



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS/PROFAGUA

IARA ALEXANDRA WISWELL GALÁN

**ANÁLISE DAS PERDAS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA
CAER EM BOA VISTA/RR**

BOA VISTA-RR

2025

IARA ALEXANDRA WISWELL GALÁN

**ANÁLISE DAS PERDAS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA
CAER EM BOA VISTA/RR**

Projeto apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Regulação e governança de recursos hídricos.

Orientador: Dr. Alex Bortolon de Matos

BOA VISTA–RR

2025

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

G147a Galán, Iara Alexandra Wiswell.
Análise das perdas nos sistemas de distribuição de água da CAER
em Boa Vista/RR / Iara Alexandra Wiswell Galán. – Boa Vista, 2025.
93 f. : il. Inclui Apêndices.

Orientador: Prof. Dr. Alex Bortolon de Matos.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima,
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos
Hídricos.

1. Saneamento básico. 2. Perdas de água. 3. Micromedição. 4.
Hidrômetros. 5. Consumo residencial. I. Título. II. Matos, Alex Bortolon
de (orientador).

CDU (2. ed.) 628.179.3(811.4)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista:
Mariede Pimentel e Couto Diogo - CRB-11/354 - AM

IARA ALEXANDRA WISWELL GALÁN

ANÁLISE DAS PERDAS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA CAER EM BOA VISTA/RR

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, para a obtenção do grau de mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Roraima. Área de concentração: Regulação e governança de recursos hídricos. Defendida em 30 de maio de 2025 e avaliada pela seguinte banca examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ALEX BORTOLON DE MATOS**
Data: 02/06/2025 18:40:30-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Alex Bortolon de Matos – Orientador (UFRR) – Prof^ªÁgua/UFRR

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO FRUTUOSO DA SILVA**
Data: 10/06/2025 10:52:03-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Adriano Frutuoso da Silva – Membro Interno – Prof^ªÁgua/UFRR

Documento assinado digitalmente
 **JOHN ERIC LEMOS DE AMORIM**
Data: 11/06/2025 08:58:45-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. John Eric Lemos de Amorim – Membro Externo – UERR

BOA VISTA–RR

2025

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, Yberty e Fariel, pelo amor incondicional, pelos conselhos sempre certos e por nunca medirem esforços para me oferecer o melhor. O apoio de vocês foi fundamental para o meu sucesso e crescimento. Tudo o que conquistei até aqui carrega todos os ensinamentos que me passaram ao longo da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos e pela proteção constante. Foi Ele quem iluminou meus passos e decisões em cada etapa deste caminho. Sei que sem Sua presença, eu não teria conseguido chegar até aqui.

À minha mãe, Yberty Wiswell, pelo incondicional amor, constante incentivo e paciência. Obrigada por cuidar de mim com tanto carinho e pelo seu jeito único de demonstrar amor, até mesmo me lembrando de que eu precisava comer e beber água. Você sempre acreditou em mim, mesmo quando eu duvidei, e tornou esse percurso mais leve com seu apoio.

Ao meu pai, Fariel Galán, pelo amor, cuidado, conselhos e confiança. Por todos os sacrifícios feitos para que eu pudesse estudar e chegar até aqui. Obrigada por me proporcionar o melhor em tudo, ao ponto de o estudo ser minha única preocupação, sem o senhor eu não estaria terminando este mestrado.

À minha irmã, Doris Wiswell, por ser meu porto seguro, minha confidente e meu exemplo. Obrigada por cada palavra nos momentos difíceis, por me inspirar e por, de quebra, colocar em minha vida o melhor cunhado que eu poderia ter, Daniel Mateus.

À minha sobrinha, Laura Wiswell, que é minha maior motivação para ser, todos os dias, uma pessoa e uma profissional melhor. Que eu possa ser para você o exemplo que encontro nos que amo.

Sou imensamente grata aos professores que passaram por minha trajetória, todo aprendizado contribuiu para que eu chegasse até aqui. Meu agradecimento especial ao meu orientador, Alex Bortolon, pela disponibilidade, orientação, paciência e confiança na minha pesquisa. Obrigada por acreditar neste trabalho e tornar esse processo muito rico.

E, por fim, a todos meus amigos, pela parceria, apoio e compreensão. Vocês tornaram esta jornada mais leve.

Em vez de perguntar "e se der errado?", se pergunte
"e se for a melhor coisa que já me aconteceu?"

Victor Fernandes

RESUMO

A crescente demanda por eficiência no uso dos recursos hídricos e a necessidade de reduzir as perdas nos sistemas de abastecimento têm colocado em evidência a importância da medição individualizada do consumo. Em Boa Vista/RR, aproximadamente 30% das residências atendidas pela Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER não possuem hidrômetro, o que compromete tanto a precisão da cobrança quanto os indicadores operacionais da companhia. Este trabalho tem como objetivo analisar os impactos da ausência de micromedição sobre os índices de perdas de água e propor estratégias para aprimorar a política tarifária da CAER. A pesquisa adota uma abordagem quantitativa com base em dados de 98 residências que passaram a contar com micromedição, permitindo comparar o consumo real com o valor fixado de 10 m³ mensais, utilizado como base para a tarifa mínima em imóveis sem hidrômetro. As análises foram realizadas em dois períodos: três meses após a instalação dos hidrômetros e doze meses contínuos, demonstrando que a média de consumo real por residência se manteve estável e consistentemente superior ao volume considerado pela companhia. A submedição gera um excedente médio anual superior a 90 m³ por residência, resultando em perdas aparentes significativas. Quando projetado para as 25.000 residências sem medição individualizada, estima-se que mais de dois milhões de m³ de água sejam consumidos e não faturados anualmente, o que representa uma perda financeira potencial superior a R\$ 14 milhões por ano apenas com água, podendo ultrapassar R\$ 25 milhões quando considerada também a tarifa de esgoto. A análise do comportamento de consumo identificou variações entre redução, aumento e estabilidade, indicando que a instalação do hidrômetro, por si só, não garante a diminuição do consumo, mas é essencial para a justiça tarifária e o controle das perdas. Como resultado da pesquisa, foi elaborada uma nota técnica com recomendação de revisão do valor de consumo mínimo considerado pela CAER, com o objetivo de adequar a estrutura tarifária à realidade observada, reduzir perdas operacionais e promover maior equilíbrio econômico e equidade no sistema de cobrança.

Palavras-chave: Saneamento básico. Perdas de água. Micromedição. Hidrômetros. Consumo residencial.

ABSTRACT

The growing demand for efficiency in water resource management and the need to reduce losses in supply systems have highlighted the importance of individualized consumption metering. In Boa Vista, state of Roraima, approximately 30% of households served by the Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER do not have water meters, which compromises both billing accuracy and the company's operational indicators. This study aims to analyze the impacts of the absence of micro-metering on water loss indices and to propose strategies to improve CAER's tariff policy. A quantitative and empirical approach was adopted, based on data from 98 households that received water meters, allowing a comparison between real consumption and the fixed value of 10 m³ per month used as the minimum billing reference for unmetered households. Two timeframes were analyzed: three months and twelve months after meter installation. The results showed that the average actual consumption per household remained stable and consistently above the volume considered by the company. Underestimation of consumption generated an average annual surplus of over 90 m³ per household, resulting in significant apparent losses. When multiplied to the 25,000 households without individualized metering in Boa Vista, it is estimated that more than two million m³ of water are consumed and not billed annually, representing a potential financial loss of over BRL 14 million per year from water alone, which could exceed BRL 25 million when including sewerage fees. The analysis of consumption behavior revealed variations among reduction, increase, and stability, indicating that installing meters alone does not guarantee lower consumption, although it is essential for fair billing and loss control. As a result of this research, a technical note was prepared recommending the revision of the minimum consumption value considered by CAER, aiming to align the tariff structure with actual consumption patterns, reduce operational losses, and promote greater financial balance and fairness in the billing system.

Keywords: Basic sanitation. Water losses. Micro-metering. Water meters. Residential consumption.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo das principais leis que envolvem o SAA.....	15
Figura 2 - Sistema de abastecimento de água	17
Figura 3 - Instalação de medidor em uma residência.....	19
Figura 4 - Modelo de matriz para o balanço hídrico	21
Figura 5 - Poço tubular no bairro Equatorial.....	31
Figura 6 - Ponto de Captação de água da CAER.....	32
Figura 7 - Estação de Tratamento de Água da CAER.....	32
Figura 8 - Centros de Reservação de Distribuição.....	33
Figura 9 - Fluxograma das etapas da pesquisa	36

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Índices de Perdas na Distribuição	25
Tabela 2 - Índices de Perdas no Faturamento	26
Tabela 3 - Índices de Perdas por Ligação	27
Tabela 4 – Comparativo dos Índices de Perdas	30
Tabela 5 – Evolução dos indicadores de Boa Vista (2018-2022)	30
Tabela 6 - Tarifa mínima de cada categoria	34
Tabela 7 - Método de cálculo do valor da conta de água	35
Tabela 8 – Análise 1 do consumo médio das residências	42
Tabela 9 – Residências com consumo abaixo ou igual a 10m ³	43
Tabela 11 – Residências com consumo médio abaixo ou igual a 10m ³	45
Tabela 12 – Consumo médio por zona da análise 1	46
Tabela 13 – Consumo médio anual por zona da análise 2	47
Tabela 14 – Indicadores estatísticos descritivos	47
Tabela 15 – Excedente médio de consumo de água por zona das residências (Análise 1)	48
Tabela 16 – Excedente médio de consumo de água por zona das residências (Análise 2)	49
Tabela 17 – Excedente médio de consumo de água anual por zona das residências	50
Tabela 18 – Valores mensais estimados	58
Tabela 19 – Impacto financeiro mensal estimado	59
Tabela 20 – Valores anuais estimados	60
Tabela 21 – Impacto financeiro anual estimado	61
Tabela 22 – Valores por zona da conta e do impacto estimado	62
Tabela 23 – Valores globais da conta e do impacto estimados	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comportamento do Consumo da Residência 5	51
Gráfico 2 – Comportamento do Consumo da Residência 32	51
Gráfico 3 – Comportamento do Consumo da Residência 51	52
Gráfico 4 – Comportamento do Consumo da Residência 77	52
Gráfico 5 – Comportamento do Consumo da Residência 2	53
Gráfico 6 – Comportamento do Consumo da Residência 26	53
Gráfico 7 – Comportamento do Consumo da Residência 52	54
Gráfico 8 – Comportamento do Consumo da Residência 76	54
Gráfico 9 – Comportamento do Consumo da Residência 48	56
Gráfico 10 – Comportamento do Consumo da Residência 61	56
Gráfico 11 – Comportamento do Consumo da Residência 100	57

LISTA DE ABREVIATURAS

CAER	Companhia De Águas E Esgotos De Roraima
CRDs	Centros de Reservação e Distribuição
ETAs	Estações De Tratamentos
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IN013	Índice de Perdas no Faturamento
IN049	Índice de Perdas na Distribuição
IN051	Índice de Perdas por Ligação
IWA	International Water Association
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
SAA	Sistema De Abastecimento De Água
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	14
2.1.1 Arcabouço jurídico	14
2.1.2 Componentes do Sistema de Abastecimento de Água	17
2.1.3 Hidrômetros	19
2.2 PERDAS DE ÁGUA	20
2.2.1 Perdas Reais	22
2.2.2 Perdas Aparentes	23
2.3 MÉTODO DE CÁLCULO DOS ÍNDICES DE PERDA DE ÁGUA	23
2.3.1 Índice de Perdas na Distribuição (IN049)	24
2.3.2 Índice de Perdas no Faturamento (IN013)	25
2.3.3 Índice de Perdas por Ligação (IN051)	27
2.3.4 Correlação entre Indicadores	28
2.4 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CAER	31
2.4.1 Tipos de Captação	31
2.4.2 Centros de Distribuição	33
2.4.3 Tarifas Adotadas	34
3 METODOLOGIA	36
3.1 ESTIMATIVA DO CONSUMO MÉDIO DAS RESIDÊNCIAS SEM HIDRÔMETRO	38
3.2 COMPARATIVO DO CONSUMO MÉDIO	39
3.3 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO CONSUMO HÍDRICO	40
3.4 PROJEÇÃO DO IMPACTO FINANCEIRO	40
3.5 RELATÓRIO TÉCNICO	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42

4.1 ANÁLISE DO CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA.....	42
4.2 ANÁLISE DO EXCEDENTE MÉDIO DE ÁGUA.....	48
4.3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE CONSUMO	50
4.4 ANÁLISE FINANCEIRA	57
4.5 RELATÓRIO TÉCNICO	64
5 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICES.....	72
APÊNDICE A – Cópia do ofício enviado à CAER para solicitação de dados	72
APÊNDICE B - Gráficos referentes ao comportamento do consumo	74
APÊNDICE C – Nota técnica	89

1 INTRODUÇÃO

Segundo Tucci (2008), entre os principais componentes da estrutura da gestão de uma cidade, destaca-se o sistema de abastecimento de água (SAA), que envolve a gestão e a distribuição desse recurso. O gerenciamento hídrico eficaz é fundamental para evitar perdas ao longo da rede de distribuição, visto que se trata de um problema relacionado a redes mal projetadas, submetidas a constantes modificações para ampliações e manutenções não previstas nos projetos originais. Dessa forma, quanto mais eficiente é o sistema, menores são as perdas de água (Baen, 2018).

Conforme aponta Santi, Cetrulo e Malheiros (2018), as perdas de água em sistemas de distribuição são uma problemática à expansão do saneamento no Brasil. Contudo, trata-se de uma questão de escala global, embora a diferenciação entre o volume consumido e o volume faturado ainda não seja amplamente adotada em diversos países. O primeiro passo antes da adoção de medidas de controle consiste no desenvolvimento de um diagnóstico do sistema, com a avaliação do volume de água perdido ao longo do processo de abastecimento.

Em nível nacional, os índices de perdas são calculados com base em três indicadores principais, o que considera perdas na distribuição, calculado em porcentagem, no faturamento, calculado em porcentagem, e outro na ligação, mensurado em litros/ligação.dia (SNIS, 2022). As particularidades dos sistemas brasileiros dificultam o desenvolvimento de um modelo padrão de avaliação, tanto no controle de perdas quanto na prestação dos serviços de saneamento como um todo.

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2022), os indicadores de perdas apresentam variações significativas entre o cenário nacional e estadual. O índice nacional de perda na distribuição é de 37,78%, enquanto no estado de Roraima esse valor alcança 59,4%. Já o indicador de perda no faturamento é de 32,62% no Brasil, contra 58,4% em Roraima. No que se refere à perda por ligação, o país registra 337,71 L/ligação.dia, enquanto Roraima apresenta 851 L/ligação.dia (Brasil, 2023b). Essa discrepância está associada a diversos fatores, como o investimento em programas de redução de perdas em outras regiões, especialmente na Centro-Oeste, com destaque para ações como a substituição de hidrômetros.

Entre os fatores que contribuem para os elevados índices de perdas, identificam-se o gerenciamento ineficaz dos sistemas, a cultura voltada ao aumento da oferta e do consumo, a ausência de estudos de engenharia nas ampliações da rede e o baixo investimento em infraestrutura e operação (Miranda, 2002).

A European Commission (2015) destaca que as perdas de água envolvem aspectos que vão além das questões técnicas e econômicas, alcançando dimensões ambientais, legais, tecnológicas, sociais e políticas. Por isso, trata-se de uma temática que requer abordagem multidisciplinar, uma vez que impacta diferentes esferas e apresenta níveis preocupantes na área da pesquisa.

O valor medido pelo hidrômetro, aferido pela Companhia de Águas e Esgoto de Roraima (CAER), é fundamental para o cálculo da tarifa de consumo. Essa prática contribui para tornar a cobrança mais justa, uma vez que considera o uso real de cada residência. Portanto, trata-se de uma medida essencial para cidades que buscam a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos.

Segundo o Guia do Saneamento da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2023), o uso da tarifa mínima com base em um consumo estimado, geralmente fixado em 10 m³, é amplamente adotado como prática padrão no setor, especialmente em sistemas que ainda não universalizaram a instalação de hidrômetros. Nas residências desprovidas de hidrômetro, a CAER adota esse valor como referência de consumo mensal, em consonância com a estrutura tarifária vigente. Tal prática visa garantir a sustentabilidade econômico-financeira do sistema, diante da ausência de dados precisos de medição individualizada (ABES, 2023; ANA, 2021).

Contudo, estudos técnicos e normativos indicam que o uso de volume estimado pode apresentar limitações, principalmente no que se refere à precisão dos indicadores de desempenho e ao estímulo ao consumo consciente. A ausência de hidrômetros pode dificultar o planejamento operacional e gerar incertezas nos dados relacionados às perdas de água.

A realização desta pesquisa justifica-se pela necessidade de aprofundar a compreensão sobre a influência da ausência de medição no cálculo dos índices de perda em Boa Vista/RR. A proposta também se reveste de relevância ambiental, ao contribuir para o aprimoramento das estratégias de preservação dos recursos hídricos,

e de relevância social, na medida em que propõe soluções para maior equidade tarifária.

No aspecto econômico, observa-se que os sucessivos reajustes tarifários têm alcançado índices de até 25% ao ano (CAER, 2024b), em parte atribuídos aos custos operacionais decorrentes de um sistema com altos índices de perda. Assim, avanços no controle de perdas podem representar uma estratégia importante para redução de gastos e, conseqüentemente, da pressão tarifária sobre os consumidores.

A pesquisa parte da hipótese de que a ausência de hidrômetros instalados em parte das residências da cidade de Boa Vista/RR exerce impacto significativo sobre os índices de perda de água. O objetivo geral do estudo é analisar as perdas de água na cidade, com base nas características habitacionais locais e na dinâmica do sistema de distribuição operado pela CAER, visando contribuir com a melhoria da gestão do abastecimento. Entre os objetivos específicos, destacam-se: estimar o consumo médio real nas residências que não possuíam hidrômetro, avaliar o comportamento do consumo após a instalação do equipamento, estimar o impacto financeiro da ausência de medição, realizar o zoneamento dos dados analisados e elaborar um relatório técnico com sugestões de diretrizes para a companhia.

Por fim, importante mencionar que esta pesquisa se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS nº 6, água potável e saneamento, nº 11, cidades e comunidades sustentáveis e nº 12, consumo e produção responsáveis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

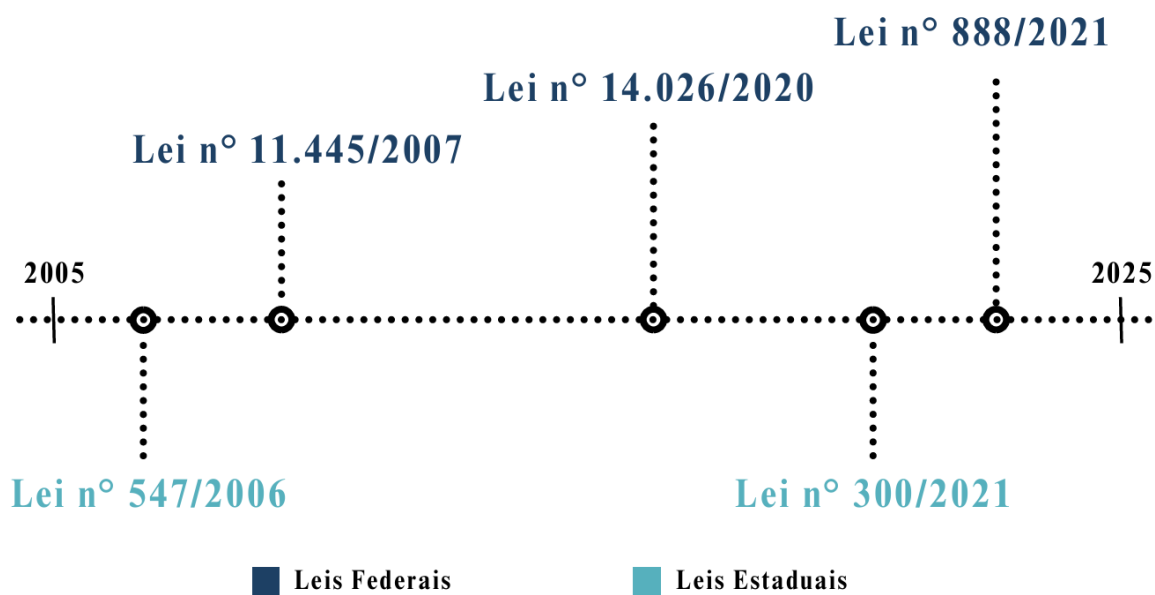
O SAA é composto por um conjunto de instalações, estruturas operacionais, obras civis, materiais e equipamentos destinados à captação, tratamento, reservação e distribuição de água potável para consumo humano. De acordo com a Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021, o SAA deve garantir a qualidade da água em todas as etapas, desde a fonte até o ponto de entrega ao consumidor (Brasil, 2021).

As diretrizes nacionais que orientam o setor foram definidas pela Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, a qual estabelece que o saneamento básico compreende os serviços públicos de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2007). Essa legislação ainda prevê que a sustentabilidade econômico-financeira desses serviços se dará por meio da cobrança de tarifas, cuja forma de remuneração pode variar conforme a localidade. No caso do abastecimento de água, a prestação do serviço é de titularidade municipal, segundo a legislação (Machado, 2022).

2.1.1 Arcabouço jurídico

Com o intuito de contextualizar os principais marcos legais relacionados ao setor de saneamento básico no Brasil e no estado de Roraima, a Figura 1 apresenta uma linha do tempo com as legislações mais representativas que tratam do SAA. Embora outras normas sejam abordadas ao longo do texto, a figura reúne aquelas consideradas centrais para a compreensão da evolução normativa e institucional do setor. Estão incluídas leis federais e estaduais que tratam da regulação, da gestão dos recursos hídricos, da estruturação da governança e da prestação dos serviços, com ênfase em dispositivos que envolvem a medição, a cobrança e o controle das perdas de água.

Figura 1 – Linha do tempo das principais leis que envolvem o SAA



Fonte: Elaborado pela autora

A gestão de perdas de água no sistema de abastecimento é abordada por diferentes instrumentos legais e regulatórios, tanto em nível federal quanto estadual. O marco legal do saneamento básico no Brasil, instituído pela Lei nº 11.445/2007 e atualizado pela Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020, estabelece que os serviços públicos de saneamento devem observar os princípios da universalização, da eficiência e da sustentabilidade econômico-financeira, os quais estão diretamente relacionados à redução das perdas hídricas ao longo do sistema (Brasil, 2007; Brasil, 2020).

A Lei nº 14.026/2020, ao atualizar o marco legal, introduziu a obrigatoriedade de que os contratos de programa e de concessão incluam metas progressivas de redução de perdas na distribuição de água. Essas metas passam a ser parte das obrigações da prestadora de serviços, alinhadas aos princípios de eficiência e à melhoria da qualidade da prestação dos serviços públicos (Brasil, 2020).

A Lei nº 11.445/2007 também prevê que o planejamento do saneamento deve incorporar medidas voltadas à minimização de desperdícios, ao aprimoramento do desempenho operacional e à promoção do uso racional dos recursos hídricos. Ainda que o termo “perdas” não esteja sempre explicitado no texto legal, sua mitigação está diretamente associada aos fundamentos que regem a prestação adequada dos serviços de abastecimento de água (Brasil, 2007).

No âmbito regulatório, o Manual de Regulação dos Serviços de Saneamento Básico da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) reforça a importância de os contratos conterem indicadores de desempenho voltados à redução de perdas físicas e comerciais, além de prever mecanismos de monitoramento e aplicação de penalidades nos casos de descumprimento. O documento destaca que a redução de perdas constitui elemento essencial para a sustentabilidade dos sistemas e para o equilíbrio econômico-financeiro do setor (ANA, 2021).

A Portaria GM/MS nº 888/2021, que define os padrões de qualidade da água para consumo humano, conceitua o Sistema de Abastecimento de Água como o conjunto de estruturas responsáveis pela produção e distribuição da água potável. Embora a portaria tenha como foco a qualidade da água, seu escopo abrange todas as etapas do sistema, onde perdas também podem ocorrer (Brasil, 2021).

No contexto estadual, a Lei nº 547, de 23 de junho de 2006, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos de Roraima, estabelece critérios para contabilização do volume de água captado e efetivamente utilizado, considerando como infração a manipulação ou a fraude em instrumentos de medição. A norma reforça a importância da medição precisa para fins de cobrança e de controle de perdas (Roraima, 2006).

Ainda em âmbito estadual, a Lei Complementar nº 300, de 14 de julho de 2021 criou a Microrregião de Água e Esgoto no estado de Roraima, atribuindo a ela competências relacionadas ao planejamento, à regulação, à fiscalização e à prestação, direta ou contratada, dos serviços públicos de saneamento. A legislação determina que a gestão microrregional deve buscar a eficiência técnica e econômica dos serviços, com ênfase no uso racional da água e na redução de desperdícios, garantindo o atendimento das populações em situação de maior vulnerabilidade (Roraima, 2021).

Ressalta-se também que, embora a titularidade dos serviços de saneamento seja municipal, conforme previsto na Constituição Federal, a prestação regionalizada, por meio de consórcios públicos ou estruturas de governança microrregional, é admitida desde que haja uniformidade na regulação, compatibilidade no planejamento e articulação entre os entes envolvidos.

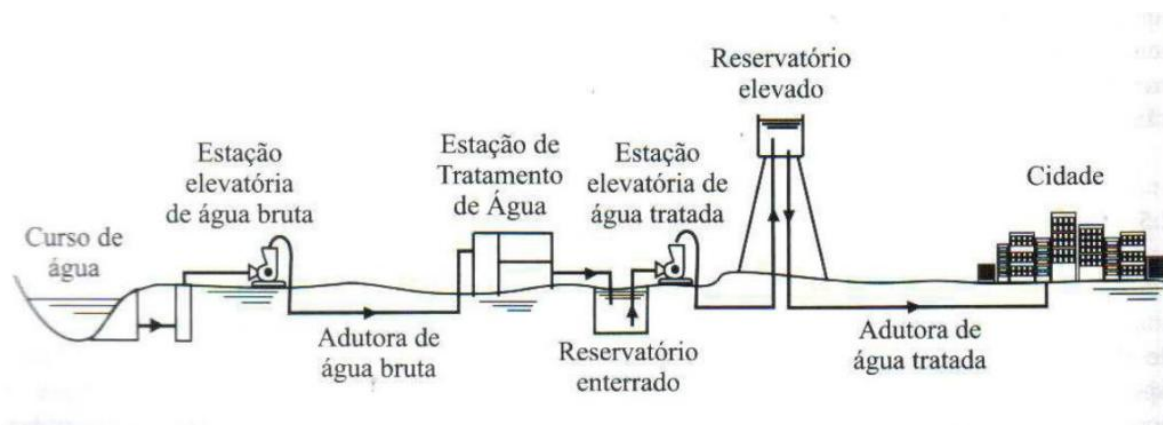
Adicionalmente, conforme dispõe o §1º do artigo 45 da Lei nº 11.445/2007, a instalação do hidrômetro é de responsabilidade da prestadora dos serviços de

abastecimento de água. Cabe à entidade operadora assegurar os instrumentos de medição individualizada do consumo. Em casos onde não há hidrômetro instalado, a jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça (STJ) determina que a cobrança deve ser realizada com base na tarifa mínima, salvo quando comprovada fraude ou violação do equipamento. Esse entendimento visa garantir a justiça tarifária, assegurar a transparência na relação entre consumidor e concessionária e reforçar a importância da medição individualizada como mecanismo de controle das perdas aparentes (Brasil, 2007; STJ, 2014).

2.1.2 Componentes do Sistema de Abastecimento de Água

O SAA, em geral, é composto por captação de água bruta, adução e subdução de água bruta e tratada, estações elevatórias e/ou estações de recalque, estação de tratamento de água, reservatórios, rede de distribuição de água tratada e ligação domiciliar, segundo a Fundação Nacional de Saúde – Funasa (Brasil, 2016). O conjunto do sistema até a ligação domiciliar é ilustrado na Figura 2

Figura 2 - Sistema de abastecimento de água



Fonte: Tsutiya (2004)

Destaca-se que cada componente tem uma função específica, sendo importante para a pesquisa destacar as características da captação, reservação e rede de distribuição, indicado no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais características dos principais componentes do SAA

Componente	Características
Captação	Ponto de captação inicial do sistema que pode ser superficial (rios e lagos), subterrâneo (nascentes, galerias filtrantes, poços) ou de águas pluviais (superfícies apropriadas).
Reservação	Estruturas hidráulicas de acumulação e condução de água, localizadas em pontos estratégicos do sistema, destinadas a garantir o volume adequado, assegurar a adução com vazão e pressão constantes, permitir o uso de diâmetros menores nas tubulações e otimizar as condições de pressão. Categorizam-se pela posição no terreno (enterrado, semienterrado, apoiado ou elevado) e pela localização na rede de distribuição (reservatório de montante ou de jusante).
Rede de Distribuição	Constituída por um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, junto aos edifícios, conduzindo a água. É formada por tubulações principais, abastecidas pelo reservatório de montante ou pela adutora em conjunto com o reservatório de jusante. Os requisitos para a elaboração de projetos de redes de distribuição de água para abastecimento público são definidos pela NBR 12218 (NB594), revisada em 05/2017.

Fonte: GUIMARÃES et. al (2007) e ReCESA (2013).

Ademais, ressaltam-se as ligações domiciliares que representam uma parte fundamental na caracterização das perdas hídricas. Segundo Reali (2002), a ligação domiciliar é a instalação que comunica a rede pública de distribuição à tubulação interna de cada imóvel, sendo esse limite definido pela concessionária de água local. Segundo Nogami (1987), essa ligação é constituída basicamente por um dispositivo de tomada, um ramal predial e um medidor, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Instalação de medidor em uma residência



Fonte: ASCOM/CAER (2024a)

Nesse aspecto, o dispositivo de tomada é a compilação de peças da canalização distribuidora que permite a conexão do ramal predial à rede pública, enquanto o ramal predial é o trecho da tubulação que parte do dispositivo de tomada até o medidor.

Ressalta-se ainda os conceitos de micromedição que são essenciais para um sistema público de abastecimento de água potável eficaz. De acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Brasil, 2009), os equipamentos para realizar as medições do volume de água que passa pelo SAA e o volume consumido pelos usuários do sistema são importantes para reduzir as perdas de água.

2.1.3 Hidrômetros

Os medidores ou hidrômetros são dispositivos que medem e indicam a quantidade de água fornecida por uma rede de distribuição, que podem ser classificados em consonância com o princípio de funcionamento, sendo de volume ou

de velocidade (Nogami, 1987). Através da NBR 8194 (2019), padronizou-se o formato do número de série, conexões e dimensões de medidores de água potável atribuídos à instalação nos imóveis.

A CAER utiliza esse equipamento para tarifar a água de acordo com o consumo per capita do imóvel, sendo esse consumo afetado por diversos motivos, como clima, pressão disponível da rede de abastecimento, padrões de vida e finalidade de consumo (Azevedo Netto e Fernandes 1996; Hammer, 1979).

A utilização de medidores proporciona setorizar a medição, permitindo a identificação do perfil de consumo dos habitantes, ademais de possibilitar que o pagamento seja proporcional ao consumo aferido (Amorim e Campos, 2021). Assim, torna o processo de cobrança da água mais justo e sustentável tanto financeiramente como ambientalmente.

A diferença do volume de água que é tratado e sai das estações e o volume que é consumido conforme o valor indicado pelo hidrômetro, é uma especificidade fundamental nas análises da CAER. Segundo a Companhia, em 2023 na capital havia mais de 61 mil imóveis cadastrados com hidrômetro e cerca de 25.000 imóveis sem o equipamento, já no interior de Roraima havia cerca de 12.809 ligações sem o aparelho (Caer, 2021). Portanto, em Boa Vista cerca de 30% das residências não possuem hidrômetro, sendo um quantitativo significativo visto que se refere à capital de um estado.

Esse percentual expressivo é ocasionado por fatores como ligações provisórias que se tornam permanentes, crescimento desordenado de áreas urbanas e ocupações recentes não regularizadas. Assim, revela-se uma limitação estrutural importante no sistema de abastecimento local, já que sem a medição individualizada, o consumo é estimado por valores fixos, o que pode mascarar o real perfil de demanda, dificultar a gestão operacional e comprometer os indicadores de perdas (ANA, 2021; SNIS, 2022).

2.2 PERDAS DE ÁGUA

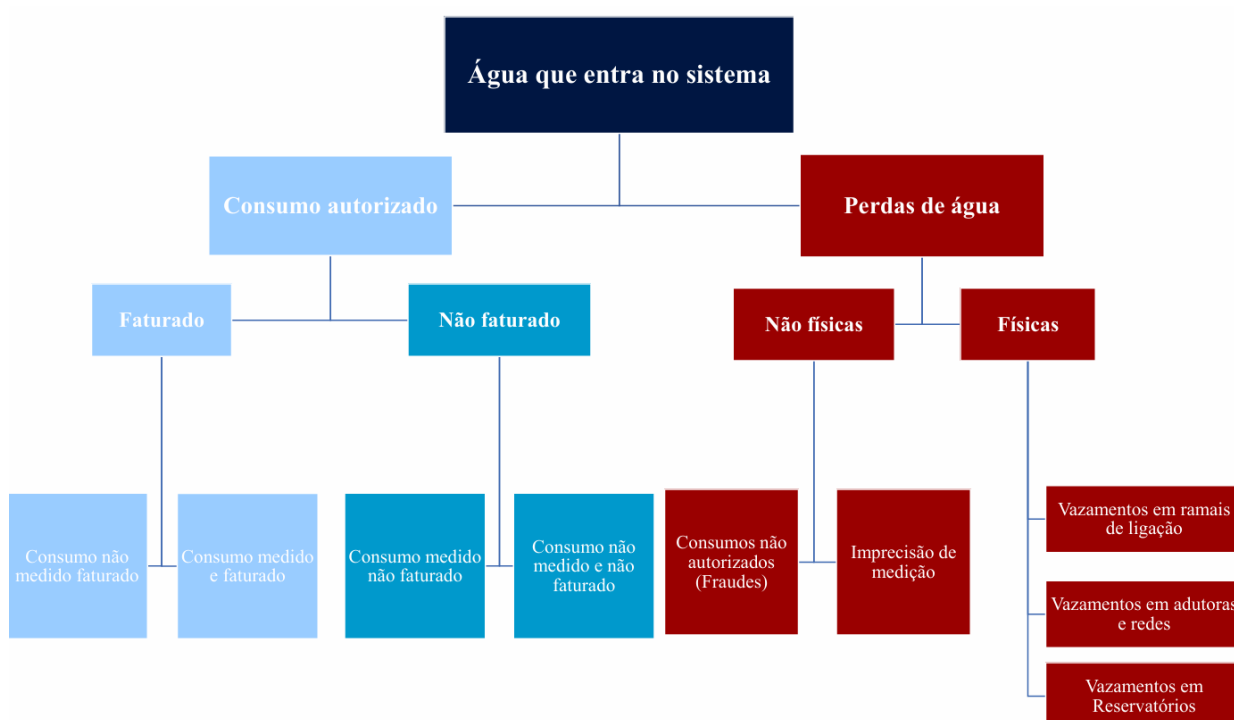
A diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado é caracterizada como perda de água, conforme aponta Alegre (2005). Ressalta-se ainda

que esse volume pode ser calculado para todo o sistema ou para subsistemas, devendo os componentes do cálculo serem considerados em consonância com cada situação.

Esse desvio de água está relacionado à eficiência da infraestrutura e gestão do SAA, assim está relacionado às particularidades da concessionária responsável pelos serviços públicos (Brasil, 2016). Ademais, é uma parcela que compõe a tarifa do consumidor, já que as concessionárias de saneamento geralmente incorporam essas perdas na estruturação de preços (Baen et al., 2018).

A definição de perdas de água como é vista atualmente surgiu através do Manual de Melhores Práticas da International Water Association (IWA), que padronizou os conceitos e indicadores para os sistemas de abastecimento de água, possibilitando comparações entre sistemas de todo mundo, de acordo com a Funasa (Brasil, 2014). Essas definições proporcionaram um modelo para o balanço hídrico, proposto pela IWA, segundo ilustra a Figura 4.

Figura 4 - Modelo de matriz para o balanço hídrico



Fonte: Adaptado de Farley et al. (2008)

Portanto, segundo Alegre et al. (2006), os componentes do sistema de água incluem a quantidade de água inserida no sistema, que é o volume de entrada; o volume

de água medido, consumido por clientes cadastrados ou autorizados pelo fornecedor, que é o consumo autorizado; o volume de água consumida e faturada, que pode ser medido ou não e define-se como o consumo autorizado faturado; o volume de água utilizada para fins especiais, como combate a incêndios, que pode ser medido ou não e define-se como o consumo autorizado não faturado; a diferença entre o volume de entrada e o consumo autorizado faturado que é constituído pelo consumo autorizado não faturado e pelas perdas de água, tanto aparentes quanto reais e conceitua-se como água não faturada.

Segundo Miranda (2002), os dados coletados devem ser setorizados, por zonas de pressão e abastecimento, onde as entradas, limites e saídas sejam conhecidos e devidamente mensurados. Ademais, recomenda-se que o balanço hídrico seja calculado com base em dados globais de um ano de operação a fim de neutralizar os efeitos da sazonalidade no comportamento de um sistema de abastecimento de água.

Nota-se que esse modelo subdivide tanto o consumo autorizado quanto as perdas hídricas, sendo necessário frisar que após essa regulação, derivou-se a separação entre perdas reais e aparentes.

2.2.1 Perdas Reais

As perdas reais ou físicas representam o volume de água que não alcança a residência, manifestam-se em qualquer etapa do processo, seja no tratamento, reservação, adução ou distribuição da água (Brasil, 2016). Essa perda decorre tanto de vazamentos nas tubulações como de extravasamentos em reservatórios, impactando o custo de produção do tratamento da água e a disponibilidade hídrica.

Apesar das perdas reais possuírem duas causas, os vazamentos são mais comuns, podendo ser classificados em inerentes, quando não são visíveis nem detectáveis por equipamentos, não visíveis, quando são detectadas por equipamentos e não são vistos na superfície, ou visíveis, quando são vistos na superfície e reportados pela sociedade (Brasil, 2014).

A redução das perdas reais é um objetivo atingido por meio do gerenciamento das pressões, da rapidez e qualidade dos reparos, do controle ativo de vazamentos e do gerenciamento da infraestrutura, de acordo com a cruz de Lambert descrita por

Munhoz et al. (2017). Ressalta-se que essa redução diminui os custos envolvidos no sistema de abastecimento, já que reduz o consumo de energia, de produtos químicos e de outros insumos (Brasil, 2016).

2.2.2 Perdas Aparentes

As perdas aparentes, ou comerciais, enquadram todas as imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, além do consumo não autorizado (Alegre, 2005). Segundo a Funasa (Brasil, 2016), são diversas as causas, como ligações sem hidrômetro, ligações clandestinas ou irregulares, hidrômetros parados ou que subestimam o valor consumido.

Dentre os tipos de perdas aparentes, pode-se subdividir em erros na macromedição, na gestão comercial ou na micromedição conforme descrito pela Funasa (Brasil, 2014). Os erros na macromedição decorrem da falta de medidor, de calibração e submedição nas baixas vazões, enquanto os problemas na gestão comercial envolvem falhas no cadastramento de clientes, ligações clandestinas e fraudes. Já as imprecisões devido à micromedição compreendem erros devido à submedição dos hidrômetros, agravados pela existência de caixas d'água ou pela inclinação dos hidrômetros.

A redução das perdas aparentes deve envolver a implementação de cadastro comercial e de sistema comercial adequado, combate às ligações clandestinas e fraudes, além da redução de erros de medição (Brasil, 2016). Essa diminuição possibilita aumentar a receita tarifária, tornando maior o desempenho financeiro e a eficiência dos serviços prestados.

2.3 MÉTODO DE CÁLCULO DOS ÍNDICES DE PERDA DE ÁGUA

Os indicadores de perda de água são expressos em percentuais e valores unitários baseados em volumes que englobam tanto perdas reais quanto aparentes, sem distinção entre elas. Dessa forma, a escolha dos indicadores mais apropriados para avaliar a eficiência de um sistema deve levar em conta variáveis operacionais

como tempo médio de abastecimento, pressão média, extensão da rede e número de ligações (Brasil, 2023b).

Destaca-se que a precisão desses índices, no entanto, pode ser comprometida por fatores como a escassez de dados abrangentes em nível nacional, a ausência de técnicas adequadas para avaliação de vazamentos na rede, submedições em hidrômetros e fraudes (Brasil, 2023b). Por isso, o SNIS prioriza análises em escalas nacional, macrorregional e estadual, alinhadas à dimensão territorial do Brasil e à disponibilidade dos dados.

Conforme o SNIS (Brasil, 2023b), esses indicadores são mensurados em percentual — Índice de Perdas na Distribuição (IN049) e Índice de Perdas no Faturamento (IN013); e em litros por ligação por dia — Índice de Perdas por Ligação (IN051). Identifica-se que a correlação entre indicadores é uma análise essencial para entender o comportamento de perdas.

2.3.1 Índice de Perdas na Distribuição (IN049)

Esse indicador mede, em termos percentuais, o volume de água que, embora disponibilizado, não foi efetivamente consumido dentro do sistema de distribuição (Brasil, 2023a). A metodologia de cálculo adotada pelo SNIS, desenvolvido pelo Ministério das Cidades, está detalhada na equação (1).

$$IN049 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100 \quad (1)$$

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2023)

sendo:

AG006 = Volume de água produzido

AG010 = Volume de água consumido

AG018 = Volume de água tratada importado

AG024 = Volume de serviço

Recomenda-se desconsiderar este índice para prestadores de serviço cujo resultado seja inferior a zero, uma vez que, conceitualmente, não é viável que o volume consumido seja superior ao volume total disponibilizado. Ainda segundo o SNIS (Brasil,

2023b), a baixa precisão de micromedição e macromedição das concessionárias pode afetar a confiabilidade do indicador.

Esse índice apresenta uma estimativa útil para o estudo do impacto das perdas no sistema hídrico referente ao volume produzido, contudo a definição do volume de serviço pode variar consideravelmente entre os prestadores de serviço no país, propiciando distorções ao realizar essa comparação entre regiões (Brasil, 2023b). Nesse aspecto, a Tabela 1 indica os valores do índice a nível nacional, macrorregional e estadual.

Tabela 1 - Índices de Perdas na Distribuição

Nível	Índices de Perdas
Brasil	37,78%
Região Centro-Oeste	35,08%
Região Sul	36,65%
Região Norte	46,94%
Região Sudeste	33,90%
Região Nordeste	46,67%
Roraima	59,36%

Fonte: Adaptado de SNIS (Brasil, 2023b)

Evidenciam-se discrepâncias entre as regiões brasileiras, visto que o Centro-Oeste e o Sudeste apresentam os menores percentuais, enquanto os maiores índices são notados nas regiões Norte e Nordeste. Roraima apresenta um índice alto indicando desafios operacionais relevantes no estado (Brasil, 2023b).

2.3.2 Índice de Perdas no Faturamento (IN013)

De acordo com o SNIS (Brasil, 2023a), o índice de perdas no faturamento é um indicador que visa aferir a proporção de água produzida e não faturada, avaliando, de forma percentual, o volume hídrico que não gera receita dentro de um sistema de distribuição. O método de cálculo adotado pelo SNIS, desenvolvido pelo Ministério das Cidades, está descrito na equação (2).

$$IN013 = \frac{AG006+AG018-AG011-AG024}{AG006+AG018-AG024} \times 100 \quad (2)$$

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2023)

sendo:

AG006 = Volume de água produzido

AG011 = Volume de água faturado

AG018 = Volume de água tratada importado

AG024 = Volume de serviço

Segundo a metodologia, esse indicador deve ser desconsiderado em casos em que o volume de água tratada exportado (AG019) seja maior que zero, a fim de evitar distorções. Ressalta-se que, embora esse indicador evidencie a produção hídrica não convertida em faturamento de uma companhia, assim como no IN049, a variação do conceito de volume de serviço é um desafio. Além disso, como o volume faturado exerce papel central no cálculo, a metodologia empregada pode tornar-se um fator determinante para o nível de eficiência operacional da empresa (Brasil, 2023b). Considerando esses aspectos, a Tabela 2 apresenta os valores do índice nos âmbitos nacional, macrorregional e estadual.

Tabela 2 - Índices de Perdas no Faturamento

Nível	Índices de Perdas
Brasil	32,62%
Região Centro-Oeste	32,09%
Região Sul	36,59%
Região Norte	54,95%
Região Sudeste	25,35%
Região Nordeste	42,26%
Roraima	58,42%

Fonte: Adaptado de SNIS (Brasil, 2023b)

Notam-se variações regionais nos indicadores evidenciados na tabela acima, já que o Sudeste apresenta o menor valor, enquanto os maiores percentuais ocorrem nas

regiões Norte e Nordeste. Roraima destaca-se com um índice considerável, indicando um alto volume de água produzida que não é convertido em receita (Brasil, 2023b).

2.3.3 Índice de Perdas por Ligação (IN051)

O intuito do indicador é quantificar, em volume, a água não consumida por ligação no sistema de distribuição (Brasil, 2023a). A equação (3) representa a metodologia de cálculo do SNIS, estruturada pelo Ministério das Cidades.

$$IN051 = \frac{AG006+AG018-AG010-AG024}{AG002*} \times \frac{1.000.000}{365} \quad (3)$$

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2023)

sendo:

AG002 = Quantidade de ligações ativas de água

AG006 = Volume de água produzido

AG010 = Volume de água consumido

AG018 = Volume de água tratada importado

AG024 = Volume de serviço

O termo de ligações ativas de água considera a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo. Embora esse indicador reflita a diferença dos níveis de perdas por ligação ao longo do tempo, sua comparação direta entre municípios pode ser enganosa, visto que cidades com maior verticalização ou consumo per capita tendem a apresentar valores mais elevados, mesmo que os níveis de perda sejam semelhantes. Além disso, assim como nos demais indicadores, as variações na definição do volume de serviço entre as concessionárias dificultam análises comparativas consistentes (Brasil, 2023b).

A Tabela 3 consolida os valores do índice considerando os recortes nacional, macrorregional e estadual.

Tabela 3 - Índices de Perdas por Ligação

Nível	Índices de Perdas
-------	-------------------

Brasil	337,71 L/ligação/dia
Região Centro-Oeste	233,80 L/ligação/dia
Região Sul	283,92 L/ligação/dia
Região Norte	529,21 L/ligação/dia
Região Sudeste	343,67 L/ligação/dia
Região Nordeste	359,26 L/ligação/dia
Roraima	850,93 L/ligação/dia

Fonte: Adaptado de SNIS (Brasil, 2023b)

Observam-se disparidades relevantes nos valores do índice de perdas por ligação entre as regiões brasileiras. A região Norte apresenta o maior valor, seguida pelo Nordeste e Sudeste. Roraima registra um índice elevado, evidenciando um alto volume de água não consumida por ligação (Brasil, 2023b).

2.3.4 Correlação entre Indicadores

De acordo com SNIS (Brasil, 2023b), embora cada indicador metodologia de cálculo específica, espera-se um certo padrão de comportamento entre eles, visto que município com sistemas de abastecimento hídrico eficazes, tendem a apresentar baixos índices de perdas na distribuição, no faturamento e por ligação. Assim, uma variação considerável entre os índices evidencia uma possível inconsistência na aferição do volume de serviços do município.

Os indicadores citados têm o intuito de auxiliar no diagnóstico das perdas em sistemas de distribuição, contudo possuem especificidades quando são comparados. Nesse sentido o Quadro 2 detalha tais distinções.

Quadro 2 – Comparativo dos indicadores

Indicador	Características
Índices de Perdas na Distribuição (IN049)	Menos técnico, facilita a comunicação, utilizado em análises em larga escala, possíveis distorções devido à variação na definição do

	volume de serviço e sensível à baixa precisão de micromedição e macromedição.
Índices de Perdas no Faturamento (IN013)	Considera o volume de serviços e evidencia a produção que não gera receita, possíveis distorções devido à variação na definição do volume de serviço, afetado pela metodologia de faturamento, desconsiderado quando há exportação de água.
Índices de Perdas por Ligação (IN051)	Relaciona-se diretamente com a eficiência operacional do prestador, mais sensível a variações de consumo per capita e verticalização urbana e é influenciado pela média de ligações ativas no ano de referência e anterior.

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Considerando esses aspectos, os três indicadores são relevantes e se complementam no entendimento da situação das perdas de água no país, permitindo uma análise mais abrangente sobre as perdas nos sistemas de abastecimento (Brasil, 2023b). Destaca-se que o IN049 apresenta um panorama geral do volume hídrico que não alcança o consumidor final e o IN013 evidencia os efeitos financeiros das perdas para as prestadoras. Por fim, o IN051 avalia o desempenho operacional considerando as ligações ativas, sendo essencial para comparações entre prestadores de diferentes portes ou características urbanas.

Os valores dos três indicadores em recortes nacional, macrorregional e estadual, permite comparar a eficiência dos sistemas de distribuição nas diferentes regiões do país. Assim, a Tabela 4 apresenta esses dados.

Tabela 4 – Comparativo dos Índices de Perdas

Nível	Índices de Perdas na Distribuição (IN049)	Índices de Perdas no Faturamento (IN013)	Índices de Perdas por Ligação (IN051)
Brasil	37,78%	32,62%	337,71 L/ligação/dia
Região Centro-Oeste	35,08%	32,09%	233,80 L/ligação/dia
Região Sul	36,65%	36,59%	283,92 L/ligação/dia
Região Norte	46,94%	54,95%	529,21 L/ligação/dia
Região Sudeste	33,90%	25,35%	343,67 L/ligação/dia
Região Nordeste	46,67%	42,26%	359,26 L/ligação/dia
Roraima	59,36%	58,42%	850,93 L/ligação/dia

Fonte: Adaptado de SNIS (Brasil, 2023b)

Correlacionando-se os índices apresentados notam-se diferenças expressivas entre as regiões, visto que o Sudeste tem os menores valores de IN049 e IN013, enquanto o Centro-oeste possui o menor índice de IN051. Destaca-se ainda que, segundo SNIS (Brasil, 2023b), Boa Vista é um dos 20 municípios dentre os 100 mais populosos do país em 2022 que mais avançou na redução de perdas na distribuição e por ligação nos últimos cinco anos analisados pelo SNIS (2018–2022). Essa evolução é representada na Tabela 5.

Tabela 5 – Evolução dos indicadores de Boa Vista (2018-2022)

Ano	IN049	IN051
2018	73,77	1.382,83

2019	62,65	877,65
2020	54,72	717,51
2021	58,87	826,73
2022	53,24	706,97

Fonte: Adaptado de SNIS (Brasil, 2023b)

Identifica-se uma diminuição de 20,53 pontos percentuais do IN049, enquanto do IN051 percebe-se uma redução de 657,86 L/ ligação.dia. Apesar dos índices ainda serem considerados altos, é perceptível a melhora no período analisado.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CAER

Caracterizar o SAA da CAER é essencial para compreender o caminho que a água percorre desde sua captação até a distribuição. Ademais, possibilita o entendimento sobre as tarifas adotadas.

2.4.1 Tipos de Captação

A água fornecida e tratada à população de Boa Vista é captada de duas formas, a captação superficial das águas do Rio Branco e a captação subterrânea realizada em alguns pontos da cidade (Caer, 2024a). A captação subterrânea é ilustrada na Figura 5.

Figura 5 - Poço tubular no bairro Equatorial



Fonte: ASCOM/CAER (2022)

O sistema de captação subterrânea envolve 95 poços tubulares instalados em diversos pontos da cidade, onde antes das águas bombeadas seguirem para o abastecimento, passam por um processo de cloração. Já a captação superficial é ilustrada na Figura 6.

Figura 6 - Ponto de Captação de água da CAER



Fonte: ASCOM/CAER (2024b)

De acordo com a CAER (2024a), o sistema de captação superficial é realizado no Bairro São Pedro, na sede da Companhia de Águas e Esgotos de Roraima, onde se encontram as duas adutoras que levam a água para as estações de tratamentos (ETAs), localizadas também na sede. As ETAs estão ilustradas na Figura 7.

Figura 7 - Estação de Tratamento de Água da CAER



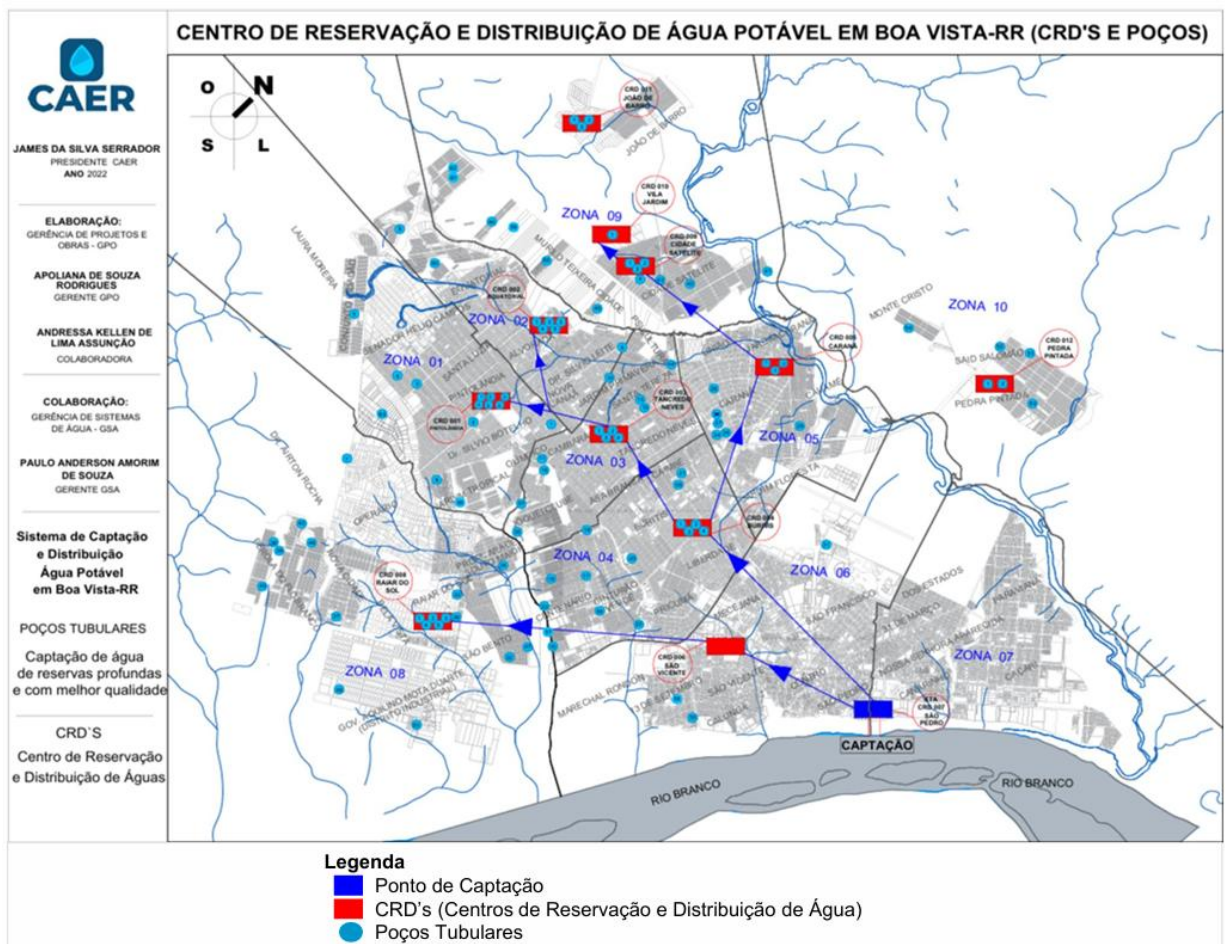
Fonte: ASCOM/CAER (2023)

As ETAs são constituídas pelas seguintes etapas: captação, coagulação, floculação, decantação, filtração, correção de pH, cloração e fluoretação. Logo após, a água segue para reservatórios apoiados onde fica armazenada e depois distribuída (Caer, 2024a).

2.4.2 Centros de Distribuição

A companhia possui 12 Centros de Reservação e Distribuição (CRDs) para armazenar e distribuir a água que é captada. A distribuição desses centros está ilustrada na Figura 8.

Figura 8 - Centros de Reservação de Distribuição



Fonte: Adaptado de CAER (2022)

Identifica-se na Figura acima os poços são identificados pelos círculos, enquanto os CRDs são os retângulos. Portanto, após a água ser captada no Rio Branco e tratada na ETA, segue para os CRDs. Caso seja captada nos poços, ela recebe um tratamento no mesmo ponto de captação, seguindo para a distribuição.

2.4.3 Tarifas Adotadas

Conforme a Resolução nº002/2023 da CAER, foi aplicado um reajuste tarifário linear de 23,77% na tarifa em janeiro de 2024, sendo sua implementação justificada pela necessidade de estabelecer um equilíbrio econômico-financeiro (Caer, 2023). Identificou-se que esse é o segundo reajuste consecutivo em dois anos, visto que em dezembro de 2022, a Resolução nº 04/2022 da CAER, já havia aumentado em 25,03% a estrutura tarifária baseado em cálculos do Índice nacional de preços ao consumidor e Índice de preços para o consumidor amplo (Caer, 2022).

Os valores das contas de água variam de acordo com a categoria e o consumo em m³. Ressalta-se que a base do cálculo considera a tarifa mínima que é subdividida de acordo com as categorias: residencial, comercial, industrial e pública. Na Tabela 6 encontra-se os valores de cada categoria.

Tabela 6 - Tarifa mínima de cada categoria

Categoria	Tarifa Mínima
Residencial	R\$ 36,87
Comercial	R\$ 77,53
Industrial	R\$ 120,81
Pública	R\$ 100,95

Fonte: Adaptado de CAER (2023)

Considerando a tarifa mínima, o cálculo do valor da conta de água varia de acordo com o consumo, podendo esse valor ser até 10m³, equação (4), entre 11 m³ até 19 m³, equação (5), entre 20 m³ até 30 m³, equação (6), entre 31 m³ até 100 m³, equação (7), entre 101 m³ até 200 m³, equação (8), superior a 200 m³, equação (9). Portanto, na Tabela 7 detalha-se cada cálculo:

Tabela 7 - Método de cálculo do valor da conta de água

Variação Do Consumo	Método De Cálculo	
Até 10 m ²	$V = NI$	(4)
11 m ³ até 19 m ³	$V = \frac{NI (7x^2 + 995 x)}{10.000}$	(5)
20 m ³ até 30 m ³	$V = \frac{NI (7x^2 + 1.130 x)}{10.000}$	(6)
31 m ³ até 100 m ³	$V = \frac{NI (7x^2 + 1.200 x)}{10.000}$	(7)
101 m ³ até 200 m ³	$V = \frac{NI (7x^2 + 1.210 x)}{10.000}$	(8)
Superior a 200 m ³	$V = NI (0,32 x - 11,2)$	(9)

Fonte: Adaptado de CAER (2023)

sendo:

$NI = \text{Tarifa mínima da categoria}$

$x = \text{Consumo em m}^3$

$V = \text{Valor da conta de água}$

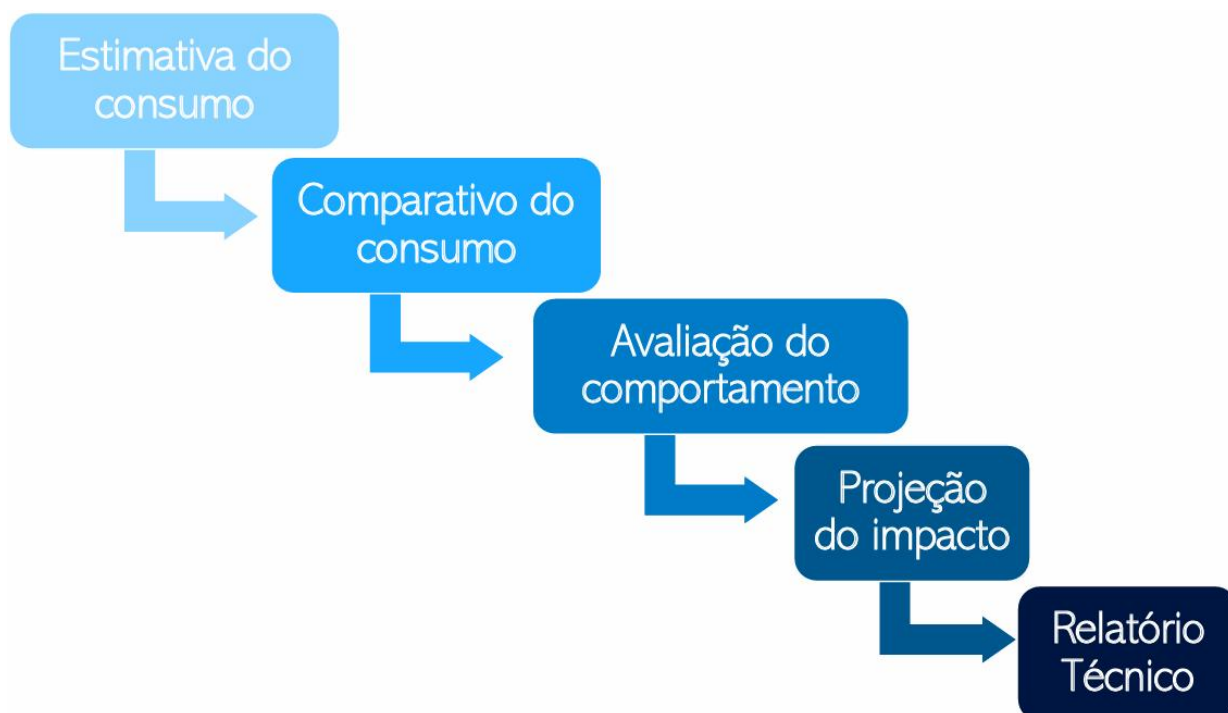
Importante mencionar que em caso de haver rede de esgoto disponível, incide-se um percentual de 80% sobre o valor do consumo de água.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo foi estruturada com o propósito de alcançar os objetivos propostos, que envolviam compreender a relação entre a ausência de hidrômetros e os índices de perda de água no município de Boa Vista/RR. Para isso, foram realizadas análises quantitativas a partir de dados fornecidos pela CAER, considerando o consumo mensal de residências com hidrômetros instalados há pelo menos um ano.

As etapas do trabalho incluíram o tratamento e a organização dos dados, a comparação entre o consumo real e o volume tarifado, a estimativa das perdas financeiras associadas à ausência de medição individualizada e a extrapolação dos resultados para o universo de domicílios sem hidrômetro no município. Essas etapas foram organizadas com o objetivo de analisar a relação entre a ausência de medição individualizada e os índices de perda de água, contribuindo para a estruturação de possíveis diretrizes técnicas a serem consideradas pela companhia. A Figura 9 apresenta um resumo das etapas do trabalho.

Figura 9 - Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Inicialmente solicitou-se, por meio de Ofício para a CAER, vide Apêndice A, os dados referentes ao consumo de água de 100 residências as quais tenham passado pela instalação do hidrômetro há pelo menos 1 ano, distribuídas entre as zonas norte, sul, leste e oeste do município de Boa Vista/RR.

Os dados fornecidos foram de 100 residências distribuídas em 7 bairros diferentes, pertencentes as zonas norte, sul, leste e oeste de Boa Vista/RR. Os dados de consumo disponibilizados pela CAER referem-se aos períodos compreendidos entre 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 e 2023-2024, sendo que a maior parte das residências analisadas possui registros de consumo referentes aos anos de 2022 a 2023.

A distribuição temporal foi considerada adequada para a análise proposta, uma vez que permitiu contemplar diferentes ciclos anuais e considerar a sazonalidade no consumo de água. Destaca-se ainda que parte desse intervalo coincide com o período da pandemia da COVID-19, o que pode ter influenciado diretamente os hábitos de consumo residencial, em decorrência do maior tempo de permanência em casa e das mudanças comportamentais registradas durante aquele contexto, considerando-se esse aspecto na análise dos resultados.

Com o intuito de proteger as informações fornecidas e tornar as análises dos dados mais dinâmica, as residências foram enumeradas de 1 a 100, sendo seccionadas de acordo com a zona, conforme indicado no Quadro 3.

Quadro 3 – Enumeração das residências

Zonas	Numeração	Bairros Analisados
Zona Sul	1-25	Centro
Zona Leste	26-50	Paraviana
Zona Norte	51-75	Caranã e Cauamé
Zona Oeste	76-100	Senador Hélio Campos, Santa Luzia e Equatorial

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Entretanto, durante o processo de organização e verificação dos dados, constatou-se a ausência de alguns dados de consumo de duas residências, por isso os valores referentes a elas foram desconsiderados, já que poderia gerar uma análise global errônea. Portanto, para as análises foram desconsideradas a residência 20 e 28, resultando em uma amostra final composta de 98 residências que tinham todos os dados de consumo mensal.

O tratamento dos dados envolveu a organização das informações em planilhas do Microsoft Excel, com a padronização das unidades e a verificação de sua consistência. A partir desse processo inicial, os dados foram estruturados de modo a viabilizarem as análises apresentadas nos tópicos seguintes, nas quais foram aplicadas técnicas de estatística descritiva, como cálculo de médias, medianas e desvios padrão.

3.1 ESTIMATIVA DO CONSUMO MÉDIO DAS RESIDÊNCIAS SEM HIDRÔMETRO

A partir da base de dados consolidada, foi realizada uma análise específica com o objetivo de avaliar o impacto da instalação dos hidrômetros no consumo residencial de água. Como o consumo tarifado, antes da instalação do hidrômetro, era fixado em 10 m³/mês por residência (valor de referência adotado pela CAER), tornou-se necessário comparar esse valor com o consumo real registrado após a implantação da medição individualizada. Para fins práticos, foram realizadas duas análises, com base nos dados mensais das 98 residências da amostra:

- Análise 1: Calculou-se a média aritmética do consumo registrado nos três primeiros meses completos após a instalação do equipamento. Essa abordagem visou identificar variações iniciais no comportamento de consumo, considerando a hipótese de que, ao tomar conhecimento da cobrança proporcional ao volume consumido, os moradores tenderiam a reduzir o uso da água nos meses seguintes.
- Análise 2: Calculou-se a média do consumo mensal considerando os doze primeiros meses após a instalação. O objetivo foi captar o comportamento estabilizado de consumo das residências, incorporando possíveis efeitos sazonais, como maior uso de água em períodos de calor ou seca, além de eliminar distorções de curto prazo.

Essas análises possibilitaram a comparação entre o consumo estimado antes da medição (fixado) e o consumo real, fornecendo elementos concretos para avaliar o

impacto da medição individualizada no consumo e, por consequência, nas perdas aparentes do sistema. Ressalta-se que esse período foi escolhido a fim de considerar o efeito da sazonalidade, já que existem épocas do ano onde se consome mais água devido às condições climáticas.

Além da média de consumo, foram calculados indicadores estatísticos descritivos com o intuito de compreender melhor a dispersão e a distribuição dos dados de consumo. Os parâmetros calculados foram a mediana, o desvio padrão, os valores mínimo e máximo, a amplitude, o primeiro e o terceiro quartis (Q1 e Q3) e o coeficiente de variação.

Esses indicadores forneceram suporte à análise ao evidenciar a variabilidade entre os consumos residenciais, auxiliando na identificação de padrões, exceções e tendências relevantes para a interpretação dos resultados obtidos. Destaca-se que esse cálculo foi realizado para o universo total de amostras tanto para a Análise 1 quanto para a Análise 2.

3.2 COMPARATIVO DO CONSUMO MÉDIO

A análise relativa dos consumos hídricos médios permitiu mensurar as distorções do consumo médio real e aquele considerado pela CAER, que se baseia em um valor fixo 10m³ por mês. Para isso foi realizada uma comparação entre a estimativa do consumo médio das residências sem hidrômetro, calculado a partir da metodologia anterior, e o consumo fixo, o qual era considerado nessas residências antes da instalação do equipamento.

Portanto, comparou-se esse consumo fixo tanto com o consumo médio dos primeiros 3 meses, quanto com o estabilizado, considerando-se um período de 12 meses após a instalação do hidrômetro.

Após a consolidação de estimativa do consumo médio das residências sem hidrômetro e da mensuração do excedente foi possível setorizar as distorções a fim de correlacionar com a submedição dos hidrômetros. Essa setorização foi realizada por uma análise de cada zona, permitindo identificar possíveis variações decorrentes das diferenças sociais entre elas.

Em seguida, foi realizada uma projeção anual, a fim de estimar a perda média hídrica anual por zona e global, para o número total de residências sem hidrômetro na cidade, 25.000 residências, a fim de projetar a perda de água que provoca a falta do hidrômetro.

3.3 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO CONSUMO HÍDRICO

A análise do comportamento do consumo após a instalação dos hidrômetros permitiu verificar a hipótese inicial de que o consumo da água seria reduzido nas residências que não tinham medidores, devido à cobrança proporcional ao uso.

Para isso, foram gerados gráficos com base nos dados das 98 residências avaliadas, por meio do Microsoft Excel, permitindo a visualização de tendências de aumento, queda ou estabilidade no consumo. Essa análise ajudou a entender melhor os hábitos dos usuários e como eles reagem à medição individualizada.

3.4 PROJEÇÃO DO IMPACTO FINANCEIRO

A projeção do impacto financeiro que a ausência de medição individualizada nas residências analisadas foi realizada considerando o consumo médio mensal após a instalação dos hidrômetros. A partir desse valor, calculou-se o montante que deveria ser pago, aplicando-se a tarifa vigente correspondente à faixa de consumo, conforme indicado na Tabela 7. Com isso, foi possível estimar o valor médio que deixava de ser cobrado anteriormente, quando a cobrança era feita baseada na tarifa mínima de 10 m³.

Após isso, subtraiu-se o valor que seria efetivamente cobrado com base no consumo aferido e o valor fixo correspondente aos 10 m³ da tarifa mínima, para mensurar a perda mensal por residência para a CAER. Essa diferença foi então multiplicada por 12 meses, projetando-se a perda anual por unidade consumidora.

Da mesma forma, estimou-se por zona e para a amostragem total analisada. Por fim, projetou-se para o universo de residências sem hidrômetro na cidade, a fim de estimar o montante financeiro potencialmente não arrecadado em razão da ausência de medição individualizada.

3.5 RELATÓRIO TÉCNICO

Como produto, foi elaborado um relatório técnico em formato de nota técnica a ser entregue à CAER. O documento consolidou as principais análises e resultados obtidos ao longo da pesquisa, oferecendo subsídios para o aprimoramento da gestão dos recursos hídricos no município de Boa Vista/RR.

A proposta buscou alinhar a estrutura tarifária ao padrão real de consumo identificado nas residências analisadas, contribuindo para uma política de cobrança mais justa e para maior controle dos índices de perdas observados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DO CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA

O consumo médio antes da instalação dos hidrômetros era fixado em 10m³ mensais. Como explicado na metodologia, foi calculado o consumo médio após 3 meses da instalação do equipamento e os consumos médios das residências analisadas após 1 ano da instalação do equipamento. Com o intuito de analisar de modo mais fluido, o primeiro caso foi nomeado de análise 1 e o segundo de análise 2. Destaca-se que o cálculo da média mensal consistiu na soma dos volumes consumidos no respectivo período, dividida pelo número de meses analisados.

Para fins de exemplificação, temos o cálculo do consumo médio da residência 9 para a análise 1:

$$\text{Análise 1} = \frac{46 + 46 + 40}{3} = 44m^3$$

De forma análoga foram calculados das outras residências, estando o valor do consumo médio dos 3 primeiros meses indicado na Tabela 8.

Tabela 8 – Análise 1 do consumo médio das residências

ZONA SUL		ZONA LESTE		ZONA NORTE		ZONA OESTE	
Nº	Consumo Médio (m³)	Nº	Consumo Médio (m³)	Nº	Consumo Médio (m³)	Nº	Consumo Médio (m³)
1	4	26	20,33	51	19	76	9,33
2	22,67	27	17,33	52	10,67	77	10
3	9,67	29	18,67	53	0,33	78	1,67
4	5	30	18	54	11	79	17,67
5	25,33	31	11	55	40,33	80	4,67
6	25	32	13,67	56	9,67	81	8,67
7	30,67	33	10,67	57	29	82	0,33

8	11	34	9	58	41,67	83	4
9	44,00	35	4,33	59	15,33	84	5
10	25	36	8	60	40	85	21,67
11	49	37	13,33	61	7	86	16,67
12	49	38	11,33	62	33,67	87	18,33
13	7	39	9,67	63	30,33	88	12,67
14	8	40	32,33	64	11	89	10
15	7	41	4,33	65	16,67	90	28,67
16	15,33	42	13	66	9,33	91	14,33
17	40,33	43	3	67	31,67	92	16,00
18	30,67	44	1,33	68	26	93	19,67
19	12	45	25	69	10	94	37
21	8,33	46	39	70	11,67	95	48,33
22	23,33	47	18	71	9,33	96	10,67
23	11	48	15,67	72	27,33	97	12,33
24	28	49	23,67	73	25	98	38,33
25	6,67	50	42,67	74	5,67	99	13,67
				75	4,33	100	16,67

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Pela análise, compreende-se que após os 3 primeiros meses de instalação do hidrômetro, 66 propriedades apresentaram um consumo de água acima de 10m³. Nesse aspecto, apenas 32 residências tiveram o consumo médio mensal abaixo ou igual a 10 m³, sendo eles indicados na Tabela 9.

Tabela 9 – Residências com consumo abaixo ou igual a 10m³

ZONA SUL		ZONA LESTE		ZONA NORTE		ZONA OESTE	
Consumo		Consumo		Consumo		Consumo	
Nº	Médio (m³)	Nº	Médio (m³)	Nº	Médio (m³)	Nº	Médio (m³)
1	4	34	9	53	0,33	76	9,33

3	9,67	35	4,33	56	9,67	77	10
4	5	36	8	61	7	78	1,67
13	7	39	9,67	66	9,33	80	4,67
14	8	41	4,33	69	10	81	8,67
15	7	43	3	71	9,33	82	0,33
21	8,33	44	1,33	74	5,67	83	4
25	6,67			75	4,33	84	5
						89	10

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Percebe-se que a zona oeste é a que mais apresenta residências com consumo abaixo ou igual a 10 m³, enquanto a zona leste apresenta a menor quantidade de casas com consumo abaixo ou igual a 10 m³. Assim, isso pode indicar uma correlação entre a localização geográfica e o padrão de uso, embora outros fatores, como composição familiar ou acesso a equipamentos economizadores, também possam influenciar.

Para a análise 2 foi realizado o cálculo da mesma forma, para fins de exemplificação, temos o seguinte cálculo do consumo médio referente a residência 9:

$$\text{Análise 2} = \frac{46 + 46 + 40 + 13 + 11 + 12 + 5 + 16 + 13 + 16 + 27 + 19 + 12}{12} = 21,23\text{m}^3$$

De modo análogo foram calculados das outras residências, estando o valor do consumo médio dos 12 meses indicado na Tabela 10.

Tabela 10 – Análise 2 do consumo médio das residências

ZONA SUL		ZONA LESTE		ZONA NORTE		ZONA OESTE	
Nº	Consumo Médio (m³)	Nº	Consumo Médio (m³)	Nº	Consumo Médio (m³)	Nº	Consumo Médio (m³)
1	3,92	26	18,69	51	15,23	76	11,62
2	37,31	27	14,15	52	13	77	7,62
3	9,54	29	26,62	53	2,23	78	11,08

4	12,23	30	18,69	54	14,38	79	19,62
5	19,54	31	12,08	55	19,46	80	10
6	24,08	32	13,46	56	9,62	81	8,69
7	18,54	33	10,69	57	28,46	82	6,85
8	9	34	9,69	58	22,23	83	3,85
9	21,23	35	6	59	12,08	84	7,23
10	33	36	9,92	60	48,23	85	16,77
11	32,08	37	12,15	61	6,62	86	17,15
12	32,08	38	11,15	62	35,92	87	11,08
13	4,46	39	12,46	63	33,62	88	11,77
14	12,15	40	33,15	64	14,77	89	11,08
15	5,62	41	3,46	65	8,31	90	24,38
16	14,08	42	16,15	66	10,46	91	10
17	31,77	43	8,31	67	33,15	92	17,92
18	40,08	44	2,46	68	21,54	93	19,31
19	15,77	45	14,62	69	12,46	94	42
21	5,62	46	50,92	70	16,15	95	31,23
22	28,08	47	30,77	71	11,62	96	15,77
23	19,15	48	17,85	72	27,85	97	15,38
24	28,46	49	20,15	73	20,31	98	36,92
25	8,92	50	33,77	74	7,23	99	12,54
				75	12,85	100	17,15

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Nesse sentido, na Análise 2 o comportamento apresentado foi semelhante, visto que apenas 25 propriedades tiveram o consumo médio mensal abaixo ou igual a 10m³ de água, após a instalação do hidrômetro, sendo eles indicados na Tabela 11.

Tabela 11 – Residências com consumo médio abaixo ou igual a 10m³

ZONA SUL	ZONA LESTE	ZONA NORTE	ZONA OESTE
----------	------------	------------	------------

Consumo		Consumo		Consumo		Consumo	
Nº	Médio (m³)	Nº	Médio (m³)	Nº	Médio (m³)	Nº	Médio (m³)
1	3,92	34	9,69	53	2,23	77	7,62
3	9,54	35	6	56	9,62	80	10
8	9	36	9,92	61	6,62	81	8,69
13	4,46	41	3,46	65	8,31	82	6,85
15	5,62	43	8,31	74	7,23	83	3,85
21	5,62	44	2,46			84	7,23
25	8,92					91	10

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Percebe-se que a zona norte é a região que menos apresentou residências com consumo abaixo ou igual a 10m³, seguida pela leste e por último as zonas oeste e sul, as quais tiveram o mesmo número de casas com consumo abaixo ou igual a 10m³. Nesse aspecto, compreende-se que em ambas as análises, a zona oeste foi uma das zonas que mais apresentou residências com consumo médio abaixo ou igual a 10m³. O fato desse padrão ter permanecido, reforça a estabilidade do comportamento dos usuários, portanto, o consumo não foi afetado ao longo do tempo.

Através dos dados encontrados, calculou-se o consumo médio real para cada zona, Tabela 12, referentes à análise 1.

Tabela 12 – Consumo médio por zona da análise 1

Zonas	Consumo Médio (m³)
Zona Sul	20,75
Zona Leste	15,97
Zona Norte	19,04
Zona Oeste	15,85

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Calculando-se o consumo médio global para a análise 1, encontrou-se um valor de 17,9 m³. Percebe-se que os consumos médios das zonas e o consumo médio global

encontrados foram superiores ao valor considerado pela CAER. De modo análogo, foi calculado o consumo médio real por zona, Tabela 13, para a segunda análise.

Tabela 13 – Consumo médio anual por zona da análise 2

Zonas	Consumo Médio (m³)
Zona Sul	19,45
Zona Leste	16,97
Zona Norte	18,31
Zona Oeste	15,88

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Calculando-se o consumo médio global para a análise 2, encontrou-se um valor de 17,64 m³. Percebe-se que o consumo médio da análise 2 foi moderadamente superior à análise 1 nas zonas leste e oeste. Contudo, o consumo médio global por residência obtido teve uma diferença mínima, entre a análise 1 e a análise 2.

Em complementação, calculou-se indicadores estatísticos descritivos para o conjunto total das 98 residências, tanto para a Análise 1 quanto para a Análise 2. Esses indicadores, Tabela 14, permitiram avaliar a dispersão dos dados e identificar variações significativas entre as residências, evidenciando padrões de comportamento e possíveis exceções.

Tabela 14 – Indicadores estatísticos descritivos

Indicadores	Análise 1 (m³)	Análise 2 (m³)
	Média	17,89
	Mediana	14
	Desvio padrão	12,29
	Mínimo	0,33
	Máximo	49
	Amplitude	48,67
	1º Quartil (Q1)	9,33
	3º Quartil (Q3)	25

Coeficiente de variação (%)	68,66%	59,98%
------------------------------------	--------	--------

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Identificou-se que os valores médios permaneceram próximos, mas a Análise 2 apresentou menor desvio padrão e coeficiente de variação, indicando uma distribuição mais homogênea dos dados ao longo do tempo. Essa diferença sugere uma leve redução na dispersão dos consumos mensais entre as residências após um ano da instalação dos hidrômetros, o que contribui para uma leitura mais precisa dos padrões de consumo.

Ressalta-se que em ambas as análises, tanto o consumo médio por zona quanto o consumo médio global, os valores encontrados são maiores do que o valor considerado pela CAER. Dessa forma, a semelhança nos resultados encontrados destaca a consistência dos dados, enquanto diferença entre o consumo real e o estimado pela CAER evidencia a subestimação do consumo hídrico.

Conforme orienta o manual de regulação dos serviços de saneamento básico (ANA, 2021), a medição individualizada é uma ferramenta essencial para a gestão da eficiência nos sistemas de abastecimento. Assim, a ausência de hidrômetros compromete diretamente o controle do volume não faturado e das perdas aparentes, prejudicando a avaliação do desempenho e a formulação de políticas de melhoria do serviço.

4.2 ANÁLISE DO EXCEDENTE MÉDIO DE ÁGUA

Estimou-se o excedente de consumo de água por meio da subtração entre os consumos médios reais por zona, Tabela 8 e Tabela 10, em relação ao consumo médio previamente considerado pela CAER antes da instalação dos hidrômetros, fixado em 10m³. Assim, essa análise referente à Análise 1 está exposto na Tabela 15.

Tabela 15 – Excedente médio de consumo de água por zona das residências (Análise

1)

ZONAS	Consumo Médio (m³)
Zona Sul	10,75

Zona Leste	5,97
Zona Norte	9,04
Zona Oeste	5,85

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Identifica-se que todas as zonas apresentaram médias superiores ao valor padrão da Companhia, variando entre 5,85 m³ e 10,75 m³. Ademais, verificou-se que o excedente médio de consumo de água global é de 7,9 m³ de água na primeira análise, o que significa que a CAER teria esse valor de perda hídrica por residência, caso não houvesse a instalação dos hidrômetros, visto que o quantitativo hídrico que excede os 10 m³ tabelados pela Companhia é considerado como perda de água. De modo análogo, foi calculado o consumo médio real por zona, Tabela 16, para a análise 2.

Tabela 16 – Excedente médio de consumo de água por zona das residências (Análise 2)

ZONAS	Consumo Médio (m³)
Zona Sul	9,45
Zona Leste	6,97
Zona Norte	8,31
Zona Oeste	5,88

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Na análise 2, o excedente médio variou entre 5,88 m³ e 9,45 m³. Constatou-se que o excedente médio de consumo de água global é de 7,64 m³ de água nessa análise, portanto esse seria o quantitativo de perda hídrica para a CAER por residência. O excedente encontrado em ambos os casos é praticamente o dobro do valor de consumo considerado pela Companhia, valor preocupante ao se considerar que o total de propriedades que não possuem hidrômetro no município, que é de cerca de 30%.

Verifica-se ainda que a hipótese de haver uma variação inicial considerável não se confirmou, já que independente de considerar a média dos 12 ou 3 primeiros meses

após a instalação do hidrômetro, o comportamento foi constante. Assim, esse padrão pode ser justificado pelo fato de a água ser um bem essencial.

Assim, essa subestimação provoca uma distorção nos índices de perdas e um consequente prejuízo, operacional e financeiro, para a CAER.

Nesse contexto, projetou-se, os valores do excedente médio anual de água por residência, considerando-se os valores de consumo médio encontrados na análise 2 para cada zona, Tabela 17.

Tabela 17 – Excedente médio de consumo de água anual por zona das residências

ZONAS	Consumo Médio (m³)
Zona Sul	113,35
Zona Leste	83,69
Zona Norte	99,73
Zona Oeste	70,56

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Apesar das características sociais serem distintas entre as zonas analisadas, evidencia-se que o consumo médio foi próximo, de modo que as perdas por não medição devem ocorrer de forma uniforme na cidade. O valor do excedente médio anual de água considerando-se todas as amostras analisadas encontrado foi de 91,70 m³, portanto esse seria o valor de perda hídrica para a CAER por residência. Dessa forma, para o quantitativo de residências indicadas pela companhia que não possuem hidrômetro, 25.000, encontrando-se 2.295.386,19 m³ de água que é consumido e não faturado.

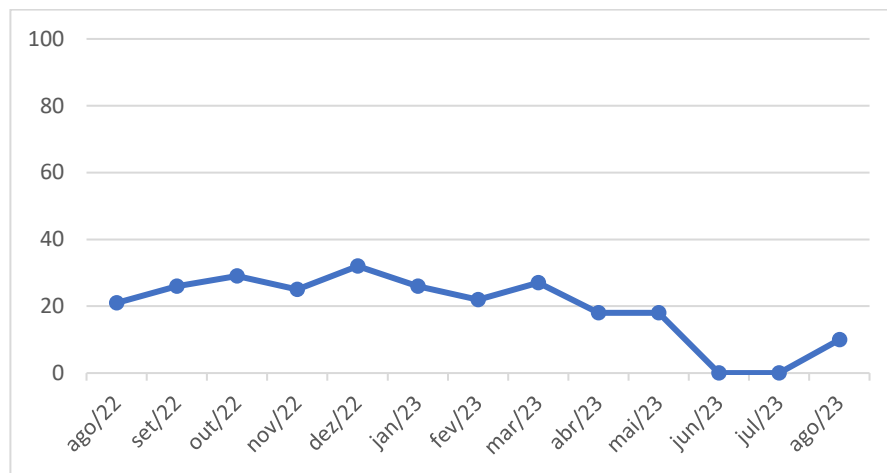
4.3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE CONSUMO

A suposição inicial do consumo nas residências que não possuíam hidrômetro teria a tendência da diminuição do valor, considerando-se a estabilização do consumo, após a instalação do equipamento devido à conscientização dos moradores em relação à cobrança proporcional ao uso. Dessa forma, a população estaria propensa a

economizar, tendo um decréscimo na consumação e consequentemente no valor da conta de água. Contudo, conforme verificado no item 4.1, existe uma variação entre as residências analisadas, tanto nos primeiros três quanto no período de um ano após a instalação dos hidrômetros.

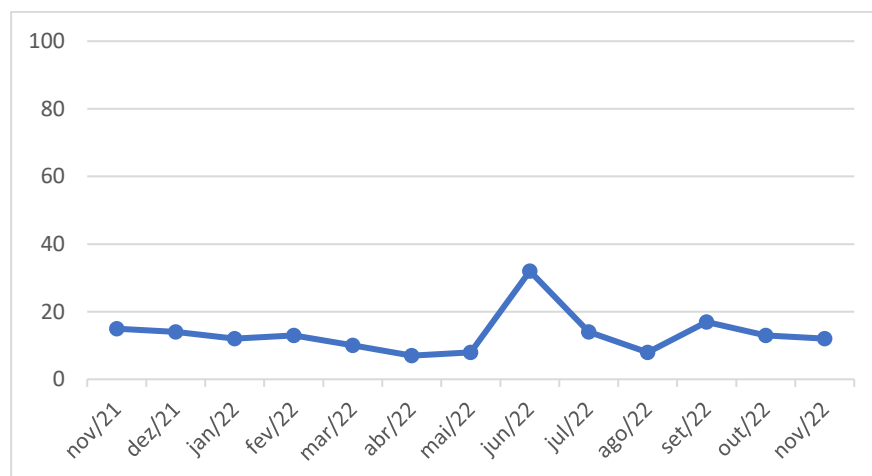
Para identificar padrões e possíveis tendências, foi analisada a evolução do consumo mensal. Nesse sentido, esse comportamento de redução ocorreu de fato, em alguns casos, como nas residências 5, 32, 51 e 77, indicado nos gráficos 1, 2, 3 e 4.

Gráfico 1 – Comportamento do Consumo da Residência 5



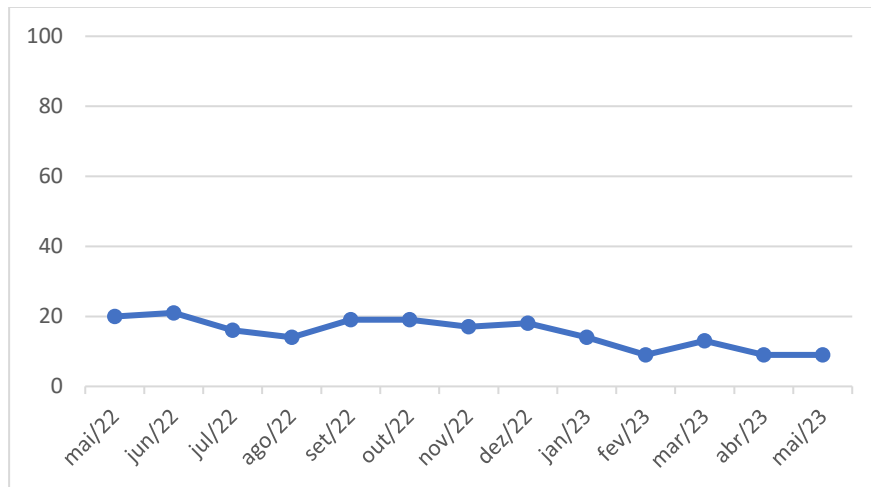
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Gráfico 2 – Comportamento do Consumo da Residência 32



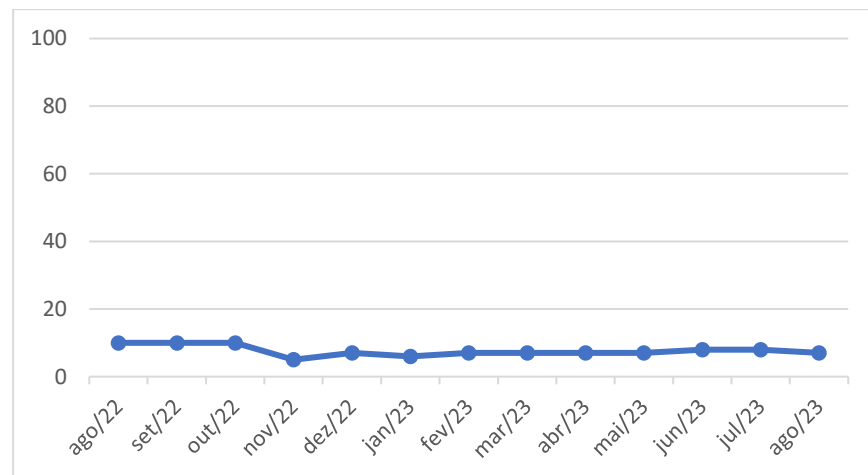
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Gráfico 3 – Comportamento do Consumo da Residência 51



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Gráfico 4 – Comportamento do Consumo da Residência 77



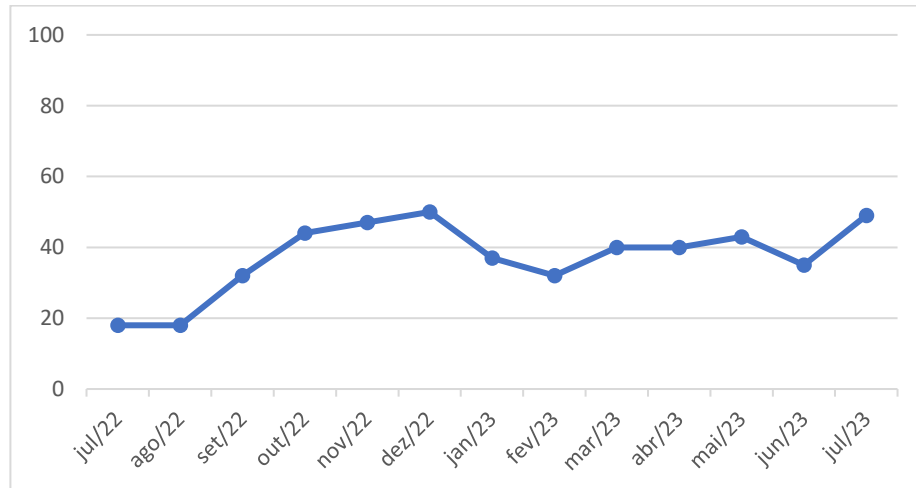
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Nota-se que nessas residências o comportamento identificado é condizente com a hipótese inicial, evidenciando-se uma redução da consumação de água após um período de estabilização. A zona que apresentou maior incidência de residências com redução de consumo foi a sul, seguida pela zona norte, oeste e leste.

É provável que esse comportamento seja pela sensibilidade tarifária, consciência ambiental ou acesso a informações sobre o sistema de cobrança. Todavia não se verificou como padrão, visto que das 98 residências avaliadas, apenas 37 comportaram-se dessa forma, enquanto 55 registraram um aumento no consumo após

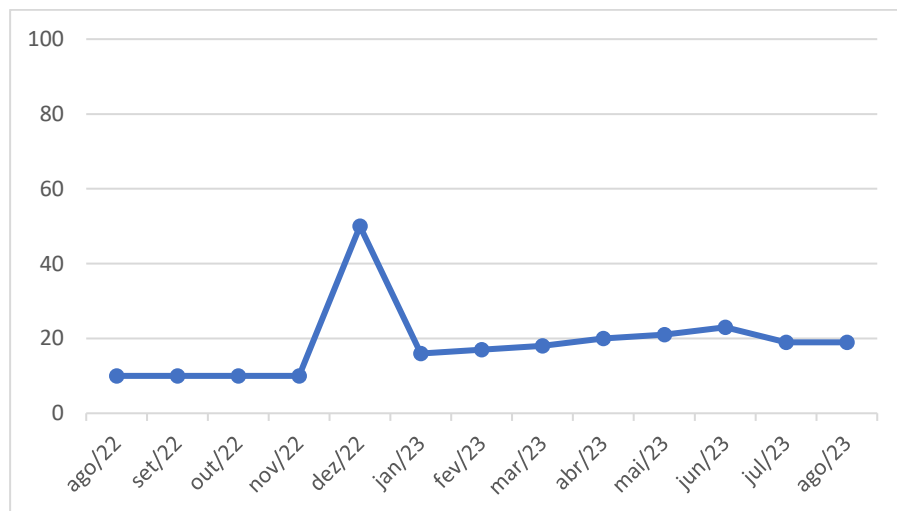
a estabilização, como é o caso das residências 2, 26, 52 e 76, conforme apresentado nos gráficos 5, 6, 7 e 8.

Gráfico 5 – Comportamento do Consumo da Residência 2



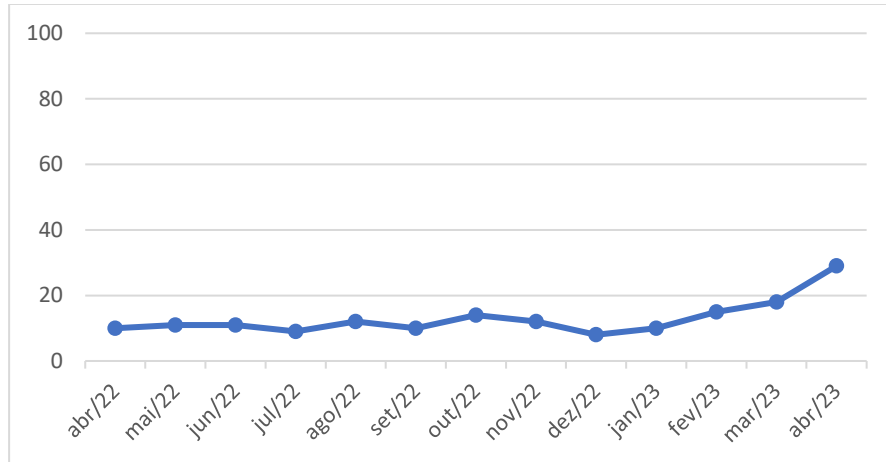
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Gráfico 6 – Comportamento do Consumo da Residência 26



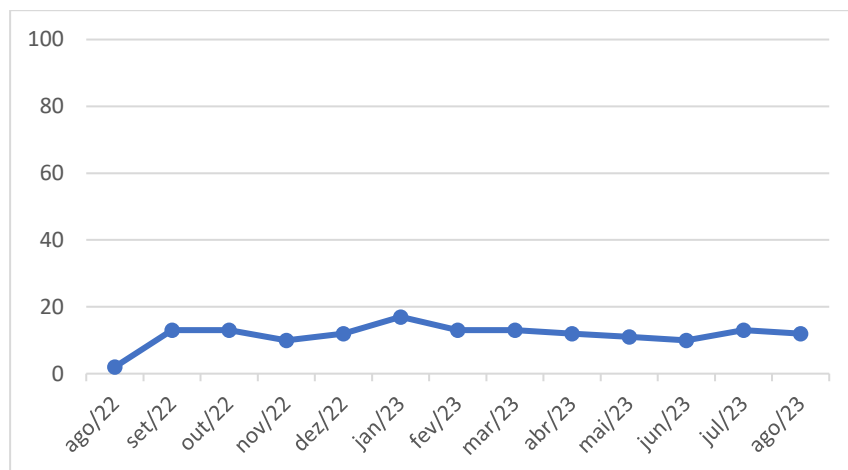
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Gráfico 7 – Comportamento do Consumo da Residência 52



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Gráfico 8 – Comportamento do Consumo da Residência 76



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

O padrão verificado nessas residências indica um acréscimo no consumo após a instalação do equipamento, apesar do aumento na fatura de água. As zonas que apresentaram maior incidência de residências com aumento de consumo foi a zona leste, seguida norte, oeste e em último lugar a zona sul. Portanto, a tendência inicial prevista caracteriza-se por um padrão irregular.

Ainda de acordo com os autores, o primeiro passo para a redução de perdas é a implantação da medição, que induz à mudança de comportamento do usuário, principalmente ao tornar os custos visíveis e proporcionais ao uso. Tal relação também

é reforçada na Lei nº 14.026/2020, apresentada no arcabouço jurídico (seção 2.1.1), a qual estabelece que os contratos de concessão devem incluir metas progressivas de eficiência e redução de perdas, algo que depende diretamente da medição individualizada.

Esse resultado pode haver sido influenciado por diversos fatores, como o período analisado, visto que o comportamento pós pandemia é um fator que deve ser considerado, uma vez que alterações nos hábitos de consumo foram amplamente observadas nesse período. Além disso, aspectos climáticos devem ser levados em conta, já que períodos mais quentes influenciam no aumento do consumo de água, fato constatado analisando-se o comportamento das residências após a instalação do hidrômetro.

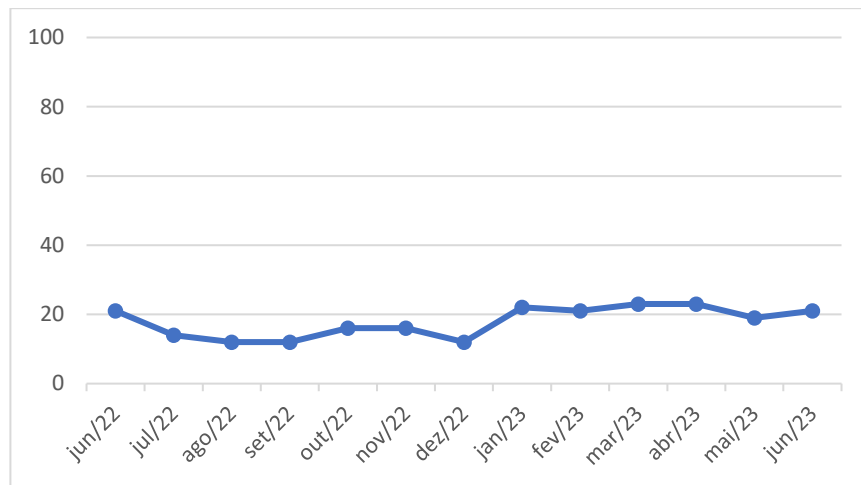
Deve-se ainda destacar a regularização de ligações clandestinas como uma possível causa para o acréscimo do consumo aparente. A instalação do hidrômetro pode ter contribuído para a normalização dessas conexões, revelando volumes que até então não eram contabilizados. Ademais, a percepção de maior segurança e confiabilidade no fornecimento de água, que pode induzir a um uso mais intensivo após a regularização.

A ausência de medição individualizada compromete a precisão dos dados de consumo, mascarando padrões de uso e sazonalidade, dificultando o planejamento da expansão da rede e a gestão eficiente da operação. Conforme abordado por Miranda (2002) na seção 2.1, falhas de planejamento e a carência de investimentos estruturais tornam os sistemas de abastecimento mais vulneráveis a variações de demanda e a perdas operacionais.

A análise temporal do comportamento de consumo nas diferentes zonas da cidade evidenciou oscilações significativas ao longo do ano, associadas à sazonalidade climática regional. Em Boa Vista, os meses de chuvas contrastam com o período seco, impactando diretamente os volumes médios mensais consumidos. A presença de áreas externas nos domicílios e o uso mais frequente de água em períodos mais quentes são fatores que amplificam essa variação, como observado nos dados coletados.

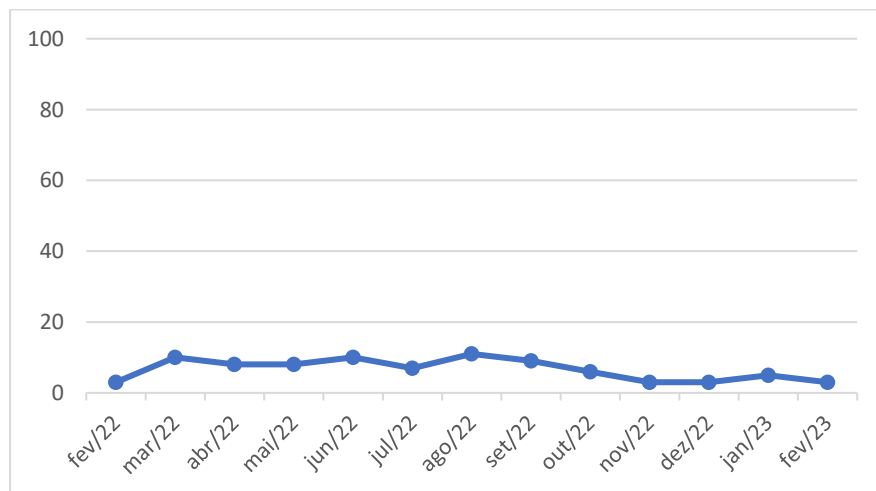
Por fim, constatou-se em 6 residências que o consumo após a estabilização permaneceu o mesmo do que no início da análise, como é o caso das residências 48, 61 e 100, conforme apresentado nos gráficos 9, 10 e 11.

Gráfico 9 – Comportamento do Consumo da Residência 48



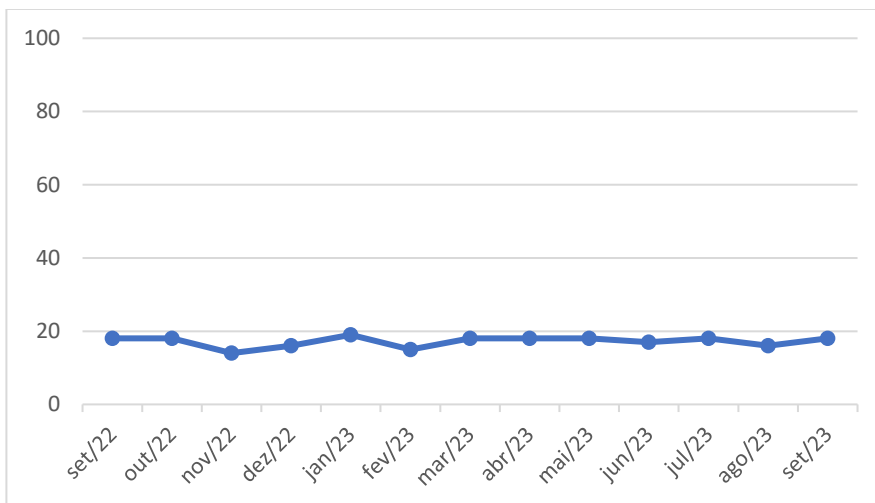
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Gráfico 10 – Comportamento do Consumo da Residência 61



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Gráfico 11 – Comportamento do Consumo da Residência 100



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Apesar de algumas residências analisadas apresentarem esse comportamento, trata-se de casos pontuais. Verifica-se que ocorreu em apenas uma residência nas zonas norte e leste, não sendo identificado na zona sul, e apresentou-se em quatro residências na zona oeste. Esses casos sugerem que, para uma pequena parcela da população, a instalação do hidrômetro não alterou significativamente os hábitos de consumo, possivelmente por já manterem padrões estáveis ou limitados de uso. Ressalta-se que os gráficos referentes às demais residências encontram-se no Apêndice B.

4.4 ANÁLISE FINANCEIRA

O valor da tarifa atual para residências que não possuem hidrômetro é de R\$ 36,87. Como explicado na metodologia, foi estimado o impacto financeiro, de acordo com os valores estimados de consumo médio anual. Para isso, inicialmente, calculou-se o valor que cada residência deveria pagar considerando-se a estrutura tarifária empregada pela CAER, descrita na Tabela 7. Ressalta-se que para isso os valores de consumo médio anual foram arredondados e desconsiderou-se, nesse cálculo, o percentual de 80% sobre o valor do consumo de água devido rede de esgoto disponível. Com o intuito de analisar de modo mais dinâmico, os valores estão indicados na Tabela 18.

Tabela 18 – Valores mensais estimados

Zona Sul			Zona Leste			Zona Norte			Zona Oeste		
Nº	Média	Conta (R\$)	Nº	Média	Conta (R\$)	Nº	Média	Conta (R\$)	Nº	Média	Conta (R\$)
1	4	36,87	26	19	77,63	51	15	61,73	76	12	46,03
2	37	200,94	27	14	57,30	52	13	52,05	77	8	36,87
3	10	36,87	29	27	129,09	53	2	36,87	78	11	43,90
4	12	48,60	30	19	77,63	54	14	58,18	79	20	91,57
5	20	91,06	31	12	48,17	55	19	81,35	80	10	36,87
6	24	115,40	32	13	54,23	56	10	36,87	81	9	36,87
7	19	76,70	33	11	42,21	57	28	139,70	82	7	36,87
8	9	36,87	34	10	36,87	58	22	105,21	83	4	36,87
9	21	99,93	35	6	36,87	59	12	48,17	84	7	36,87
10	33	174,11	36	10	36,87	60	48	273,22	85	17	68,92
11	32	168,62	37	12	48,60	61	7	36,87	86	17	70,73
12	32	168,62	38	11	44,33	62	36	192,10	87	11	43,90
13	4	36,87	39	12	49,89	63	34	177,80	88	12	46,88
14	12	48,60	40	33	175,34	64	15	59,95	89	11	43,90
15	6	36,87	41	3	36,87	65	8	36,87	90	24	117,02
16	14	56,86	42	16	66,20	66	10	36,87	91	10	36,87
17	32	166,80	43	8	36,87	67	33	175,34	92	18	73,94
18	40	218,92	44	2	36,87	68	22	101,51	93	19	80,42
19	16	64,41	45	15	59,06	69	12	49,89	94	42	231,35
21	6	36,87	46	51	292,07	70	16	66,20	95	31	163,16
22	28	137,45	47	31	160,75	71	12	46,03	96	16	64,41
23	19	79,95	48	18	73,48	72	28	135,77	97	15	62,62
24	28	139,70	49	20	94,69	73	20	95,21	98	37	198,40
25	9	36,87	50	34	179,03	74	7	36,87	99	13	49,89
						75	13	51,19	100	17	70,73

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Nesse sentido, como a maioria das residências possuem um consumo médio acima de 10m³ de água mensais, consequentemente elas deveriam pagar um valor acima da tarifa mínima considerada. Com o intuito de mensurar o potencial impacto financeiro, foi realizada a subtração do valor da tarifa mínima, que seria o valor que essas residências pagariam caso não tivesse ocorrido a instalação do hidrômetro, pelo valor mensal calculado. Assim, esses valores estão descritos na Tabela 19.

Tabela 19 – Impacto financeiro mensal estimado

Zona Sul		Zona Leste		Zona Norte		Zona Oeste	
Impacto		Impacto		Impacto		Impacto	
Nº	Financeiro (R\$)	Nº	Financeiro (R\$)	Nº	Financeiro (R\$)	Nº	Financeiro (R\$)
1	0,00	26	-40,76	51	-24,86	76	-9,16
2	-164,07	27	-20,43	52	-15,18	77	0,00
3	0,00	29	-92,22	53	0,00	78	-7,03
4	-11,73	30	-40,76	54	-21,31	79	-54,70
5	-54,19	31	-11,30	55	-44,48	80	0,00
6	-78,53	32	-17,36	56	0,00	81	0,00
7	-39,83	33	-5,34	57	-102,83	82	0,00
8	0,00	34	0,00	58	-68,34	83	0,00
9	-63,06	35	0,00	59	-11,30	84	0,00
10	-137,24	36	0,00	60	-236,35	85	-32,05
11	-131,75	37	-11,73	61	0,00	86	-33,86
12	-131,75	38	-7,46	62	-155,23	87	-7,03
13	0,00	39	-13,02	63	-140,93	88	-10,01
14	-11,73	40	-138,47	64	-23,08	89	-7,03
15	0,00	41	0,00	65	0,00	90	-80,15
16	-19,99	42	-29,33	66	0,00	91	0,00
17	-129,93	43	0,00	67	-138,47	92	-37,07
18	-182,05	44	0,00	68	-64,64	93	-43,55
19	-27,54	45	-22,19	69	-13,02	94	-194,48

21	0,00	46	-255,20	70	-29,33	95	-126,29
22	-100,58	47	-123,88	71	-9,16	96	-27,54
23	-43,08	48	-36,61	72	-98,90	97	-25,75
24	-102,83	49	-57,82	73	-58,34	98	-161,53
25	0,00	50	-142,16	74	0,00	99	-13,02
				75	-14,32	100	-33,86

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Ressalta-se que através dessa análise pode-se encontrar o valor não contabilizado por mês de receita pela CAER. Nesse sentido, verificou-se o efeito anual dos valores da conta de água mensais que a Companhia não receberia. Assim, tais valores estão detalhados na Tabela 20.

Tabela 20 – Valores anuais estimados

Zona Sul		Zona Leste		Zona Norte		Zona Oeste	
Nº	Conta (R\$)	Nº	Conta (R\$)	Nº	Conta (R\$)	Nº	Conta (R\$)
1	442,44	26	931,53	51	740,70	76	552,34
2	2411,26	27	687,57	52	624,64	77	442,44
3	442,44	29	1549,02	53	442,44	78	526,81
4	583,17	30	931,53	54	698,15	79	1098,89
5	1092,68	31	578,02	55	976,21	80	442,44
6	1384,78	32	650,75	56	442,44	81	442,44
7	920,42	33	506,50	57	1676,44	82	442,44
8	442,44	34	442,44	58	1262,54	83	442,44
9	1199,10	35	442,44	59	578,02	84	442,44
10	2089,33	36	442,44	60	3278,60	85	826,99
11	2023,41	37	583,17	61	442,44	86	848,82
12	2023,41	38	531,90	62	2305,19	87	526,81
13	442,44	39	598,68	63	2133,57	88	562,59
14	583,17	40	2104,05	64	719,38	89	526,81

15	442,44	41	442,44	65	442,44	90	1404,28
16	682,29	42	794,45	66	442,44	91	442,44
17	2001,54	43	442,44	67	2104,05	92	887,24
18	2627,03	44	442,44	68	1218,07	93	965,00
19	772,88	45	708,75	69	598,68	94	2776,22
21	442,44	46	3504,82	70	794,45	95	1957,98
22	1649,43	47	1929,06	71	552,34	96	772,88
23	959,41	48	881,73	72	1629,24	97	751,40
24	1676,44	49	1136,29	73	1142,54	98	2380,83
25	442,44	50	2148,36	74	442,44	99	598,68
				75	614,23	100	848,82

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Assim como na análise mensal, nota-se que a maior parte das residências deveria pagar mais pelo que consome. Nesse contexto, de modo análogo projetou-se o impacto financeiro anual provocado caso essas residências não possuísem hidrômetro, indicados na Tabela 21.

Tabela 21 – Impacto financeiro anual estimado

Zona Sul		Zona Leste		Zona Norte		Zona Oeste	
Impacto		Impacto		Impacto		Impacto	
Nº	Financeiro (R\$)	Nº	Financeiro (R\$)	Nº	Financeiro (R\$)	Nº	Financeiro (R\$)
1	0,00	26	-489,09	51	-298,26	76	-109,90
2	-1968,82	27	-245,13	52	-182,20	77	0,00
3	0,00	29	-1106,58	53	0,00	78	-84,37
4	-140,73	30	-489,09	54	-255,71	79	-656,45
5	-650,24	31	-135,58	55	-533,77	80	0,00
6	-942,34	32	-208,31	56	0,00	81	0,00
7	-477,98	33	-64,06	57	-1234,00	82	0,00
8	0,00	34	0,00	58	-820,10	83	0,00

9	-756,66	35	0,00	59	-135,58	84	0,00
10	-1646,89	36	0,00	60	-2836,16	85	-384,55
11	-1580,97	37	-140,73	61	0,00	86	-406,38
12	-1580,97	38	-89,46	62	-1862,75	87	-84,37
13	0,00	39	-156,24	63	-1691,13	88	-120,15
14	-140,73	40	-1661,61	64	-276,94	89	-84,37
15	0,00	41	0,00	65	0,00	90	-961,84
16	-239,85	42	-352,01	66	0,00	91	0,00
17	-1559,10	43	0,00	67	-1661,61	92	-444,80
18	-2184,59	44	0,00	68	-775,63	93	-522,56
19	-330,44	45	-266,31	69	-156,24	94	-2333,78
21	0,00	46	-3062,38	70	-352,01	95	-1515,54
22	-1206,99	47	-1486,62	71	-109,90	96	-330,44
23	-516,97	48	-439,29	72	-1186,80	97	-308,96
24	-1234,00	49	-693,85	73	-700,10	98	-1938,39
25	0,00	50	-1705,92	74	0,00	99	-156,24
				75	-171,79	100	-406,38

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Percebe-se que 72 residências provocam um prejuízo financeiro, já que consomem acima do valor considerado para a tarifa mínima. Nesse contexto, é importante analisar por zona, a fim de verificar onde acarretam-se as maiores consequências econômicas para a Companhia. Assim, de modo análogo, calculou-se os valores mensais da conta por residência e o impacto financeiro, mensal e anual, por residência para cada zona, Tabela 22.

Tabela 22 – Valores por zona da conta e do impacto estimado

Zonas	Valores mensais		Valores anuais
	Conta (R\$)	Impacto Financeiro (R\$)	Impacto Financeiro (R\$)
Zona Sul	96,45	-59,58	-714,93

Zona Leste	81,29	-44,42	-533,01
Zona Norte	87,67	-50,80	-609,63
Zona Oeste	73,03	-36,16	-433,98

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Nota-se que a zona sul é a que geraria um maior prejuízo financeiro para a CAER, de R\$714,93, seguido pela zona norte, leste e oeste. Observa-se que foram analisadas 24 residências na zona sul e leste, já na zona norte e oeste foram 25. Nesse contexto, projetou-se, de modo análogo os valores mensais das contas e do impacto financeiro, mensal e anual, por residência considerando-se a amostra total analisada, Tabela 23.

Tabela 23 – Valores globais da conta e do impacto estimados

Valores mensais		Valores anuais
Conta (R\$)	Impacto Financeiro (R\$)	Impacto Financeiro (R\$)
84,52	-47,65	-571,84

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Verificou-se que o impacto financeiro anual por residência, considerando apenas o valor da água não faturada, corresponde a R\$ 571,84. A partir desse valor, projetou-se para o quantitativo de residências indicadas pela companhia que não possuem hidrômetro, 25.000, encontrando-se R\$14.296.092,27 de prejuízo médio anual apenas com o valor da água não faturada.

Ressalta-se, contudo, que esse valor considera exclusivamente a perda relacionada ao consumo de água. Vale mencionar que, nos casos em que há rede de esgoto disponível no logradouro do usuário, cobra-se uma taxa, correspondente a 80% da conta referente ao consumo hídrico, o que ampliaria ainda mais o impacto financeiro das perdas. Considerando esse acréscimo, o prejuízo total estimado para a CAER pode alcançar aproximadamente R\$25.732.966,09 por ano.

Considerando que os reajustes tarifários praticados pela companhia têm atingido percentuais de até 25% ao ano (CAER, 2024b), levanta-se a hipótese de que parte desse aumento decorra da necessidade de compensar perdas de arrecadação provocadas pela ausência de medição individualizada. Tal lacuna compromete a tarifação proporcional ao consumo real, impactando negativamente a sustentabilidade econômico-financeira do sistema e exigindo medidas de reequilíbrio, como o aumento das tarifas.

Nesse contexto, destaca-se que, segundo a estrutura tarifária vigente da CAER, todo o volume consumido acima dos 10 m³ estimados para residências sem hidrômetro é registrado como perda aparente. Essa sistemática, amplamente utilizada por concessionárias brasileiras, tende a superestimar artificialmente os índices de perdas ao desconsiderar o consumo real, comprometendo a acurácia dos indicadores operacionais. Conforme apontado por órgãos reguladores (ANA, 2021; ABES, 2023), essa abordagem dificulta a formulação de políticas eficazes de controle de perdas, prejudica a priorização de investimentos e compromete o planejamento estratégico da expansão da rede.

4.5 RELATÓRIO TÉCNICO

Elaborou-se uma nota técnica, apresentada no Apêndice C, com o objetivo de apresentar à CAER recomendações estratégicas que contribuam para a redução das perdas de água não faturada e para o aprimoramento da política tarifária vigente, considerando-se os dados analisados ao longo deste estudo.

A principal recomendação consiste na revisão do valor mínimo de consumo adotado como base para a cobrança da tarifa mínima, atualmente fixado em 10 m³ mensais para residências sem hidrômetro. Os resultados desta pesquisa tornam evidente que a grande maioria dos usuários consome volumes superiores a esse patamar, o que gera perdas financeiras expressivas e distorções nos indicadores operacionais da companhia.

Adicionalmente, a nota técnica sugere que a revisão do consumo mínimo venha acompanhada de uma reestruturação proporcional do valor da tarifa mínima residencial, respeitando os princípios de equidade e justiça tarifária. Essa mudança permitirá alinhar

a cobrança ao consumo real e fortalecer a sustentabilidade financeira da companhia, sem que isso represente, necessariamente, um aumento abrupto da tarifa.

Observa-se que essa proposta está em conformidade com os princípios previstos no Marco Legal do Saneamento Básico e com os ODS da ONU, em especial os nº 6, nº 11 e nº 12.

5 CONCLUSÃO

Os dados analisados ao longo desta pesquisa reforçam a importância da micromedição como ferramenta essencial para uma gestão mais precisa, justa e eficiente do sistema de abastecimento de água. Ficou evidente que a ausência de hidrômetros resulta na subestimação do consumo real, uma vez que a média observada nas residências com hidrômetro foi significativamente superior aos 10 m³ mensais considerados na tarifa mínima, valor que não reflete a realidade de consumo. Essa submedição contribui diretamente para distorções nos índices de perda e para prejuízos operacionais e financeiros à companhia.

A variabilidade entre as residências foi evidente por meio da análise descritiva, visto que indicadores como desvio padrão e coeficiente de variação permitiram identificar maior dispersão nos primeiros meses após a instalação, com tendência de estabilização ao longo de um ano, embora os valores médios tenham permanecido semelhantes. Nesse sentido, esse resultado reforça a consistência dos dados e amplia a compreensão sobre os padrões de consumo, mesmo diante da diversidade de comportamentos observados.

Apesar da hipótese inicial sugerir que a instalação dos hidrômetros resultaria em uma redução no consumo, motivada pela cobrança proporcional ao uso, observou-se que, para a maioria das residências analisadas, o comportamento foi o oposto. Em muitas delas, principalmente na região leste, houve um aumento no consumo, o que sugere a influência de fatores, como mudanças de hábito, contexto pós-pandêmico e até variações climáticas. De modo geral, a variabilidade de consumo pode estar associada a diversas questões, entre eles o contexto socioeconômico e aspectos sazonais. Além disso, como a água é um bem essencial, o aumento no valor da conta não resultou, necessariamente, em uma redução do consumo.

A implantação de hidrômetros, apesar de trazer benefícios como maior controle e justiça na cobrança, não gerou um padrão único de comportamento entre os usuários, o que mostra que a simples presença do equipamento não é suficiente para induzir mudanças de hábito. Esse cenário reforça a necessidade de considerar múltiplos fatores no planejamento estratégico da CAER, indo além do aspecto técnico da medição.

Recomenda-se à CAER reavaliar a estrutura tarifária vigente, especialmente no que diz respeito à estrutura tarifária mínima, com possibilidade de elevar o consumo atual considerado de 10 m³ mensais. Além disso, é fundamental universalizar a implantação em um curto período, expandindo a micromedição nas residências sem hidrômetro. Ademais, é necessário instalar macromedidores em pontos estratégicos da rede, de modo a aperfeiçoar o monitoramento dos volumes distribuídos e reduzir perdas operacionais. Aumentar a eficiência dos sistemas de telemetria e análise de dados também se mostra necessário para aprimorar a gestão baseada em evidências.

A presente pesquisa contribui significativamente para o entendimento das dinâmicas de consumo hídrico no município de Boa Vista/RR, oferecendo subsídios importantes para a análise da eficiência operacional e da sustentabilidade na gestão dos recursos hídricos. Embora focada em um contexto local, sua abordagem e resultados podem ser extrapolados para realidades semelhantes em outras cidades brasileiras que enfrentam desafios relacionados à ausência de medição individualizada.

Os resultados obtidos indicam que a ampliação da instalação de hidrômetros pode representar um avanço substancial na melhoria dos indicadores técnicos de desempenho do sistema de abastecimento. Além disso, a redução das perdas aparentes decorrente da medição mais precisa pode contribuir para o equilíbrio financeiro da concessionária, minimizando a necessidade de reajustes tarifários sucessivos e promovendo maior justiça na cobrança pelo serviço.

REFERÊNCIAS

ABES. *Guia do saneamento 2023*. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2023. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/04/Guia-do-Saneamento-2023_V20_12.11_Digital.pdf. Acesso em: 8 jun. 2025.

ALEGRE, H. et al. *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Lisboa: Instituto Regulador de Águas e Resíduos; Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2005.

AMORIM, M. M. L.; CAMPOS, M. A. S. Determinação da vazão de projeto para a escolha dos hidrômetros de edificações residenciais com medição individualizada. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 403–420, 2021.

ANA. *Manual de regulação dos serviços de saneamento básico: diretrizes para regulação e fiscalização da prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento>. Acesso em: 4 jun. 2025.

ASCOM/CAER. Caer ativa mais um poço artesiano no bairro Equatorial. 2022. 1 fotografia, color. 0,6 Mb. Formato JPG. Disponível em: <https://roraimaemfoco.com/wp-content/uploads/2022/05/caerpocoartesiano33.jpg>. Acesso em: 25 mai. 2024.

ASCOM/CAER. Caer realiza mapeamento e instalação de hidrômetros. 2024a. 1 fotografia, color. 0,92 Mb. Formato JPG. Disponível em: <https://www.caer.com.br/imagemCaer?id=2306>. Acesso em: 29 mai. 2024.

ASCOM/CAER. CAER fará manutenção programada nos CRD São Pedro e Tancredo Neves. 2023. 1 fotografia, color. 0,2 Mb. Formato JPEG. Disponível em: <https://roraimaemfoco.com/caersaopedro1.jpeg>. Acesso em: 29 mai. 2024.

ASCOM/CAER. Comunicado: manutenção sistema de captação de água bruta. 2024b. 1 fotografia, color. 0,2 Mb. Formato JPG. Disponível em: <https://www.caer.com.br/imagemCaer?id=2299>. Acesso em: 24 mai. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. *Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água*. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8194: *Medidores de água potável – padronização*. Rio de Janeiro, 2019.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNÁNDEZ, M. F. *Manual de hidráulica*. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

BAEN, L. K. et al. Sistema público de abastecimento de água potável: partes constituintes e suas deficiências. Belo Horizonte: Unifimes, 2018.

BORMA, V. de S.; MARTINS, F. B.; LOCH, R.; MARTINELLI, I. A. Contexto histórico brasileiro do saneamento básico: PLANASA, PLANSAB, PNSB e Lei nº 14.026/2020. In: *Simpósio Nacional de Auditoria de Obras Públicas*, 2021. Disponível em: <https://www.ibraop.org.br/wp-content/uploads/2021/11/Historicodo-Saneamento-Vera-e-Flavia.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico [...]. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 5 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico [...]. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 15 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Plano municipal de saneamento básico: cadernos temáticos – abastecimento de água potável*. Brasília: Funasa, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água*. Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria MS nº 888, de 04 de maio de 2021*. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. *Glossário de indicadores - água e esgotos: indicadores econômico-financeiros e administrativos*. Brasília: SNIS/MCID, 2023a. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/Glossario_Indicadores_AE2022.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico temático - serviços de água e esgoto – dezembro 2023*. Brasília: SNIS/MDR, 2023b. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2023.pdf. Acesso em: 10 mar. 2025.

CAER. A empresa. 2024a. Disponível em: <https://www.caer.com.br/empresa/>. Acesso em: 20 mai. 2024.

CAER. Caer adquire 45 mil hidrômetros para reforçar medição e reduzir perdas. 2021. Disponível em: <http://www.caer.com.br/noticias/?id=1338>. Acesso em: 29 jul. 2023.

CAER. Defensoria Pública pede informações da Caer sobre aumento de tarifa de água e esgoto. 2024b. Disponível em: <https://www.folhabv.com.br/cotidiano/defensoria-publica-pede-informacoes-da-caer-sobre-aumento-de-tarifa/>. Acesso em: 29 jan. 2024.

CAER. Resolução nº 004/2022. 2022. Disponível em: <https://www.caer.com.br/downloads/pdf/caer-estrutura-tarifaria-2022-2023.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2024.

CAER. Resolução nº 002/2023. 2023. Disponível em: <https://www.caer.com.br/downloads/pdf/caer-estrutura-tarifaria-2023-2024.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2024.

COSTA, I. G. D.; PIEROBON, F.; SOARES, E. C. A efetivação do direito ao saneamento básico no Brasil: do PLANASA ao PLANSAB. Meritum, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p. 335–358, 2018.

EUROPEAN COMMISSION. *Good practices on leakage management WFD CIS WG PoM: case study document*. Luxemburgo: EU Reference Document, 2015.

FARLEY, M. et al. *The manager's non-revenue water handbook: a guide to understanding water losses*. United States: Ranhill, 2008.

FERNANDES, V. *Coisas que preciso te dizer hoje*. São Paulo: Outro Planeta, 2022.

HAMMER, M. J. *Sistemas de abastecimento de água e esgoto*. Rio de Janeiro: Editora S.A., 1975.

MACHADO, I. *Diagnóstico do abastecimento de água na zona urbana do município de Macaé*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2022.

MIRANDA, E. C. *Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água: indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade*. Brasília: Universidade de Brasília, 2002.

MUNHOZ, E. et al. Detalhando a cruz de Lambert com foco na gestão da infraestrutura para redução de perdas reais: metodologia de priorização de ramais para troca preventiva utilizando ferramentas de georreferenciamento. São Paulo: ABES, 2017.

NOGAMI, P. S. *Ligações prediais e medidores*. In: CETESB. *Técnica de abastecimento e tratamento de água*. 2. ed. São Paulo: Convênio Cetesb Ascetesb, 1987. v. 1.

REALI, M. A. P. et al. *Instalações prediais de água fria*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2002.

RORAIMA. Lei nº 547, de 23 de junho de 2006. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos [...]. Assembleia Legislativa do Estado de Roraima, Boa Vista, RR, 23 jun. 2006.

RORAIMA. Lei nº 300, de 14 de julho de 2021. Institui a Microrregião de Água e Esgoto [...]. Assembleia Legislativa do Estado de Roraima, Boa Vista, RR, 14 jul. 2021.

SANTI, A. D.; CETRULO, T. B.; MALHEIROS, T. F. Indicadores de perdas de água em sistemas de saneamento: disponibilidade e confiabilidade de dados em nível de bacia hidrográfica. *Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 386–410, abr./jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e22018386-410>.

SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA. *REsp 1.411.116/SP*, Rel. Min. Paulo de Tarso Sanseverino, julgado em 26 nov. 2014. Disponível em: <https://www.stj.jus.br>. Acesso em: 4 jun. 2025.

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

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 2006. 1 fotografia, color. 0,1 Mb. Formato PNG. Disponível em: <https://html.scribdassets.com/6qinlybtkw26718v/images/24-82188b50d8.jpg>. Acesso em: 20 jul. 2023.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, p. 97–112, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/SfqYWrhrtvkxybFsJYQtx7v/?format=pdf>. Acesso em: 28 jul. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Cópia do ofício enviado à CAER para solicitação de dados OFÍCIO Nº 01/2023

Boa Vista/RR, 15 de maio de 2023.

Ao Senhor
James da Silva Serrador
Diretor Presidente da Companhia de Águas e Esgotos de Roraima (CAER)
Rua Melvin Jones, 219 – São Pedro

Assunto: Solicitação de apoio no desenvolvimento de projetos de mestrado de interesse da CAER

Senhor Diretor,

Ao cumprimentá-lo, venho por meio deste solicitar apoio no desenvolvimento de dois projetos de mestrado do Programa de Pós-graduação ProfÁgua, e que irão beneficiar diretamente a Companhia. Os projetos foram apresentados previamente à Diretora de Engenharia e Gestão Ambiental, a Senhora Elizangela, e ao Diretor Comercial e do Interior, o Senhor Cícero, que demonstraram interesse na parceria, visto os benefícios, e o fato de que não existem custos para a CAER, sendo necessário apenas dados e informações que a Companhia já possui.

O projeto desenvolvido pelo engenheiro civil Lucas de Matos de Souza busca identificar os prejuízos causado à CAER em função do não faturamento da parcela de esgoto (80%), em residências que utilizam poços tubulares para abastecimento de água, sem estar regularizado junto a Companhia, e propor soluções.

O projeto desenvolvido pela engenheira civil Iara Alexandra Wiswell Galán tem como premissa a forma como são mensuradas as perdas de água, similar ao dos outros estados, comparando o volume faturado com o volume tratado, mas que para a nossa realidade, onde uma parcela significativa das residências paga uma taxa fixa, os índices de perdas acabam sendo

maiores do que realmente são, o que não é bom para a Companhia. Com esse estudo seria possível mensurar os valores reais, reduzindo os índices, e aumentando o faturamento da CAER.

Aproveitando o contato, informo que estamos à disposição caso a Companhia tenha interesse no desenvolvimento de algum outro estudo no futuro.

Peço por gentileza que a resposta ao Ofício seja via e-mail (alex.bortolon@ufr.br). Encaminho também o contato do celular (95) 98104-5011.

Certos de sua colaboração, desde já agradecemos e nos colocamos à disposição.

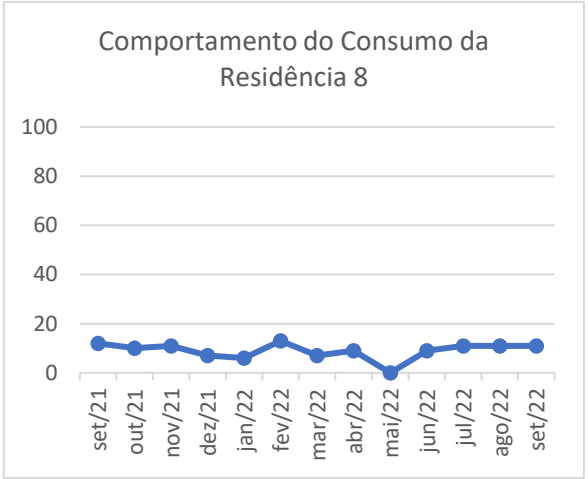
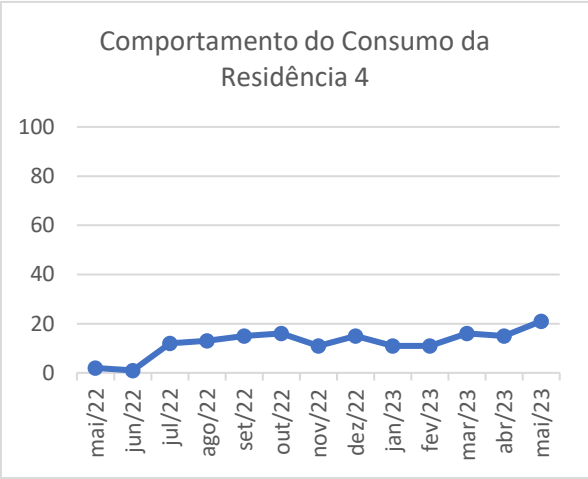
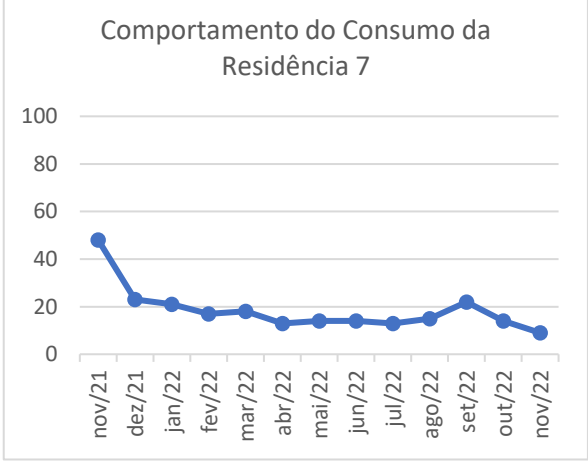
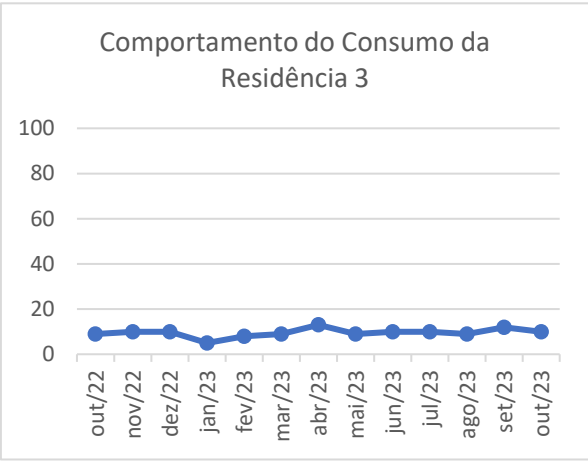
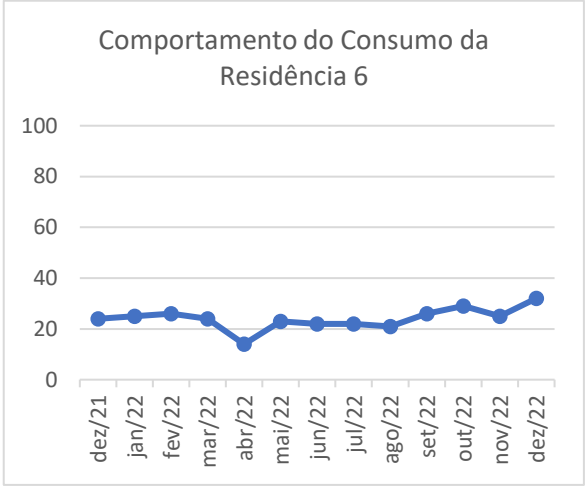
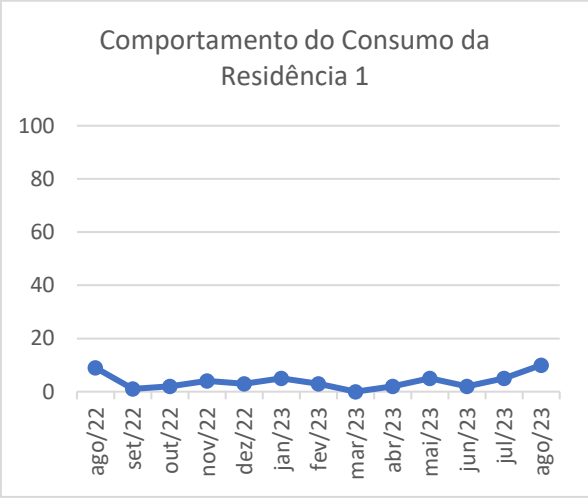
Atenciosamente,

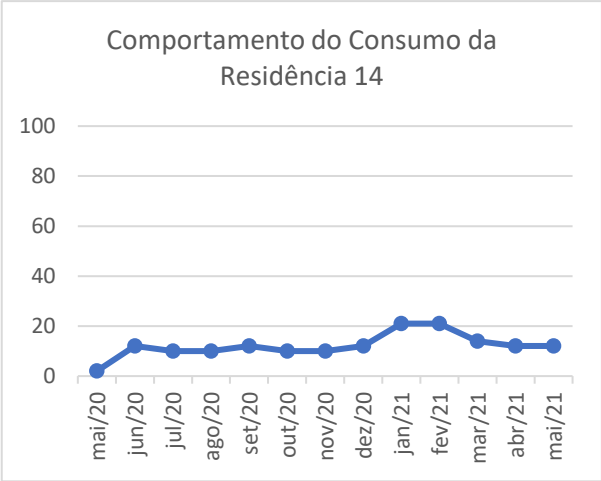
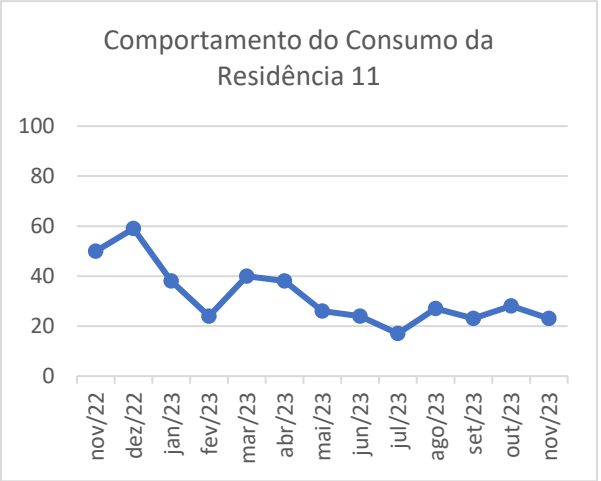
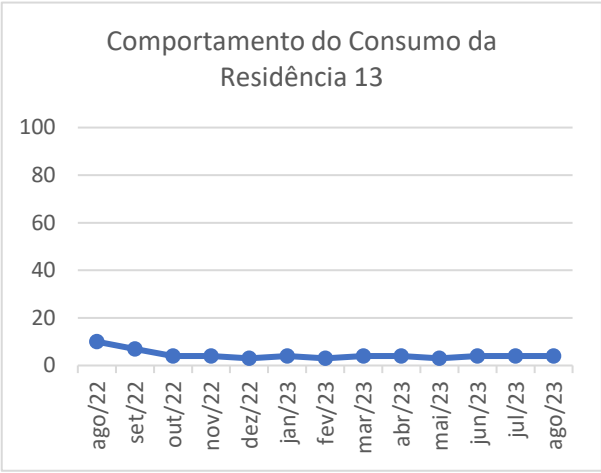
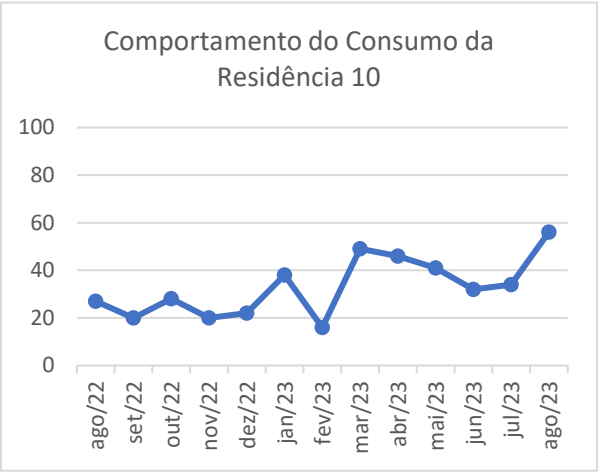
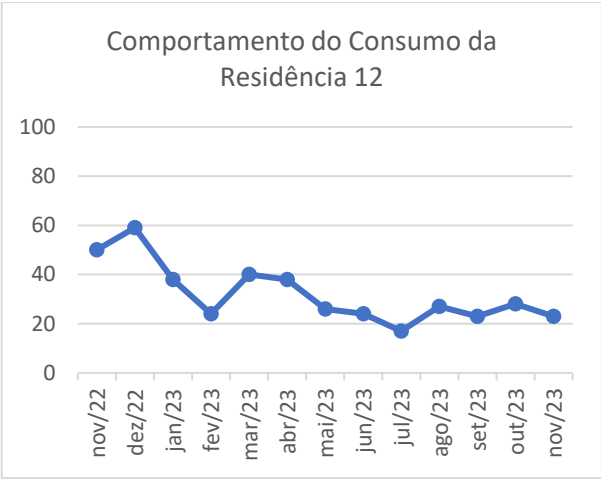
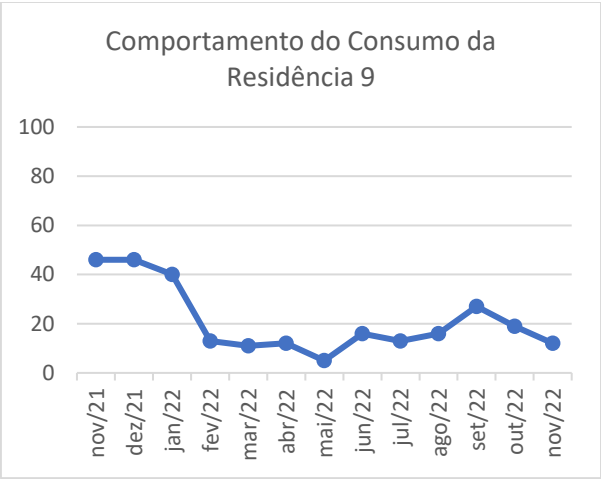
**Alex Bortolon
de Matos**

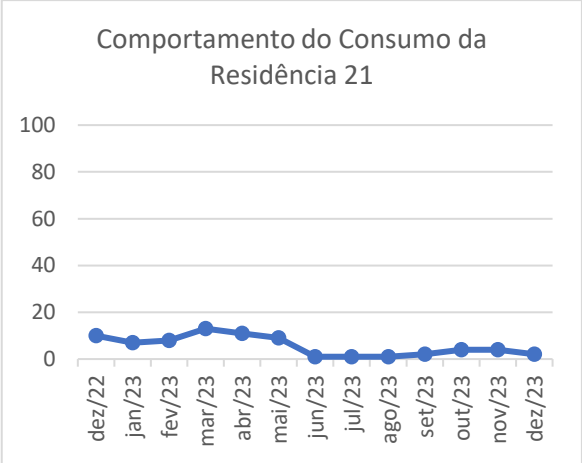
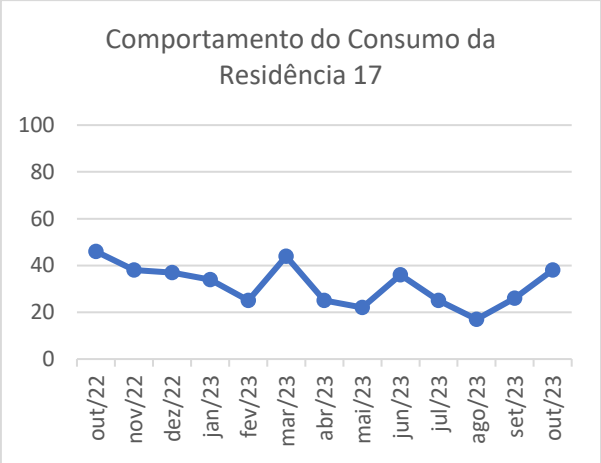
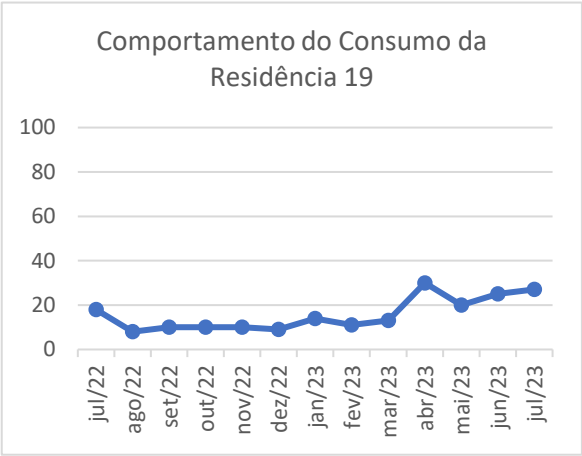
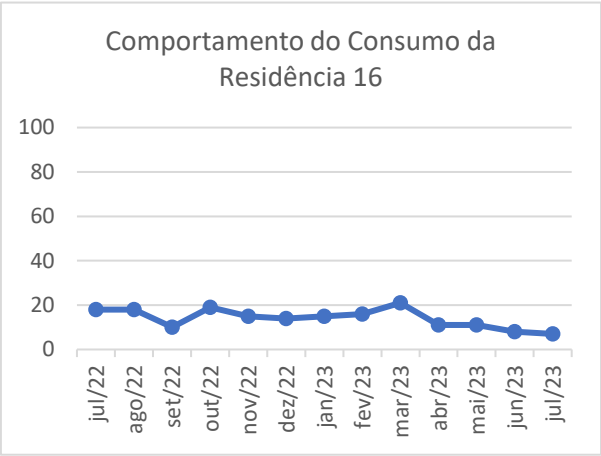
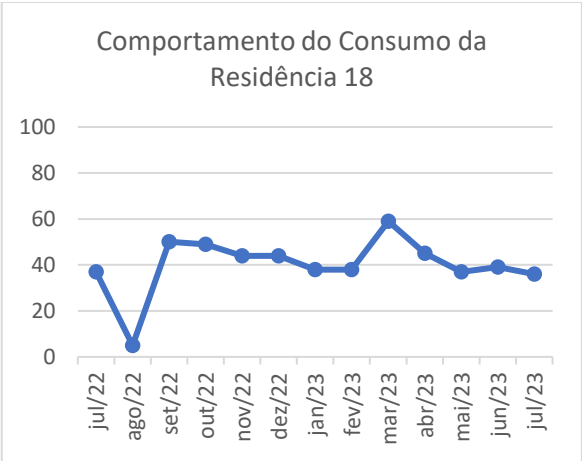
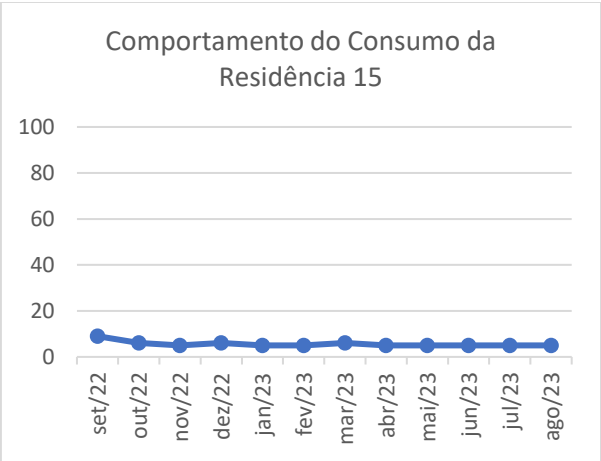
Prof. Dr. Alex Bortolon de Matos
Professor Permanente do ProfÁgua

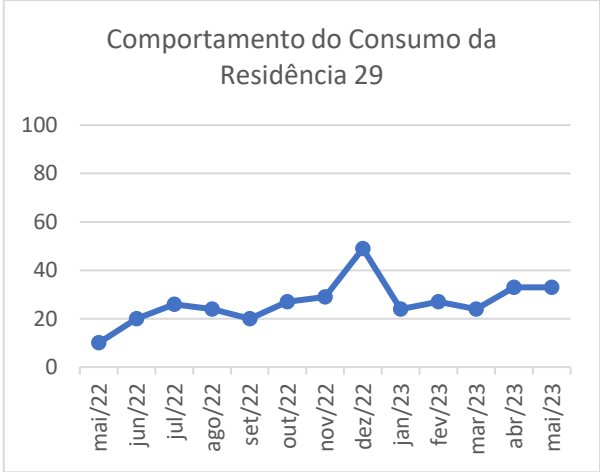
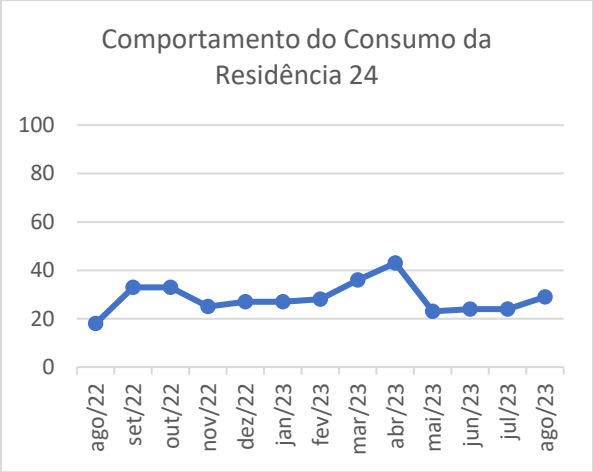
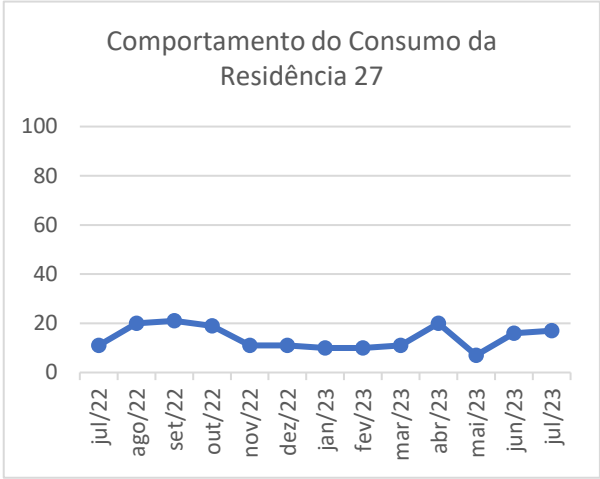
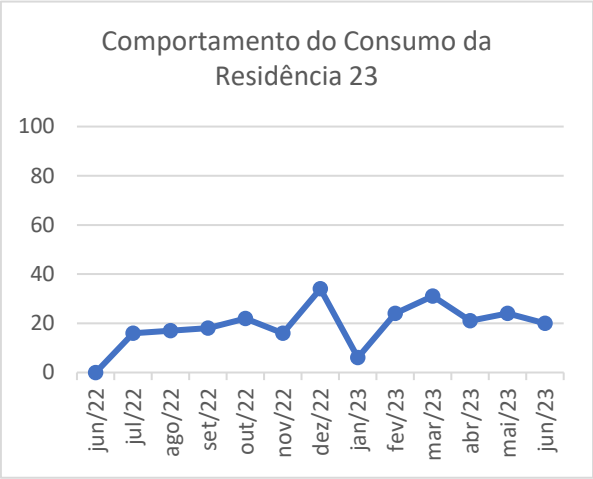
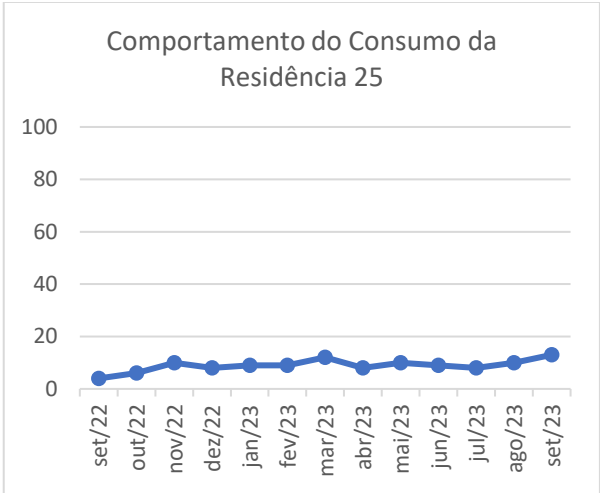
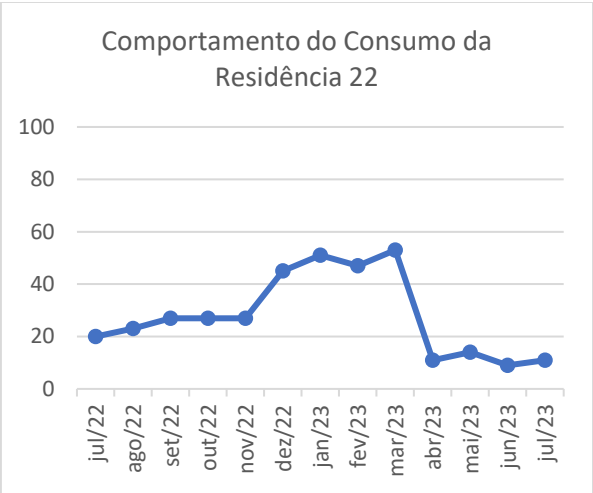
Assinado de forma digital
por Alex Bortolon de Matos
Dados: 2023.05.16 15:24:49 -
04'00

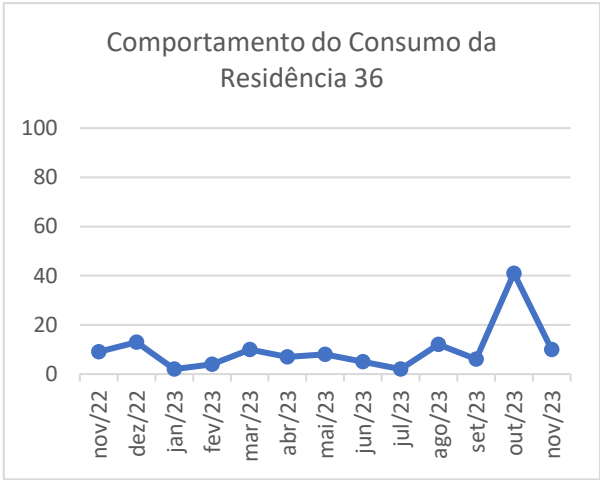
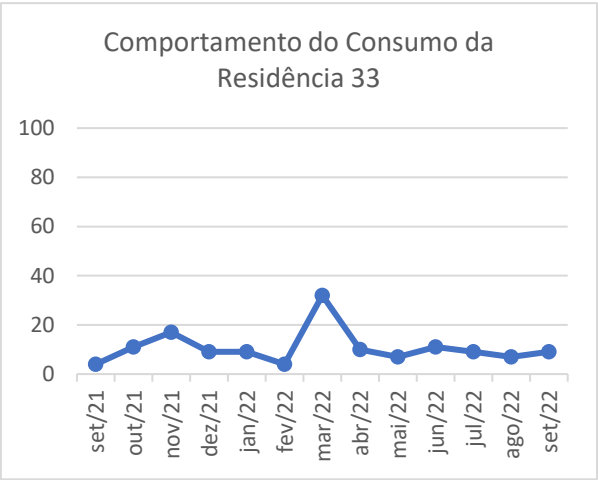
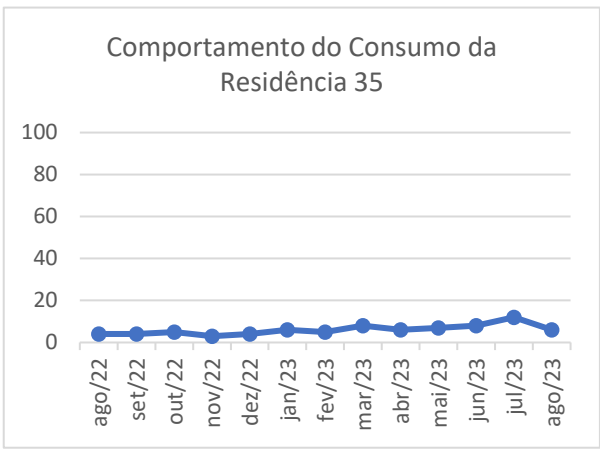
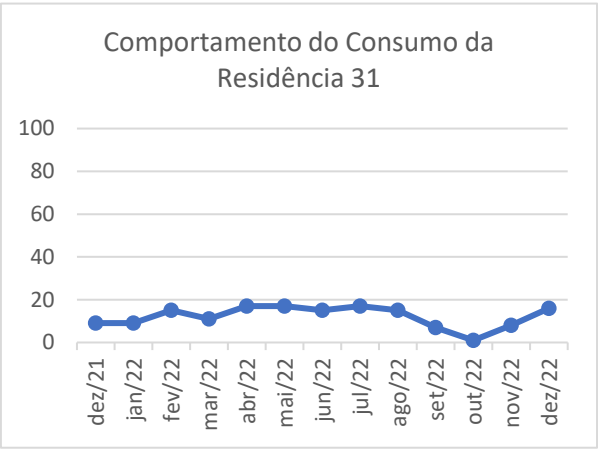
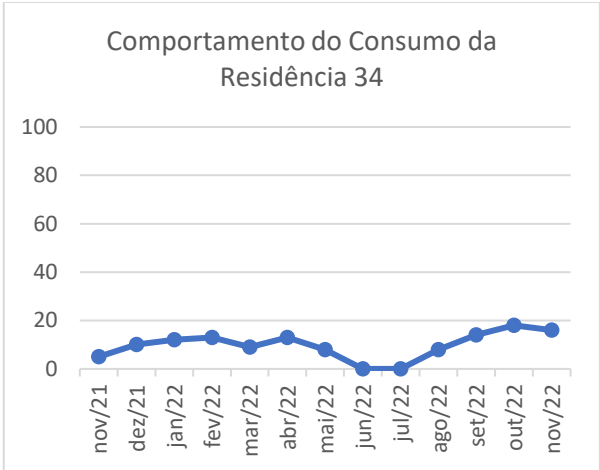
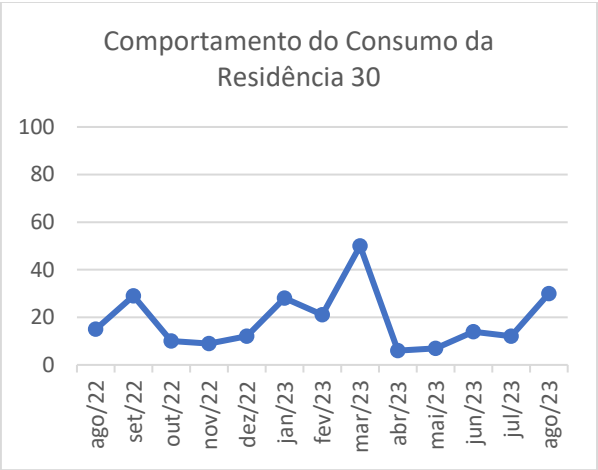
APÊNDICE B - Gráficos referentes ao comportamento do consumo



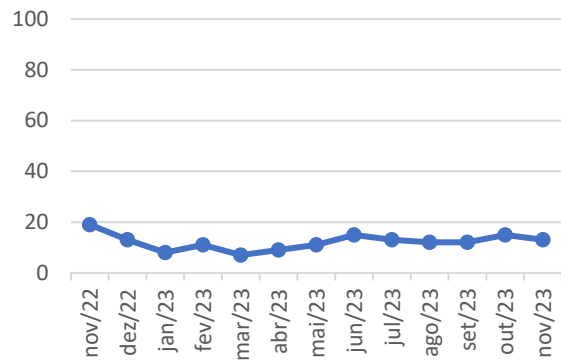




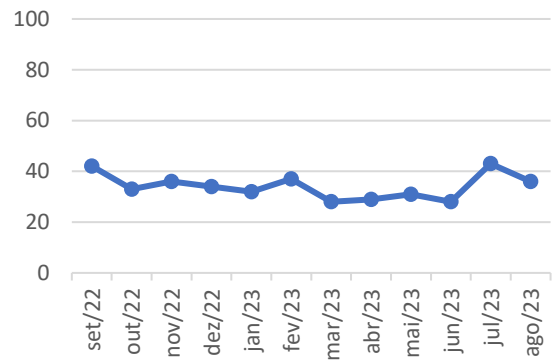




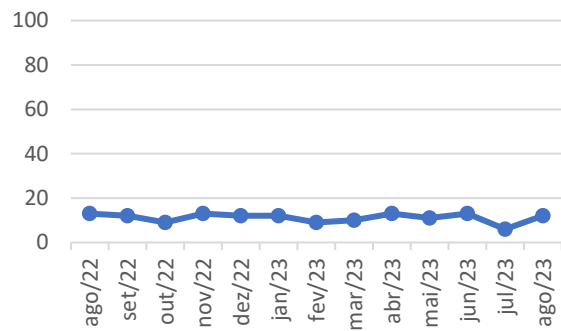
Comportamento do Consumo da
Residência 37



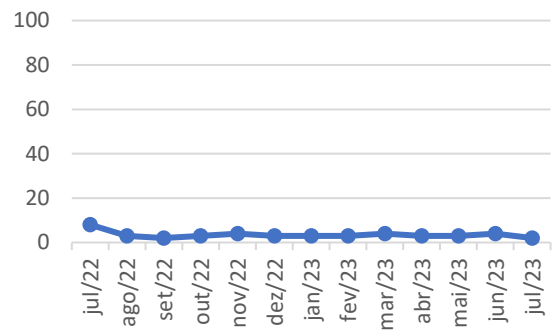
Comportamento do Consumo da
Residência 40



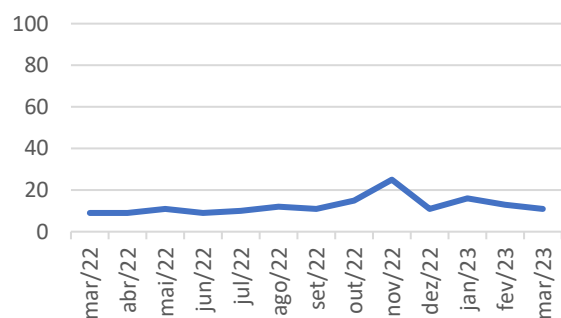
Comportamento do Consumo da
Residência 38



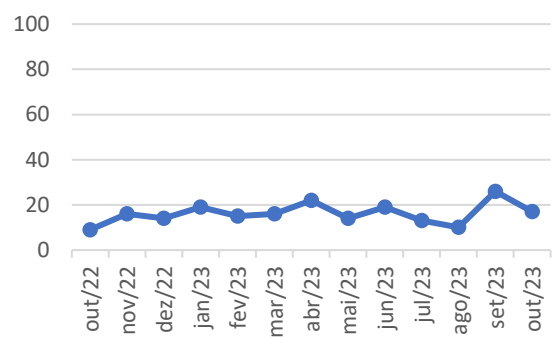
Comportamento do Consumo da
Residência 41

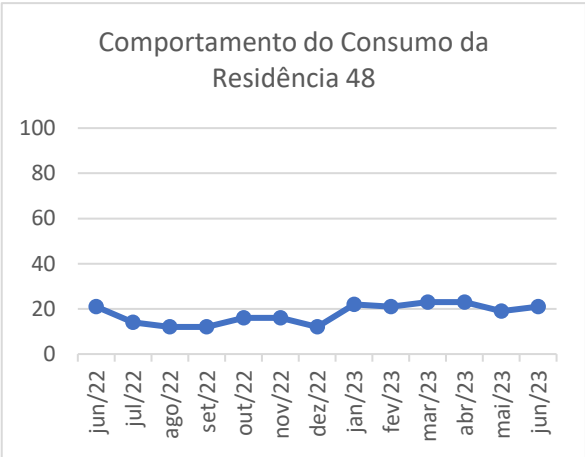
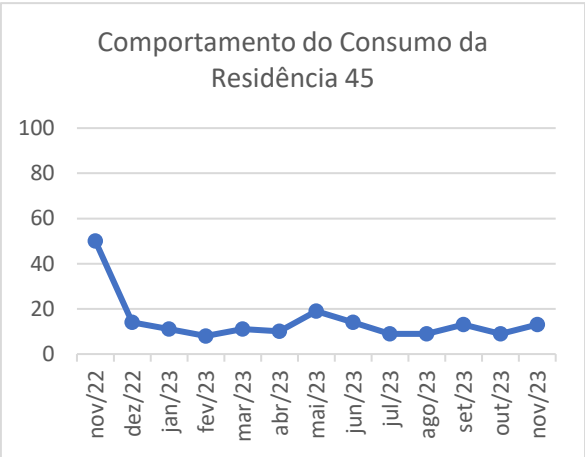
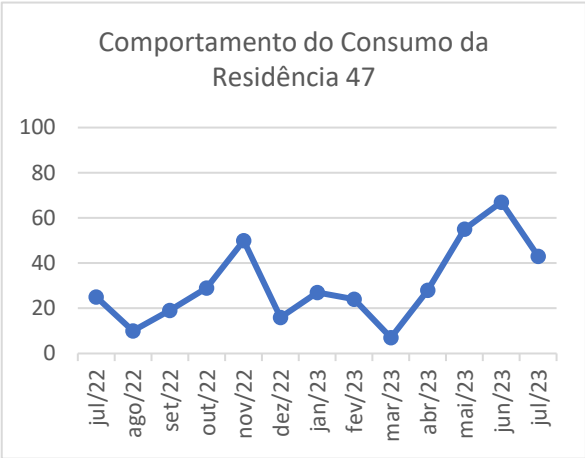
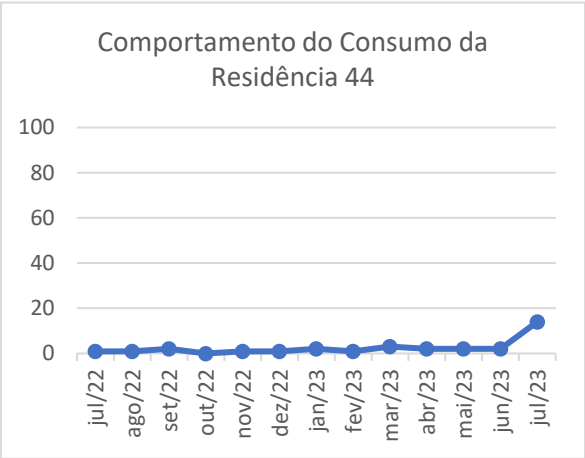
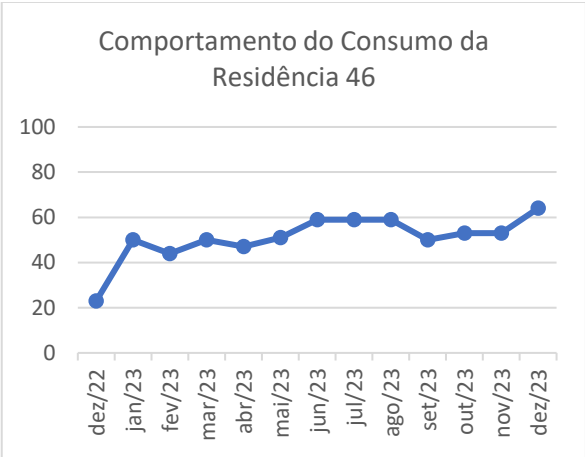
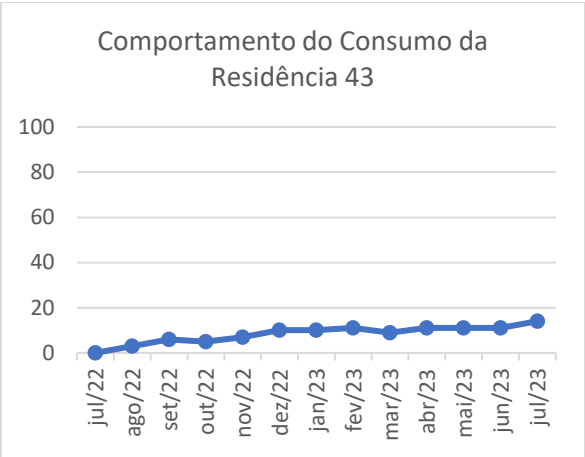


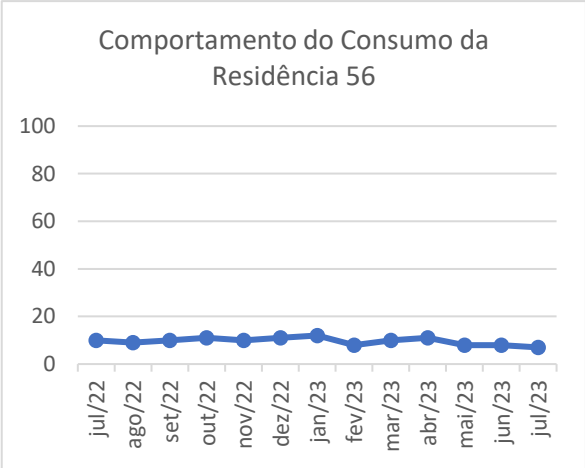
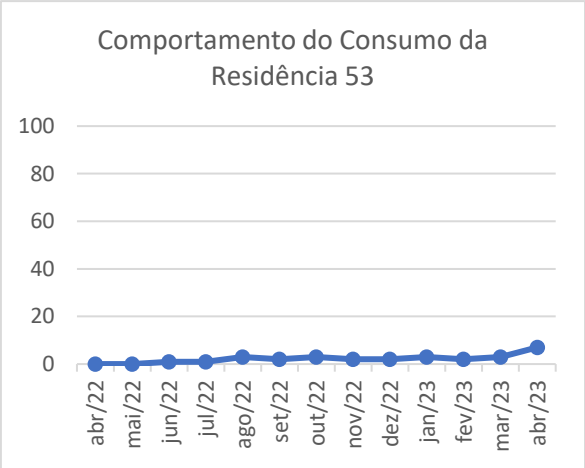
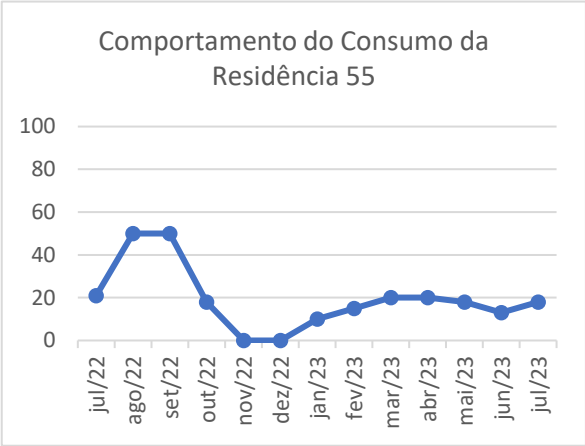
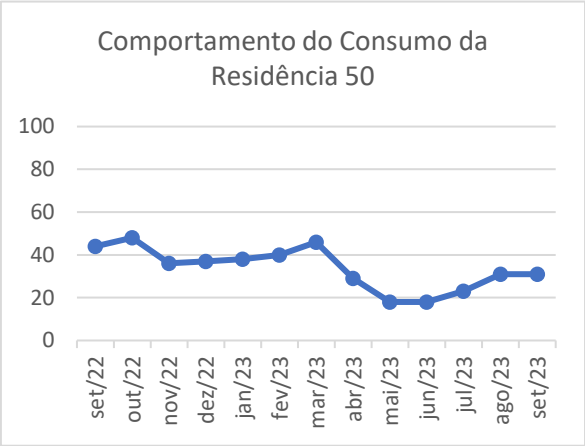
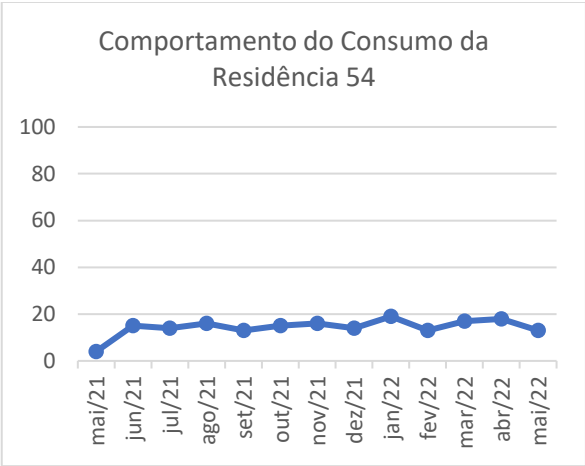
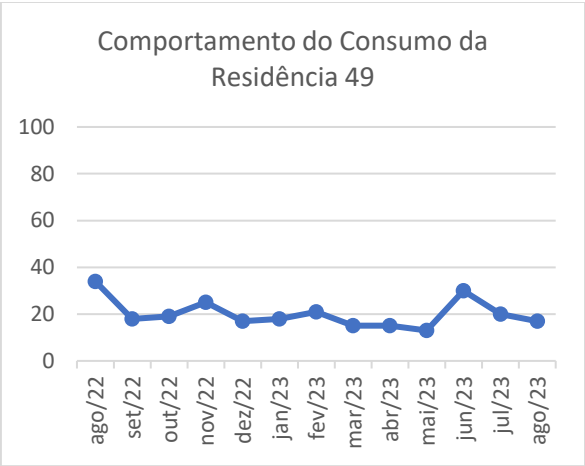
Comportamento do Consumo
da Residência 39

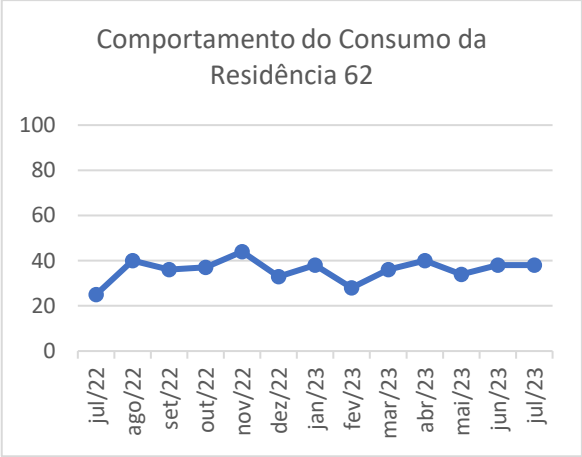
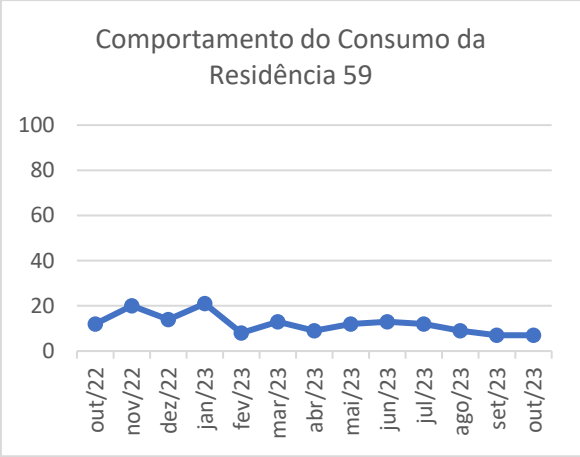
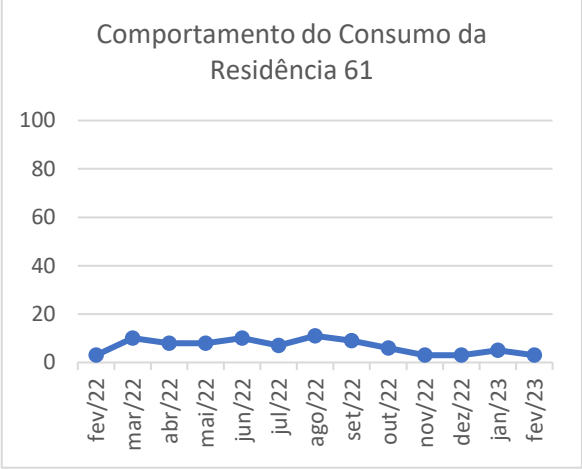
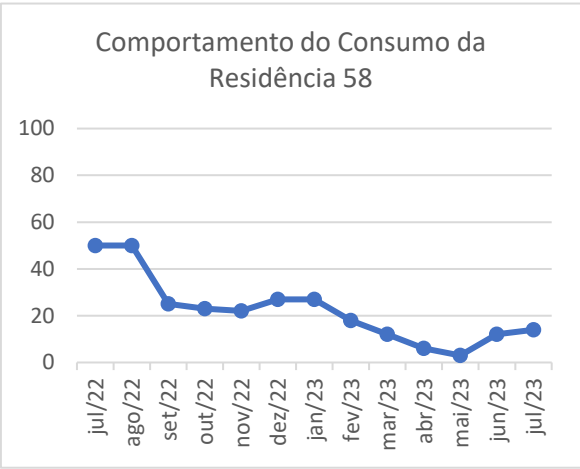
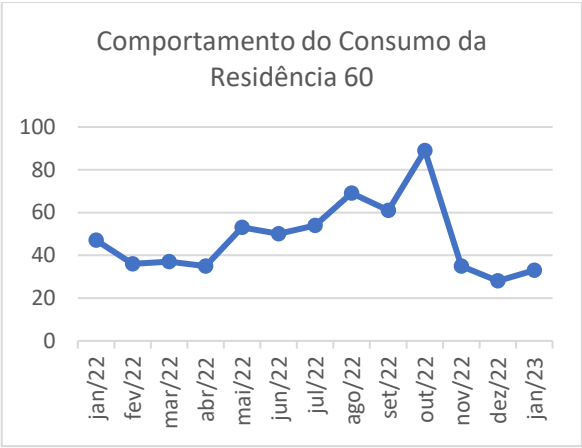
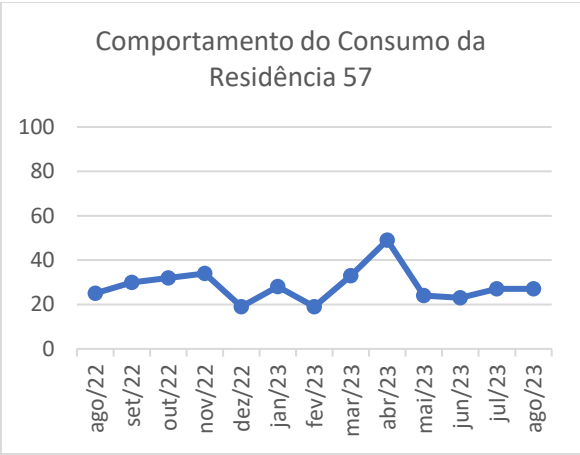


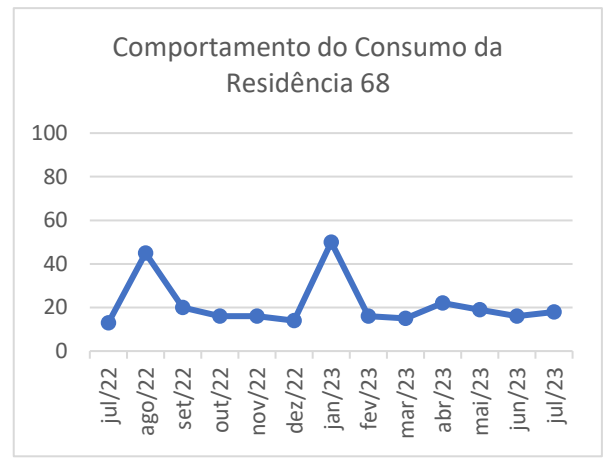
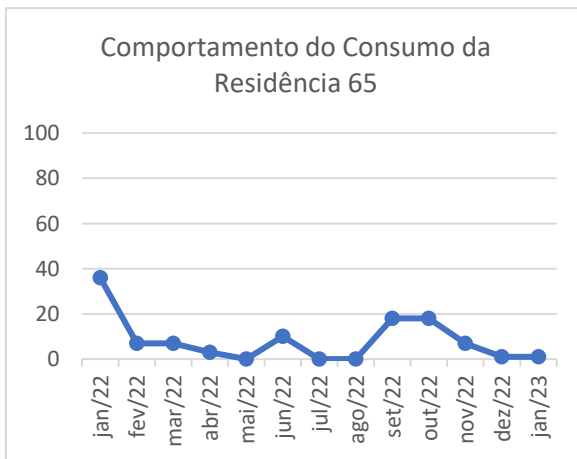
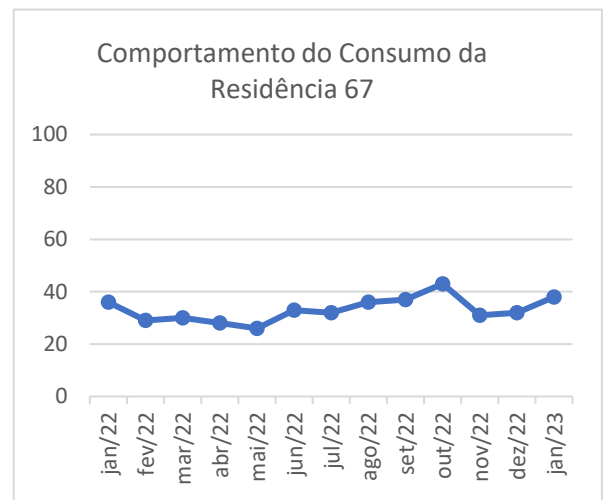
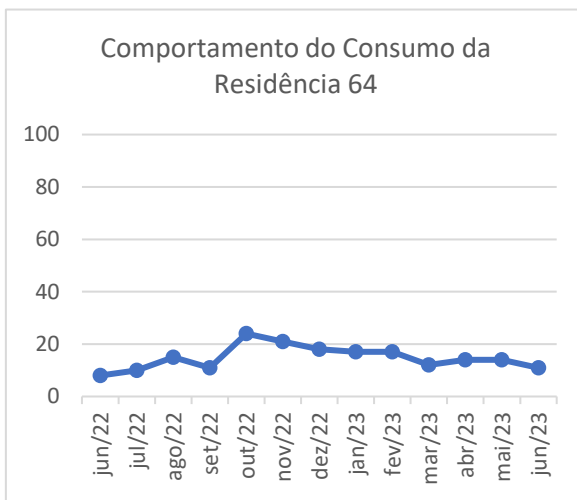
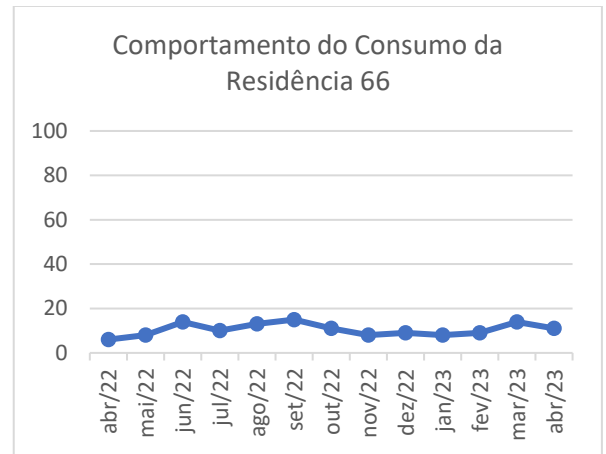
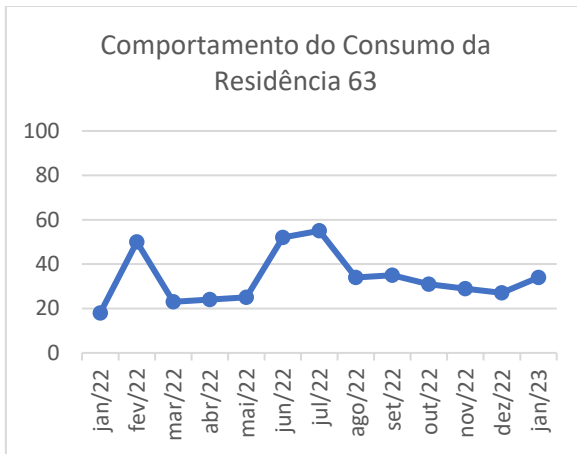
Comportamento do Consumo da
Residência 42

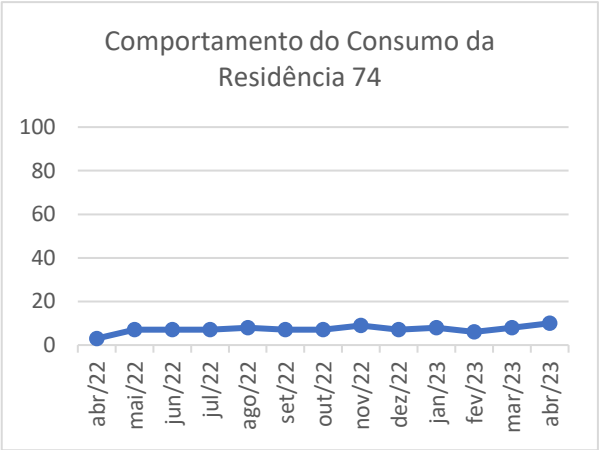
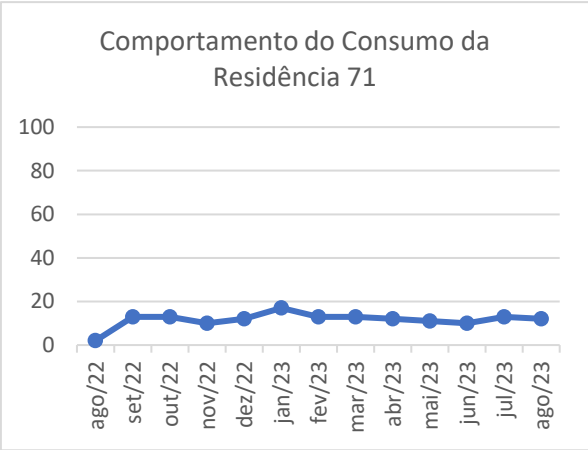
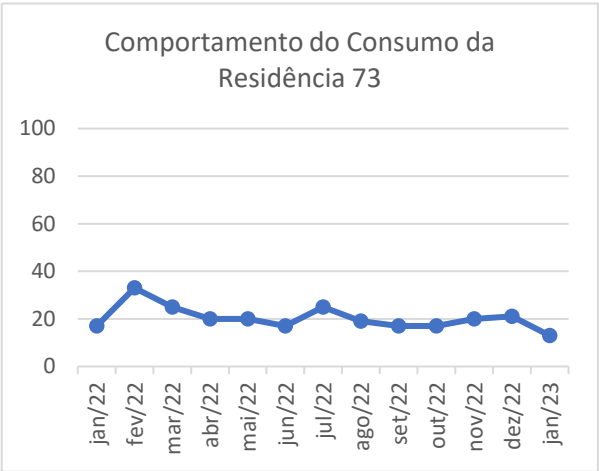
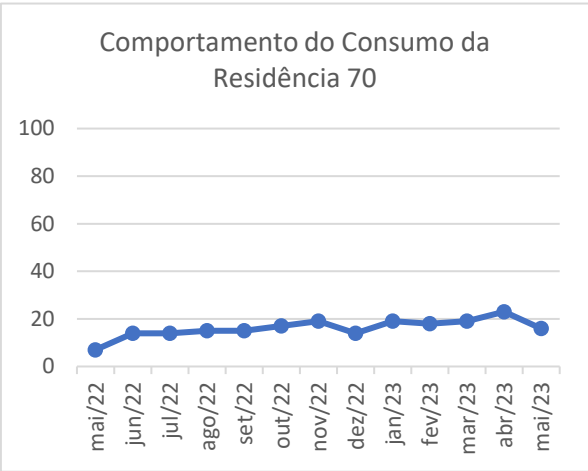
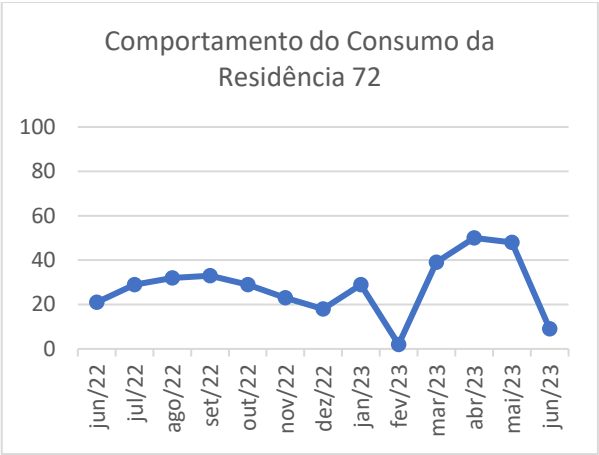
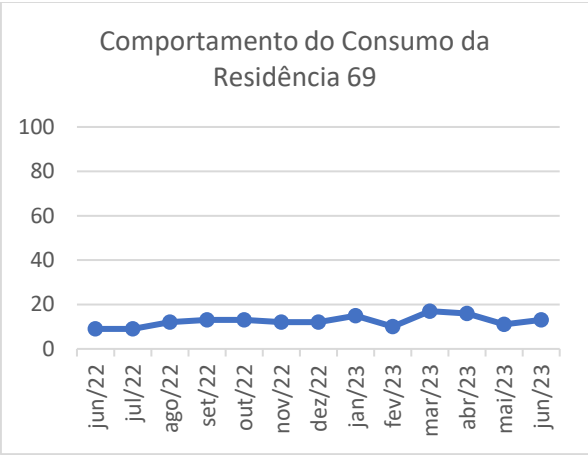


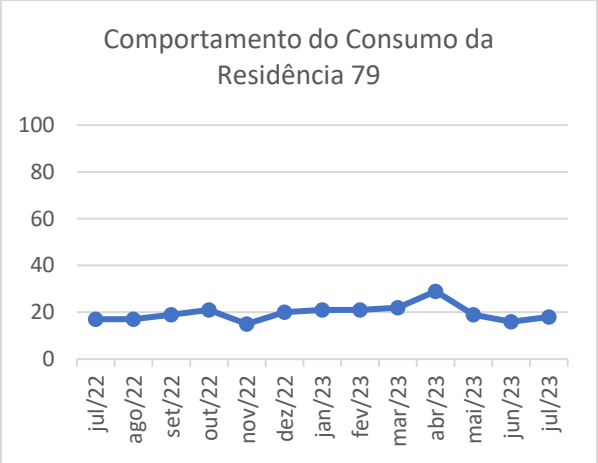
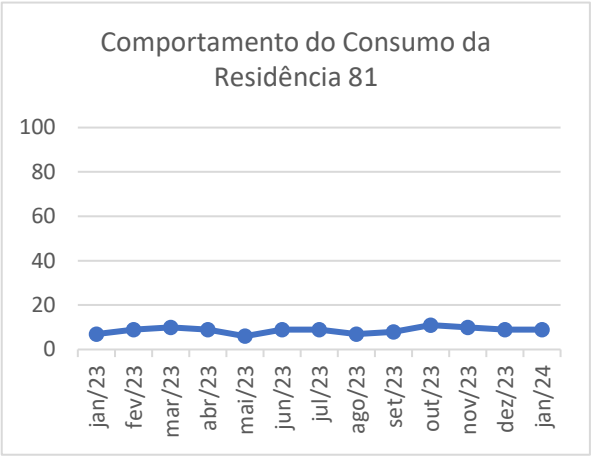
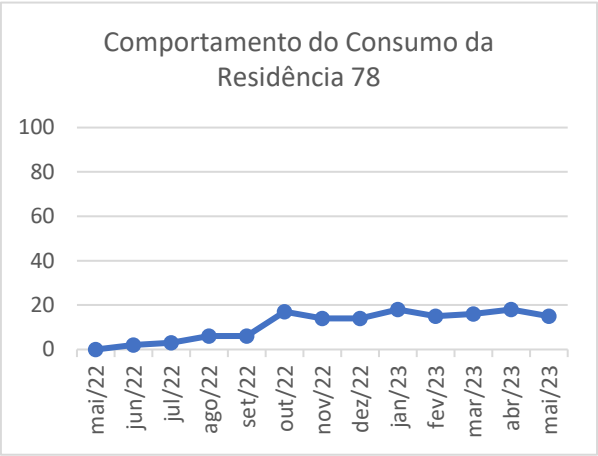
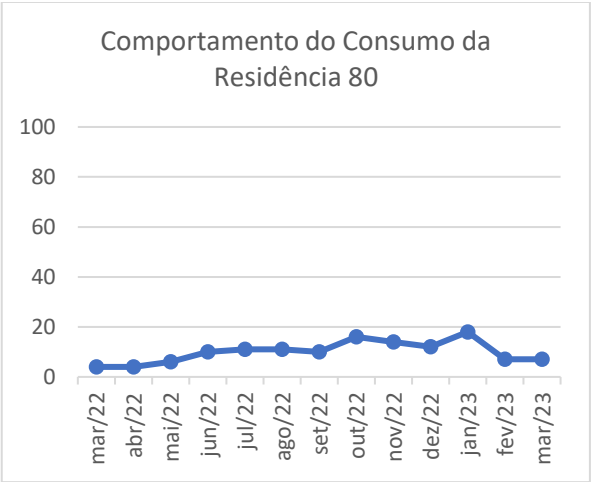
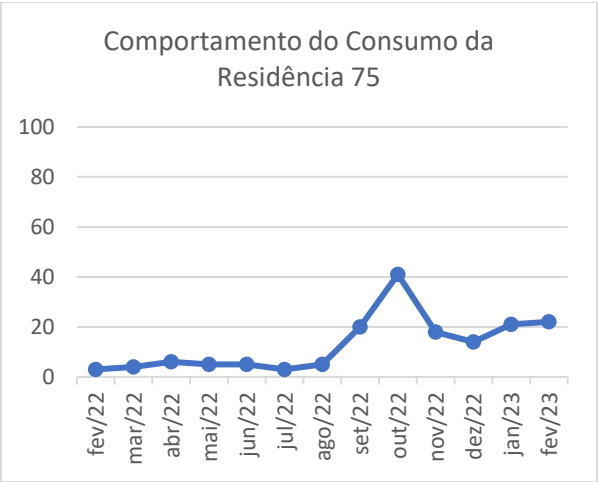


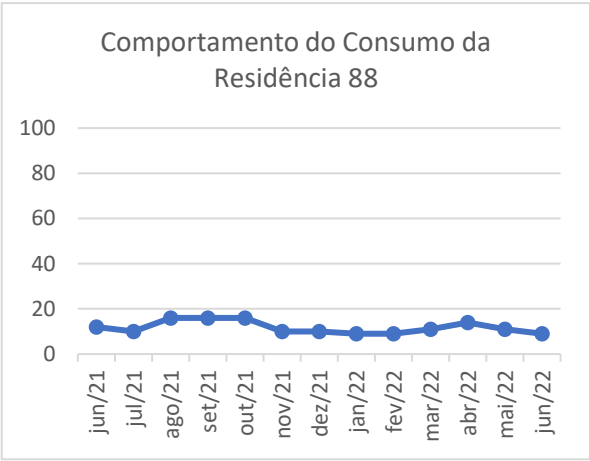
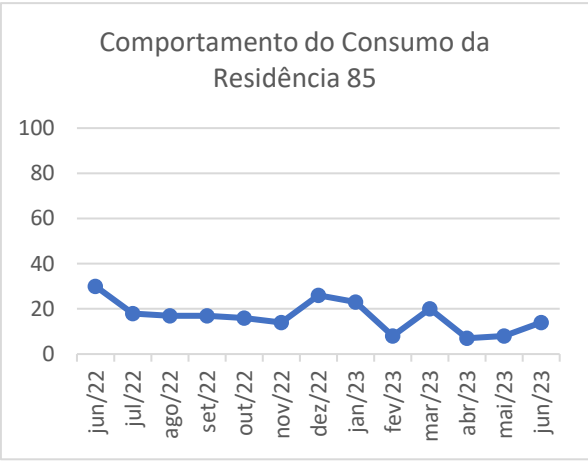
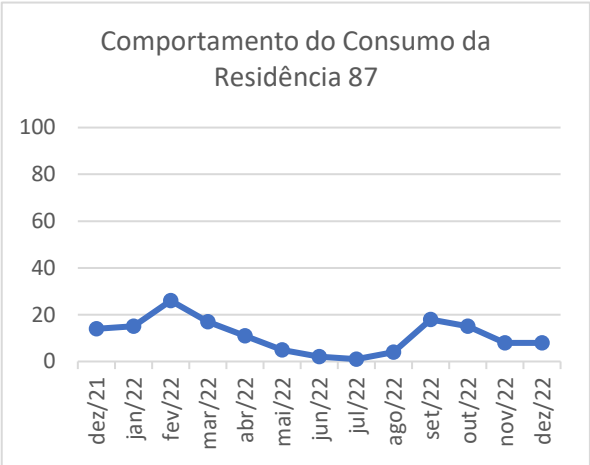
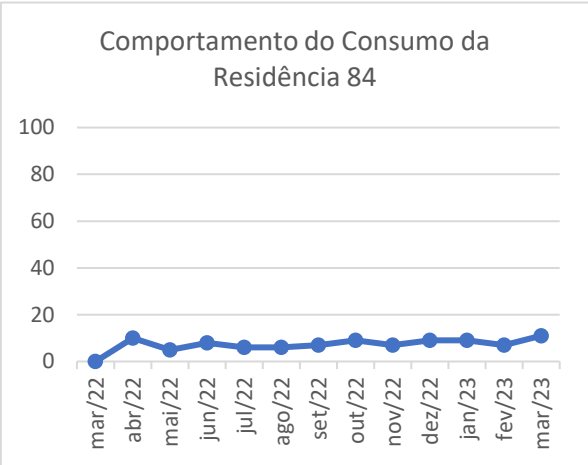
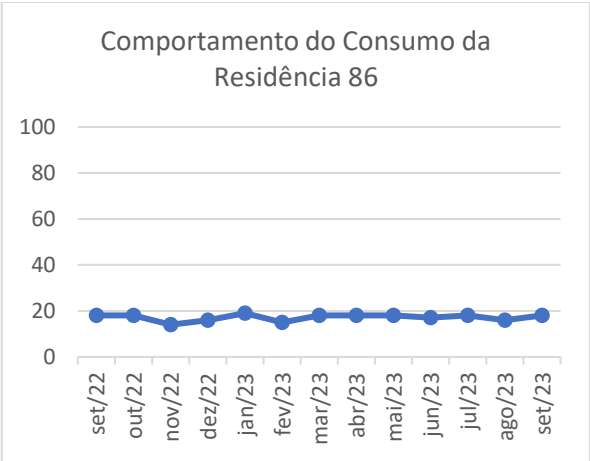
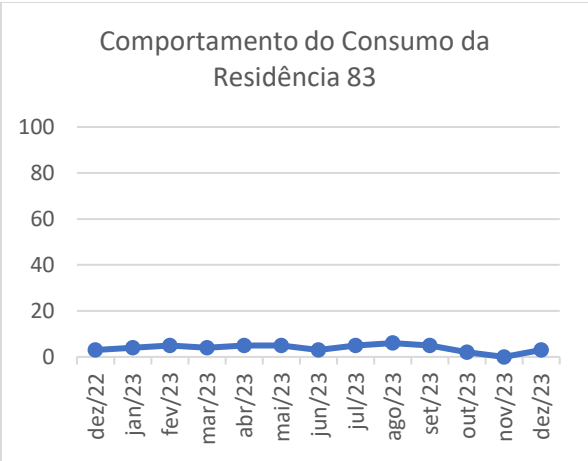


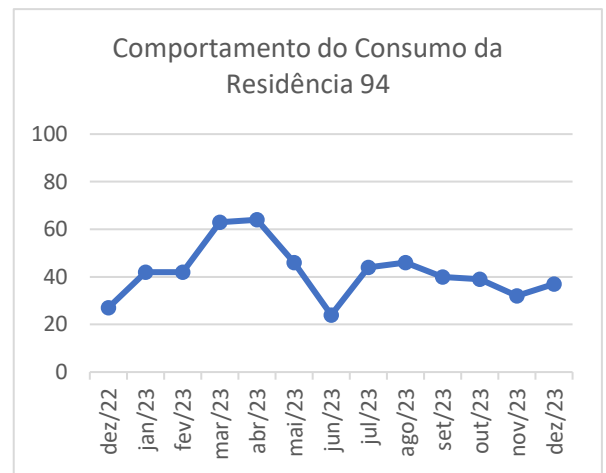
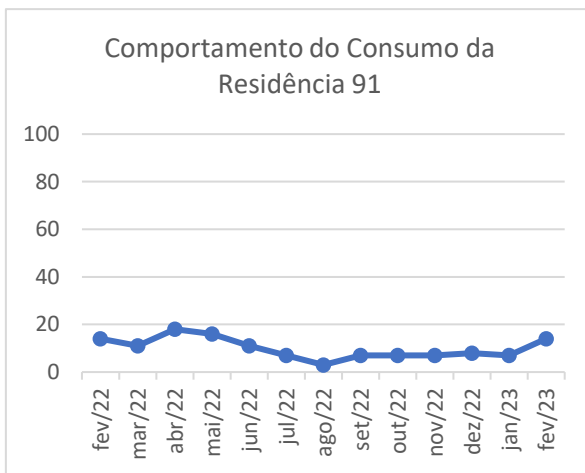
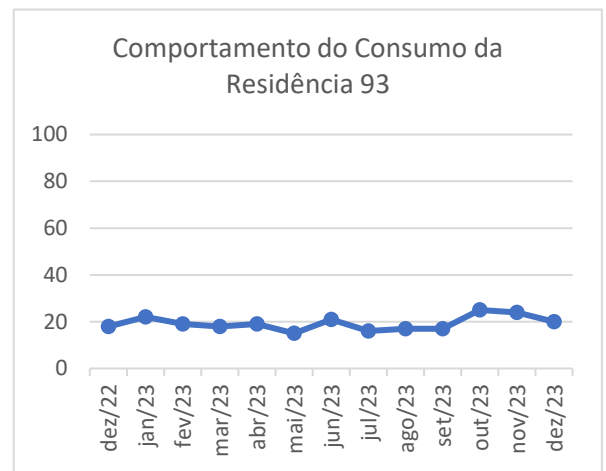
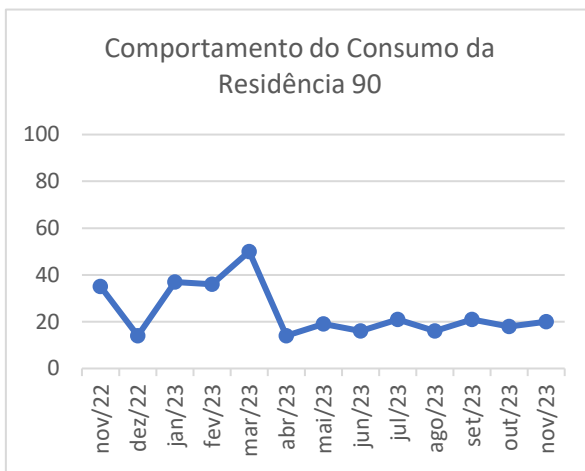
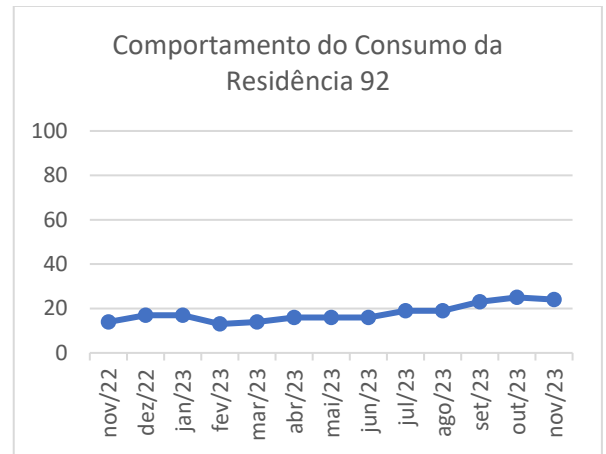
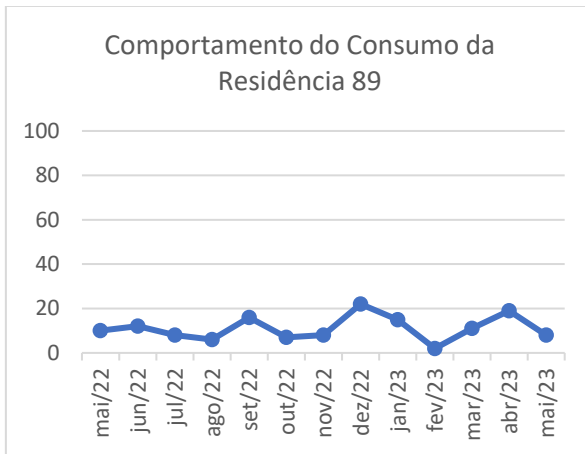


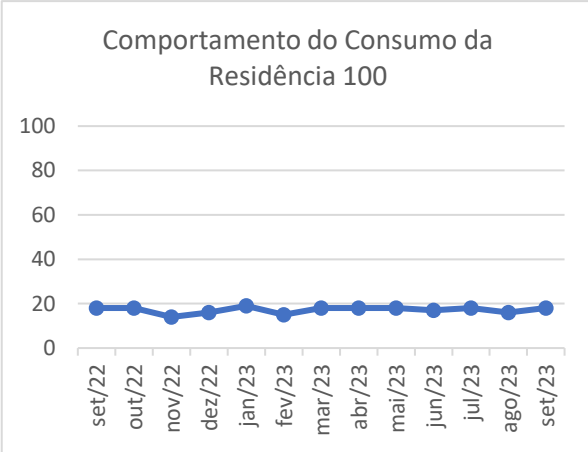
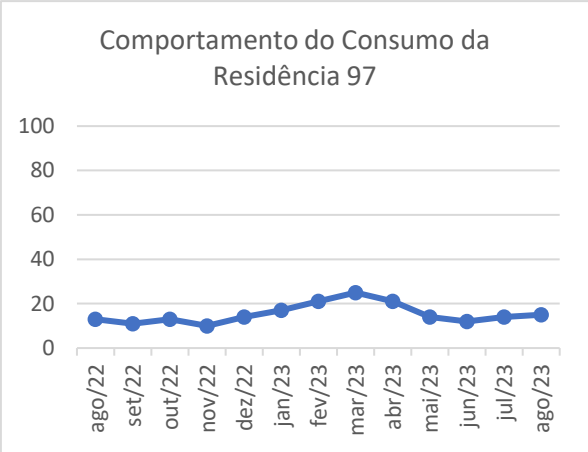
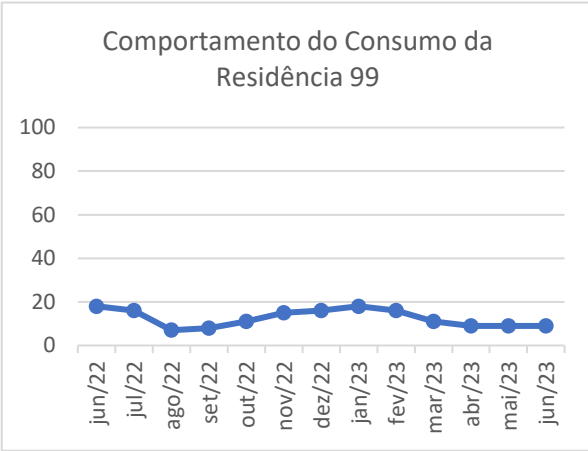
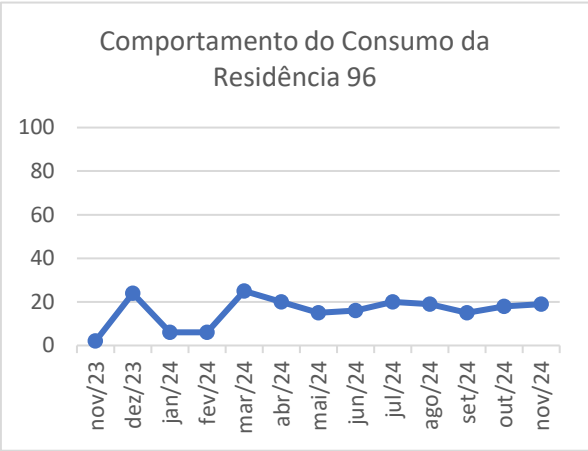
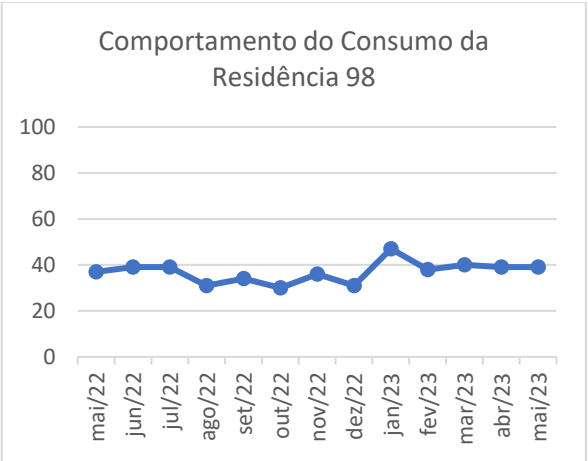
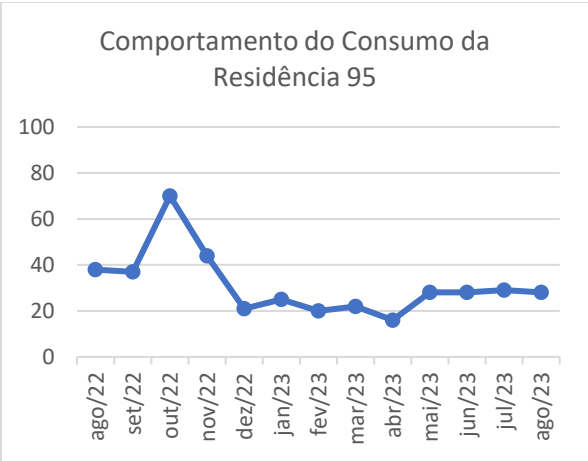












APÊNDICE C – Nota técnica

Assunto: Avaliação do impacto da ausência de hidrômetros nos índices de perda de água em Boa Vista/RR e recomendações

A Companhia de Água e Esgoto de Roraima (CAER)

1. APRESENTAÇÃO

Este relatório técnico apresenta os principais resultados de uma pesquisa desenvolvida no âmbito do Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua/UFRR), com foco na relação entre o uso de hidrômetros e os índices de perdas de água no município de Boa Vista/RR. O estudo foi realizado com base em dados fornecidos pela CAER, envolvendo o consumo de 98 residências distribuídas por quatro zonas da cidade, ao longo de 12 meses após a instalação dos medidores.

2. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

Boa Vista apresenta índices elevados de perdas de água, especialmente em relação ao volume faturado e às perdas por ligação. Segundo dados do SNIS (2023), o estado de Roraima registra perdas de 59,36% na distribuição, 58,42% no faturamento e 850,93 L/lig.dia, superando a média nacional. Parte significativa dessas perdas pode estar relacionada à ausência de medição individualizada nas residências.

3. PRINCIPAIS CONSTATAÇÕES DO ESTUDO

- O consumo médio mensal nas residências analisadas, após a instalação dos hidrômetros, foi de aproximadamente 17,64 m³, ou seja, 76,4% acima do valor estimado pela CAER (10 m³).
- Estima-se que a companhia deixa de faturar anualmente cerca de R\$ R\$571,84 por residência, não levando em consideração o valor não contabilizado referente ao esgoto coletado.
- Para as 25.000 residências sem medição no município, a perda financeira anual é estimada em R\$14.296.092,27, apenas com o valor da água não faturada. Considerando a taxa de 80%, referente à rede de esgoto, o prejuízo total projetado para a CAER pode alcançar cerca de R\$25.732.966,09 por ano.

- O comportamento do consumo após a instalação dos hidrômetros não foi homogêneo. Em muitas residências houve aumento no consumo, demonstrando que fatores externos (como clima, pandemia e aspectos socioeconômicos) impactam mais do que a simples presença do medidor.
- A análise considerou o primeiro ano após a instalação dos hidrômetros.
- A amostragem se concentrou em quatro zonas urbanas e não incluiu áreas periurbanas ou rurais.

5. RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS PARA A CAER

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se:

- **Revisão do valor de referência do consumo:** Atualizar o valor do consumo considerado atualmente de 10m³, podendo haver revisão proporcional no valor da tarifa mínima, à critério da Companhia.
- **Universalização da instalação dos hidrômetros:** Universalizar a implantação em um curto período de tempo.
- **Setorização e instalação de macromedidores:** Implementar macromedição nas principais entradas das zonas de distribuição para aprimorar o controle e identificar perdas com maior precisão.
- **Campanhas educativas:** Promover ações de sensibilização sobre o uso consciente da água, especialmente após a instalação do hidrômetro.
- **Aprimoramento dos cadastros comerciais:** Corrigir eventuais inconsistências nas bases de dados para melhor controle de ligações e faturamento.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados evidenciam a relevância da medição individualizada como instrumento de gestão e justiça tarifária. Embora a instalação de hidrômetros não leve necessariamente à redução de consumo, contribui para maior transparência, controle e para o aprimoramento da governança da água. A adoção das diretrizes sugeridas pode auxiliar a CAER a reduzir perdas, aumentar a eficiência operacional e promover o uso sustentável dos recursos hídricos em Boa Vista/RR.