



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

LUANA GABRIELLY PINHEIRO DA SILVA

**ESTIMATIVA DE TARIFAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA VILA
RESIDENCIAL DA ELETRONORTE EM TUCURUÍ-PA.**

TUCURUÍ
2023

LUANA GABRIELLY PINHEIRO DA SILVA

**ESTIMATIVA DE TARIFAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA VILA
RESIDENCIAL DA ELETRONORTE EM TUCURUÍ-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador(a): Dr. Davi Edson Sales e Souza

TUCURUÍ
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P654e Pinheiro da Silva, Luana Gabrielly.
ESTIMATIVA DE TARIFAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE
ÁGUA NA VILA RESIDENCIAL DA ELETRONORTE EM
TUCURUÍ-PA / Luana Gabrielly Pinheiro da Silva. — 2023.
61 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Davi Edson Sales E Souza
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de
Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2023.

1. Sistema de Abastecimento de Água. 2. Monitoramento.
3. Parâmetros de projeto. 4. Consumo sustentável. 5.
Tarifação. I. Título.

CDD 363.61

LUANA GABRIELLY PINHEIRO DA SILVA

**ESTIMATIVA DE TARIFAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA VILA
RESIDENCIAL DA ELETRONORTE EM TUCURUÍ-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação: 13/12/2023

Conceito: Excelente

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Davi Edson Sales e Souza - Orientador
Universidade Federal do Pará – CAMTUC/FAESA

Professor Dr. Raynner Menezes Lopes – Examinador interno
Universidade Federal do Pará – CAMTUC/FAESA

Professor Me. Maycon Magalhães Castro – Examinador externo
Universidade Federal do Pará – CAMTUC/FEM

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder saúde e sabedoria ao longo desses cinco anos de curso. A minha mãe, Wilma, que sempre vibrou com cada conquista e a cada nota boa ao longo dessa jornada, foi meu porto seguro, sua presença foi como um farol que me iluminava nos momentos desafiadores, nunca mediu esforços para me apoiar nos meus sonhos, sempre trabalhou muito para me proporcionar um ensino de qualidade para que eu tivesse a oportunidade de cursar o ensino superior na maior e melhor Universidade Federal do Pará. Mãe, nós conseguimos!

A toda minha família que sempre acreditou em mim, em especial a minha tia Iris Regina, que sempre tinha uma palavra de conforto nos momentos difíceis, sua generosidade em me ajudar demonstram a pessoa incrível que você é, e a sua orientação e encorajamento foram essenciais para meu sucesso acadêmico e profissional.

A todo corpo docente da universidade que foram além de professores, foram mentores, guias e inspirações. Em especial ao meu orientador, Davi Sales, minha eterna gratidão, obrigada por sempre me motivar e acreditar no meu potencial. Obrigada por investir tempo, energia e paixão na criação desse trabalho.

A minha dupla de faculdade, Amanda Sena, por compartilhar sonhos, risos, choros e vários momentos que sempre levarei no meu coração, você foi essencial durante esses anos, obrigada por tudo.

A Esquadro Projetos e Consultoria, a empresa júnior do meu coração, minha eterna gratidão por todo aprendizado profissional, a todos os amigos que fiz durante minha jornada no Movimento Empresa Júnior e que me ensinaram a ser líderes pelo exemplo, tenho um respeito enorme por todos vocês.

Minha amiga Emilda, você faz parte dessa história, obrigada por todas as palavras e incentivos, pelo ombro amigo, por todas as risadas e por todas as histórias que criamos ao longo desse tempo.

A Atlético Predadores e a todos os amigos que fiz ao longo do curso, vocês fazem parte disso também, amo todos vocês!

E por último, a pequena Stella, minha filha, chegou para completar o combo, e é a cereja do bolo de toda minha história, você chegou para fazer nossa família ser muito mais feliz, te amo para sempre!

RESUMO

A conscientização sobre o consumo responsável é fundamental, pois a água doce é um recurso limitado e muitas regiões enfrentam desafios significativos de escassez. A promoção de práticas sustentáveis no uso doméstico, industrial e agrícola é crucial para preservar a qualidade e quantidade da água disponível. Neste contexto, este trabalho apresentou uma metodologia para estimar o consumo de água no bairro Vila Residencial da Eletronorte (VRE), Tucuruí-PA. A cidade, devido à ausência de tarifação do recurso, enfrenta desafios na oferta de serviços que podem ser aprimorados para atender às expectativas da comunidade. A tipologia das residências do bairro varia entre a categoria A (casas maiores e com construção de alvenaria) até a categoria D (casas menos de construção mista). A metodologia iniciou com o monitoramento de duas residências (tipo B e D) com hidromedição, nos meses de março e agosto de 2023. Os dados foram tabulados e tratados com estatística descritiva. Foram estimados os parâmetros de projetos para o sistema de abastecimento de água e, a partir disso, a tarifação para cada residência, considerando o cenário de cobrança da concessionária atuante no Estado. Os resultados apontam um consumo insustentável por parte dos moradores com valores per capita que chegam a 11.088 L/hab.dia (B) e 8.600 L/hab.dia (D). O clima da região, a idade do sistema, possíveis vazamentos, o consumo insustentável dos residentes e, principalmente, a não tarifação podem ter influenciado no consumo excessivo. De acordo com a metodologia, as casas B foram tarifadas em R\$ 4.632,06 e R\$ 5.975,61 nos meses de março e agosto, respectivamente, e a residência D foi tarifada em R\$ 3.595,15 e R\$ 4.632,73 em março e agosto, respectivamente. Por isso, é recomendado a utilização de dispositivos de medição para um monitoramento efetivo, e exibir a importância da conscientização sustentável e a tarifação de água como alternativa de promover redução desse consumo.

Palavras-chave: sistema de abastecimento de água; monitoramento; parâmetros de projeto; consumo sustentável; tarifação.

ABSTRACT

Raising awareness about responsible consumption is critical as freshwater is a limited resource and many regions face significant challenges of scarcity. Promoting sustainable practices in domestic, industrial and agricultural use is crucial to preserving the quality and quantity of available water. In this context, this work presented a methodology to estimate water consumption in the Vila Residencial da Eletronorte (VRE) neighborhood, Tucuruí-PA. The city, due to the lack of pricing for the resource, faces challenges in offering services that can be improved to meet the community's expectations. The typology of residences in the neighborhood varies from category A (larger houses with masonry construction) to category D (houses with less mixed construction). The methodology began with the monitoring of two residences (type B and D) with hydrometering, in the months of March and August 2023. The data were tabulated and treated with descriptive statistics. The project parameters for the water supply system were estimated and, based on this, the pricing for each residence, considering the charging scenario of the concessionaire operating in the State. The results point to unsustainable consumption by residents with per capita values reaching 11,088 L/person day (B) and 8,600 L/person day (D). The region's climate, the age of the system, possible leaks, the unsustainable consumption of residents and, mainly, the lack of tariffs may have influenced excessive consumption. According to the methodology, houses B were charged R\$4,632.06 and R\$5,975.61 in the months of March and August, respectively, and house D was charged R\$3,595.15 and R\$4,632.73 in March and August, respectively. Therefore, it is recommended to use measuring devices for effective monitoring, and to highlight the importance of sustainable awareness and water pricing as an alternative to promoting a reduction in water consumption.

Keywords: water supply system; monitoring; design parameters; sustainable consumption; pricing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Unidades de um Sistema de Abastecimento de Água	15
Figura 2- Estação elevatória de água bruta.....	16
Figura 3- Adutora de um SAA	16
Figura 4- Etapas de uma Estação de Tratamento de Água	17
Figura 5- Reservatório de abastecimento de água na concessionária do estado (COSANPA)	17
Figura 6- Rede ramificada	18
Figura 7- Rede malhada.....	18
Figura 8- Rede mista	19
Figura 9- Consumo de água no Brasil	25
Figura 10 – Localização da VRE no município de Tucuruí.	27
Figura 11 – Sistema de abastecimento de água da VRE	29
Figura 12 – Tipo de hidrômetro utilizado no monitoramento de água da VRE	29
Figura 13- Croqui da planta baixa da residência tipo B	30
Figura 14 - Croqui da planta baixa da residência tipo D	31
Figura 15 – Padrão de consumo horário no mês de março na residência tipo B.....	38
Figura 16 - Padrão de consumo horário no mês de agosto da residência tipo B	39
Figura 17 - Padrão de consumo diário nos meses de março e agosto da residência tipo B.....	40
Figura 18- Padrão de consumo horário no mês de março na residência D	44
Figura 19- Padrão de consumo horário no mês de agosto na residência D	45
Figura 20- Padrão de consumo nos meses de março e agosto na residência D	46
Figura 21 – Consumo mensal das residências B e D e o valor de referência da categoria R3.	48
Figura 22 - Consumo e tarifa diários de água na residência B no mês de março	52
Figura 23 - Consumo e tarifa diários de água na residência B no mês de agosto.....	52
Figura 24 - Consumo e tarifa diários de água na residência D no mês de março	53
Figura 25 - Consumo e tarifa diários de água na residência D no mês de agosto.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Categorias e subcategorias de economia em função das características imobiliárias	33
Tabela 2 - Tarifas mínimas para água e esgoto, de acordo com a classificação da categoria e subcategoria do imóvel.....	33
Tabela 3- Monitoramento da casa B no mês de março.....	36
Tabela 4 - Monitoramento da casa B no mês de agosto	37
Tabela 5- Monitoramento residência D no mês de março.....	42
Tabela 6- Monitoramento residência D o mês de agosto	43
Tabela 7 - Dados tratados e calculados da residência tipo B	47
Tabela 8- Relação entre a precipitação, umidade e temperatura no consumo de água	49
Tabela 9- Coeficientes do dia de maior consumo ($K1$) ao longo dos anos	50
Tabela 10- Coeficientes da hora de maior consumo ($K2$) ao longo dos anos	51
Tabela 11 – Tarificação da residência tipo B para os meses de monitoramento e para o valor de referência R3.....	51
Tabela 12 – Tarificação da residência tipo D para os meses de monitoramento e para o valor de referência R3.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	JUSTIFICATIVA	12
3	OBJETIVOS	13
3.1	OBJETIVO GERAL	13
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4	REVISÃO DA LITERATURA	14
4.1	SISTEMA DE ABATECIMENTO DE ÁGUA (SAA)	14
4.1.1	Unidades componentes do sistema de abastecimento de água	14
4.2	MONITORAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	19
4.2.1	Consumo per capita	21
4.2.2	Consumo efetivo per capita	22
4.2.3	Coefficiente do dia de maior consumo (K1)	22
4.2.4	Coefficiente da hora de maior consumo (K2)	22
4.3	DESPERDÍCIO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO	23
4.4	TARIFAÇÃO PELO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	24
4.4.1	Sustentabilidade no consumo de água	25
5	METODOLOGIA	27
5.1	ÁREA DE ESTUDO	27
5.1.1	Sistema de abastecimento de água da VRE	28
5.2	MONITORAMENTO DE ÁGUA NA VRE.....	29
5.2.1	Residência tipo B	30
5.2.2	Residência tipo D	31
5.3	DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA NA VRE	32
5.3.1	Consumo de efetivo per capita água (qe)	32
5.3.2	Consumo per capita água (q)	32
5.3.3	Coefficiente do dia de maior consumo (K1) e da hora de maior consumo (K2)	32
5.4	ESTIMATIVA DE TARIFAÇÃO	33
5.5	SUSTENTABILIDADE NO CONSUMO DE ÁGUA DA VRE	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
6.1	MONITORAMENTO DAS RESIDÊNCIAS	35
6.1.1	Residência tipo B	35
6.1.2	Residência tipo D	41

6.1.3	Análise e tratamento dos resultados	47
6.2	TARIFAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS	51
6.2.1	Residência tipo B	51
6.2.2	Residência tipo D	53
7	CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A tarifação da água no Brasil é um tema relevante, pois a gestão dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso têm implicações significativas para a sociedade e o meio ambiente. No contexto da Região Norte, e em particular no Estado do Pará, a discussão sobre a tarifação da água assume características específicas, dada a sua importância geográfica, demográfica e econômica na região. De acordo com Franco *et al.*, (2019), é necessário que haja um monitoramento adequado para a utilização dos recursos hídricos, além de métodos que possam acompanhar o comportamento dos usuários de maneira sustentável.

A tarifação da água, embora seja competência dos estados e municípios, deve seguir diretrizes gerais estabelecidas em nível federal. No Brasil, a tarifação da água é regida pela Lei Federal nº 9.433/1997, que estabelece o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). De acordo com essa lei, a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e integrada, promovendo a participação da sociedade na tomada de decisões.

O estado do Pará é composto por 144 municípios (IBGE, 2022) dos quais 52 municípios (36,11%) são gerenciados pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), a qual estabelece as regras e as taxas a serem aplicadas no serviço de abastecimento de água. A estrutura tarifária varia de acordo com o consumo de água de cada imóvel, e ela deve levar em consideração fatores como o uso residencial, industrial, agrícola e comercial da água. No Pará, nem todos os municípios possuem empresas responsáveis pelo abastecimento de água, o que acaba enfraquecendo a tarifação e o faturamento das concessionárias, inclusive a universalização do saneamento prevista nos objetivos da Organização das Nações Unidas atualizados recentemente. Diante disto, alguns trabalhos têm buscado incentivar a tarifação e o compromisso sustentável de consumo de água residencial, visando promover o abastecimento seguro e confiável de recursos hídricos (BARRA & PORTUGUÊS, 2018; FRANCO *et al.*, 2019).

Para Vieira *et al.*, (2019), nas últimas décadas houve um aumento significativo nos investimentos voltados para o abastecimento da água, o objetivo principal é levar uma água de qualidade para o maior número de pessoas possíveis. Vale ressaltar que, a cobrança pelo uso da água é uma maneira de garantir a qualidade do abastecimento, garantindo a manutenção e operação dos sistemas de saneamento, fazendo com que os serviços sejam prestados de forma confiável.

Nesse contexto, o presente estudo conduziu uma investigação em um município, especificamente em um bairro considerado de alto padrão, localizado no Estado do Pará, onde

não é aplicado tarifação pelo serviço de abastecimento de água. O objetivo do trabalho foi realizar o monitoramento e, a partir do gasto hídrico dos moradores, estimar a tarifação da água no bairro.

2 JUSTIFICATIVA

O trabalho foi conduzido no município de Tucuruí, estado do Pará, região Norte do Brasil. Atualmente, poucas casas possuem monitoramento por hidrômetro, pelo fato do serviço de abastecimento de água não ser tarifado. Na cidade, existe um bairro, denominado Vila Residencial da Eletronorte, que pode ser considerado de alto padrão, pois, conta com todos os serviços de saneamento básico e é onde residem a maioria das pessoas com melhor poder aquisitivo.

Na VRE, os serviços de saneamento básico eram de responsabilidade da empresa Eletrobrás, que realizava a coleta de resíduos e efetuava a manutenção dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais. Entretanto, no ano de 2021, conforme a Lei de nº 14.182/21, a empresa foi privatizada e os serviços de saneamento básico passaram a ser de responsabilidade da gestão municipal, a qual tem questionado a qualidade dos serviços, especialmente o de abastecimento de água (BARRA & PORTUGUÊS, 2018). Por exemplo, frequentemente são compartilhados relatos sobre a qualidade da água que chega às residências na área urbana, indicando áreas que podem beneficiar de melhorias.

Além disso, houve recentemente algumas observações críticas por parte de moradores da VRE em relação a este serviço. Ouve-se a insatisfação municipal, porém, como o município não tarifa pelo serviço de água, é comum não existir mobilização popular, que consentem e não valorizam este bem, apresentando, muitas vezes, um perfil de consumo insustentável, frequentemente justificado pelo conforto hídrico da população ou pela falta de consciência ambiental, com desperdício da água purificada lesando o município.

Por conta disso, espera-se a cobrança de tarifa pelo serviço de abastecimento de água em breve, visto a necessidade de adequar a estrutura para o abastecimento da população de Tucuruí, com água de qualidade e em quantidade suficientes para as atividades diárias. Este estudo, portanto, é um ponto de partida e incentivo a tarifação de água em Tucuruí, com o objetivo de mostrar o perfil de consumo, a partir de monitoramento com hidrômetro, de algumas casas do município, em particular, da VRE, que, assim como a sede municipal, pode enfrentar desafios em relação à manutenção da qualidade do serviço nos próximos anos.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade e eficácia da implementação de tarifação no abastecimento de água de um bairro, utilizando o dispositivo de medição hidrômetro, visando aprimorar a gestão e promover o uso sustentável dos recursos hídricos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a eficácia do uso de hidrômetros na medição individualizada do consumo de água em residências do bairro, buscando identificar padrões e comportamentos de consumo;
- Avaliar o impacto econômico e social da implementação da tarifação de abastecimento de água no bairro, considerando aspectos como a eficiência do consumo e o incentivo à conservação dos recursos hídricos;
- Coletar dados precisos e confiáveis por meio dos hidrômetros para analisar padrões de consumo de água, identificando variações sazonais e períodos de maior demanda.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 SISTEMA DE ABATECIMENTO DE ÁGUA (SAA)

Levar água potável a uma comunidade deve ser a primeira ação sanitária e social que um programa de saneamento deve implementar. O abastecimento de água constitui o ponto central de um conjunto de ações para promover o saneamento e, conseqüentemente, a saúde pública (FUNASA, 2019).

Com o passar dos anos, foi necessário a criação de um sistema que distribuísse de maneira eficiente a água para o consumo humano, além da necessidade de abastecimento em lugares que eram mais distantes, com isso, foi-se aumentando a necessidade do uso da água em maior quantidade. Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) são infraestruturas responsáveis pelo transporte de água para comunidades com regularidade, segurança e qualidade (SOBRINHO & BORJA, 2014).

Um sistema de abastecimento de água é construído após realizar um estudo de diversos fatores que influenciam no tipo de sistema, de um modo geral, as concepções de sistemas de abastecimento dependem principalmente do tipo de manancial, da topografia da área e da população a ser atendida (TSUTYIA, 2006).

Atualmente as principais atividades que necessitam do consumo da água são: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, e irrigação. Claro que existem outras atividades como recreação, pesca, uso público entre outros que também consomem água, no entanto, em quantidade relativamente menores.

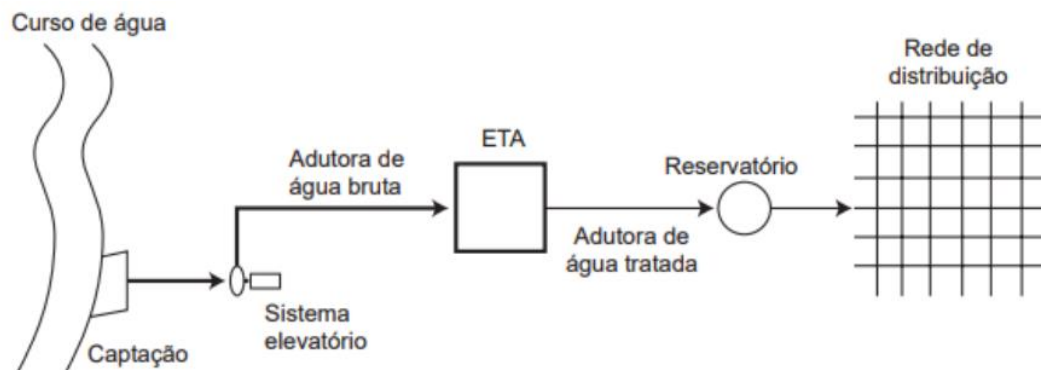
4.1.1 Unidades componentes do sistema de abastecimento de água

Um SAA é constituído pelas seguintes componentes (BRAGA *et al.*, 2005):

- a) Manancial: Fonte de água superficial ou subterrânea que serve para o abastecimento de comunidades ou utilizada em atividades econômicas.
- b) Captação: Unidade do sistema responsável pela retirada de água do manancial, necessita do auxílio de equipamentos para seu funcionamento.
- c) Adução: Parte do sistema composta por tubulações por onde passa a água captada até a próxima unidade, é recomendado que se utilize a gravidade para evitar gastos adicionais no SAA.
- d) Tratamento: Unidade responsável pela qualidade da água no sistema, é necessário que água existente no manancial esteja dentro do padrão de potabilidade conforme prevê a Portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011.

- e) Reservatório de distribuição: Local onde a água tratada é armazenada para a utilização da população atendida e eventuais emergências.
- f) Rede de distribuição: última etapa do SAA, onde ocorre a distribuição da água para a comunidade atendida através do reservatório de distribuição ou direto da adutora quando não há necessidade de tratamento. A Figura 1 exemplifica as unidades que compõem um SAA convencional.

Figura 1- Unidades de um Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: (TSUTIYA, 2006)

A captação da água bruta é a primeira etapa de um sistema de abastecimento de água, a retirada é feita em fontes naturais como: rios, lagos, barragens e aquíferos, onde o principal objetivo é captar a água bruta e transformá-la em água tratada para consumo humano. A captação dessa água pode ser feita de forma natural, quando a gravidade é responsável por transportar o fluido do ponto de coleta até a estação de tratamento, ou, através de equipamentos responsáveis por bombear a água até a próxima etapa, normalmente conhecida como, estação elevatória de água bruta, como demonstra a Figura 2. As adutoras são canalizações que conduzem a água captada durante todas as etapas do sistema (Figura 3).

Figura 2- Estação elevatória de água bruta



Fonte: Prefeitura de Juiz de Fora (2023)

Figura 3- Adutora de um SAA



Fonte: G1 (2017)

A Estação de Tratamento de Água (ETA) (Figura 4) é uma unidade bastante importante no SAA, pois é a responsável pela qualidade da água que chega até as residências e estabelecimentos comerciais. Richter (2015) aborda a importância do tratamento de água e a necessidade de um conjunto de procedimentos químicos e físicos para alcançar a qualidade adequada para o consumo humano.

Figura 4- Etapas de uma Estação de Tratamento de Água



Fonte: AlfaComp (2019)

Os reservatórios de abastecimento (Figura 5) desempenham um papel crucial nos sistemas de distribuição de água, contribuindo para garantir o fornecimento contínuo e a eficiência na gestão desse recurso, seu correto dimensionamento, manutenção e operação são fundamentais para a eficiência e a sustentabilidade desses sistemas.

Figura 5- Reservatório de abastecimento de água na concessionária do estado (COSANPA)

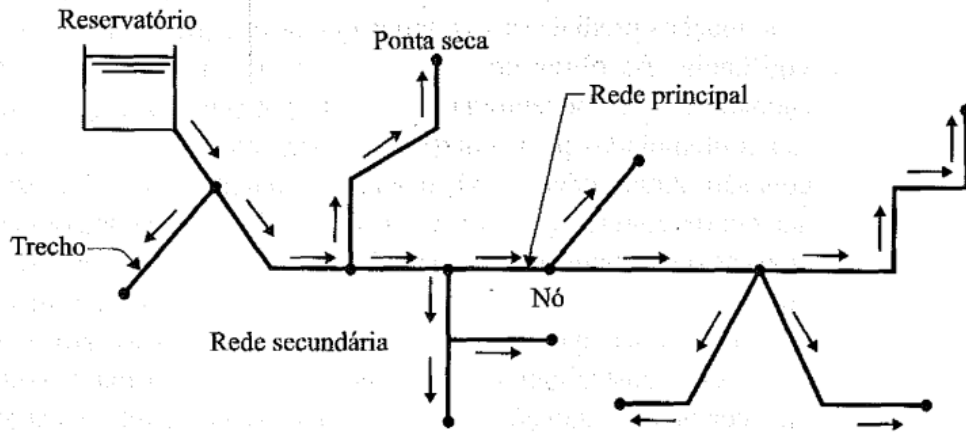


Fonte: Agência Pará (2021)

A última etapa no SAA é a rede de distribuição, responsável pela distribuição da água para as comunidades e garantindo um abastecimento de água para os consumidores. A rede de distribuição é, em geral, o componente de maior custo do sistema de abastecimento de água, compreendendo, cerca de 50 a 75% do custo total de todas as obras do abastecimento.

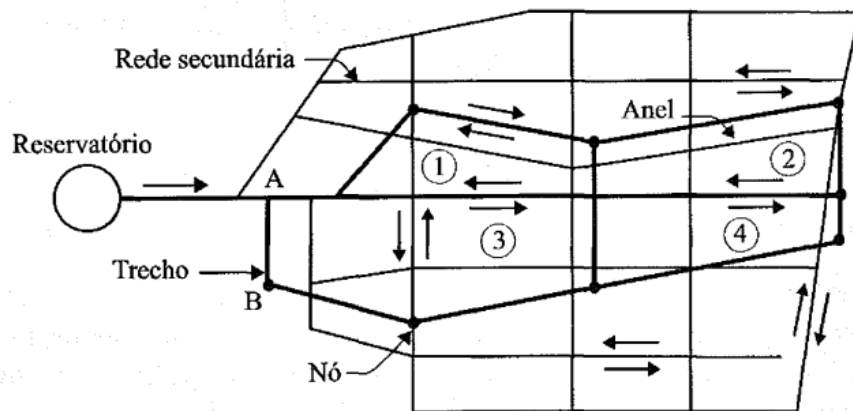
(TSUTYIA, 2006). Existem três tipos de redes de distribuição de água: Rede ramificada (Figura 6), rede malhada (Figura 7) e rede mista (Figura 8).

Figura 6- Rede ramificada



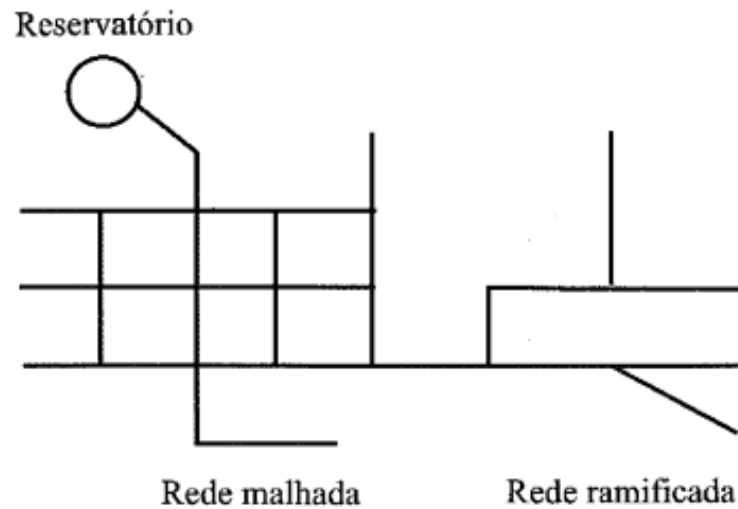
Fonte: Tsutyia (2006)

Figura 7- Rede malhada



Autor: Porto (1998)

Figura 8- Rede mista



Fonte: Tsutyia (2006)

4.2 MONITORAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O conjunto de práticas num monitoramento torna-se essencial para que não haja falhas na rede de distribuição, sendo assim, o acompanhamento das características do sistema associadas a um objetivo torna esse monitoramento cada vez mais efetivo. E para que um monitoramento ocorra da maneira correta e não cause um sub ou superdimensionamento do sistema, é necessário a utilização de dispositivos que acompanhem o consumo real e não o estimado. Esses dispositivos são conhecidos como medidores de vazão que tem como principal objetivo determinar a quantidade de líquidos, gases e sólidos que passam por um local específico, em certo intervalo de tempo.

O sistema de macromedição refere-se a uma abordagem de monitoramento de larga escala no contexto do abastecimento de água, levando em consideração a medição desde a captação da água até a rede de distribuição. Esse sistema é projetado para medir e monitorar o consumo e o fluxo de água em níveis mais amplos, muitas vezes em áreas geográficas extensas, como bairros ou cidades inteiras.

Segundo Brasil (2021), a macromedição é essencial para detectar perdas na distribuição e oferece informações cruciais para o controle e operação eficaz do sistema de abastecimento de água. Com o objetivo de avaliar quantitativamente o nível de medição nos sistemas de abastecimento de água, o indicador de macromedição apresenta a proporção do volume de água que foi disponibilizado para a distribuição e que foi medido (SIQUEIRA & SOUZA, 2020).

Já a micromedição refere-se à medição realizada no ponto de abastecimento individual (consumidor) por meio de hidrômetros. De acordo com o Documento de Apoio Técnico D2 do PNCDA, a micromedição é a mensuração do consumo realizada no ponto de abastecimento de um usuário específico, independentemente de sua categoria ou faixa de consumo. Em essência, a micromedição envolve a avaliação regular do volume consumido por meio do uso de hidrômetros. De acordo com o documento, a micromedição permite, entre outras coisas:

indução da redução do consumo e eventual desperdício quando associado a conveniente sistema tarifário, [...] identificar a parcela de perdas nas instalações prediais, [...] avaliação da evolução de comportamentos e tendências dos usuários ao longo do tempo, permitindo estabelecer projeções e formular cenários visando à otimização da utilização e gestão de recursos hídricos (Brasil, 2003b).

De acordo com Coelho (1983 *apud* 21 VERAS, 2008), a micromedição, quando realizada de maneira eficaz, proporciona não apenas benefícios técnicos, mas também econômicos e sociais. A telemedição está se tornando cada vez mais comum, pois é uma tecnologia que auxilia na leitura individual ou conjunta dos medidores eletrônicos. Os hidrômetros mais comuns são: via radiofrequência, infravermelho, serviços gerais de pacote de rádio (GPRS), rede de energia elétrica (PLC), servidor de internet, dentre outros (LIMA *et al.*, 2016).

Assim, por meio da facilidade em obter informações em tempo real, os sistemas de medição individualizada promovem o uso racional da água, detectam irregularidades nas tubulações e facilitam a manutenção, proporcionando uma cobrança mais correta do consumo. Gomes (2014) afirma que existe um mercado amplo de equipamentos de medição, que possui uma grande variação em termos de custo, aplicabilidade e precisão.

Para Kuroda & Pádua (2010) a escolha de um medidor deve-se levar em consideração diversos fatores, como por exemplo, as vantagens e desvantagens dos dispositivos, suas características técnicas, limitações, instalações entre outros. Todos os itens devem ser criteriosamente avaliados para que o medidor selecionado seja o melhor na relação custo x benefício (GONÇALVES, 2012). Existem vários tipos de medidores de vazão utilizados em um sistema de abastecimento de água, no entanto, neste trabalho serão apresentados três diferentes modelos com suas respectivas vantagens e funcionamento.

- Medidores de velocidade (velocímetros): Para Frangipani & Gomes (2007) os medidores de velocidade têm seu princípio de operação fundamentado na mensuração da velocidade da água por meio da rotação de uma turbina interna, a qual pode estar alinhada de

forma paralela ou perpendicular ao fluxo. A velocidade da turbina é diretamente proporcional à vazão na tubulação. Os modelos de medidores de velocidades mais utilizados são: Hidrômetros unijato e multijato.

- Hidrômetros unijato: São mais utilizados em residências, possui um custo mais acessível, sua vazão pode chegar a 3m³/h (FILHO, 2023), eles apresentam sensibilidade em relação a perturbações na entrada, o que exige um trecho reto mínimo a montante da entrada do medidor (ALVES, W. C. *et al.*, 1999).

- Hidrômetros multijato: Seu princípio de funcionamento é bastante similar ao dos medidores monojato, uma vez que a medição se dá através da rotação da turbina. A diferença entre eles é que o fluxo de água incide em vários pontos da turbina, obtendo uma performance mais equilibrada (ESTEVAN, 2015).

- Medidores de volume (volumétricos): Possuem um anel ou um êmbolo que efetuam a medida do volume que circula dentro do equipamento, movimentando-se por meio da diferença de pressão entre a entrada e a saída do hidrômetro (FILHO, 2023).

- Medidores digitais: Ainda em Filho (2023) compara-se os medidores digitais com os de velocidades, no entanto, seu funcionamento é digital e seu envio de dados é remoto, ele é mais preciso, sua leitura é mais rápida, contudo, possui um alto custo.

4.2.1 Consumo per capita

O consumo per capita de água é um indicador-chave para avaliar a eficiência no uso desse recurso e pode variar significativamente dependendo de fatores como hábitos de consumo, padrões climáticos, atividades econômicas e práticas de conservação. Ele é expresso em litros por habitante por dia (L/hab.dia) e é um fator importante para entender o padrão de uso de água em uma comunidade. Netto (1998) nota que em países tropicais, o consumo de água no período mais quente (verão) é maior e Matos (2007) reforça em seu estudo que quanto maior for a sensação térmica, maior será o consumo per capita de água por habitante.

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) fala que em sistemas de abastecimento de água, o consumo per capita, deve considerar os consumos doméstico, comercial, público e industrial. Tsutyia (2006) diz que o consumo per capita deve ser correlacionado com as perdas do sistema de medição.

4.2.2 Consumo efetivo per capita

Define-se consumo efetivo per capita como a água registrada nos micros e macros medidores, ou seja, a água que de fato chega até o consumidor.

O consumo efetivo per capita é calculado dividindo o consumo total de um recurso (como água, eletricidade, etc.) pela população total. Quando não houver medição, Tsutyia (2006) recomenda que os coeficientes adotados se baseiem em setores com características semelhantes.

A compreensão do consumo efetivo per capita também desempenha um papel vital na promoção da sustentabilidade ambiental. Ao monitorar e gerenciar o uso individual de água, consumidores podem adotar práticas mais conscientes e eficientes, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos.

4.2.3 Coeficiente do dia de maior consumo (K_1)

Tsutyia (2006) define o K_1 como o coeficiente do dia de maior vazão, além disso, é recomendado que para a determinação de K_1 sejam monitorados, no mínimo, observações anuais de consumo. No entanto, o trabalho realizado por Franco *et al.*, (2019) a fim de realizar um monitoramento do coeficiente de projeto de forma mais real, considerou os valores mensais de K_1 nos meses de março (período de pluviosidade) e agosto (período de estiagem), no município de Tucuruí-Pa.

Quando não houver a possibilidade de medição no local, o recomendado é analisar sistemas com características semelhantes de consumo (TSUTYIA, 2006). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) recomenda o valor de K_1 para projetos de 1,2 conforme a NBR 12218/2017. No entanto Netto (1998) fala que em países mais quentes os valores de K_1 são mais elevados.

4.2.4 Coeficiente da hora de maior consumo (K_2)

Define-se K_2 como o coeficiente da hora de maior consumo (TSUTYIA, 2006), durante o dia tem-se picos diferentes no consumo da água, mas haverá um determinado horário em que essa vazão será máxima. O consumo é maior nos horários de refeição e normalmente menor no início da madrugada (GUIMARÃES, 2007).

4.3 DESPERDÍCIO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO

O desperdício de água no sistema de abastecimento é uma preocupação premente que compromete a sustentabilidade dos recursos hídricos e a eficácia dos serviços de fornecimento. A *International Water Association* (IWA) utiliza uma metodologia juntamente de seus prestadores e reguladores, que define perdas como: toda perda física ou não-física de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional das empresas de saneamento (BÁGGIO, 2014).

Conforme Coêlho (2001), perda refere-se à quantidade de água presente em qualquer parte do sistema de abastecimento que não é registrada nem cobrada pela concessionária, ou que chega de forma irregular ao consumidor final. As perdas são categorizadas como físicas e não físicas (também conhecidas como comerciais) e resultam, essencialmente, de três origens:

- Vazamentos em diversas partes do sistema, como adutoras, redes de distribuição, ramais prediais, etc.;
- Equívocos na medição, decorrentes de falta de manutenção, imprecisão ou insensibilidade dos medidores a vazões muito pequenas, ou de métodos inadequados de medição;
- Abastecimento não registrado para faturamento, seja por uso clandestino, seja por erro na estimativa de consumo (usuário sem medidor), etc.

A Fundação Nacional de Saúde (2019) fala sobre os prejuízos que o conjunto das perdas eleva os gastos no SAA, dentre eles são citados: os custos com energia elétrica, insumos para o tratamento, mão de obra, indenizações e o aumento da produção de esgoto doméstico. Sendo assim, esses problemas pioram a qualidade do serviço do usuário, põe em risco a saúde pública e impacta diretamente na disponibilidade do recurso hídrico para várias finalidades, influenciando a manutenção do equilíbrio ecológico. Além disso, acarreta perdas de receitas operacionais e desequilíbrio financeiro para o prestador de serviços.

Morais *et al.*, (2010) reforça que as deficiências operacionais dos sistemas de abastecimento de água são ocasionadas pelo desgaste e envelhecimento da infraestrutura, instalação inadequada pela falta dos recursos e das atividades de conservação. Assim, é frequente a ocorrência de aumentos nas interrupções no fornecimento de água, resultando na insatisfação dos seus usuários.

4.4 TARIFICAÇÃO PELO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Para que um consumidor tenha acesso a um abastecimento de água de qualidade é necessário que sejam feitos diversos investimentos no sistema. Os investimentos constantes são essenciais para garantir a eficiência do sistema, a reparação de vazamentos e a adaptação a novas demandas da população.

A lei 9.433/1997, conhecida como a Lei das Águas, marcou um avanço significativo na gestão dos recursos hídricos no Brasil. Uma de suas inovações mais importantes foi a introdução da cobrança pelo uso da água, um instrumento que busca promover a sustentabilidade, a eficiência e a equidade no acesso a esse recurso.

A tarifação da água desempenha um papel fundamental na busca por um uso mais responsável e sustentável, pois ao estabelecer tarifas baseadas no consumo, os consumidores são motivados a adotar práticas mais econômicas no uso da água. Howard e Bartram (2003) abordam que, em locais onde se deve pagar para consumir a água, o preço do serviço, expresso pela tarifa, é um fator que reduz os volumes utilizados. Sendo assim, em uma visão econômica, é possível analisar que se houver um aumento nas tarifas, ocorre uma redução no consumo. A conscientização sobre o valor financeiro da água leva a uma mudança de comportamento, incentivando a população a adotar medidas para reduzir o desperdício e utilizar a água de maneira mais eficiente em suas atividades diárias.

Brandão (2022) sugere que a implementação da cobrança deve ser orientada de modo a incentivar o usuário a adotar comportamentos alinhados com a sustentabilidade ambiental. Isso implica em estabelecer tarifas mais elevadas em situações de maior escassez de água ou em casos de desperdício significativo, originado pela falta de consciência ambiental.

Schneider (2022) justifica o pagamento por serviços de proteção à qualidade e quantidade da água uma medida de gestão cada vez mais comum em todo o mundo, além de promover a arrecadação para o Estado e órgãos/agências gestoras de recursos hídricos, também garante aos usuários, através do financiamento de infraestrutura, o acesso à água, de forma eficiente com a preservação dos mananciais.

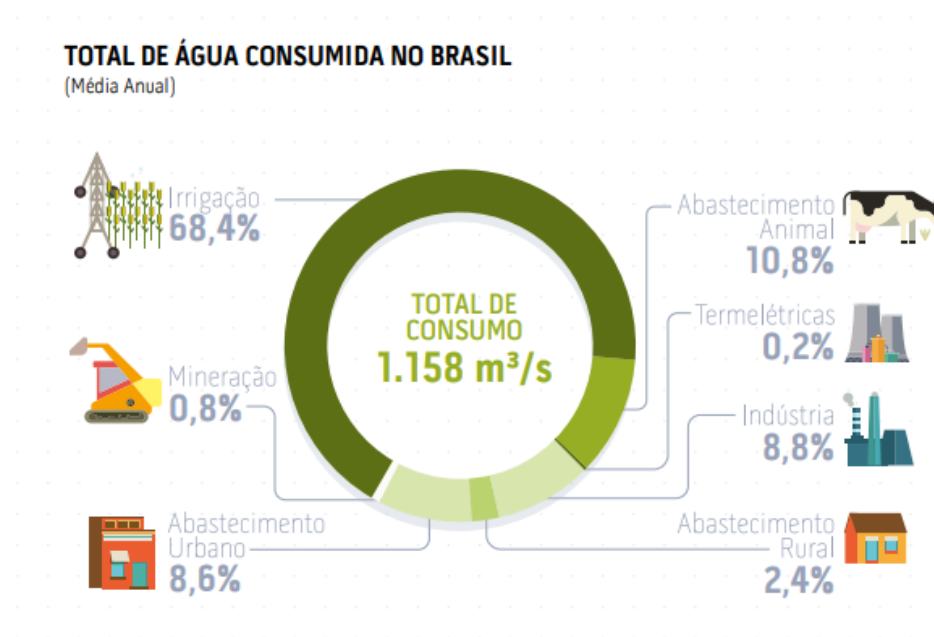
Um estudo feito por Ferreira & Fernandes (2019) no município de Tucuruí realizou uma pesquisa com uma parcela da população da cidade, onde um pouco mais de 80% dos entrevistados aceitariam ser tarifados pela água de qualidade fornecida pela rede pública. O que se confirma no trabalho de Almeida (2018) que também realizou uma entrevista com uma parcela dos moradores do município que afirma que estariam dispostos a pagar por um serviço de abastecimento de qualidade. Além disso, a partir do momento em que a população paga pelo

serviço de abastecimento, ela também garante seus direitos diante o serviço e pode cobrar da concessionária responsável uma prestação de serviço que seja feita de maneira eficaz, segura e justa para toda a população.

4.4.1 Sustentabilidade no consumo de água

A Agência Nacional de Águas (ANA, 2018) diz sobre a utilização da água no Brasil, onde seu consumo é principalmente utilizado na irrigação, abastecimento humano e animal, industrial, mineração, geração de energia, aquicultura, navegação turismo e lazer (Figura 9). Em um mundo onde a demanda por água continua a aumentar, é essencial adotar práticas conscientes, sustentáveis e inovadoras para assegurar a disponibilidade desse recurso tão importante para a vida humana.

Figura 9- Consumo de água no Brasil



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018)

A conscientização desempenha um papel fundamental nesse cenário. Ao educar a população sobre a importância da água e os impactos do uso irresponsável, é possível cultivar uma mentalidade voltada para a preservação. A instalação de dispositivos economizadores, como torneiras de baixo fluxo e sistemas de descarga eficientes, pode reduzir significativamente o consumo. Além disso, a pronta correção de vazamentos é uma medida simples, mas eficaz, para evitar o desperdício.

Segundo Filho (2023) a poluição e a retirada descontrolada de água em mananciais são fatores que causam a escassez hídrica e ajuda na redução dos índices pluviométricos. Para Porto & Porto (2008), a integração de aspectos como o uso da água e a sua proteção ambiental deve ser o fator principal para se nortear a gestão de recursos hídricos.

O Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão de Água (PROGESTÃO) foi um programa regulamentado por meio da Resolução ANA nº 379/2013, em apoio aos Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGREHs) que integram o SINGREH que se baseia no pagamento por alcance de metas, a partir da adesão voluntária das unidades da federação. O objetivo desse programa é promover uma articulação efetiva entre os processos de gestão de águas e de regulação dos seus usos e fortalecer o modelo brasileiro de governança das águas, integrado, descentralizado e participativo.

A sustentabilidade no consumo de água não é apenas uma escolha individual, mas uma responsabilidade coletiva. Adotar práticas conscientes, apoiar iniciativas sustentáveis e defender políticas que promovam o uso responsável da água, pode contribuir significativamente para a preservação da água e construir um futuro mais sustentável para todos.

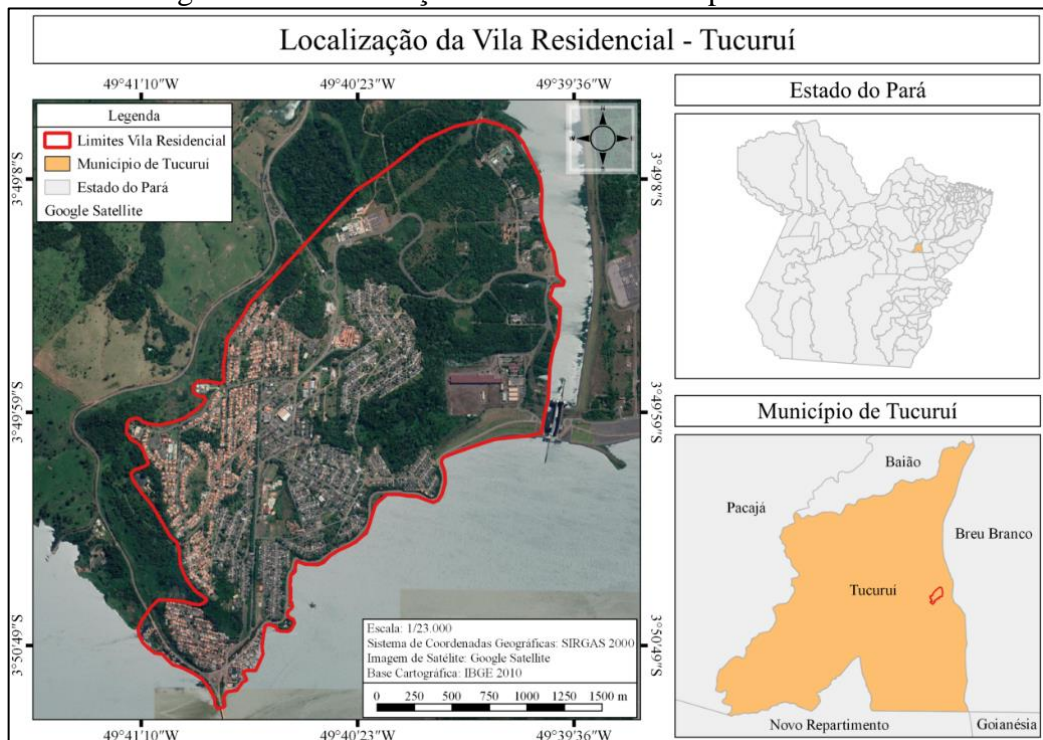
5 METODOLOGIA

5.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Tucuruí, sudeste do Pará, região Norte do Brasil, onde foi implantada a Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE). O município soma população de 91.306 habitantes, segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), e pertence a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Está instalado a 288 km em linha reta da sua capital Belém.

Na década de 1970, quando iniciaram as obras de implantação da UHE, foi construído um bairro para moradia dos profissionais que participaram da construção deste empreendimento. Trata-se do bairro Vila Residencial da Eletronorte, uma área planejada com 49,90 km², sob as coordenadas de latitude sul 3°50'30" e longitude Oeste 49°40'30", distante, aproximadamente, oito quilômetros de sua sede municipal. A Figura 10 mostra a localização da VRE no município de Tucuruí.

Figura 10 – Localização da VRE no município de Tucuruí.



Fonte: Autor (2023)

Dentre os quarenta e cinco bairros que compõe a malha urbana da cidade, a VRE caracteriza-se por oferecer uma gama de serviços infraestruturais de saneamento básico, como o abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e coleta de resíduos sólidos, os quais são de responsabilidade da Administração de Vilas, setor da Eletronorte responsável

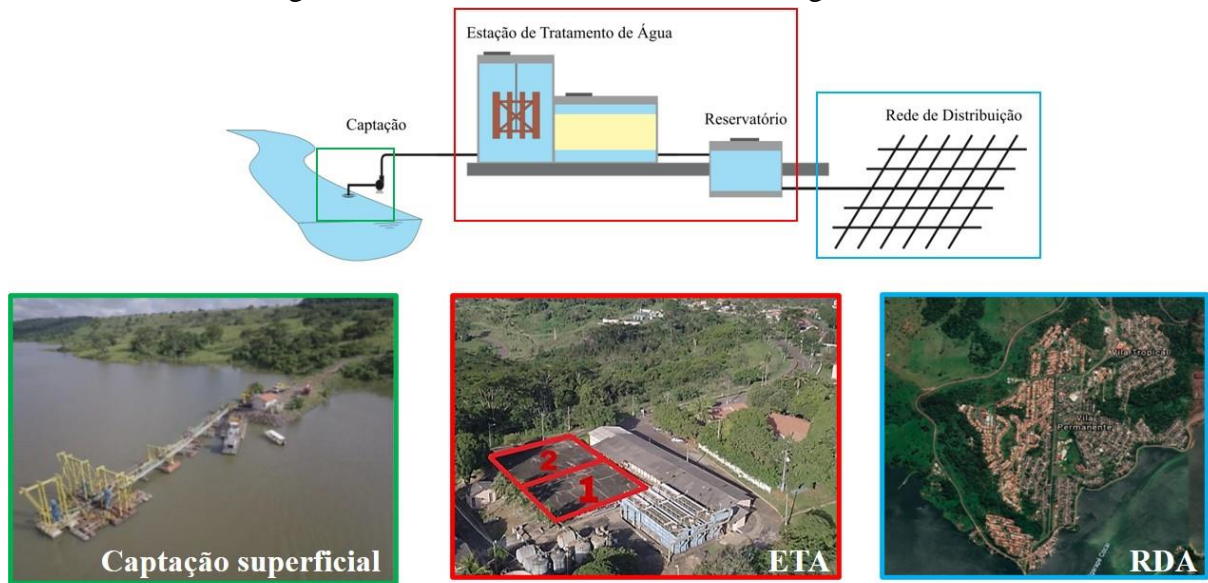
pelo bairro. Assim como em toda Tucuruí, o pagamento pelo serviço de abastecimento de água é inexistente. Na VRE, todos os serviços setoriais eram embutidos no aluguel mensal das residências, o que, de certa forma, favorece a utilização de forma indiscriminada e insustentável dessa infraestrutura, em particular, da água tratada que chega até a casa dos consumidores. Observa-se que algumas informações apresentadas aqui foram cedidas pela Administração de vilas.

A VRE é formada por 2.564 residências ativas, com população estimada de 10.540 habitantes, que se organizam em zonas denominados de Vila Permanente (VP), Vila Tropical (VT), Vila Marabá (VM) e Vila Península (VPS). As casas diferem-se quanto a estrutura, ao tamanho e o número de cômodos, sendo estas identificadas por tipologias que variam do A, residências maiores em alvenaria, ao D, residências mistas (em alvenaria e madeira). Vale observar que a pesquisa foi realizada na VRE pela existência de estrutura que permita a instalação de equipamentos para monitoramento. Na sede municipal, a maioria das casas não apresenta a tubulação aparente para a instalação de equipamentos, dificultando o trabalho dos pesquisadores.

5.1.1 Sistema de abastecimento de água da VRE

As residências da Vila são abastecidas por um SAA cujo a produção diária de água é de 8.807,75 m³/dia. Portanto, estima-se que o consumo per capita em 835,65 l/hab.dia, considerando a população de 10.540 residentes. O sistema é constituído por captação superficial, unidade de adução, que conduz a água bruta à estação de tratamento de água (ETA), unidade de reservação e rede de distribuição de água (RDA), que opera por gravidade (Souza *et al.*, 2023), conforme a Figura 11.

Figura 11 – Sistema de abastecimento de água da VRE



Fonte: Autor (2023)

5.2 MONITORAMENTO DE ÁGUA NA VRE

Para analisar o consumo de água da VRE para possível tarifação, foram monitoradas duas residências que representam o perfil tipológico do bairro. As residências tipo A e B são maiores e consideradas similares estruturalmente. Já as casas tipo C e D são menores e mantem a mesma condição estrutural. Neste sentido, o monitoramento se deu em uma casa tipo B e D. Observa-se que a seleção das casas foi dificultada pela resistência dos moradores, que acreditavam que a pesquisa tinha o objetivo de promover a tarifação pelo serviço de água. O monitoramento foi realizado por hidrômetros tipo uni jato de diâmetro nominal interno 3/4" ou 20 milímetros, vazão máxima ($Q_{\text{máx}}$) de 1,5 m³/h, classe B-H ou B-H/A-V (SAGA MEDIÇÃO, 2019) (Figura 12), instalado na tubulação de alimentação de água (cavalete) da residência. Inicialmente, a instalação dos medidores foi proibida pelos residentes, que só acataram a pesquisa depois de diálogos constantes com os pesquisadores. Observa-se que a pedido dos residentes as fotografias do monitoramento e da residência não foram divulgadas.

Figura 12 – Tipo de hidrômetro utilizado no monitoramento de água da VRE



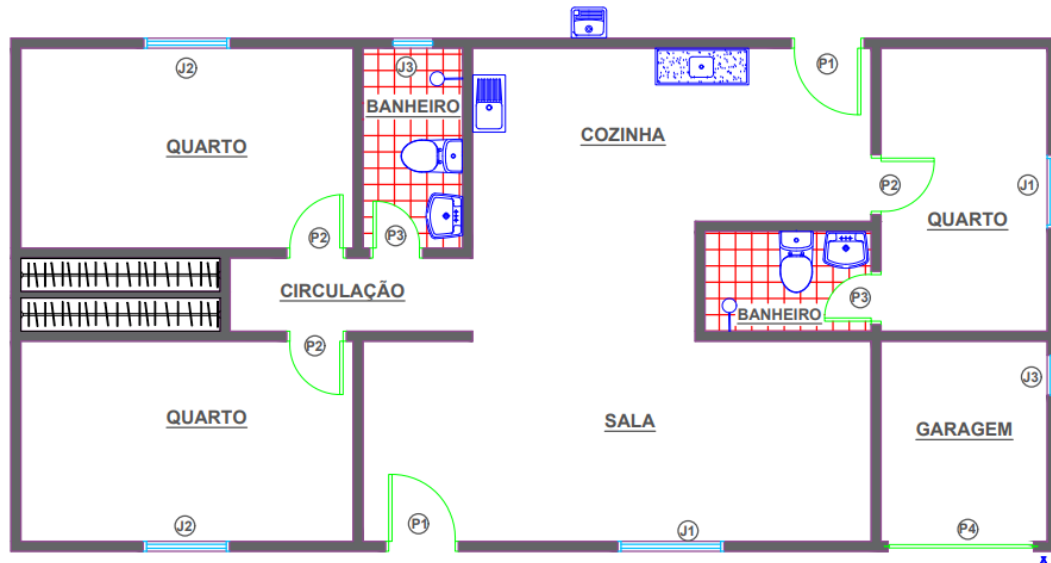
Fonte: Saga Medição (2019)

A leitura foi realizada nos meses de março e agosto de 2023, que, segundo Matsunaga *et al.* (2016), correspondem aos meses de maior (dezembro a maio) e de menor (agosto a novembro) precipitação na região Amazônica, o que pode influenciar no consumo dos moradores. Esta tarefa foi direcionada a uma equipe de pesquisadores que se revezaram nas leituras. Os dados de consumo foram anotados a cada hora e, posteriormente, tabelados para tratamento em planilha eletrônica. Para análise dos resultados, foi aplicado estatística descritiva, que possibilitou elaborar gráficos e tabelas que representam o perfil de consumo das duas casas da VRE.

5.2.1 Residência tipo B

A residência tipo B é uma casa com 8 (oito) cômodos que fica localizada na rua Canadá, número 12, Vila Permanente. Uma residência de padrão médio onde moram 4 (quatro) pessoas, sendo 2 (dois) adultos e 2 (duas) crianças. A Figura 13 apresenta um croqui da planta baixa da residência. A cor azul discrimina os pontos de consumo de água da residência.

Figura 13- Croqui da planta baixa da residência tipo B



Fonte: Autor (2023)

5.2.2 Residência tipo D

A residência tipo D é uma casa com 5 (cinco) cômodos que fica localizada na rua Xingu, número 55, Vila Tropical. Possui um padrão médio, onde moram 4 (quatro) pessoas, sendo 2 (dois) adultos e 2 (duas) crianças. A Figura 14 apresenta um croqui da planta da residência. Da mesma forma, os pontos em azul discriminam os pontos de consumo de água da residência.

Figura 14 - Croqui da planta baixa da residência tipo D



Fonte: Autor (2023)

5.3 DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA NA VRE

5.3.1 Consumo de efetivo per capita água (q_e)

A partir do monitoramento, foi possível determinar o consumo efetivo per capita de água (q_e) das residências estudadas. Esta variável representa o volume de água micromedido que chega às economias, calculado segundo a Equação 1. Esses dados são utilizados pelas concessionárias para efeito de cobrança e controle. Onde: V_c é o volume consumido medido pelos hidrômetros [L ou m³], NE número médio de economias [unid.], ND é o número de dias de leitura dos hidrômetros [dia] e NH/L é o número de habitantes por ligação [hab.].

$$q_e = \frac{V_c}{NE \times ND \times NH/L} \quad \text{Equação 1}$$

5.3.2 Consumo per capita água (q)

Por sua vez, o consumo per capita (q) é definido com a incorporação das perdas do sistema de abastecimento de água ao q_e . Este pode ser calculado com aplicação da Equação 2, onde I é o índice de perdas. Este índice geralmente é fixado em 20% (Tsutyia, 2006). No entanto, levou-se em consideração as características do SAA da VRE, especialmente o tempo e o tipo de operação (por gravidade), o que pode provocar perdas de água purificada significativas. Desta forma, adotou-se o índice recente de perdas de água do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS, 2021) para o estado do Pará de 36,9%, proporcionando estimativas atuais.

$$q = \frac{q_e}{1 - I} \quad \text{Equação 2}$$

5.3.3 Coeficiente do dia de maior consumo (K_1) e da hora de maior consumo (K_2)

Para projetos de engenharia, a NBR 12.218 (ABNT, 2017) define os parâmetros $K_1=1,2$ e $K_2=1,5$ quando o monitoramento é inexistente, como no bairro estudado. Como forma de aproveitar o monitoramento de água realizado, os valores de K_1 e K_2 foram estimados, visto que a VRE não é tarifada por esse serviço, ou seja, presume-se que a população apresente hábitos insustentáveis de consumo de água. O Coeficiente do Dia de Maior Consumo (K_1) pode ser obtido da relação entre o maior consumo diário, verificado no período de um ano, e o consumo médio diário neste mesmo período, como demonstra a Equação 3. Infelizmente, o período de leitura foi menor que um ano. No entanto, por se tratar de uma estimativa, o cálculo de K_1 e K_2 é válido, como nos trabalhos de Franco *et al.*, (2019); Barra & Português (2018) e

Vieira *et al.*, (2019). O Coeficiente da Hora de Maior Consumo (K_2) é alcançado através da relação entre a máxima vazão horária e a vazão média do dia de maior (ABNT, 1992), como descreve a Equação 4.

$$K_1 = \frac{\text{maior consumo diário anual}}{\text{consumo médio diário anual}} \quad \text{Equação 3}$$

$$K_2 = \frac{\text{maior vazão horária do dia}}{\text{vazão média do dia de maior consumo}} \quad \text{Equação 4}$$

5.4 ESTIMATIVA DE TARIFICAÇÃO

A tarifação foi estimada com base nos valores aplicados pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). A taxa aplicada pela concessionária tem o limite mínimo de 10m³ (dez metros cúbicos) de água no valor de R\$ 42,40 (Junho de 2023). Além disso, divide as residências em categorias e subcategorias e utiliza uma faixa que ultrapassa o valor mínimo estipulado. As Tabela 1 Tabela 2 apresentam o tipo de categoria de cada residência e as tarifas mínimas para a água e esgoto (COSANPA, 2023).

Tabela 1 – Categorias e subcategorias de economia em função das características imobiliárias

Categoria	Subcategoria	Quantidade (m ³)	Tarifas Mínimas		Água+Esgoto (R\$)
			Valor da Água (R\$)	Valor Esgoto (R\$)	
Residencia 1	R1	10	42,40	25,44	67,84
	R2	20	102,40	81,74	184,14
	R3	30	183,40	110,34	293,74
	R4	40	275,30	185,18	460,48

Fonte: COSANPA (2023)

Tabela 2 - Tarifas mínimas para água e esgoto, de acordo com a classificação da categoria e subcategoria do imóvel

Categoria	Subcategoria	Especificação
Residencial	R1	Imóvel tipo barraco, em madeira de 2º, enchimento ou alvenaria sem reboco, de construção simples, dotado com até 03 (três) pontos de utilização de água e com até 03(três) cômodos (compartimentos).
	R2	Imóvel de construção simples em madeira de lei, enchimento ou alvenaria com reboco, dotado com até 05 (cinco) pontos de utilização de água e mais de 03 (três) cômodos (compartimentos).
	R3	Imóvel de bom acabamento, em madeira de lei ou alvenaria, térreo ou com até 02 (dois) banheiros ou com até 10 (dez) pontos de utilização de água.

	R4	Imóvel de fino acabamento, em alvenaria, térreo ou com até 02 (dois) pavimentos, dotado de 02 (dois) ou mais banheiros ou com 10 (dez) ou mais pontos de utilização de água.
--	----	--

Fonte: COSANPA (2023)

O consumo mensal estabelecido pela COSANPA é baseado na subcategoria R3 de 30m³ (trinta metros cúbicos), considerando a tipologia de residência, o consumo diário de água em litros (L), os pontos de utilização da água e a quantidade de moradores das residências. Assim, a tarifação foi calculada através do produto do volume de água mensal consumido pela taxa estabelecida pela COSANPA na subcategoria. Os dados foram tratados em planilhas eletrônicas utilizando a Equação 5, com T_a representando a tarifação de água [R\$/mês], $V_{m\acute{a}gua}$ o volume mensal de água [m³/mês] e V_a o valor da água [R\$/30m³]

$$T_a = V_{m\acute{a}gua} \times V_a$$

Equação 5

5.5 SUSTENTABILIDADE NO CONSUMO DE ÁGUA DA VRE

Este tópico analisou e discutiu se o consumo de água purificada foi excessivo e como isso afetaria financeiramente os moradores caso houvesse tarifação por este serviço em Tucuruí. Além disso, foi avaliado o contexto em que a água é muitas vezes considerada abundante e de fácil acesso na área de estudo, e como as consequências do consumo insustentável podem passar despercebidas e trazer prejuízos a prestadora do serviço e ao meio ambiente.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 MONITORAMENTO DAS RESIDÊNCIAS

Na análise dos resultados, considerou-se que as casas monitoradas representam toda a VRE, ou seja, todos os coeficientes e parâmetros tratados e calculados para as duas residências representam a área como um todo e, portanto, as características de consumo de água do bairro, visto o enquadramento das residências na mesma categoria (R3) segundo a COSANPA. Evidentemente, por questões comerciais, a estimativa de tarifação foi apresentada para cada uma das residências.

6.1.1 Residência tipo B

As Tabelas a seguir exibem o consumo diário de água, por horas monitoradas, na residência B nos meses de março (Tabela 3) e agosto (Tabela 4). Devido a elevada quantidade de dados contidos na planilha, foi necessário reduzi-las, concentrando na exposição dos dados essenciais para a análise, os quais estão destacados em vermelho. Estes dados agrupados representam o padrão de consumo horário representados nas Figura 15 (março) e Figura 16 (agosto), enquanto a Figura 17 apresenta o padrão de consumo diário da casa B nos dois meses de monitoramento.

No mês de março, o consumo total foi 757.698 L/mês, com o menor consumo registrado, 200 L, observado no dia 01/03 às 4h00, enquanto o maior consumo foi de 1.989 L, dia 15/03 às 18h00 (Tabela 3). Em agosto o consumo total da residência B foi de 977.472 L/mês, e o menor consumo, 350 L, observado no dia 08/08, às 3h00. O maior consumo foi 2.998 L no dia 14/08 às 17h00 (Tabela 4). Embora o monitoramento tenha apresentado valores de consumo exageradamente altos nos dois meses monitorados, o mês de março apresenta um padrão de consumo diário (Figura 15) diferentemente do mês de agosto, com picos de consumo em alguns dias e horas, fugindo o padrão (Figura 16).

Tabela 3- Monitoramento da casa B no mês de março

Consumo [L/dia]													
Hora do dia	01/mar	04/mar	07/mar	10/mar	13/mar	15/mar	17/mar	20/mar	23/mar	26/mar	29/mar	30/mar	31/mar
1	682	621	659	756	657	612	650	668	701	699	623	689	619
2	456	426	501	425	452	427	421	412	312	409	427	381	487
3	365	396	562	456	427	373	411	465	397	500	376	345	319
4	200	265	564	289	698	272	301	587	217	311	301	298	400
5	354	345	366	365	758	374	389	697	371	391	374	380	410
6	725	895	910	758	966	1010	819	958	852	1000	1098	1012	901
7	1369	1206	1245	1256	1489	1365	1356	1412	1298	1389	1311	1298	1222
8	1352	1345	1356	1256	1587	1356	1212	1587	1465	1401	1334	1498	1311
9	1356	1402	1025	1359	1548	1379	1333	1598	1459	1612	1322	1490	1219
10	1456	1459	1259	1457	1560	1486	1471	1662	1411	1754	1415	1420	1487
11	1569	1568	1459	1598	1898	1444	1500	1671	1401	1620	1456	1401	1500
12	1554	1524	1529	1568	1494	1589	1501	1469	1578	1646	1598	1519	1512
13	965	987	1592	1025	1258	1125	1100	1278	1212	1210	1112	1220	1312
14	879	945	1578	1120	1005	945	1120	1045	1001	986	987	1046	1145
15	856	854	1456	845	947	945	986	1121	912	921	945	1000	1000
16	897	865	1368	847	876	982	898	987	991	900	901	991	909
17	1156	1120	1298	1002	1009	1245	1012	1248	1187	1258	1221	1111	1100
18	1659	1542	1789	1568	1859	1989	1509	1680	1500	1601	1645	1587	1645
19	1668	1598	1458	1459	1489	1409	1411	1478	1411	1512	1490	1460	1587
20	926	984	1120	1254	1254	1100	1201	1200	1291	1216	1123	1201	1200
21	856	987	958	957	986	1000	1000	1258	998	1220	1012	1000	1034
22	652	589	654	689	675	651	611	671	987	667	656	987	678
23	654	605	522	651	598	659	600	658	679	612	600	711	643
24	625	623	659	687	656	698	501	653	612	709	605	612	687

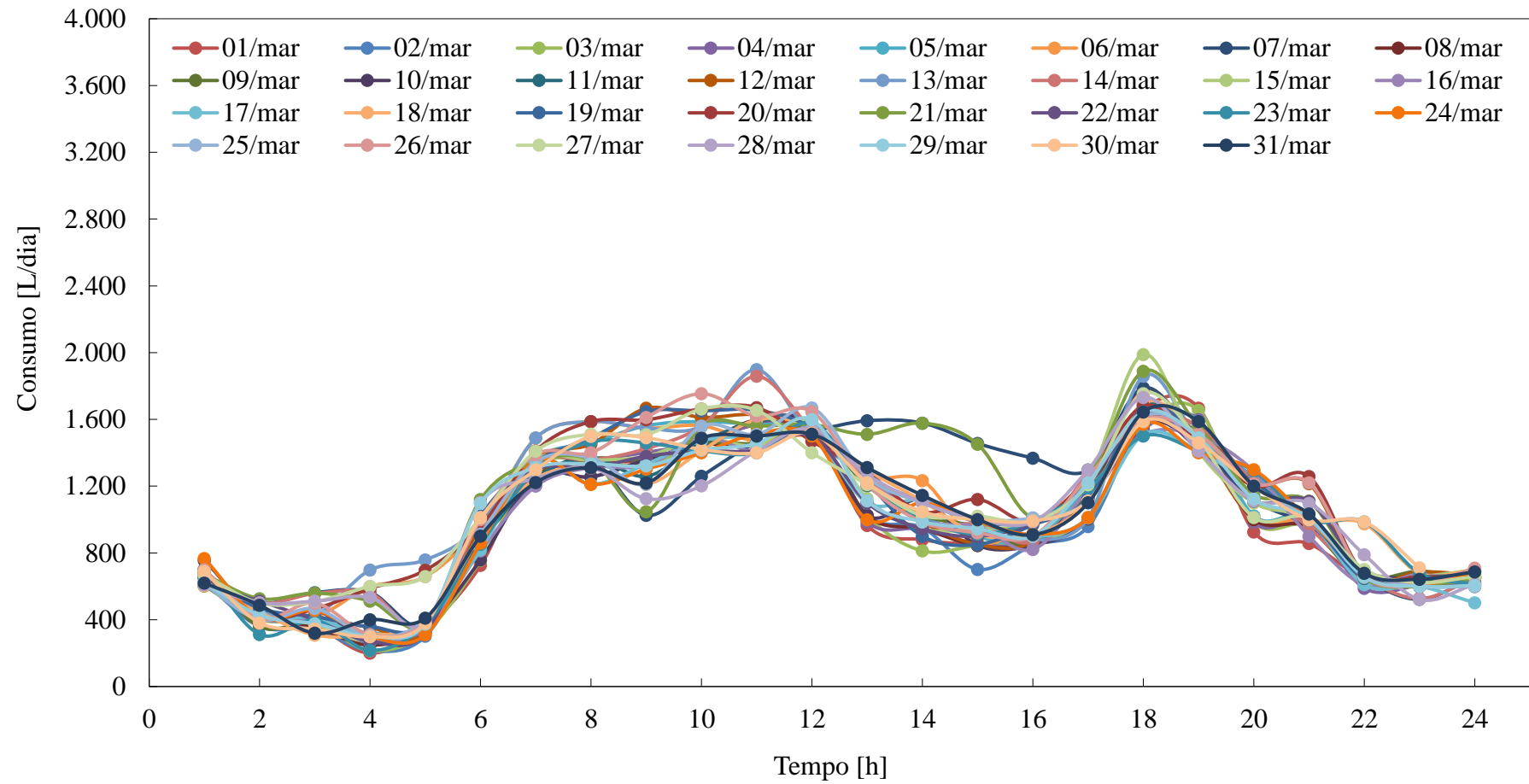
Fonte: Autor (2023)

Tabela 4 - Monitoramento da casa B no mês de agosto

Consumo [L/dia]														
Hora do dia	01/ago	02/ago	05/ago	08/ago	11/ago	14/ago	17/ago	20/ago	23/ago	26/ago	28/ago	29/ago	30/ago	31/ago
1	902	845	871	872	823	879	870	888	921	919	829	843	909	839
2	681	584	650	651	651	726	646	637	537	634	726	652	606	712
3	515	495	552	350	546	707	561	615	547	650	661	526	495	469
4	506	365	471	398	415	709	451	737	367	461	684	451	448	550
5	554	501	569	565	556	548	589	897	571	591	578	574	580	610
6	1025	1152	1157	1195	1159	1302	1119	1258	1152	1300	1402	1398	1312	1201
7	1669	1565	1656	1565	1545	1655	1656	1712	1598	1689	1545	1611	1598	1522
8	1672	1576	1779	1672	1689	1677	1532	1907	1785	1721	1631	1654	1818	1631
9	1676	1679	1882	1679	1579	1745	1653	1918	1779	1932	1445	1642	1810	1539
10	1776	1767	1907	1767	1779	1879	1791	1982	1731	2074	1522	1735	1740	1807
11	1889	1776	1889	1772	1907	2179	1820	2132	1721	1940	1731	1776	1721	1820
12	1874	1868	1868	1868	1889	1859	1821	1789	1898	1966	1863	1918	1839	1832
13	1265	1325	1501	1325	1554	1552	1400	1578	1512	1510	1821	1412	1520	1612
14	1159	1231	1301	1225	1391	2528	1400	2255	1281	1266	2180	1267	1326	1425
15	1126	972	1166	1115	1257	2258	1256	2271	1182	1191	1770	1215	1270	1270
16	1177	1127	1159	1145	1265	2848	1178	1638	1271	1180	1648	1181	1271	1189
17	1456	1258	1501	1456	1425	2998	1312	1548	1487	1558	1598	1521	1411	1400
18	1979	1889	1921	1979	2007	2309	1829	2000	1820	1921	2052	1965	1907	1965
19	1988	1779	1909	1779	1821	1878	1731	1798	1731	1832	1731	1810	1780	1907
20	1226	1321	1321	1300	1524	1520	1501	1500	1591	1516	1412	1423	1501	1500
21	1156	1257	1324	1257	1288	1251	1300	1558	1298	1520	1398	1312	1300	1334
22	872	878	874	878	907	877	831	891	1207	887	1009	876	1207	898
23	854	851	889	854	828	727	800	858	879	812	722	800	911	843
24	825	800	854	852	898	851	701	853	812	909	812	805	812	887

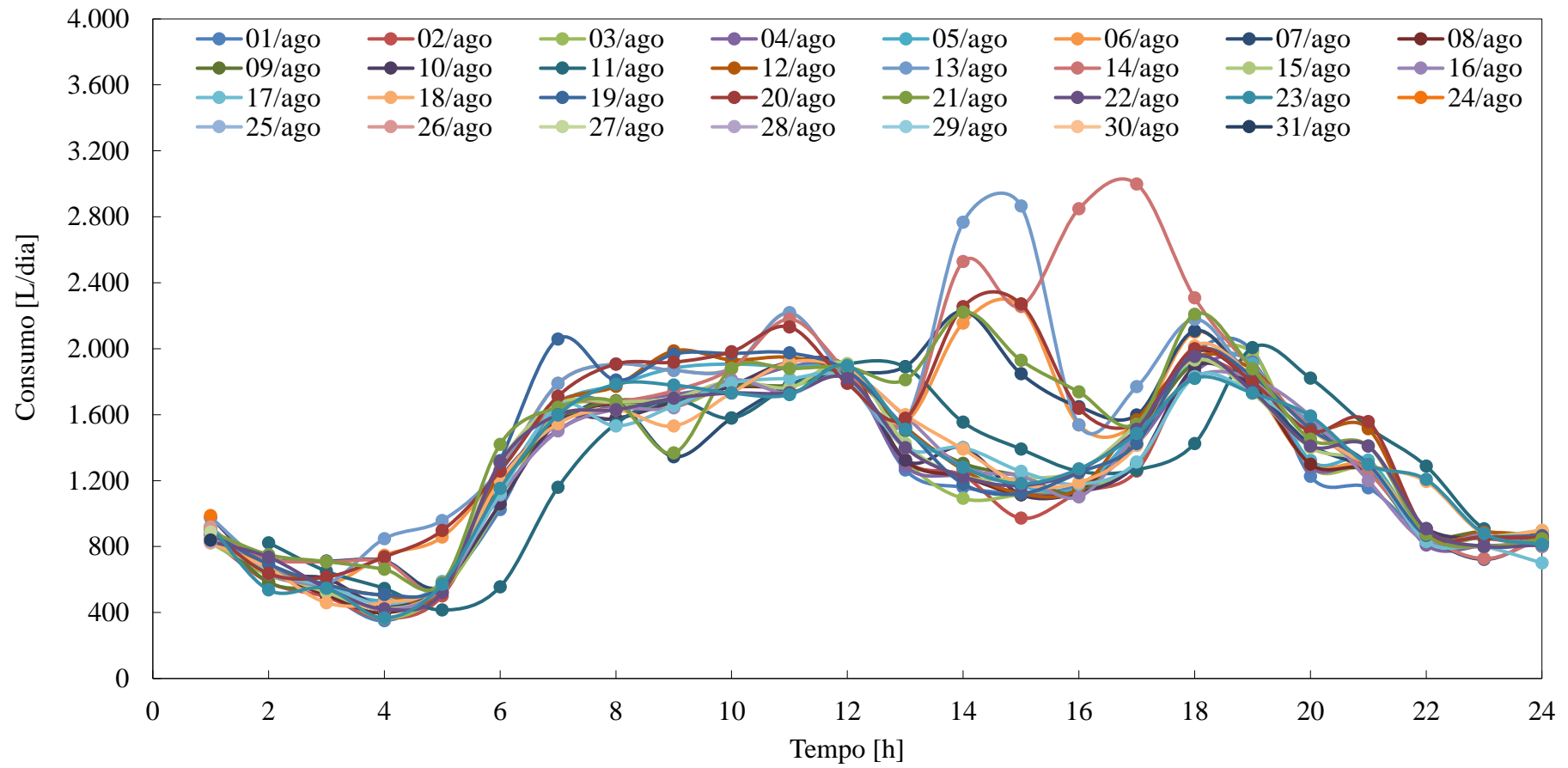
Fonte: Autor (2023)

Figura 15 – Padrão de consumo horário no mês de março na residência tipo B



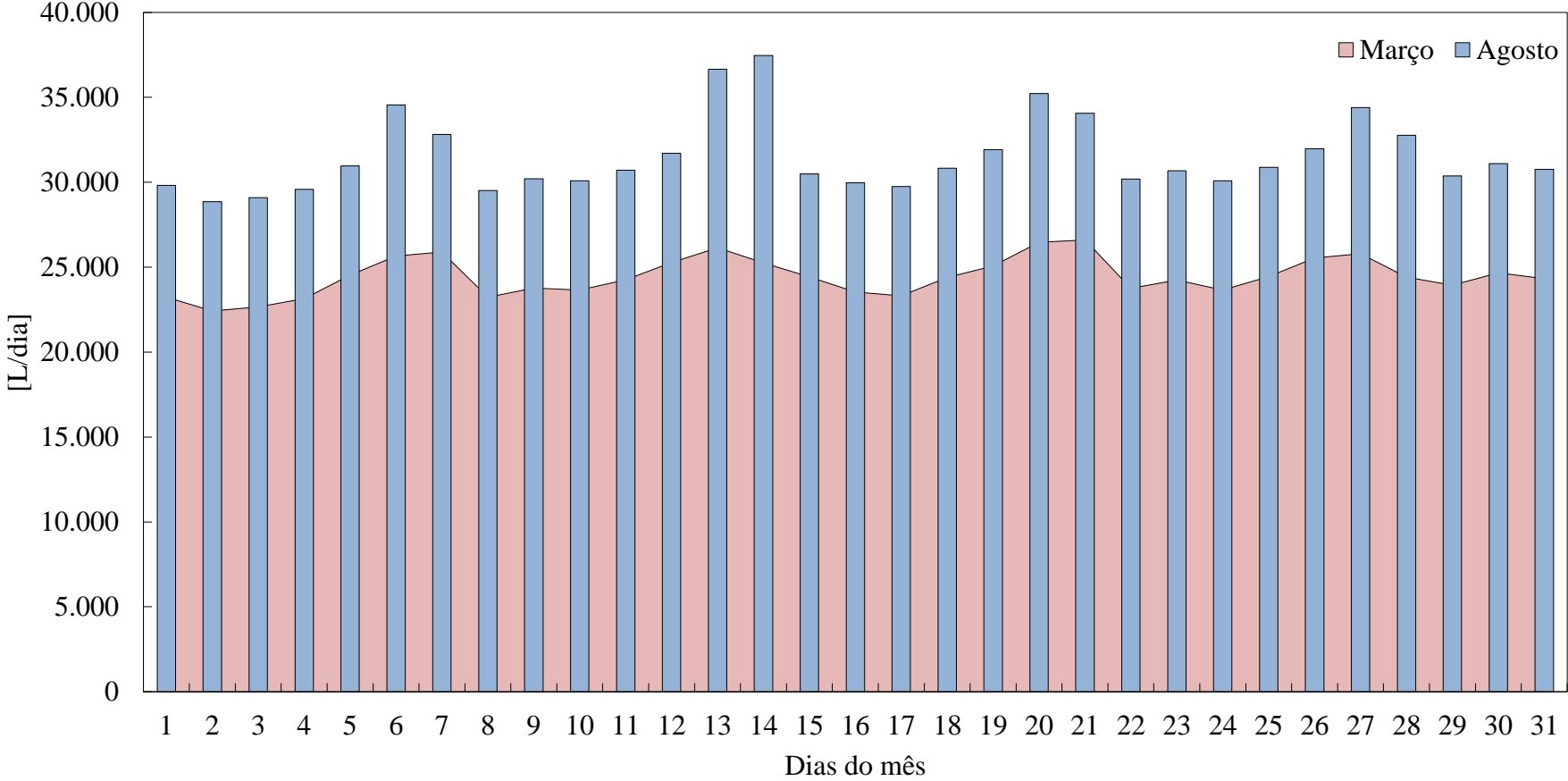
Fonte: Autor (2023)

Figura 16 - Padrão de consumo horário no mês de agosto da residência tipo B



Fonte: Autor (2023)

Figura 17 - Padrão de consumo diário nos meses de março e agosto da residência tipo B



Fonte: Autor (2023)

6.1.2 Residência tipo D

As Tabelas a seguir exibem o consumo diário de água, por horas monitoradas, na residência D nos meses de março (Tabela 5) e agosto (Tabela 6). Estes dados agrupados representam o padrão de consumo horário representados nas Figura 18 (março) e Figura 19 (agosto), enquanto a Figura 20 apresenta o padrão de consumo diário da casa D nos dois meses de monitoramento.

No mês de março, o consumo total foi 588.083 L/mês, com o menor consumo registrado, 50 L, observado no dia 01/03 às 4h00, enquanto o maior consumo foi de 1.789 L, dia 14/03 às 18h00 (Tabela 5). Em agosto o consumo total da residência D foi de 757.644 L/mês, e o menor consumo, 130 L, foi observado no dia 01/08, às 4h00. O maior consumo foi 2.308 L no dia 14/08 às 14h00 (Tabela 6). Da mesma forma que a residência B, o mês de março apresentou um padrão de consumo diário (Figura 18) diferentemente do mês de agosto, com picos de consumo em alguns dias e horas, fugindo o padrão (Figura 19). Isso pode estar relacionado com a temperatura mais baixa do período chuvoso do mês de março.

Tabela 5- Monitoramento residência D no mês de março

Consumo/Dia													
Consumo/Hora	01/mar	04/mar	06/mar	08/mar	13/mar	14/mar	17/mar	22/mar	24/mar	28/mar	29/mar	30/mar	31/mar
1	432	421	457	452	457	459	450	411	567	409	423	489	419
2	224	226	257	226	252	301	221	311	212	301	227	181	287
3	100	196	221	156	227	357	211	199	256	311	176	145	119
4	50	65	398	48	498	359	101	72	100	334	101	98	200
5	150	145	124	165	558	148	189	121	110	178	174	180	210
6	321	695	765	695	766	802	619	811	658	902	898	812	701
7	987	1006	1156	1065	1289	1155	1156	1100	1156	1045	1111	1098	1022
8	950	1145	1200	1152	1387	1157	1012	1110	1011	1111	1134	1298	1111
9	998	1202	1348	1159	1348	1225	1133	1179	1102	925	1122	1290	1019
10	876	1259	1362	1247	1360	1359	1271	1211	1200	1002	1215	1220	1091
11	1134	1368	1345	1252	1234	1321	1300	876	1232	1211	1111	1201	1000
12	1123	1235	1296	1348	1294	1339	1301	1021	1231	1011	1021	1123	1312
13	758	787	1058	825	1058	1052	900	900	800	1041	912	1020	1112
14	652	745	989	745	976	989	920	745	900	1076	787	846	945
15	652	654	989	645	1001	1007	786	700	787	1091	745	800	800
16	685	665	987	665	1058	989	698	782	712	1168	701	791	709
17	987	920	1048	956	1269	1256	812	1012	812	1098	1021	911	900
18	1325	1342	1231	1459	1659	1789	1309	1234	1123	1097	989	997	908
19	1265	1398	1258	1259	1289	1358	1211	1222	987	1211	1290	1260	1112
20	712	784	800	800	1054	1020	1001	910	1099	912	923	1001	1000
21	652	787	786	757	786	751	800	909	799	898	812	800	834
22	425	389	474	458	475	457	411	487	489	589	456	787	478
23	389	405	398	454	398	327	400	401	412	322	400	511	443
24	368	423	459	452	456	451	301	411	487	412	405	412	487

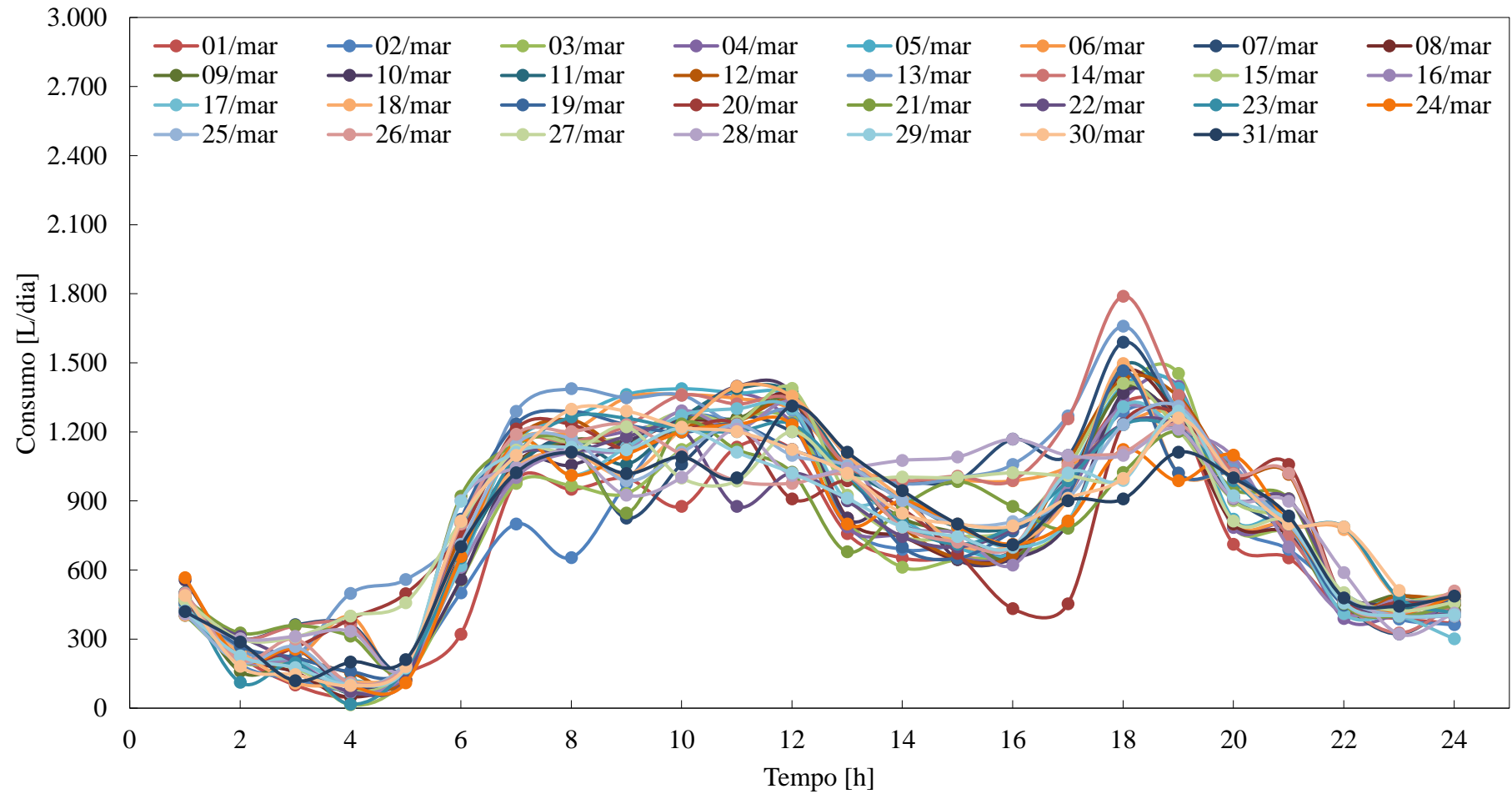
Fonte: Autor (2023)

Tabela 6- Monitoramento residência D o mês de agosto

Consumo/Dia													
Consumo/Hora	01/ago	04/ago	07/ago	10/ago	13/ago	14/ago	19/ago	20/ago	22/ago	25/ago	26/ago	27/ago	31/ago
1	682	621	659	756	757	659	659	668	611	612	699	667	619
2	461	431	506	430	457	506	474	417	516	405	414	505	492
3	295	326	492	386	357	487	349	395	329	397	430	439	249
4	130	195	494	219	628	489	289	517	202	230	241	530	330
5	334	325	346	345	738	328	359	677	301	381	371	638	390
6	805	975	990	838	1046	1082	1101	1038	1091	992	1080	1090	981
7	1289	1286	1235	1145	1123	1145	1235	1123	1128	1234	1234	1234	1123
8	1254	1231	1298	1002	1234	1234	1220	1256	1237	1231	1234	1213	1234
9	1246	1256	1102	1123	1001	1102	1259	1340	1265	1312	1249	1235	1128
10	1287	1321	1297	1345	1660	1659	1751	1762	1511	1659	1854	1762	1587
11	1342	1245	1345	1256	1998	1959	1754	1912	1513	1610	1720	1911	1600
12	1356	1324	1098	1256	1594	1639	1646	1569	1600	1769	1746	1501	1612
13	1045	1067	987	1105	1338	1332	1302	1358	1180	1334	1290	1291	1392
14	939	965	1020	1180	2547	2308	960	1578	1005	1160	1046	1459	1205
15	906	904	987	895	1346	1235	901	1546	950	1050	971	1345	1050
16	957	925	1231	907	1318	1345	1028	1256	1042	1070	960	1282	969
17	1236	1200	1234	1082	1549	1659	1205	1328	1292	1192	1338	1289	1180
18	1578	1456	1245	1456	1959	1786	1765	1780	1733	1714	1701	1854	1745
19	1586	1342	1324	1234	1589	1658	1613	1578	1522	1611	1612	1578	1687
20	1006	1064	1200	1123	1334	1300	1294	1280	1190	1280	1296	1092	1280
21	936	1067	1038	1037	1066	1031	1080	1338	1189	1080	1300	1090	1114
22	652	589	654	689	675	657	647	671	687	687	667	701	678
23	634	585	502	631	578	507	638	638	581	581	592	603	623
24	605	603	639	667	636	631	646	633	591	580	689	639	667

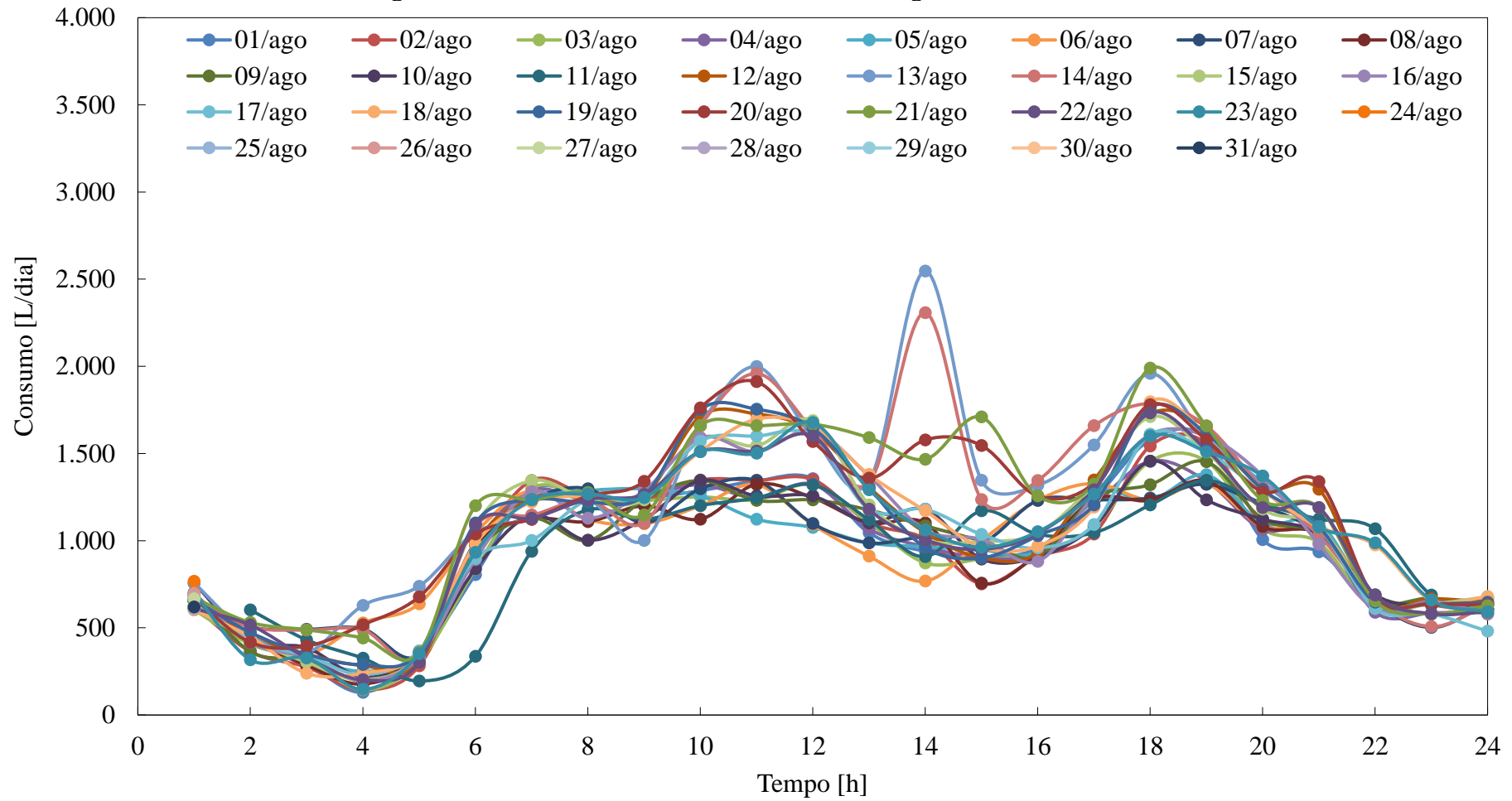
Fonte: Autor (2023)

Figura 18- Padrão de consumo horário no mês de março na residência D



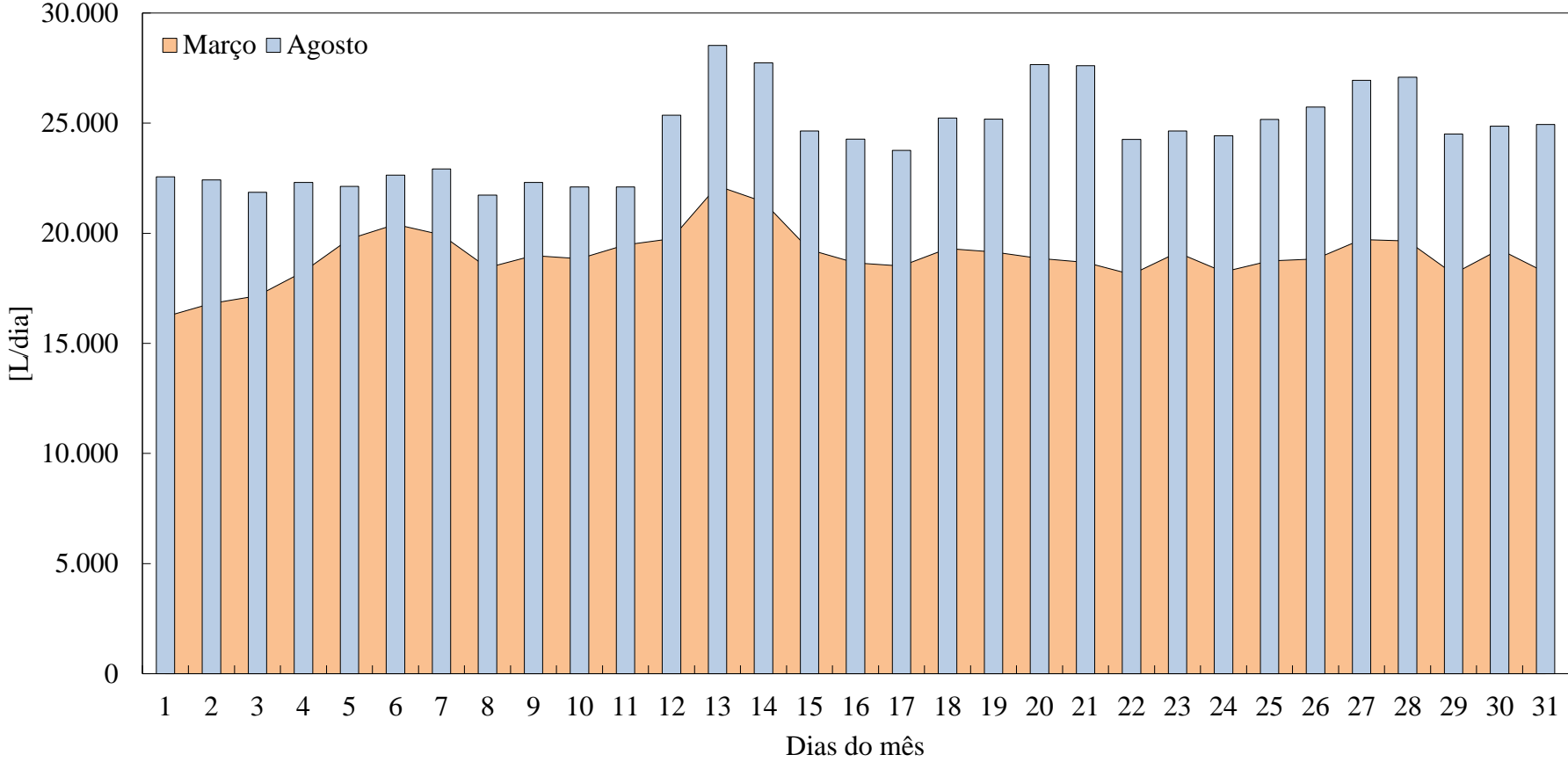
Fonte: Autor (2023)

Figura 19- Padrão de consumo horário no mês de agosto na residência D



Fonte: Autor (2023)

Figura 20- Padrão de consumo nos meses de março e agosto na residência D



Fonte: Autor (2023)

6.1.3 Análise e tratamento dos resultados

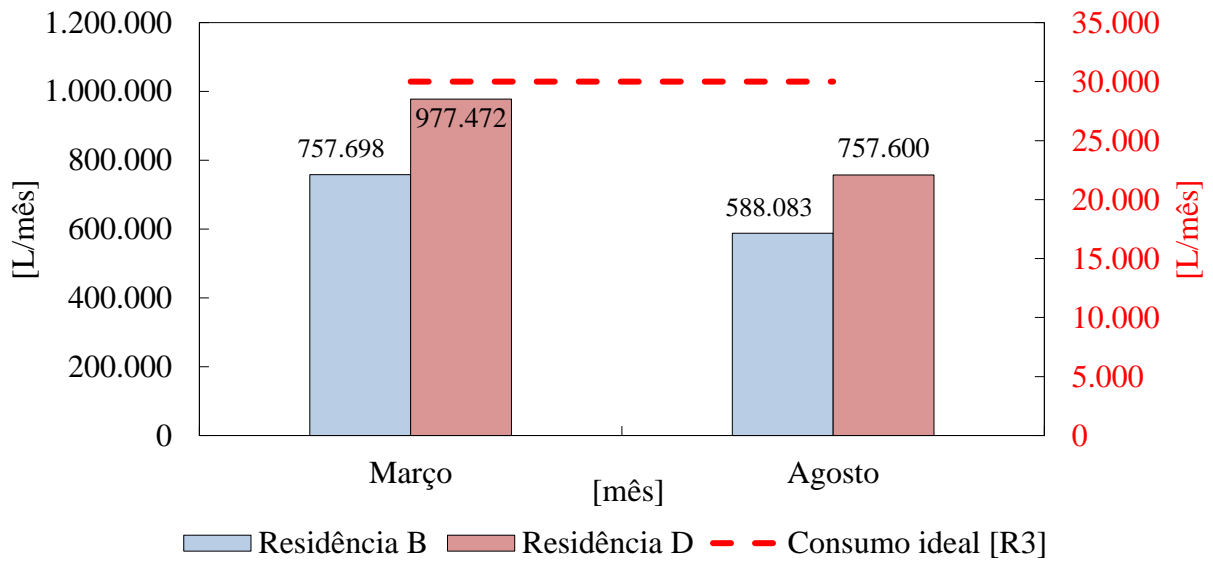
A Tabela 7 apresenta os valores tratados e calculados para a residência do tipo B e D. Para referência, considerou-se a classificação da COSANPA para as residências (R3) e o consumo máximo para esta categoria (Tabela 7), ou seja, o consumo mensal ideal de 30.000 L/mês. Para comparação, a Figura 21 mostra o total consumido nas duas casas por mês, além do valor máximo ideal para a categoria R3. Esse total (R3) resulta em um per capita de, aproximadamente, 250 L/hab.dia para os quatro consumidores das residências B e D. Vale ressaltar que o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) disponibilizou em seu último diagnóstico o valor de 150,7 L/hab.dia para o Brasil e 158,2 L/hab.dia para o Estado do Pará (SNIS, 2021). Nota-se uma diferença de quase 100 L/hab.dia em comparação ao per capita da COSANPA, que é utilizado para fins comerciais. No entanto, considera-se este per capita (R3) aceitável para o Estado do Pará, onde o conforto hídrico proporcionado pela notável malha hídrica e as temperaturas elevadas predominam.

Tabela 7 - Dados tratados e calculados da residência tipo B

Tipo	Mês	Consumo total [L/mês]	Consumo [L/h]		q [L/hab.dia]	qe [L/hab.dia]	K ₁	K ₂
			Mínimo	Máximo				
B	Março	757.698	200	1.859	9.684	6.110	1,03	1,65
	Agosto	977.472	350	2.998	12.493	7.883	1,19	1,57
Média B		867.585	275	2.428	11.088	6.996	1,11	1,61
D	Março	588.083	15	1.789	7.516	4.743	1,13	1,74
	Agosto	757.600	130	2.547	9.683	6.100	1,13	1,72
Média D		672.842	73	2.168	8.600	5.422	1,13	1,73
Média (B+D) VRE		770.214	174	2.298	9.844	6.209	1,12	1,67
Desvio Padrão								

Fonte: Autor (2023)

Figura 21 – Consumo mensal das residências B e D e o valor de referência da categoria R3



Fonte: Autor (2023)

O consumo efetivo per capita médio da VRE para os dois meses monitorados foi de 6.209 L/hab.dia, valor 95% maior que uma residência R3 (250 L/hab.dia). Este valor é considerado altamente insustentável, totalizando um consumo de 770.214 L/mês, maior 96% se comparado com o consumo ideal para a categoria R3. Para comparação, este total seria o suficiente para abastecer, por um mês com água potável, 26 residências com quatro habitantes e um consumo máximo enquadrado na categoria R3 (30.000 L/mês).

Segundo Tsutiya (2006), alguns fatores podem influenciar no consumo da água de uma residência, como condições climáticas, hábitos e nível de vida da população, além da medição da água. No monitoramento, foi possível notar a influência do clima da região no consumo de água, com dados do mês agosto mais que dobrando em relação ao mês de março, conforme observado na Tabela 7. Isto também pode ser constatado nos trabalhos de Vieira *et al.*, (2019), que detectou valores de consumo de água maiores no período mais quente na cidade de Pontal do Paraná, litoral paranaense. Isto se deve ao maior número e tempo de banhos, rega de jardins e lazer na própria residência, como abastecimento de piscinas.

Tabela 8- Relação entre a precipitação, umidade e temperatura no consumo de água

Período	Estação	Precipitação total média (mm)	Umidade média (%)	Temperatura média (°C)	Consumo médio da VRE (L/mês)
Março	82361	597,5	88,7	27	672.890
Agosto	82361	11,3	75,8	29,9	867.758

Fonte: Adaptado do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023)

Além disso, a população da VRE, em comparação a sede do município de Tucuruí, pode ser considerada de hábitos mais sofisticados, em função das características financeiras favoráveis dos residentes. Por exemplo, é comum presenciar residências com dois carros e reuniões de amigos para lavagem desses veículos. Outro fator que implica diretamente no alto consumo é o fato das habitações possuírem diversos pontos de água, por exemplo, a casa B possui 10 pontos de água, favorecendo maior consumo.

Embora exista diversos fatores que interferem no consumo de água, sem dúvidas a não tarifação na VRE é aquele que mais influência. Deve-se considerar que para o caso do bairro, o acesso mais fácil e abundante ao recurso hídrico purificado promove hábitos insustentáveis, ao saber que ao final do mês o morador não pagará por esse serviço.

É importante citar que esse valor monitorado na VRE é extremamente alto, mesmo considerando todos os fatores que interferem no consumo final de água. Além disso, deve-se considerar a ocorrência de vazamentos não detectados nas residências monitoradas, visto o tempo de construção das habitações, que data da década de 1970 quando a UHE foi implantada. De fato, esta é uma explicação totalmente plausível, pois, no estudo de (Franco *et al.*, 2019), que fez um monitoramento na VRE em uma casa do tipo D no ano de 2019, foi constatado um consumo de 15.009 L/mês no mês de março e 47.201 L/mês no mês de agosto, apontando que esse uso irracional da água acontece há muitos anos, principalmente em épocas mais quentes, como é expresso no mês de agosto que aponta um consumo acima do recomendado para uma residência da categoria R3.

Quanto a definição dos coeficientes, a VRE apresentou valor de $K_1 = 1,12$ e $K_2 = 1,67$. Segundo Netto (1998), o valor de K_1 recomendado para projetos de SAA deve ser entre 1,1 e 1,4. No estudo de Franco *et al.*, (2019), os autores identificaram $K_1=1,57$ no mês março, podendo chegar a 2,08 no mês de agosto. Em comparação com os dados do primeiro estudo, o K_1 está dentro do recomendado, embora saiba-se que este valor é uma estimativa para um tempo de monitoramento muito menor que o recomendado. Além disso, deve-se considerar que a metodologia de tratamento dos dados pode ter mascarado o valor de K_1 . Em relação ao estudo

de Franco *et al.*, (2019), o valor de K_1 foi distinto. Isso ocorreu pelo tempo de monitoramento realizado no trabalho, que foi de uma semana, fragilizando os resultados. Para comparação, a Tabela 9 apresenta valores de K_1 obtidos por diversos autores a longo dos anos comparado com o K_1 obtido do presente estudo.

Tabela 9- Coeficientes do dia de maior consumo (K_1) ao longo dos anos

Autor/Entidade- Ano	Local	K_1	Condições de obtenção do valor
Silva (2023)	Tucuruí	1,13 - 1,24	Medição em sistema operados a vários anos
Cetesb (1978)	Valinhos	1,25 - 1,42	Medições em sistemas operados a vários anos
AEP (1996)	Canadá	1,5 - 2,5	Recomendação para projeto
Tsutyta (1989)	São Paulo	1,08 - 3,08	Medições em sistemas operados a vários anos
Saporte <i>et al.</i> (1993)	Barceloona	1,10 - 1,25	Medições em sistemas operados a vários anos
Azevedo Neto <i>et al.</i>	Brasil	1,1 - 1,4	Recomendação para projeto
Hammer (1996)	EUA	1,2 - 4,0	Medições em sistemas norte-americanos
Walski <i>et al.</i> (2001)	EUA	1,2 - 4,0	Recomendação para projeto
Franco <i>et al.</i> (2019)	Tucuruí	1,57 - 2,08	Medição em sistema operados a vários anos
Vieira <i>et al.</i> (2019)	Pontal do Paraná	2,70 - 3,83	Medição em sistema operados a vários anos
Guidi (2019)	Franca	1,18 - 1,22	Medição em sistema operados a vários anos

Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006)

Em relação ao coeficiente K_2 , Franco *et al.* (2019) obteve 1,63 no mês de março e 2,22 no mês de agosto, parecido com estimativa de $K_2=1,67$ obtida no presente trabalho. Na NBR 12.218/2017 é recomendado que, em caso da inexistência de dados de monitoramento, deve-se utilizar o valor de $K_2=1,5$, valor inferior ao estimado para a VRE. É importante levar em consideração os hábitos dos moradores da VRE, os quais interferiram nos valores dos coeficientes. Para comparação, a Tabela 10 apresenta valores de K_2 obtidos por diversos autores a longo dos anos comparado com o K_2 obtido do presente estudo.

Tabela 10- Coeficientes da hora de maior consumo (K_2) ao longo dos anos

Autor/Entidade- Ano	Local	K_2	Condições de obtenção do valor
Silva (2023)	Tucuruí	1,57 – 1,74	Medições em sistemas operados a vários anos
Cetesb (1978)	Valinhos e Iracemápolis	2,08 – 2,35	Medições em sistemas operados a vários anos
AEP (1996)	Canadá	3,0 – 3,5	Recomendação para projeto
Tsutyta (1989)	RMSP- Setor Lapa	1,5 – 4,3	Medições em sistemas operados a vários anos
Saporte <i>et al.</i> (1993)	Barcelona	1,3 - 1,4	Medições em sistemas operados a vários anos
Azevedo Neto <i>et al.</i> (1998)	Brasil	1,5 – 4,3	Recomendação para projeto
Hammer (1996)	EUA	1,5 – 10,0	Medições em sistemas norte-americanos
Walski <i>et al.</i> (2001)	EUA	3,0 - 6,0	Recomendação para projeto
Franco <i>et al.</i> (2019)	Tucuruí	1,63 - 2,22	Medição em sistema operados a vários anos
Guidi (2019)	Franca	1,62 - 1,72	Medição em sistema operados a vários anos

Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006)

6.2 TARIFAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

6.2.1 Residência tipo B

A Tabela 11 apresenta a tarifação para os dois meses de monitoramento realizado na casa tipo B, além da tarifação de referência da residência R3 estipulada pela COSANPA. Nota-se que a tarifação dos meses de março e agosto é 96% e 97% maior que o valor da tarifação para a residência R3, respectivamente. É importante observar que a tarifação ideal pode variar segundo as condições climáticas, ou seja, o mês de agosto a tarifa mensal deve ser maior que no mês de março. No entanto, para fins de estimativa, foi considerado o mesmo valor para ambos os meses.

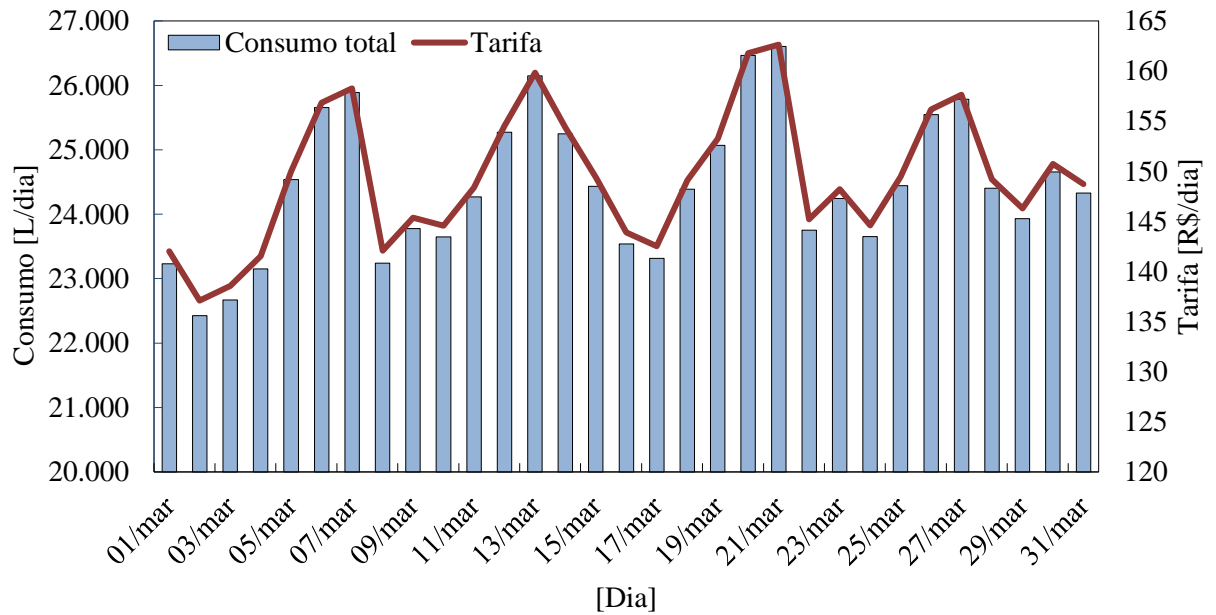
Tabela 11 – Tarifação da residência tipo B para os meses de monitoramento e para o valor de referência R3

	Consumo [m³/mês]	Tarifa R3 [R\$/30m³]	Tarifação [R\$]
Março	758		4.632,06
Agosto	977	183,4	5.975,61
R3	30		183,40

Fonte: Adaptado de COSANPA (2023)

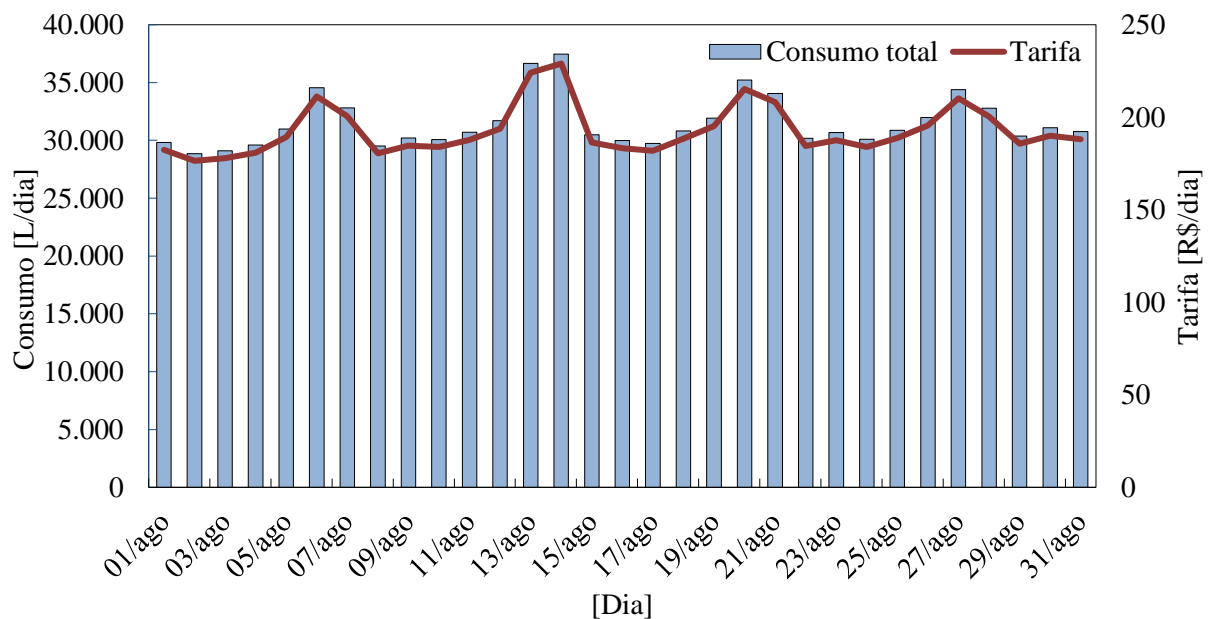
As Figura 22 e Figura 23 mostram a tarifação, por dia, da residência B nos meses monitorados. Em média, esta residência foi tarifada em R\$ 149,42 e R\$ 192,76 por dia nos meses de março e agosto, respectivamente, ou seja, a tarifa diária se aproxima do valor ideal mensal para uma residência classificada como R3.

Figura 22 - Consumo e tarifação diários de água na residência B no mês de março



Fonte: Autor (2023)

Figura 23 - Consumo e tarifação diários de água na residência B no mês de agosto



Fonte: Autor (2023)

6.2.2 Residência tipo D

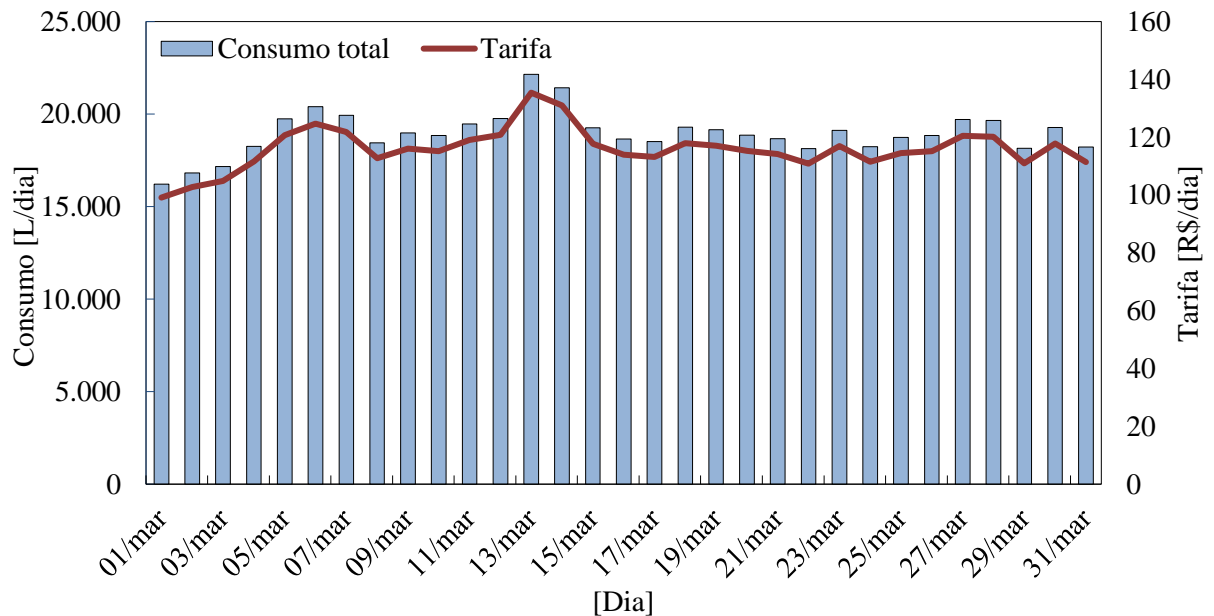
A Tabela 12 apresenta a tarifação para os dois meses de monitoramento realizado na casa tipo D, além da tarifação de referência da residência R3 estipulada pela COSANPA. Nota-se que a tarifação dos meses de março e agosto é 94% e 96% maior que o valor da tarifação para a residência R3, respectivamente. As Figura 24 e Figura 25 mostram a tarifação, por dia, da residência D nos meses monitorados. Em média, esta residência foi tarifada em R\$ 115,97 e R\$ 149,41 por dia nos meses de março e agosto, respectivamente, ou seja, a tarifa diária se aproxima do valor ideal mensal para uma residência classificada como R3.

Tabela 12 – Tarifação da residência tipo D para os meses de monitoramento e para o valor de referência R3

	Consumo [m ³ /mês]	Tarifa R3 [R\$/30m ³]	Tarifação [R\$]
Março	588		3.595,15
Agosto	758	183,4	4.632,73
R3	30		183,40

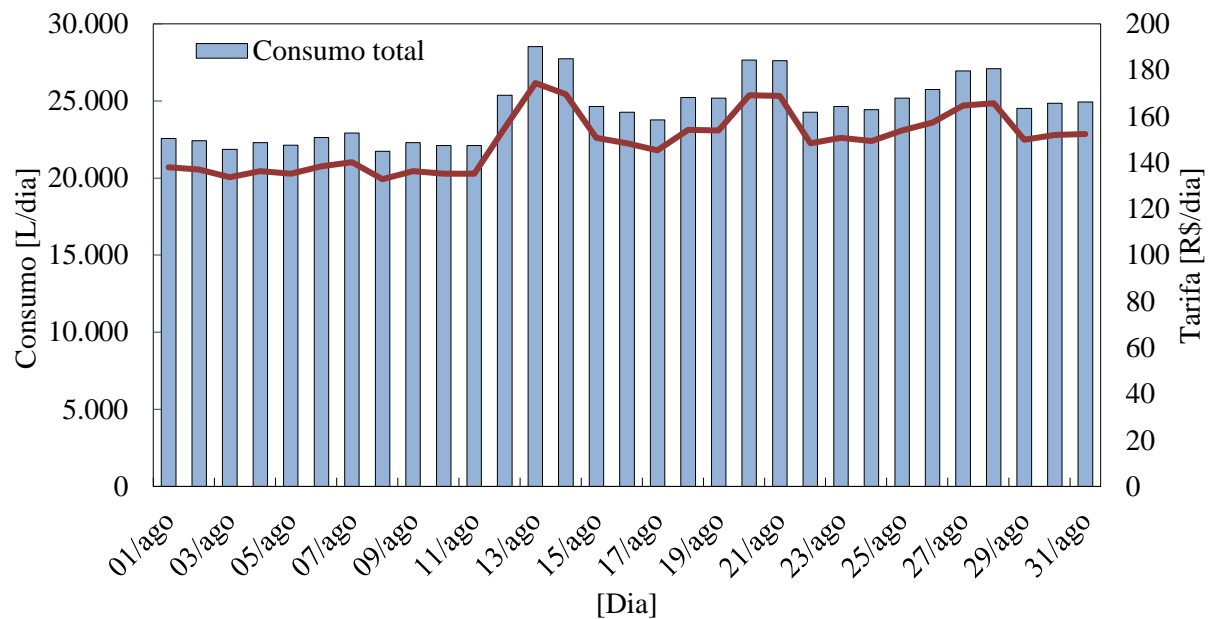
Fonte: Adaptado de COSANPA (2023)

Figura 24 - Consumo e tarifação diários de água na residência D no mês de março



Fonte: Autor (2023)

Figura 25 - Consumo e tarifação diários de água na residência D no mês de agosto



Fonte (2023)

De acordo com Andrade (1996), a estrutura tarifária em blocos (ETB) é definida pela prática de estabelecer preços distintos para diferentes níveis de consumo, sendo essa prática determinada pela empresa responsável. Conseqüentemente, os usuários são obrigados a pagar o valor da tarifa mínima, mesmo que não utilizem o volume de água correspondente a tarifa mínima. Portanto, para consumos que ultrapassam esse mínimo, os custos adicionais são adicionados a esse valor inicial.

Analisando as Tabela 11 e Tabela 12, nota-se uma redução nas tarifas, que pode estar ligado ao tamanho da residência e seus pontos de água, mesmo que o consumo seja considerado insustentável. Por exemplo, a redução da tarifação da casa D para B foi, em média, de 77% menor para ambos os meses monitorados.

A imposição de tarifas pode ser vista como uma tentativa de desencorajar o comportamento insustentável e, ao mesmo tempo, fornecer fundos para investimentos em infraestrutura hídrica. Por exemplo, Ferreira e Fernandes (2019) realizou uma entrevista com a população de Tucuruí e identificou que 80,6% dos entrevistados afirmam aceitar a tarifação para que tenham acesso à água de qualidade. Como essa não é uma realidade da VRE, os consumidores acabam utilizando a água de uma forma inconsciente por vários fatores, como a falta de tarifação, já que não sentem o impacto financeiro ao final de cada mês pelo uso excessivo da água. Além disso, pode existir uma comodidade e um mau hábito nos moradores estabelecido ao longo do tempo, que podem não perceber a necessidade de mudanças.

Para combater isso, é essencial promover a conscientização pública sobre a importância da conservação da água e incentivar práticas mais sustentáveis no uso doméstico. Além disso, a instalação de medidores de água individuais e o uso de tecnologia de monitoramento podem ajudar os consumidores a acompanharem seu consumo e tomar medidas para reduzi-lo quando necessário (Coelho *et al.*, 2019).

7 CONCLUSÕES

O estudo apresentou uma metodologia para o bairro da Vila Residencial da Eletronorte, realizando um monitoramento em duas residências tipo B e D para analisar os parâmetros de projeto de um sistema de abastecimento de água, além de estimar a tarifação da água nas residências conforme estabelecido pela concessionária responsável do estado.

O monitoramento apresentou dados alarmantes em relação ao consumo, observando o consumo hídrico insustentável. As residências obtiveram um valor médio de consumo (B e D) de 672.890 L/mês (março) e 867.758 L/mês (agosto). Na casa tipo B foi analisado um gasto equivalente ao consumo de 26 residências abastecidas de água potável, mostrando a falta de consciência ambiental dos residentes. Fatores como: o clima quente no município, a falta de manutenção nos sistemas, a ausência de medição e vazamentos ao longo da distribuição, são elementos influenciadores responsáveis pelo consumo excessivo. No entanto a falta de tarifação é o aspecto que mais impacta no alto consumo e desperdício de água. Isto pode ser confirmado com a estimativa de tarifação a ser paga pelos moradores, chegando a R\$ 5.975,61 para a casa tipo B e R\$ 4.632,73 para a casa tipo D nos meses de agosto.

Os parâmetros de projetos do dia e hora de maior consumo (K_1 e K_2) apresentam valores um pouco fora do recomendado pela NBR 12.218/2027 que regem os projetos de SAA. Para K_1 os valores ficaram entre 1,12 e 1,24 e para K_2 os valores ficaram entre 1,57 e 1,74.

A não tarifação do consumo de água emerge como um desafio significativo, refletindo em um cenário de consumo insustentável. Se medidas não forem implementadas urgentemente, os impactos podem ser alarmantes, com a possível escassez e degradação dos recursos hídricos locais. Ao atribuir um valor ao uso da água, incentiva-se a moderação no consumo, promovendo práticas mais eficientes e sustentáveis.

Para mitigar o uso irracional da água, é imperativo adotar propostas concretas e abrangentes. Investir em tecnologias de eficiência hídrica, promover a reutilização de água nas residências, e fomentar a pesquisa e implementação de práticas sustentáveis são passos cruciais. Além disso, é fundamental intensificar campanhas de conscientização, envolvendo comunidades, instituições educacionais e setores público e privado. É recomendado que em trabalhos futuros seja feita uma análise do consumo de água na sede do município para verificar o padrão de consumo em relação as residências da VRE.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 9649: **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**– Rio de Janeiro, 2017. 2 ed.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Agência Nacional de Águas. Brasília, 2018. Disponível em: [<http://arquivos.ana.gov.br/portal/publicacao/Conjuntura2018.pdf>]. Acesso em 25 nov 2023.

ALMEIDA, B, A. *et al.* **VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE TARIFA DE ÁGUA E OS SEUS IMPACTOS NA POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ-PA**. In: XVI ENEEAMB & LV FLAES, 2018, Palmas. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/eneeamb-2018/trabalhos/viabilidade-da-implantacao-de-tarifa-de-agua-e-os-seus-impactos-na-populacao-do?lang=pt-br>> Acesso em: 27 nov. 2023.

ANDRADE. T, A; LOBÃO, W, J, A. Tarifação social no consumo residencial de água. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1944>. Acesso em: 12 de ago. 2023.

BÁGGIO, M. A. **Redução de perdas em sistema de abastecimento de água**. 2ª Edição. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Brasília. 2014.

BARRA, Emanuele do Carmo; PORTUGUÊS, Polyane Araújo. **Determinação do consumo efetivo per capita de água e produção de esgoto na vila tropical de Tucuruí utilizando um protótipo medidor de vazão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental) Universidade Federal do Pará, Tucuruí, 2018. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/4715>. Acesso em: 30 ago. 2023

BRAGA, B. et. al. **Introdução à engenharia ambiental**. São. Paulo: Prentice Hall - 2ª edição. 2005.

BRANDÃO, I. **Dispositivo IoT de micromedição integrado com Cloud Computing para monitoramento do consumo de água**. 2022. 102 f.; il. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2022

BRASIL. **Lei 14.182, de 12 de julho de 2021**. Desestatização da Eletrobrás. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/Lei/L14182.htm> Acesso em: 20 nov. 2023.

BRASIL. **Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Política nacional de Recursos Hídricos. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm> Acesso em: 27 nov. 2023

BRASIL. Ministério da saúde. Gabinete do ministro. **Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em <

https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html> Acesso em 21 de ago. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto** - Gestão Técnica de Água ano de referência 2020. Brasília: SNS/MDR, 2021.

COÊLHO, A.C. (2001). **Manual de Economia de Água** (Conservação de Água). Comunigraf, Recife.

COELHO, E; SOUZA; D; SÁ, J; FARIAS, F. Water manager: A system based on hardware and software for user consumption monitoring. IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL, 17, NO 11, Nov. 2019.

COSANPA, **Companhia de Saneamento do Pará, Tarifas 2022**. Disponível em: https://www.cosanpa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Tarifa_Junho_2022.pdf. Acesso em: 13 mai. 2022.

Documento Técnico de Apoio nº D2 - **Micromedição**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA. Ministério das Cidades. Brasília, 2003. Disponível em < <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/pmss/biblioteca-virtual/documentos-tecnicos-de-apoio-Ta>> Acesso em: 27 de nov. 2023.

ESTEVAN, C. V. P. **Aportaciones a la gestión de los sistemas de medición de caudal en redes de distribución de agua a presión**. 2005. 310 f. Tese de Doutorado. Universitat Politècnica de València, València, 2015
Coelho, A.C. (2001). Manual de Economia de Água (Conservação de Água). Comunigraf, Recife.

FERREIRA, Diego, Gonçalves; FERNANDES, Lilia, Siliprandi. **Análise da possibilidade de tarifação pelos serviços de abastecimento de água no município de Tucuruí-Pa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal do Pará. Tucuruí, 2018).

FILHO, G, G, F. **Sistema automatizado de macromedição para redes de abastecimento de água**. 2023. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Hídricos Naturais). Universidade Federal do Campina Grande. Campina Grande. 2023.

FRANCO, L, N; NASCIMENTO, M, M; ARAÚJO, A, S; SOUZA, L, P; FARIAS, C, R; ASSUNÇÃO, H, L; SOUZA, D, E, S; LOPES, R, M. **Monitoramento sazonal de água em uma residência do município de Tucuruí-Pa para a determinação de parâmetros de projeto**. 2019. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Foz do Iguaçu. 2019.

FRANGIPANI, M.; GOMES, A. S. **Guias práticos: técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água, v. 1, Macromedição**. PMSS, PNDCA, SNSA, Ministério das Cidades, Brasília, 2007.

- FUNASA- Fundação Nacional de Saúde (2019). **Manual de Saneamento**. 5 ed. Brasília. 545p.
- GONÇALVES, G. M. **Seleção de Medidores de Vazão – Uma ótica de Engenharia de Aplicações**. Intech América do Sul, n° 142, p. 34-39. Belém, 2012.
- GUIMARÃES, AJA, Carvalho DF, Silva LDB. **Saneamento e meio ambiente**. Ago. 2007. Disponível em: <http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%203.pdf>. Acesso em 20 nov 2023.
- HOWARD, G; BARTRAM, J. 2003. **“Domestic water quantity: service level and health”**. Geneva: WHO - World Health Organization. 33p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Tucuruí. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/tucuru/panorama>. Acesso em: 24 de jun. 2023.
- KURODA, E.; PÁDUA, V. Tubulações e acessórios. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. II, 2010. Cap. 15, p. 693-794.
- LIMA, Bárbara Cattapreta *et al.* **Sistema de medição individualizada de água: Estudo de caso de edifício comercial em São Paulo**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 11, n. 3, 2016.
- MATOS, J. C. C. T. **Proposição de método para definição de cotas per capita mínimas de água para consumo humano**. 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia ambiental e recursos hídricos)- Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- MATSUNAGA, W. K.; RODRIGUES, B. J.H.; RODRIGUES, G.P. (2018). **“Atributos microbiológicos de solo, relacionados às atividades da microfauna em solo na Floresta Amazônica”**. In Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ. p. Vol. 41 - 3 / 2018 p. 630-638
- MORAIS, C. D. et, al. **PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS DE CONTROLE DE PERDAS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Pernambuco. Recife-Pernambuco, 2009.
- NETTO, A, J. M.; FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 1998.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. La L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estudos Avançados [online]. 2008, vol. 22, n. 63, p. 43-60.
- RICHTER, Carlos A. **Tratamento de água**. 2015. Disponível em: http://www.suapesquisa.com/o_que_e/tratamento_agua.htm. Acesso em: 25 nov. 2023.
- SAGA MEDIÇÃO. Medidor residencial. Disponível em: <https://www.sagamedicao.com.br/residencialus/#1584098910121-5242d0a0-1ab9>. Acesso em: 10 de set. 2023.

SIQUEIRA, N.; SOUZA, P. **Medidor prismático hexagonal: uma alternativa à macromedição**. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 25, n. 5, p. 649-653, Outubro 2020. ISSN 1809-4457.

SNIS, **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**: Abastecimento de água. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/ab>. Acesso: 20 de ago. 2023.

SOBRINHO, A.; BORJA, R. & **PERDAS DE ÁGUA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO**. Perdas de água. Salvador-BA. 2016.

SOUZA, Davi Edson Sales e; MESQUITA, André Luiz Amarante; BLANCO, Claudio José Cavalcante. **Pressure Regulation in a Water Distribution Network Using Pumps as Turbines at Variable Speed for Energy Recovery**. Water Resources Management, v. 37, n. 3, p. 1183-1206, 2023

SOUZA, S. F. A.; SOARES, F. W. **Estudo de caso no abastecimento de água do município de Belém nas localidades administrativas UniNorte e UniSul – Utilizando métodos de pesquisa de vazamentos, detecção e retirada de irregularidades**. Trabalho de Conclusão de Curso (Faculdade de Engenharia Civil)- Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

TSUTYIA, Milton Tomoyuki, **Abastecimento de Água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2006.