUBA NOS ANOS DE 2016 A 2019.

Índices de Perdas do SNIS (Guaratuba)				
Ano	Índice de perdas faturamento	Índice de perdas na distribuição	Índice bruto de perdas lineares	Índice de perdas por ligação
2016	8,24	37,25	12,41	205,78
2017	23,84	40,11	13,99	230,74
2018	33,32	43,5	15,39	250,04
2019	33	42,61	14,8	243,91

FONTE: O autor (2021)

Serão utilizados como comparativo os índices de perdas na distribuição e índice de perdas por ligação de Guaratuba, descritos na TABELA 14, os calculados para o sistema integrado de Matinhos/Pontal do Paraná. Os índices de perdas por faturamento e o índice bruto de perdas lineares não serão estudados neste trabalho.

Para melhor analisar as perdas dos SAAs, se fez necessário calcular as perdas para o sistema combinado (Matinhos e Pontal do Paraná). Não foi possível o cálculo dos municípios separadamente, devido aos sistemas se auxiliarem em diversos períodos, não conseguindo distinguir as perdas de apenas uma ETA. Os valores de perdas encontrados para os sistemas combinados estão descritos na TABELA 15.

TABELA 15 – VALORES DA PERDA DO SISTEMA COMBINADO DO MUNICÍPIO DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ

Ano	Perda de Água Anual (p)	
	Sistema Combinado (Matinhos e Pontal do Paraná) m ³ /ano	Sistema Combinado (Produzido)
2016	2.604.787	7.985.974
2017	3.238.109	8.732.169
2018	3.583.130	8.931.556

FONTE: O autor (2021)

Ao comparar os valores encontrados na TABELA 15, nota-se um aumento anual de perdas no sistema combinado, porém este número por si só não é representativo do sistema, já que existe também um crescimento do número de ligações ao longo dos anos.

De acordo com as séries históricas do SNIS, em 2016 o número de ramais para o sistema combinado era de 50.108 ramais, em 2018 o valor subiu para 51.998 ramais, tendo um aumento de 1.890 ramais em um período de 2 anos. Por sua vez, a extensão da rede no mesmo período teve um crescimento de 6 km, tornando-se um dos motivos principais do crescimento anual de perdas. Além disso, é possível que tenha havido um acréscimo no número de turistas, o que consequentemente representa maior consumo, maiores variações de pressão e finalmente, aumento de perdas.

Para melhor analisar os valores de perdas de água anual encontrado para Matinhos e Pontal do Paraná, utilizou-se os índices propostos pela IWA.

O primeiro índice calculado foi o Indicador Percentual, que relaciona o volume total perdido com o volume total produzido ou disponibilizados ao sistema, no período de um ano. Os valores encontrados estão dispostos na TABELA 16.

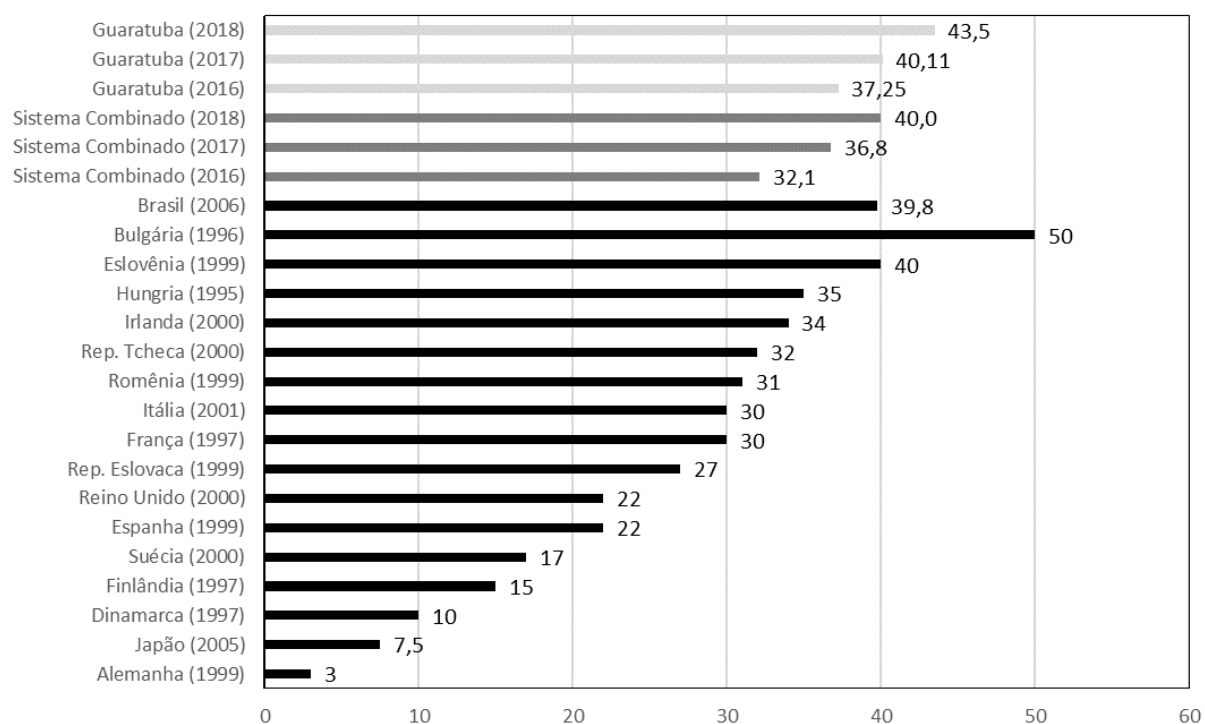
TABELA 16 – INDICADOR PERCENTUAL DE PERDAS DE ÁGUA DO SISTEMA COMBINADO DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ

Indicador Percentual de Perdas de Água	
Ano	Sistema Combinado de Matinhos e Pontal do Paraná (%)
2016	32,13
2017	36,75
2018	40,01

FONTE: O autor (2021)

Comparando com valores de indicadores de perdas em porcentagem dos sistemas de abastecimentos de água de Guaratuba e o integrado de Matinhos e Pontal do Paraná com alguns países da Europa, Asia e Brasil obtemos a GRÁFICO 6.

GRÁFICO 6 – PERDAS DE ÁGUA DE SISTEMA URBANOS EM %



FONTE: Adaptado de EEA (2003), MHLW (2007) e PMSS/SNIS (2007).

Analisando os índices percentuais calculado neste trabalho com os valores descritos na GRÁFICO 6, constata-se que o índice calculado está abaixo do valor de

médio brasileiro nos anos de 2016 e 2017. Porém, no ano de 2018 se equivale. Para Guaratuba, o valor está abaixo no ano de 2016, com tudo, em 2017 e 2018 os valores são superiores.

Comparando com outros países, as perdas em porcentagem calculados neste trabalho estão abaixo da Bulgária com 50% e próximo de países de primeiro mundo como Itália, Irlanda e Hungria com valores de 30, 34 e 35 % (para os anos citados na tabela), respectivamente.

Os valores encontrados para o índice de perdas por ramal (IPR), estão descritos na TABELA 17, juntamente com os valores disponíveis para Guaratuba no SNIS para os anos de 2016 a 2018.

TABELA 17 – INDICADOR DE PERDAS POR RAMAL CALCULADO DO SISTEMA COMBINADO DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ E O VALOR PARA GUARATUBA DO SNIS

Indicador de Perdas por Ramal		
Ano	Sistema Combinado de Matinhos e Pontal do Paraná (L/ramal/dia)	Sistema de Guaratuba SNIS (L/ramal/dia)
2016	104,60	205,78
2017	127,97	230,74
2018	139,68	250,04

FONTE: O autor (2021)

Em comparação a outros sistemas nacionais, o IPR do sistema combinado e o SNIS para Guaratuba para os anos de 2016 a 2018 está abaixo dos valores encontrados para a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), com o valor de 260 L/ramal/dia. O de Matinhos/Pontal, por sua vez, está abaixo até mesmo de países desenvolvidos, como Inglaterra e País de Gales, cujo valor esta em 141 L/ramal/dia.

Os índices apresentam valores superiores a países como Austrália (63 L/ramal/dia), Países Baixos (27 L/ramal/dia) e próximo dos valores de Portugal (116 L/ramal/dia).

TABELA 18 – INDICADORES MÉDIOS DE PERDA POR RAMAL.

Indicador de Perdas por Ramal	
Países, Regiões e Sistemas	IPR (L/ramal/dia)
Países Baixos	27
Austrália	63
Sistema Combinado (2016)	104,6
Portugal	116
Sistema Combinado (2017)	127,97
Sistema Combinado (2018)	139,68
Inglaterra e País de Gales	141
Guaratuba (2016)	205,78
Guaratuba (2017)	230,74
Guaratuba (2018)	250,04
Sabesp (Estado de SP/Brasil)	260

FONTE: ADAPTADO DE OFWAT (2008) E PMSS/SNIS (2007)

No cálculo do índice Infraestrutural de Perdas (IIE) se fez necessário utilizar a relação entre o volume de perdas anual e as perdas inevitáveis anuais. Para isso foi necessário calcular as perdas inevitáveis para o ano de 2016 a 2018 para o sistema combinado de Matinhos e Pontal do Paraná que estão descritos na TABELA 19.

TABELA 19 – PERDAS INEVITÁVEIS ANUAIS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO COMBINADO DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ

Perdas Inevitáveis Anuais	
Ano	Sistema Combinado de Matinhos e Pontal do Paraná (m³/ano)
2016	1003035
2017	991650,3
2018	1002016

FONTE: O autor (2021)

Utilizado os valores das perdas inevitáveis anual se obteve os índices de infraestrutura de perdas (IIE), que estão descritos na TABELA 20.

TABELA 20 – ÍNDICE DE INFRAESTRUTURA DE PERDAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO COMBINADO DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ

Índice de Infraestrutura de Perdas	
Ano	Sistema Combinado de Matinhos e Pontal do Paraná (adimensional)
2016	2,60
2017	3,27
2018	3,58

FONTE: O autor (2021)

O Banco Mundial desenvolveu um guia geral através do software World Bank Easy Calc (WB, 2006), apresentado na TABELA 21 e que será discutido posteriormente, estabelecendo valores de IIE e perdas reais em L/ligação x dia para sistemas de países desenvolvidos e em desenvolvimento, com diferentes faixas de pressão de operação. Dessa forma, é possível verificar se o sistema se encontra ou não em níveis aceitáveis, e direcionar melhor as ações.

TABELA 21 – GUIA GERAL PARA AVALIAÇÃO DO BANCO MUNDIAL

Categoria de Performace Técnica	IIE	litros/ligação/dia (quando o sistema está pressurizado) numa pressão média de:					
		10 mca	20 mca	30 mca	40 mca	50 mca	
País Desenvolvido	A	1 - 2	<50	<75	<100	<125	
	B	2 - 4	50-100	75-100	100-200	125-250	
	C	4 - 8	100-200	150-300	200-400	250-500	
	D	> 8	>200	>300	>400	>500	
País em Desenvolvimento	A	1 - 4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	> 400	> 600	> 800	> 1000

A: Redução adicional de perda pode não ser economia, ao menos que haja insuficiência de abastecimento; são necessárias análises mais criteriosas para identificar o custo de melhoria efetiva.

B: Potencial para melhorias significativas; considerar o gerenciamento de pressão; práticas melhores de controle ativo de vazamentos, e uma melhor manutenção da rede.

C: Registro deficiente de vazamentos; tolerável somente se a água é abundante e barata; mesmo assim, analise o nível e a natureza dos vazamentos e intensifique os esforços para redução de vazamentos.

D: Uso muito ineficiente dos recursos; programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário.

FONTE: Software World Bank Easy Calc (WB, 2006).

Analisando os valores de IIE calculados com os da TABELA 18, nota-se que os o sistema Matinhos/Pontal do Paraná está na categoria de performance técnica de países em desenvolvimento na classe b, considerando uma pressão de 10 mca.

Isso determina, de acordo com o guia geral para avaliação do banco mundial, que o sistema é potencial para melhorias significativas, sendo necessário considerar o gerenciamento de pressão, analisar práticas melhores de controle ativos de vazamentos e adotar uma melhor manutenção da rede.

Para finalizar a questão dos indicadores de perdas, deve-se mencionar que, apesar das evoluções no assunto, ainda não existe um indicador perfeito, devendo-se analisar o conjunto dos indicadores e verificar qual retrata melhor a situação das perdas naquele sistema.

5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho avaliou-se o consumo dos sistemas de abastecimento de água de Guaratuba, Matinhos e Pontal do Paraná, calculando o consumo per capita e o coeficiente do dia de maior consumo em diferentes períodos. Para melhor compreensão do consumo, também foi analisado as perdas dos sistemas.

Com base nos objetivos propostos, serão apresentadas as principais conclusões. O coeficiente do dia de maior consumo de Guaratuba e Matinhos/Pontal do Paraná estão acima dos valores de referência amplamente recomendados na literatura. Porém, quando analisados em diferentes períodos (baixa e alta temporada), constata-se um perfil de variação de consumo mais próximo ao representado pelo valor 1,2. Esta observação implica que o valor de referência amplamente recomendado na literatura para o coeficiente de variação de consumo não representa a realidade de sistemas de abastecimento de água em cidades litorâneas e turísticas do litoral do paraná, sendo este fato ainda mais crítico no caso de pequenos municípios. Notamos que nestes casos, o sistema possui dois períodos bastante diferenciados de funcionamento, alta e baixa temporada.

Sobre o consumo *per capita*, pode-se verificar que as cidades em estudo possuem valores acima da média nacional de 139,9 L/hab.dia e superior aos valores descritos pelo SNIS para os mesmos sistemas. Quando realizado o cálculo do consumo *per capita* para os períodos de alta e baixa temporada, notam-se padrões diferentes de consumo. Apesar do consumo total ser maior, o consumo individual (*per capita*) foi menor. Deste modo, não   possível afirmar que a popula o de veraneio possua um padrão de consumo superior   popula o fixa do litoral. É importante lembrar que na alta temporada o sistema de abastecimento de água no litoral alcança o seu limite e muitos usuários utilizam fontes de água alternativas (poços). Dessa forma, é muito provável que o grande número de pessoas, aliado ao limite do sistema, ocasionem os menores valores de consumo *per capita* e camuflam a varia o no padrão de consumo.

Sobre as perdas nos sistemas, como ressaltado pela literatura técnica, o  ndice Percentual sozinho não é um bom representativo do cenário de perdas. O  ndice de Infraestrutura de Perdas trouxe importantes reflexões ao classificar o sistema de abastecimento dos três municípios como sujeitos a melhorias significativas, embora possuam valores aceitáveis considerando a realidade nacional. Entre as medidas

amplamente adotadas para o alcance da eficiência energética estão o gerenciamento de pressão, a análise de melhores práticas de controle ativos de vazamentos e adotar uma melhor manutenção preventiva da rede.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, Helena et al. **Performance indicators for water supply services**. IWA publishing, 2016.

ANDREOLI, Cleverson Vitório et al. Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba, impostos pela escassez de água. *Sanepar, Curitiba*, v. 12, n. 12, p. 31-42, 1999.

BACELLAR, Ruy Honório. *Instalações Hidráulicas e Sanitárias: domiciliares e industriais*. 1976.

BEM PARANÁ. População do Litoral Paraná Quadruplica da Temporada de Verão. Curitiba, 2017. Disponível em: <https://www.bemparana.com.br/noticia/populacao-do-litoral-do-parana-quadruplica-na-temporada-de-verao#.XuJKmUVKjIU>. Acesso em: 11 Fev. 2021.

BERENHAUSER, Carlos José Botelho; PULLICI, Clovis. Previsão de consumo de água por tipo de ocupação do imóvel. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 1983. p. 12.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água. In: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA- Documento Técnico de Apoio nº A 2. 80 p. Brasília, DF: 2003. Versão preliminar para discussão.

COMPANHIA DE ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SANEPAR). Diretrizes para Elaboração de Simulação Hidráulica. Curitiba, 2014. Disponível em: http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mps-versao-2014/modulo_10_4_-_diretrizes_simulacao_hidraulica_-_saa_revisao_2014.pdf. Acesso em: 10 Jun. 2020.

DA SILVA, F. J. A.; ALMEIDA, MMM; SILVA, AEL. Comparação da qualidade de água entre bacias cearenses. **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, v. 7, 2004.

DA SILVA, Fernando José Araújo. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Revista Tecnologia**, v. 26, n. 1, 2005.

DIAS, David Montero; MARTINEZ, Carlos Barreira; LIBÂNIO, Marcelo. Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 15, n. 2, p. 155-166, 2010.

DINIZ, Aldo Roberto Silva et al. Avaliação do controle de perdas físicas em redes de distribuição de água da região metropolitana de São Paulo. 2012.

ELEOTERO, Bruno Comunello. Redução dos custos com energia elétrica em sistemas de bombeamento-estudo de caso sistema de abastecimento de água de Capinzal/Ouro, SC. 2008.

FALKENBERG, Alex Vieira. Previsão de consumo urbano de água em curto prazo. **UFPR. Curitiba**, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2050: Water supplies to dwindle in parts of the world, threatening food security and livelihoods. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/en/item/283255/icode/>. Acesso em: 10/02/2021.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde (1991). Manual de Saneamento. 2, ed. rev., Brasília, Fundação Nacional de Saúde, 408 p.

G1. Duas a cada pessoas sofrerão com falta de água em 2050, diz ONU. Disponível em: <http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/04/duas-de-cada-tres-pessoas-sofrerao-com-falta-de-agua-em-2050-diz-onu.html>. Acesso em: 11 Jun. 2020.

GOMES, Heber P. Sistemas de bombeamento. **João Pessoa, Editora Universitária UFPB**, 2009.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Secretaria do Estado de Turismo. Estudo da demanda turística litoral-PR 2000-2006. Curitiba, 2008. Disponível em: 57 <http://www.turismo.pr.gov.br/arquivos/File/estatisticas_2012/Litoral_2000_2006.pdf> . Acesso em: 25/10/2014

GUIDI, Jose Marcius Marson et al. Análise da variação do consumo de água utilizando dados obtidos por sistemas supervisores remotos: estudo de caso: município de Franca-SP. 2016.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006.

KÖRÖSSY, Nathália et al. Turismo e Desenvolvimento Sustentável em Fernando de Noronha (Pernambuco–Brasil): Uma Análise a partir do consumo de água. Revista Turismo & Desenvolvimento, n. 10, p. 107-121, 2008.

LAMBERT, Allan. Ten years experience in using the UARL formula to calculate infrastructure leakage index. In: **Proc. IWA Conf. Water loss, Cap Town, South Africa**. 2009.

MALHEIRO, Rui Miguel Gonçalves et al. Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem. 2011.

MARTINS, José A. et al. Planejamento de Sistemas de Abastecimento de Água. Curitiba, Imprensa da Universidade Federal do Paraná, 1973.

MATOS, Jennifer Conceição Carvalho Teixeira de. Proposição de método para definição de cotas per capita mínimas de água para consumo humano. 2007.

MELATO, Débora Soares. **Discussão de uma metodologia para diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de**

abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOTTA, Renato Gonçalves da. **Importância da setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público.** 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NBR, ABNT. 12.211: Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água. **Rio de Janeiro**, 1992.

OLEIVEIRA, J. I.; LUCAS FILHO, M. Caracterização do consumo per capita de água na cidade de Natal: uma análise socioeconômica, 2003. 1CD ROOM.

ONU, ONU: 4,5 bilhões de pessoas não dispõem de saneamento seguro no mundo. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-45-bilhoes-de-pessoas-nao-dispoem-de-saneamento-seguro-no-mundo/>> Acesso em: 02 de abril de 2020.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. **Monografia de Especialização em Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. 36p**, 2010.

ROSEN, George. Uma história da saúde pública. In: **Uma história da saúde pública.** 1994. p. 423-423.

SILVA, F. C. et al. Panorama de perdas em sistemas de abastecimento de água. **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, v. 7, 2004.

SAMUEL, Paulo Robinson da Silva. Alternativas sustentáveis de tratamento de esgotos sanitários urbanos, através de sistemas descentralizados, para municípios de pequeno porte. 2012.

Secretaria de Segurança Pública. Disponível em:

<http://www.seguranca.pr.gov.br/Noticia/Populacao-aprova-espetaculo-de-fogos-no-Litoral-do-estado-na-chegada-do-Ano->

Novo#:~:text=O%20maior%20espet%C3%A1culo%20de%20queima,pessoas%20no%20R%C3%A9veillon%20deste%20ano. Acesso em: 22 fev. 2021.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2018. (2019). Brasília, MCIDADES. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf. Acesso em: 11 Jun. 2020.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2019. Brasília, MCIDADES. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagnostico-SNIS-AE-2019-Capitulo-07.pdf>. Acesso em: 11 Fev 2021.

SOUZA, Deyvison Luiz Andrade de. Análise dos impactos ambientais relacionados às perdas de água em rede de distribuição: estudo de caso em Olinda/PE. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

TARDELLI FILHO, J. Controle e Redução de Perdas, In: TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de Água*, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. ABES, 2001.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água. 1º Edição, São Paulo**. DHS/POLI-USP. 2006. 643p.

VON SPERLING, M. **Princípio de tratamento biológico de águas residuárias**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.