



UFRR

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

KAROLYNE PAULINO FREIRE DE CALDAS

CONSUMO PER CAPITA E PERDAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA NO MUNICÍPIO DE BOA VISTA/RR

Boa Vista, RR

2023

KAROLYNE PAULINO FREIRE DE CALDAS

**CONSUMO PER CAPITA E PERDA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA
NO MUNICÍPIO DE 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: Políticas de Recursos hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho

Boa Vista, RR

2023

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

C145c Caldas, Karolyne Paulino Freire de.
Consumo per capita e perda no sistema de distribuição de água no município de Boa Vista/RR / Karolyne Paulino Freire de Caldas. – Boa Vista, 2023.
147 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho.

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

1 – Perdas de água. 2 – Sistemas de distribuição de água. 3 – Indicadores. 4 – Boa Vista/RR. 5 – Perdas na distribuição de água. I – Título. II – Silva Filho, Pedro Alves da (orientador).

CDU – 628.179(811.4)

KAROLYNE PAULINO FREIRE DE CALDAS

**CONSUMO PER CAPITA E PERDA NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA
NO MUNICÍPIO DE 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: Instrumentos da política de recursos hídricos. Defendida em 04 de julho de 2023 e avaliada pela seguinte banca examinadora:


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho - (Orientador)
Universidade Federal de Roraima – ProfÁgua/UFRR



Prof. Dr. Vladimir de Souza – (Membro Interno)
Universidade Federal de Roraima – ProfÁgua/UFRR



Prof. Dr. Silvestre Lopes da Nóbrega – (Membro externo)
Universidade Federal de Roraima – UFRR



Prof. Dr. Érico Fernando de Oliveira Martins – (Membro Interno)
Universidade Estadual do Mato Grosso – ProfÁgua/UNEMAT

Boa Vista, RR

2023

*São as nossas escolhas,
mais do que as nossas
capacidades, que mostram
quem realmente somos.*

(Alvo Dumbledore)

AGRADECIMENTOS

Tal feito realizado nessa pesquisa não seria possível sem o apoio de muitas pessoas.

O primeiro agradecimento é para Deus, que sem a sua força e proteção, eu não seria nada. Em seguida, à minha família, que é o meu maior bem, minha mãe Antonia Ivaneide e meu irmão Hyago Rodrigues, que sempre deram apoio em todos os momentos de dificuldade.

Às minhas primas Maria Alissia e Maria Lais, e a minha tia Simone Paulino, que sempre tiveram muito orgulho de mim. Aos meus familiares por parte de mãe, que mesmo de longe, no nordeste, nunca deixaram de ficarem felizes pelas nossas conquistas.

Ao meu professor Dr. Pedro Alves, que sem ele nada disso seria possível, agradeço pelo apoio, conselhos e direcionamento que me foi dado durante essa jornada, onde a amizade perdurará até fora do ramo profissional. Ressalto que sua orientação, foi de suma importância para minha qualificação.

Aos meus colegas de mestrado, que deram suporte tanto na elaboração desta pesquisa, quanto possibilitaram uma experiência incrível nesses anos de estudo. Todo apoio e carinho levarei para sempre comigo.

Ao meu grande amigo e colega de trabalho, Eng. Odemir César, que me ajudou em diversas etapas na elaboração dessa pesquisa, e contribuiu veementemente para que o este estudo fosse realizado com a maior riqueza de dados possível.

À Companhia De Água E Esgoto De Roraima – CAER, que além de possibilitar minha atuação profissional, forneceu os dados necessários para essa pesquisa e permitiu que eu conhecesse pessoas importantes para o meu crescimento profissional.

Aos professores Carlos Eduardo e Vladimir de Souza, pelo apoio e amizade que propuseram a mim e à meus colegas durante os anos de estudo. Ao Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos – PROFAGUA, por possibilitar essa qualificação de acesso ao gratuito aos profissionais de Boa Vista – RR. À UFRR, por fornecer acesso a este programa. E à

Agencia Nacional De Agua E Saneamento Básico - ANA, por permitir que o conhecimento fosse disseminado dando o apoio técnico e financeiro, que nós alunos precisávamos.

Por fim, dedico esta produção ao meu falecido padrasto, que durante minha infância foi a representação mais próxima de figura paterna que tive em minha vida, e sempre levarei em meu coração, PM Thiago rodrigues.

RESUMO

A presente pesquisa trata-se da determinação do consumo per capita e do índice de perdas na distribuição para a capital Boa Vista do Estado de Roraima. Devido ao Novo Marco Regulatório Do Saneamento, disposto na lei 14.026/2020, a necessidade por formular estratégias para possibilitar o acesso à universalização do saneamento se tornou um assunto de grande destaque nos dias atuais. Desse modo, este estudo busca contribuir de forma técnica, para elaboração de uma metodologia que possibilite estudar e determinar a atual situação do município de Boa Vista frente ao padrão de consumo per capita, estando este resultado diferenciado por bairros e zonas, disposto nos mapas em apêndice. Além disso a determinação dos índices de perdas utilizando a metodologia do Instituto Trata Brasil, considerou valores mais atuais quanto ao fornecimento e distribuição de água na capital, através de dados fornecidos pela Companhia De Agua E Esgotos De Roraima - CAER. A relação entre as perdas na distribuição da rede de água e o consumo per capita em uma rede de água pode ser complexa e influenciada por vários fatores, através dos resultados obtidos foi possível observar se houve relação direta entre os dois aspectos sociais presentes no sistema de distribuição de Boa Vista. A metodologia utilizada para a determinação dos índices de perdas foi a análise de dados baseados no método de análise do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, utilizando os dados fornecidos pela Companhia. Através do programa Excel, foi possível determinar as variáveis estatísticas mais relevantes para análise da situação atual da capital. Estando o índice de perdas na distribuição em 56,04%, e o índice de perdas por faturamento em 62,75% para o ano de 2021. Quanto ao consumo per capita, foi utilizada uma metodologia específica baseada na escolha aleatória de 05 (cinco) residências para cada um dos 49 bairros analisados da capital, com o intuito de determinar o consumo com dados mais realistas. O valor encontrado para o município de Boa Vista foi de 198,46 L/hab.dia no ano de 2020. Os resultados neste trabalho, mostraram quais os problemas que intensificam essas perdas, entendendo suas causas e condições e as medidas preventivas aplicadas a essa situação. Dessa forma, com um adequado plano de ação é possível obter inúmeros benefícios como economia na energia elétrica, mão de obra, e por fim o redirecionamento de investimentos para atender ao crescimento da demanda populacional.

Palavras-chave: Perdas de Água. Sistemas de Distribuição de Água. Indicadores. Boa Vista/RR. Perdas na distribuição de água.

ABSTRACT

The present research deals with the investigation of per capita consumption and the index of losses in the distribution for the capital Boa Vista of the State of Roraima. Due to the New Sanitation Regulatory Framework, set forth in Law 14.026/2020, the need to formulate strategies to enable access to universal sanitation has become a matter of great prominence today. That way, this study search to contribute in a technical way to the elaboration of a methodology that makes it possible to study and determine the current situation of the city of Boa Vista in relation to the per capita consumption pattern, remaining this differential result by neighborhoods and zones, arranged in the maps in appendix. In addition, the inheritance of the loss rates using the methodology of the Instituto Trata Brasil, considered more current values regarding the supply and distribution of water in the capital, through data provided by Companhia De Água E Esgotos De Roraima - CAER. The relationship between losses in water distribution and consumption per capita in a network water can be complex and influenced by several facts, by the results obtained it was possible to observe whether there was a direct relationship between the two social aspects presents in the Boa Vista distribution system. The methodology used for sensing the loss rates was data analysis based on the analysis method of the National Sanitation Information System – SNIS, using data provided by the Company. Through the Excel program, it was possible to determine the most relevant statistics for analyzing the current situation of the capital. With the distribution loss index at 56.04%, and the revenue loss index at 62.75% for the year 2021. As for per capita consumption, a specific methodology was used based on the random choice of 05 (five) families in the neighborhoods contained in the capital, in order to determine per capita consumption with more realistic data. The value found for the municipality of Boa Vista was 198.46 L/hab.day in the year 2020. The results of this work identified the problems that intensify these losses, understanding their causes and conditions and the preventive measures applied to this situation. Thus, with an adequate plan of action, it is possible to obtain several benefits such as savings in electricity, labor, and finally the redirection of investments to meet the growth in population demand.

Key-words: Losses of water. System of distribution of water. Index. Boa Vista/RR. Losses in water distribution.

Lista de figuras

Figura 1- Esquema conceptual de um sistema de abastecimento de água para consumo humano	22
Figura 2- Estação de tratamento convencional.....	24
Figura 3 – Estação de tratamento de água do município de Boa vista - RR.....	25
Figura 4 - Componentes de uma estação elevatória de água	27
Figure 5 - Total de água consumida no Brasil.....	29
Figura 6 – Consumo per capita no Brasil.	31
Figura 7 - Haste de escuta	46
Figure 8 - Geofone	47
Figure 9 - Correlacionador de ruídos.....	47
Figura 10 – Evolução das perdas no faturamento no Brasil	59
Figura 11 – Perdas Na Distribuição No Brasil Por Macrorregião Em 2021.....	60
Figure 12 – Perdas por ligação No Brasil Por Macrorregião Em 2021.	60
Figura 13 – Perdas na distribuição por Estado No Brasil em 2021.	61
Figura 14 – Índice de Perdas volumétricas para o ano de 2021 no Brasil.....	62
Figura 15 – Localização do município de Boa Vista - RR	64
Figura 16 – Comportamento do índice de atendimento urbano de rede de água para o Estado de Roraima... 66	
Figura 17 - Comportamento do índice de perdas na distribuição da rede de água para o Estado de Roraima 67	
Figura 18 - Fluxograma da pesquisa.....	68
Figura 19 - Planta baixa da cidade de Boa Vista com delimitação dos bairros.	71
Figura 20 – Captação do bairro São Pedro.	76
Figura 21 – Consumo Per capita do município de Boa Vista/RR para o ano de 2021.	78
Figura 22 – Evolução da população do Município de Boa Vista - RR.....	79
Figura 23 – População dos bairros da amostra nos anos de 2010 e 2020.....	87
Figura 24 – Bairros do município de Boa Vista e sua área urbana.....	89
Figura 25 – Densidade urbana dos bairros de Boa Vista – RR.....	90
Figura 26 – Média de moradores por edificação ocupada nos bairros dos municípios de Boa Vista – RR.....	92
Figura 27 – RMD dos bairros do município de Boa Vista – RR.....	94
Figura 28 – VUP para os bairros de Boa Vista – RR.	99
Figura 29 – Gráfico de dispersão dos NL e NLA.....	101
Figura 30 – Volume mensal médio micro medido para os bairros de Boa vista – RR.....	108
Figura 31 – Relação entre consumo per capita e volume mensal médio micro medido para os bairros de Boa Vista – RR.....	109
Figura 32 - Relação entre consumo per capita e volume mensal médio micro medido para os bairros de Boa Vista – RR.....	110
Figura 33 – Relação Consumo per capita e renda média domiciliar nos bairros do município de Boa Vista – RR.	115
Figura 34 - Relação Consumo per capita e densidade demográfica para o 2019 nos bairros do município de Boa Vista – RR.....	116
Figure 35 - Relação Consumo per capita e Densidade demográfica para o 2020 nos bairros do município de Boa Vista – RR.....	117

Figura 36 - Relação Consumo per capita e Valor Unitário Padrão – VUP, para os bairros do município de Boa Vista – RR.....	119
Figura 37 - Relação Consumo per capita e Número de Ligações Ativas, para os bairros do município de Boa Vista – RR.	120
Figura 38 – Gráfico de dispersão entre consumo per capita calculado e consumo per capita real.	122
Figura 39 – Consumo médio mensal anual para o município de Boa Vista	123
Figura 40 – Consumo per capita por bairro para o município de Boa Vista – RR.	125
Figura 41– Consumo per capita para o município de Boa Vista em 2019 – RR.	127
Figura 42 – Consumo per capita para o município de Boa Vista em 2019 – RR.	127
Figura 43 – Índice de perdas por faturamento total para o município de Boa Vista – RR	129
Figura 44 – Índice de perdas por ligação para o município de Boa Vista – RR	130
Figura 45 – Índice de perdas por ligação para o município de Boa Vista – RR	131

Lista de tabelas

Tabela 1 - Consumo provável de água em equipamentos convencionais e economizadores.	36
Tabela 2- Estimativa média de consumos comerciais e industriais	37
Tabela 3 - Taxa geométrica da evolução populacional de Boa Vista - RR.	80
Tabela 4 – Bairros de Boa Vista divididos por zonas e características demográficas.	82
Tabela 5 - Características físicas e locacionais dos lotes característicos dos bairros de Boa Vista.	96
Tabela 6 - Consumo per capita característico para cada bairro da cidade de Boa Vista – RR.	102
Tabela 7 – Consumo per capita e variáveis projetuais dos bairros de Boa Vista – RR.	111
Tabela 8 – Medidas do ajustamento da regressão linear múltipla.	121
Tabela 9 – Coeficiente do modelo resultado da regressão linear múltipla.	121
Tabela 10 – Índices observados para o município de Boa Vista – RR.	132

Lista de Quadros

Quadro 1 – Impactos negativos gerado por cada tipo de perdas.....	18
Quadro 2 – Variáveis adotadas pelos autores para explicar a variação doméstica de água.....	34
Quadro 3 - Perdas reais e perdas aparentes	41
Quadro 4- Parcelas das perdas de água (reais e aparentes) em relação ao volume que entra no sistema	42
Quadro 5 - Classificação dos vazamentos	45
Quadro 6 - Características dos índices de perdas das análises.....	55
Quadro 7 - Informações básicas para determinação dos consumos per capita no município de Boa Vista... ..	75

SIGLAS

ETA – Estação De Tratamento De Água

pH - potencial hidrogeniônico

PEAD – Polietileno De Alta Densidade

ANA – Agencia Nacional Das Aguas

SAA – Sistema De Abastecimento De Água

FUNASA – Fundação Nacional De Saúde

NBR – Norma Brasileira De Regulamentação

Nº - Número

INMETRO - Instituto Nacional de Meteorologia, Normalização e Qualidade Industrial

PCOPE - Programa de Controle Operacional

BNH - Banco Nacional de Habitação

PMSS - Plano de Modernização do Setor de Saneamento

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos,

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PVC - Policloreto De Vinilo

VRP – Válvula Redutora De Pressão

OSCIP - Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

p.p – Pontos Percentuais

KM – quilômetros

IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

UNDP – Programa das Nações Unidas

CAER – Companhia De Agua E Esgotos De Roraima

PMSB – Plano Municipal De Saneamento Básico

IBGE – Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística

PGV – Planta Genérica De Valores

RR – Roraima

VUP – Valor Unitário Padrão

SUMÁRIO

1.0	APRESENTAÇÃO	16
1.1	PROBLEMÁTICA:	17
1.2	JUSTIFICATIVA:	19
1.3	OBJETIVOS:	21
2.0	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	22
2.2	CONSUMO DE ÁGUA	27
2.3	QUANTIDADE PER CAPITA DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	30
2.4	FATORES QUE INTERFEREM NO CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA.....	32
2.5	MEDIÇÃO DO CONSUMO PER CAPITA DOMÉSTICO.....	35
2.6	CONSUMO PER CAPITA NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	36
2.7	FATORES INTERVENIENTES NO CONSUMO PER CAPITA	38
2.8	HISTÓRICO DE PERDAS.....	39
2.9	CONCEITOS GERAIS DE CONTROLES DE PERDAS	40
2.10	METODOLOGIA DE PESQUISA DO INSTITUTO TRATA BRASIL PARA PERDA DE ÁGUA.....	54
2.11	SITUAÇÃO ATUAL DAS PERDAS NO SISTEMA DE SANEAMENTO ATUAL (2023).....	58
3.0	MATERIAL E MÉTODO	63
3.1	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	63
4.0	RESULTADOS	78
4.1	CONSUMO DE ÁGUA PARA O MUNICÍPIO DE BOA VISTA/RR.....	78
4.2	EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO URBANA.....	79
4.3	CONSUMO PER CAPITA POR BAIRRO E DETERMINAÇÃO DO CONSUMO PER CAPITA REAL PARA O MUNICÍPIO DE BOA VISTA.....	80
4.4	CONSUMO PER CAPITA POR MACROMEDIÇÃO.....	123
4.5	ÍNDICES DE PERDAS.....	128
4.6	SUGESTÕES DE MEDIDAS A SEREM TOMADAS	133
5.0	PRODUTO	136
6.0	CONCLUSÃO	137
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
	APÊNDICE	149

1.0 APRESENTAÇÃO

Os sistemas operacionais de abastecimento de água brasileiros, assim como os de outros países, possuem muitas deficiências, como erros de medição, ligações clandestinas e não cadastradas, e vazamentos na rede. Podendo estas ocorrer tanto na fase de tratamento como na fase de distribuição de água potável. Uma grande quantidade de água é perdida todos os dias durante esse processo, sejam eles perdas reais ou perdas aparentes. Todas essas condições ocasionam significativos desperdícios de água potável, além de onerar os gastos das concessionárias com manutenções, energia elétrica, produtos químicos entre outros.

Quando falamos sobre ciclo hidrológico, admitimos a ideia errônea de que a água, sendo um recurso natural renovável, é um produto inesgotável. Contudo, sabemos que a disponibilidade desse recurso em uma determinada localidade pode variar significativamente ao longo do tempo, tanto em quantidade como em qualidade, devido principalmente às ações do homem na natureza. Dessa forma, deve-se haver uma atenção especial quanto a sua disponibilidade em relação ao crescimento populacional, dos fatores climáticos e da poluição crescentes nos meios hídricos.

O volume de água que é perdida no sistema de abastecimento vem crescendo no Brasil, 40,3% da água tratada foi desperdiçada antes de chegar aos destinatários finais. O percentual de perdas na Região Norte chega a 51,16%. No Nordeste, 46,15% da água é desperdiçada e na região Sul, as perdas são de 36,89%. Na região Sudeste, 37,97% e por fim na região centro-oeste temos 38,5%. (TRATA BRASIL, 2023).

Em 2021, o Brasil registrou um índice de perdas por faturamento de 40,9%, índice pior que países como Camarões (40,0%), Tanzânia (37,0%), Etiópia (29%), China (21%), Estados Unidos (14%), entre outros. Na América Latina, o Brasil apresenta resultados insatisfatórios, permanecendo em sexto lugar dentre os dez países analisados, encontrando-se mais próximo do último colocado (Uruguai, com 51%) do que do primeiro (Bolívia, com 27%). (TRATA BRASIL, 2023).

As perdas de água são indubitavelmente a principal fonte de ineficácia das concessionárias de abastecimento de água, e este fato tem graves implicações na eficiência e na qualidade do serviço prestado por tais empresas aos seus clientes. (FILHO, 2020)

Com a redução das perdas, reduz-se os custos da água, aumentando consequentemente o faturamento da empresa obtendo um retorno significativo do investimento. Em conjunto a isso, os consumidores recebem uma água com melhor

qualidade, podendo até pagar tarifas reduzidas, resultando em maior confiabilidade no serviço prestado.

A identificação e quantificação das perdas, permite orientar as ações de redução e controle e comparar desempenhos do setor operador. A elaboração de um diagnóstico de perdas tem por intuito se ter o conhecimento de todos os fatores diretamente relacionados a elas: quantidades perdidas, causas e consequências, impacto sobre os custos e receitas operacionais, relação com a oferta e a demanda, custos para a redução e o controle, dentre outros. Conhecidos todos esses fatores, será possível obter uma visão clara do problema.

Como o foco da pesquisa possui dois objetivos principais, primeiramente serão analisados aspectos referentes ao consumo per capita, fatores que o interferem e que contribuem para a sua mudança, referente aos anos de 2019 e 2020, períodos pré e pós pandemia da Covid-19. Em seguida serão analisados aspectos referentes ao panorama atual da cidade de Boa Vista – RR, quanto às perdas na distribuição, analisando a situação atual da capital quanto ao fornecimento.

A pesquisa tem por finalidade identificar a relevância econômica da perda de água tratada nos sistemas de abastecimento de água do município de Boa Vista, os resultados obtidos possibilitaram analisar a situação atual do município e formular possíveis medidas de controle para o sistema, melhorando a eficiência do abastecimento nos aspectos: econômico, quantitativo e qualitativo.

É necessário analisar a situação atual do consumo per capita no município de Boa Vista, de forma a identificar o comportamento da cidade quanto ao padrão de consumo, e verificar se alguma ação pode ser tomada pelos órgãos competentes quanto à conscientização da população, referente à uma prática social apresentada na Capital. Juntamente a isso, serão levantadas informações referentes aos métodos de medições utilizados atualmente, abrangendo tanto as micromedições como as macromedições.

1.1 PROBLEMÁTICA:

As perdas de água não se apresentam apenas como um problema técnico e econômico, limitado somente à operadora local ou regional. A questão tem implicações mais amplas, como repercussões políticas, envolvendo situações relativas às entidades responsáveis pelos serviços e agências de governo; econômica, a respeito dos custos dos

volumes perdidos e não faturados, os custos operacionais e os investimentos para as ações de redução ou manutenção das perdas; sociais, que englobam o pagamento ou não pelos serviços e as questões de saúde pública; tecnológicas, que contém ferramentas e metodologias disponíveis para as atividades típicas do combate às perdas; legais, envolvendo a legislação para o setor, licenças e a respectiva regulação; e ambientais, quanto a utilização e gestão de recursos hídricos e energéticos e impactos das obras de saneamento.

Para as empresas que fornecem esse serviço, quando se há um elevado índice de perdas significa que o faturamento será reduzido. Dessa forma, sua capacidade de investir na rede de distribuição acaba por diminuir.

Quando se fala sobre perdas em sistemas de distribuição de água é importante enfatizar dois conceitos: perdas reais e perdas aparentes. As perdas reais ocorrem quando o volume inicial de água produzido pela concessionária não chega ao destino final (cliente); já as perdas aparentes ocorrem quando essa água que chega ao consumidor final não é cobrada adequadamente seja por problemas técnicos na medição ou por fraude do consumidor.

Nas perdas reais, temos o custo de produção e distribuição da água. Já sobre as perdas aparentes, tem-se os custos de venda da água, acrescidos dos custos de coleta do esgoto. No Quadro 1, será demonstrado as principais características do impacto negativo gerado por cada perda:

Quadro 1 – Impactos negativos gerado por cada tipo de perdas.

Itens	Características principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento.	Erro de medição.
Custos associados aos volumes de água perdidos	Custo de produção.	Tarifa.
Efeitos no meio ambiente	-Desperdício do recurso hídrico. -Necessidades de ampliações de mananciais.	
Efeitos na saúde pública	Risco de contaminação.	
Empresarial	Perda do produto.	Perda de receita.

Consumidor	Ineficiência e desperdício.	
Efeitos no consumidor	-Repasse para tarifa. -Desincentivo ao uso irracional.	-Repasse para a tarifa. -Incitamento a roubos e fraudes.

Fonte: COPASA, 2013.

Essas perdas impactam diretamente no faturamento final da concessionária, pois ao combaterem esses problemas, elas conseguiriam gerar menos volume de água potável para a mesma quantidade de pessoas. A magnitude das perdas será mais significativa de acordo com o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas.

As perdas ocasionais decorrentes de algum fator externo, como ruptura de canos, ou algum acidente ao longo do trajeto da rede. Em algumas localidades é possível observar que não há uma cobertura adequada da tubulação, dessa forma isso prejudica o seu funcionamento, ocorrendo principalmente em período de inverno e mais chuvosos. Como consequência dessa exposição frequente á intemperes, as canalizações se danificam mais rápido. Juntamente a isto, temos os fatores humanos, em que a própria população danifica voluntariamente a tubulação como meio de vandalismo.

As perdas propositas ocorrem de maneira voluntária por meio da população que utiliza o serviço, ou seja, ligações clandestinas de água. Dessa forma, a água tratada não é contabilizada pelo hidrômetro o que gera grandes despesas financeiras.

1.2 JUSTIFICATIVA:

Um bom manejo dos recursos hídricos promove a redução da pobreza, o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental. Mesmo Roraima sendo um Estado de grande disponibilidade de recursos naturais, sabemos que esta não é uma fonte ilimitada. A água que passa pelo processo de tratamento, vai para a distribuição e não é utilizada é um fato relevante pois ocasiona o desperdício duplo, sendo o natural que representa a própria água e o segundo sendo o desperdício econômico.

Em 2013, o Instituto Trata Brasil realizou um estudo chamado que identificou a situação das perdas de água do Brasil. A pesquisa fez uma comparação das perdas de águas e a receita operacional das operadoras. Na projeção da análise, foi observado que se em cinco

anos houvesse uma redução de 15% nas perdas de água no Brasil, os ganhos totais acumulados em relação ao ano inicial seriam de aproximadamente R\$ 3,85 bilhões.

O Instituto Trata Brasil, também em parceria com a GO Associados, realizou um estudo que mostrou que as perdas de água potável seriam suficientes para abastecer 30% da população brasileira por um ano. Vazamentos, furtos, erros de leitura do hidrômetro, entre outros fatores, causaram um prejuízo acima de R\$ 11 bilhões em 2017. (PORTAL TRATAMENTO DE AGUA, 2019)

Algumas medidas técnicas podem ser adotadas para mitigar esses problemas, como a melhoria da gestão do Programa de Manutenção; instalação de macromedidores em 100% da água captada, produzida e distribuída; substituição de redes em cimento amianto e ramais de ferro galvanizado por material em PEAD; realização de testes de estanqueidade nas adutoras e redes novas ou já em operação; vistorias periódicas e reparo em vazamentos nos reservatórios; criação de contratos com foco no incentivo a redução de perdas; direcionar maior financiamento para esse combate; entre outros.

No Brasil o alto índice de perdas tem gerado grandes despesas para os prestadores de serviços de abastecimento de água, essas despesas causam efeito diretamente na receita e quantidade de investimento a ser realizado em abastecimento de água. Investimento este, que poderia ser destinado a outros serviços, como exemplo, tem-se a prestadora do Estado do Amapá CAESA - Companhia de Água e Esgoto do Amapá, aonde a perda no faturamento chega a 90% segundo dados do SNIS 2014. (SILVA, 2016)

A identificação e quantificação das perdas, permite orientar as ações de redução e controle e comparar desempenhos do setor operador. A elaboração de um diagnóstico de perdas objetiva o conhecimento de todos os fatores diretamente relacionados a elas: quantidades perdidas, causas e consequências, impacto sobre os custos e receitas operacionais, relação com a oferta e a demanda, custos para a redução e o controle, dentre outros. Conhecidos todos esses fatores, será possível obter uma visão clara do problema.

Moura, Dias, Silva e Cavalcanti (2004), afirmam que, a redução das perdas físicas permite diminuir os custos de produção - mediante redução do consumo de energia - e utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema produtor. A redução das perdas não físicas permite aumentar a receita tarifária, aumentando, contudo a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços.

1.3 OBJETIVOS:

1.3.1 Objetivo Geral

Determinar o consumo per capita e a perda na distribuição de água para o município de Boa Vista/RR.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar o consumo per capita característico para cada bairro de Boa Vista –RR;
- Obter o índice de perda na distribuição de água no município de Boa Vista/RR;
- Associar fatores socioeconômicos e de densidade populacional com o consumo per capita de cada bairro do município de Boa Vista/RR;
- Desenvolver uma equação por meio da regressão múltipla, que preveja o consumo per capita de uma residência baseada em características físicas, demográficas e locais do bairro;
- Elaborar um mapa com indicação do consumo per capita encontrado para cada bairro de Boa Vista, assim como para cada zona.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

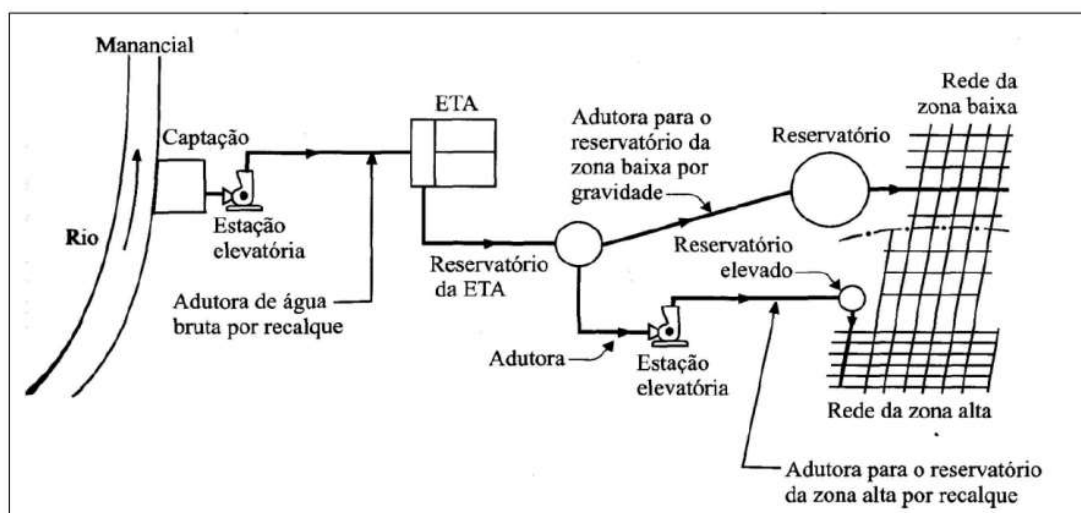
Para determinar os fatores relevantes na análise das perdas nos sistemas de distribuição e do consumo per capita, deve-se inicialmente conhecer as vertentes que contribuem para tal situação e os elementos que compõem o sistema.

2.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O sistema de abastecimento de água é o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos. Um sistema de abastecimento e distribuição é constituído por um conjunto de infraestruturas. Onde a cada uma destas partes corresponde-lhe órgãos, constituídos por obras de construção civil, equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controle. (EOS, 2019)

Um sistema de abastecimento de água é formado por diversas unidades, sendo elas: manancial, captação, adução, tratamento, reservatório, rede de distribuição e ramal domiciliar, e quando necessário, estação elevatória, conforme mostra a Figura 1. (TSUTYA, 2006)

Figura 1- Esquema conceptual de um sistema de abastecimento de água para consumo humano



Fonte: Orsini (1996).

2.1.1 Manancial

É o corpo de água, sendo este superficial ou subterrâneo, de onde é retirada a água para o abastecimento. Fornece vazão suficiente para atender a demanda de determinada localidade de acordo com o projeto, e é adequada frente às necessidades qualitativas da água a ser distribuída.

2.1.2 Captação

É o processo que retira a água do manancial. Para os tipos superficiais, existem vários tipos de captação que dependem de características físicas como porte e conformação do leito, topografia e geologia local. Na maioria dos casos, são empregados a captação direta, a barragem de nível, o canal de regularização, o canal de derivação, a torre de tomada, o poço de derivação e o reservatório de regularização (DACACH, 1979).

As obras de captação devem atender a uma captação adequada a qualquer época do ano, independentemente do nível da água. Deve-se ter sempre em vista a facilidade de operação e manutenção a longo prazo.

2.1.3 Adutora

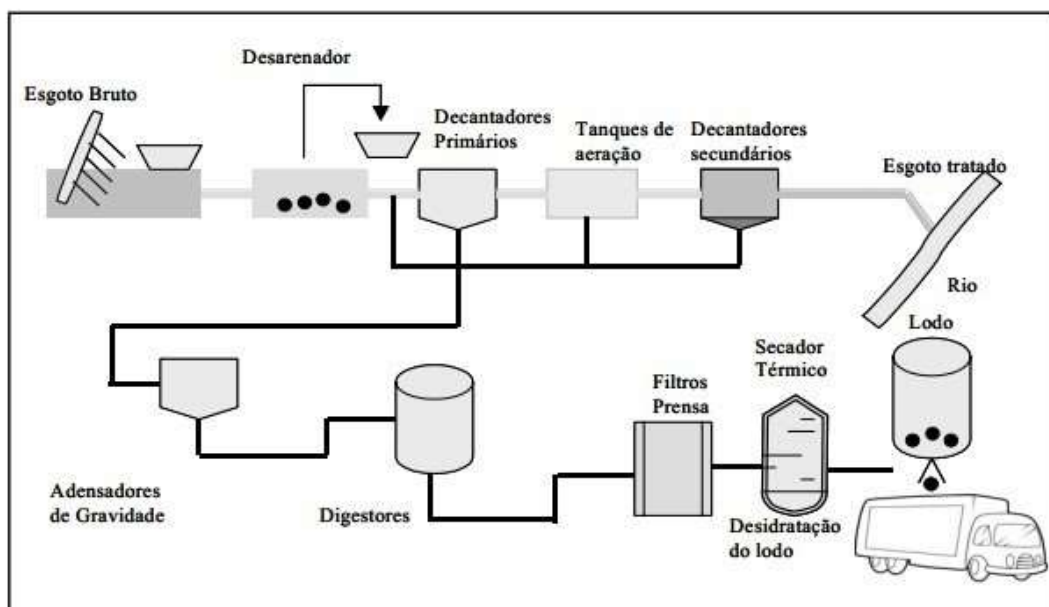
Adução é a tubulação que faz o transporte da água captada no manancial até a ETA (Estação de Tratamento de Água), e da ETA até os reservatórios de distribuição, sem a existência de derivações. Adutoras são as canalizações principais destinadas a conduzir água entre as unidades de um sistema público de abastecimento.

A água fornecida à população deve atender as exigências qualitativas para o consumo humano, dos pontos de vista físico, químico, biológico e bacteriológico. O local onde a água captada passa por esse processo até sua característica final é chamado de estação de tratamento.

2.1.4 Estação de tratamento

A água a ser distribuída pode passar por quatro tipos de tratamento diferentes antes de chegar ao ponto de consumo. Um deles é chamado de tratamento convencional, onde a água bruta passa por tratamento completo em ETA, dotado dos processos de floculação, decantação, filtração, correção de pH, desinfecção (cloração) e fluoretação, antes de ser distribuída. No processo de tratamento simples a água a ser distribuída recebe apenas o composto cloro antes de sua distribuição à população. O tratamento avançado que é composto pelas etapas de pré-oxidação, flotação, centrifugação e membranas filtrantes. A estação de tratamento convencional está exposta nas figuras 2 e 3 a seguir:

Figura 2- Estação de tratamento convencional



Fonte: Oliveira (2006).

Figura 3 – Estação de tratamento de água do município de Boa vista - RR



Fonte: Renato Maia (2023).

Através das análises químicas e os exames físicos e bacteriológicos da água captada, realizados regularmente, é possível obter os dados necessários que determinarão a necessidade ou não de submeter essa água a processos corretivos, a fim de garantir a boa qualidade. Para o sistema de tratamento de água convencional consiste nos seguintes processos unitários: coagulação, floculação, decantação e filtração, sendo o mesmo tipicamente seguido de uma desinfecção.

2.1.5 Redes de Distribuição

A rede de distribuição é a estrutura mais dispendiosa. É constituída de um conjunto de tubulações interligadas instaladas ao longo das vias públicas ou nos passeios, que conectam as edificações, indústrias, entre outros, ao sistema de abastecimento. Segundo Porto (2003), um sistema de distribuição de água é o conjunto de tubulações, acessórios, reservatórios, bombas etc., que tem a finalidade de atender, dentro de condições sanitárias, de vazão e pressão convenientes, a cada um dos diversos pontos de consumo de uma cidade ou setor de fornecimento.

O sistema deve ser projetado, construído e operado de forma a manter pressão mínima em qualquer ponto da rede. Deve estar protegido contra poluição externa, durante a execução da rede e durante os reparos, tomando os cuidados necessários quanto à contaminação. Como recomendação, é necessário que a tubulação de água potável esteja assentada a uma distância mínima de 3,0 m da tubulação de esgoto, para evitar contaminação.

Os materiais mais comuns utilizados nas adutoras são ferro fundido, aço e mais recentemente o polietileno de alta densidade – PEAD. O que determina o material a ser utilizado na construção é, além do seu custo, a facilidade executiva e a segurança operacional.

2.1.6 Estação Elevatória

É um conjunto de obras e equipamentos destinados a recalcar água para a unidade seguinte. É comum haver mais de uma estação elevatória em um sistema de abastecimento, tanto para o recalque de água bruta, como para o recalque de água tratada.

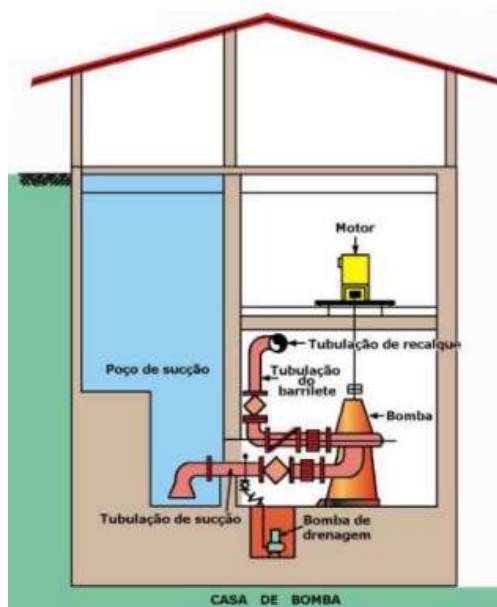
Segundo Porto (2003), um sistema de recalque ou elevatório é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessários para transportar uma certa vazão de água ou qualquer outro líquido de um reservatório inferior, para outro reservatório superior.

Sua composição é formada por:

- Casa de Bombas: edificação própria destinada a abrigar os conjuntos motobomba;
- Bomba: equipamento encarregado de succionar a água retirando-a do reservatório de sucção e pressurizando a através de seu rotor, que a impulsiona para o reservatório;
- Motor de acionamento: equipamento encarregado do acionamento da bomba;
- Linha de sucção: conjunto de canalizações e peças que vão do poço de sucção até a entrada da bomba;
- Linha de recalque: conjunto de canalizações e peças que vão da saída da bomba até o reservatório ou ponto de recalque;
- Poço de sucção: reservatório de onde a água será recalçada. Sua capacidade ou volume deve ser estabelecido de maneira a assegurar a regularidade no trabalho de bombeamento.

Na Figura 4, temos um desenho esquemático de uma estação elevatória de água genérica:

Figura 4 - Componentes de uma estação elevatória de água



Fonte: TSUTYA (2006).

As estações elevatórias podem ser divididas em dois tipos: de água bruta ou água tratada. A estação elevatória de água bruta é responsável pelo recalque de água da captação até as estações de tratamento de água ou até os reservatórios de água bruta. Já a estação elevatória de água tratada é responsável pelo bombeamento de água potável, normalmente enviando água da ETA até os reservatórios, de onde partirão para o consumo.

2.2 CONSUMO DE ÁGUA

As parcelas utilizadas de água podem ser classificadas em retirada, consumo e retorno. A retirada refere-se à água total captada para um uso. O retorno refere-se à parte da água retirada para um determinado uso que retorna aos corpos hídricos, como, por exemplo, esgotos decorrentes do uso da água para abastecimento urbano. O consumo refere-se à água retirada que não retorna diretamente aos corpos hídricos. De uma forma simplificada, é a diferença entre a retirada e o retorno.

Tradicionalmente classifica-se o consumo de água num sistema público de abastecimento em quatro grandes categorias: doméstico, comercial, industrial e público.

2.2.1 Consumo doméstico ou residencial

Corresponde à utilização de água na residência, na área interna e externa da habitação. O consumo de água em uma habitação depende de muitos fatores, que podem ser agrupados em seis classes: características climatológicas do local; renda familiar; características da habitação; características do abastecimento de água; forma de gerenciamento do sistema de abastecimento; características culturais da comunidade.

2.2.2 Consumo comercial

Diversas são as atividades comerciais que utilizam a água. O consumo nesta categoria é bastante heterogêneo e depende geralmente do tipo e porte do comércio, como: bares, padarias, restaurantes, lanchonetes, hospitais, hotéis, postos de gasolina, lava-rápidos, clubes, lojas, prédios comerciais, shoppings centers, entre outros.

2.2.3 Consumo industrial

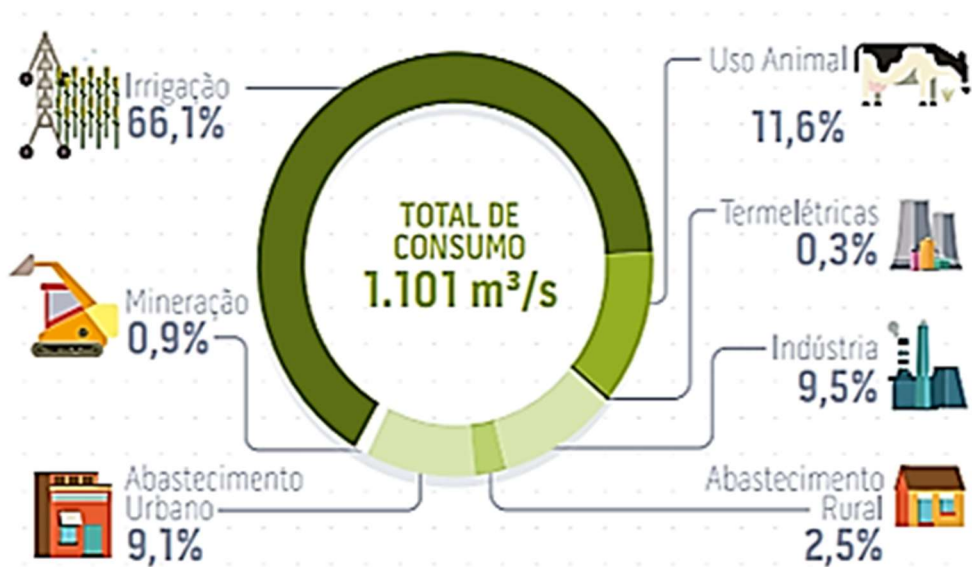
O consumo da categoria industrial também é bastante heterogêneo, podendo variar de pequenas indústrias artesanais até grandes consumidores de água como as indústrias de bebidas.

2.2.4 Consumo público

Consta desta classificação a parcela de água utilizada na irrigação de parques e jardins, lavagem de ruas e passeios, edifícios e sanitários de uso público, fontes ornamentais, piscinas públicas, chafarizes e torneiras públicas, combate a incêndios, limpeza de coletores de esgotos, entre outros. De um modo geral, os consumos públicos são de difícil mensuração e cada caso deve ser particularmente estudado.

A Figura 5, retirada do relatório da Agência Nacional das Águas – ANA de 2019, mostra a média anual do total de água consumida no Brasil.

Figura 5 - Total de água consumida no Brasil



Fonte: ANA (2019).

É possível observar que o maior consumidor de água é o setor agrícola de irrigação com 66,1%. O segundo maior consumidor, com 11,6% do total, foi o abastecimento animal. Logo após estão as indústrias, com consumo de 9,1% do total do Brasil. Para a elaboração desse relatório, analisa-se toda a água utilizada na produção de bens de consumo como um consumo positivo, ou seja, água que não é desperdiçada.

Seguindo as indústrias está o abastecimento urbano (9,1%) e depois o rural (2,5%). Essas informações foram obtidas a respeito do ano de 2018. Deve-se considerar que boa parte da população rural, ainda utiliza sistemas isolados de captação de água como, por exemplo, poços e cisternas. Apesar de o abastecimento da população rural ser de apenas 2,5%, sabemos que nessas mesmas regiões existem as enormes demandas da irrigação e do abastecimento animal. Assim as áreas rurais utilizam o total de 80,7% de toda a água consumida anualmente no país. Já os centros urbanos utilizam o total de 18,6%, considerando que as indústrias ficam nas proximidades ou nos próprios centros urbanos.

As regiões mais críticas são a Região Sudeste, onde se destaca o uso da água para abastecimento humano, irrigação e na indústria, e a Região Sul, em que é expressiva a retirada de água para irrigação de grandes lavouras de arroz pelo método de inundação.

Quando comparadas às demandas de uso da água com a quantidade de água disponível, obtém-se o balanço hídrico. A alta vulnerabilidade decorrente de um balanço hídrico desfavorável, associada a baixos investimentos em infraestrutura hídrica, e períodos de precipitações abaixo da média, podem agravar a situação e conduzir a períodos de crise hídrica por escassez, como verificado em diversas regiões do País nos últimos anos.

2.3 QUANTIDADE PER CAPITA DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO.

O projeto do SAA (Sistema de Abastecimento de Água) para uma cidade depende de parâmetros como o número de habitantes a ser abastecido e a quantidade de água necessária a cada indivíduo. Para tanto, costuma-se recorrer a projeções populacionais e indicadores *per capita* de consumo de água (TSUTIYA, 2005).

A cota *per capita* de água é obtida pelos prestadores de serviço de saneamento, responsáveis pelo abastecimento, com base em suas características operacionais e nos padrões de consumo de cada região, como sendo o volume total distribuído, medido ou estimado, dividido pela população total servida, em um período de tempo (FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, 1991; Oliveira e Lucas Filho, 2003). De forma geral é expressa em L/(hab.dia). (C.T. MATOS, 2007)

Uma das dificuldades encontradas pelos projetistas na determinação do consumo residencial é a adoção de volumes *per capita* que se aproximem do consumo real (Oliveira e Lucas Filho, 2003).

A norma de instalação predial de água fria, NBR 5626/2020, indica que o prestador do serviço de abastecimento deve fornecer ao projetista o valor estimado do consumo de água por pessoa por dia em função do tipo de uso do edifício ou residência (ABNT, 2020).

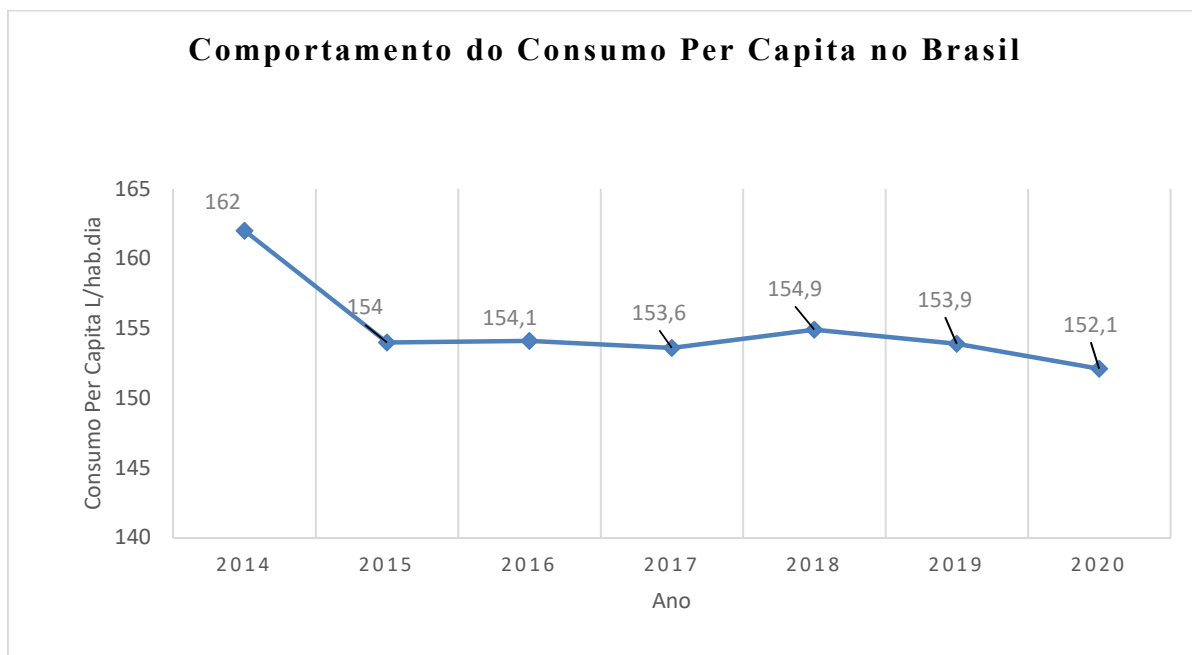
A Lei Nº 11.445/07, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, por sua vez, coloca que o titular do serviço deve formular as políticas públicas adotando parâmetros para a garantia do atendimento essencial à saúde, inclusive quanto ao volume mínimo *per capita* de água para abastecimento (Brasil, 2007). Segundo Bacellar (1976), considerando aspectos físicos dos projetos, estima-se que a quantidade de água necessária para o funcionamento eficiente das instalações hidráulicas domiciliares varie entre 120 e 200 L/pessoa/dia. (C.T. MATOS, 2007)

De acordo com estudos divulgados pelo Instituto Trata Brasil no ano de 2023 (dados base 2021), o consumo per capita para o Brasil encontra-se em 150,7 L/hab.dia. Na região Norte o estado que se destaca com maior consumo per capita é o Pará com 158,2 L/hab.dia e em último lugar temos Amazonas com 128,7 L/hab.dia. Na região nordeste temos o Maranhão com 144,3 L/hab.dia e em última posição Alagoas com 85,5 L/hab.dia. No Centro-Oeste quem se destaca é o Mato Grosso com 176 L/hab.dia, e em último Goiás com 133,5 L/hab.dia. No Sudeste o maior valor encontrado foi de 174,7 L/hab.dia para o estado do Rio De Janeiro, e o menor valor foi de 162,3 L/hab.dia para Minas Gerais. Por fim, na região Sul, o destaque dar-se para Rio Grande Do Sul com 151,6 L/hab.dia, e o mais baixo consumo vai para Paraná com 136,1 L/hab.dia.

De acordo com Caldas (2020), o consumo per capita apresentado para os 15 municípios do Estado de Roraima apresentam médias bem superiores aos encontrados no restante do país. O maior valor encontrado foi para o município de São Luiz com 214 L/hab.dia, e o menor valor ficou com o município de Amajari com 158 L/hab.dia. Naquele mesmo ano o valor encontrado para o município de Boa vista foi de 172 L/hab.dia.

O gráfico da figura 06 a seguir demonstra o comportamento do consumo per capita no Brasil dos anos de 2014 a 2020.

Figura 6 – Consumo per capita no Brasil.



Fonte: AUTORA (2022).

É possível observar que nos últimos 7 anos analisados, o consumo per capita vem se mantendo constante, com exceção do ano de 2014, que se obteve uma alta expressiva. Os dados para esses consumos per capita foram obtidas no painel de indicadores do Sistema Nacional de Indicadores de Saneamento.

2.4 FATORES QUE INTERFEREM NO CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA

Os elementos que influenciam no consumo de água das residências, envolvem diversos aspectos, sendo eles: condições climáticas, hábitos de higiene, cultura e estilo de vida, dieta alimentar, renda da população, natureza e tamanho da cidade, disponibilidade de recursos, proximidade da água do domicílio, forma de acesso, medição de consumo, pressão na rede, tecnologia e riqueza, dentre outros (Gleick, 1996).

Esses fatores podem ser agrupados em grandes classes como: características culturais da comunidade; características físicas (temperatura do ar, intensidade e frequência das precipitações, sazonalidade, etc); características da habitação (área construída, número de habitantes, etc); características do abastecimento (pressão na rede, qualidade da água, etc); forma de gerenciamento do sistema (micromedição, tipo de abastecimento, tarifas, etc), e renda familiar (C.T. MATOS, 2007).

Em regiões com temperaturas mais altas, assim como em locais com menor umidade, como no caso da cidade de Boa Vista, que registrou uma média anual de 36° C em 2022 (Accuweather, 2023), o consumo de água é maior. Pesquisas realizadas no México, na década de 70, mostram que o consumo *per capita* de água pode até dobrar de um clima frio e úmido para um clima tropical muito seco (CETESB, 1976).

O verão é a estação do ano que corresponde ao maior consumo de água porque há uma alteração no metabolismo dos organismos, implicando na elevação da demanda, para manter as atividades vitais características. Além disso, há o aumento do número de banhos e outros usos como rega de jardins na busca pela manutenção do conforto térmico. O índice pluviométrico interfere no consumo fazendo com que ele seja menor em locais onde chove menos durante o ano (C.T. MATOS, 2007).

Famílias com renda economicamente elevada, consomem água em valores superiores a famílias de baixa renda, estes fatores envolvem diversos aspectos como acesso à água tratada e serviços de saneamento básico.

Confirmando o impacto da renda no consumo, de acordo com a realidade brasileira, as classes sociais menos atendidas pelos serviços de abastecimento possuem rendimentos abaixo de 2 salários mínimos por mês. Em contrapartida, as famílias com renda superior a 10 salários mínimos possuem índices de atendimento pelos serviços de abastecimento de água próximos à universalização (C.T. MATOS,2007).

Em um estudo realizado na América Latina e Caribe a respeito de desigualdades sociais, mostrou que famílias de baixa renda gastam proporcionalmente 4 vezes mais com os serviços de abastecimento de água do que as famílias ricas, mas a cobertura dos serviços é maior para as famílias de renda mais alta (OPAS, 2001).

Para o consumo per Capita doméstico, alguns fatores afetam diretamente a sua determinação. O primeiro deles, são os fatores climáticos. Temperatura, intensidade das precipitações e umidade exercem essa influência direta. As variações anuais, tendem a crescer de acordo com o aumento populacional, e as mensais estão intimamente ligadas ao clima.

O segundo a ser citado, é o perfil do bairro ou cidade em que está sendo analisado o consumo per capita. Os bairros residenciais, comerciais e industriais, variam de acordo com as necessidades de consumo de cada um. O nível socioeconômico da população também é levado em consideração. É intuitiva a relação direta que tem entre as famílias de nível socioeconômico mais elevado, com o expressivo consumo de água, devido principalmente a atividades de recreação, como duchas, piscinas entre outros.

A administração do sistema de abastecimento de água, influencia na tarifa a ser cobrada, e conseqüentemente no consumo.

A administração do sistema de abastecimento pode influenciar, de diversas maneiras, o consumo de água, em todos os tipos de demanda mencionados. Por um lado, a existência de micromedição no sistema e os valores da tarifa, bem como sua progressividade (acréscimo do valor unitário do m³consumido no mês em função do total do consumo mensal), representam fatores limitantes aos consumos, na medida em que exercem pressão sobre o consumo excessivo e os desperdícios[...] (HÉLLER e PÁDUA, 2006, p.138)

Alguns trabalhos já realizados usam diferentes variáveis que consideram relevantes para determinação do consumo per capita de uma residência. Como mostrado no quadro 02 a seguir:

Quadro 2 – Variáveis adotadas pelos autores para explicar a variação doméstica de água.

Referência	Local	Nível de dados	Variáveis adotadas
FOX, MCLTOSH e JEFFREY, 2009.	Reino Unido	Residencial	Nº de dormitório, presença de jardim e tipo de imóvel
ALMEIDA, 2007.	Feira de Santana, Bahia	Residencial	Nº de habitantes, de dormitórios e de equipamentos existentes.
MORAES, 1995	Salvador, Bahia	Residencial	Gasto mensal com água, número de moradores no domicílio e tipo de ligação de água do domicílio.
FERNANDES NETO et. Al, 2004.	Minas Gerais	Municipal	Nível socioeconômico da população abastecida
FERNANDES NETO et. Al, 2005.	Minas Gerais	Municipal	Preço da água, temperatura, chuva.
FRONDEL e MESSNER, 2008.	Leipzig, Alemanha.	Residencial	Preço médio, tamanho da família, renda. Idade, tipo de imóvel, gênero, conhecimento do preço, temperatura média, chuva.
GATO et. al, 2007	East Doncaster, Australia.	Local	Clima e período da semana.
ZHOU et al, 2000 e ZHOU et al, 2001	Melborn, Austrália	Local	Temperatura e precipitação
DANDY et al, 1997	Adelaide, Austrália	Local	Preço da água
KOO et al. (2005)	Seaul, Coréia do Sul	Local	População e área do distrito comercial.

Fonte: A.A. GARCIA, 2011.

2.5 MEDIÇÃO DO CONSUMO PER CAPITA DOMÉSTICO.

O consumo *per capita* de água é um dos parâmetros básicos no dimensionamento de redes distribuidoras, reservatórios, sistemas de recalque e do próprio medidor (Costa *et al.*, 1999). Para determinar a água consumida em cada residência é instalado um medidor, no chamado ramal predial, que deriva da rede de abastecimento (Tomaz, 2000). (C.T. MATOS, 2007)

O dimensionamento do hidrômetro parte da escolha do tipo, tamanho e outras características para que o mesmo trabalhe em condições ideais, evitando os erros de medição (COELHO, 1999).

A regulamentação dos hidrômetros no Brasil se dá pela Portaria nº 29, de 1994, do Instituto Nacional de Meteorologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. É estipulado em texto expresso, que todo medidor de água precisa ser aprovado em uma série de testes e sofrer calibração anual (ALVES *et al.*, 1999).

Um estudo realizado por Santos *et al.* (1999), em Aquidauana - MS, analisou 136 hidrômetros de uma amostra aleatória e constatou que 52,2% dos medidores analisados apresentavam submedição, 8,09% super medição e somente 39,71% não apresentaram erros.

A micromedição pode ser individual, com um hidrômetro para cada usuário, ou multiusuários, na qual um único equipamento é aplicado para vários consumidores, como ocorre em condomínios verticais (Alves *et al.*, 1999). Para corrigir as distorções de uso nesse padrão habitacional busca-se a medição individualizada como instrumento regulador (Souza Filho *et al.*, 2005). Entretanto, um limitante da medição individualizada é o uso de válvulas de descarga, comum em prédios antigos, em função das altas vazões praticadas nesse tipo de dispositivo. Para evitar esse problema deve-se usar caixa de descarga (Tomaz, 1999). (MATOS,2007)

É necessário realizar a medição individualizada, de modo a se obter um maior controle dos consumos nos prédios residenciais. Deste modo, possibilita conscientizar os usuários no combate ao desperdício de água, acarretando uma mudança nos hábitos de consumo (Souza Filho *et al.*, 2005).

Até mesmo o sistema de abastecimento escolhido para o tratamento de água pode ser o responsável por alguns erros na medição do consumo. Isto se deve ao dimensionamento dos equipamentos serem feitos com base em padrões estrangeiros que operam com abastecimento direto sem o uso de reservatórios durante o processo, diferentemente do Brasil (Coelho, 1999).

Por meio da tabela 1 a seguir, é possível estimar de forma simples os volumes consumidos de acordo com os aparelhos sanitários que se encontram na residência, bastando, para tanto, conhecer a duração e frequência de uso de cada um deles.

Tabela 1 - Consumo provável de água em equipamentos convencionais e economizadores.

Equipamento	Consumo
Bacia Sanitária com caixa acoplada	12,00 L/descarga
Bacia sanitária com válvula bem regulada	10,00 L/descarga
Bacia VDR	6,00 L/descarga
Ducha (até 6mH ₂ O)	0,19 L/s
Ducha (15 a 20mH ₂ O)	0,34 L/s
Torneira de pia (até 6mH ₂ O)	0,23 L/s
Ducha (15 a 20mH ₂ O)	0,42 L/s
Torneira com arejador de vazão constante	0,10 L/s
Torneira de uso geral/tanque (até 6mH ₂ O)	0,26 L/s
Torneira de uso geral/tanque (15 a 20mH ₂ O)	0,42 L/s
Torneira de jardim	0,66 L/s
Mictório	2,00 L/uso
Mictório com válvula automática	1,00 L/uso

Fonte: TSUTIYA, 2005 – modificado por MATOS, 2007.

2.6 CONSUMO PER CAPITA NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

É necessário definir o consumo de uma instalação de abastecimento de água, para isto faz-se necessário definir o consumo *per capita*, que determina quanto cada pessoa consome. A obtenção desses dados se torna imprescindível para fins de projeto, pois possibilita determinar o volume de água que deverá ser armazenado e a tubulação utilizada na instalação. Ou seja, é a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos doméstico, comercial, público e industrial.

- Consumo doméstico: A água destinada ao consumo doméstico inclui o preparo de alimentos, a ingestão, a higiene e a lavagem, em geral. É essencial o fornecimento de água com qualidade para toda a população, como forma principal de prevenção de doenças. (HOWARD & BARTRAM,2003) mencionam sobre a necessidade do estabelecimento de um valor mínimo, para o fornecimento doméstico de água, a despeito da existência de valores diferenciados, variando entre 15 L/hab.dia e 50 L/hab.dia, segundo diversos autores.

- Consumo comercial e industrial: O consumo de água pelo setor comercial de uma cidade envolve todos os segmentos que fornecem bens ou serviços para a população. Já para a indústria, o consumo de água é definido de acordo com o seu destino principal.

Tabela 2- Estimativa média de consumos comerciais e industriais

Natureza	Consumo
Escritórios comerciais	50 L/pessoa.dia
Restaurantes	25 L/refeição
Hotéis, pensões	10 L/hóspede.dia
Lavanderias	30 L/kg roupa
Hospitais	250 L/leito.dia
Garagens	50 L/veículo.dia
Postos de Serviços para veículos	150 L/veículo.dia
Indústrias	70L/operário.dia
Matadouros – animais de grande porte	300 L/cabeça abatida
Matadouros – animais de pequeno porte	150 L/ cabeça abatida
Laticínios	1-5 L/Kg de produto
Curtumes	50-60 L/kg de couro
Fábrica de papel	100-400 L/kg de papel
Tecelagem	10-20 L/kg de tecido
Laminação do aço	85 L/kg de aço

Indústria têxtil	1000 L/kg de tecido
Saboarias	2 L/kg de sabão
Usinas de açúcar	75 L/kg de açúcar
Fábrica de conservas	20 L/kg de conserva
Cervejarias	20L/ litro de cerveja

Fonte: IPEA (2015).

- Consumo público: os serviços públicos que envolvem demanda de água são chafarizes, bebedouros e fontes, órgãos públicos desprovidos de medidores, irrigação de jardins públicos e limpeza de vias, dentre outros.

- Perdas: as perdas consideradas são a do sistema público, e representam os volumes de água que são tratados e não são consumidos ou contabilizados, podendo ser divididas em perdas físicas e não-físicas.

Os municípios com previsões de aumento de população e com restrições na disponibilidade hídrica nas captações devem tomar medidas para inverter a tendência crescente do consumo *per capita*.

Ações relativamente simples para a redução do consumo *per capita* consistem, por exemplo, em sensibilização da população, incentivos para instalação de dispositivos sanitários de baixo consumo, hidrometração individualizada em condomínios, adequação de tarifas que penalizam consumos excessivos, entre outros.

2.7 FATORES INTERVENIENTES NO CONSUMO PER CAPITA

De acordo Tsutiya (2006), o consumo da água residencial é influenciado por diversos fatores que, agrupados, originam seis classes: características físicas; renda familiar; características de habitação; características do abastecimento de água; forma de gerenciamento do abastecimento, e características culturais da comunidade. Para ele, o fator que mais influencia no consumo de água é a precificação dada ao seu fornecimento, o que se torna um fator limitante na quantidade utilizada.

Quanto mais alto for o padrão econômico do indivíduo, maior será a utilização da água para atividades que necessitem de seu uso e não sejam essenciais. O porte da cidade influenciará todos os tipos de consumo de água – doméstico, industrial, comercial, público e perdas. O seu porte turístico também é levado em consideração para o consumo de água,

juntamente a isto, a topografia local influencia diretamente nas perdas físicas pois distribuem a água com maior pressão.

Em decorrência dos fatores influenciáveis no consumo de água, é usual em cidades brasileiras cotas *per capita* variando de 100 a 500 L/hab.dia. Dados do SNIS (SNIS, 2021), apontam um consumo médio no país de 152,3 L/hab.dia. Quanto às necessidades básicas, a Organização das Nações Unidas - ONU e o Banco Mundial sugerem que o per capita mínimo de água para uma pessoa sobreviver varie entre 20 a 40 L/hab.dia, comparando com os dados obtidos no Brasil, estamos com um consumo que varia de 4 a 8 vezes a quantidade mínima necessária.

Dessa forma, faz-se necessário entender e conhecer os padrões de consumo de cada cidade, caso futuramente haja uma nova implantação ou alteração no sistema de abastecimento local, estudo este que pode se tornar bastante complexo.

2.8 HISTÓRICO DE PERDAS.

O estudo pioneiro a respeito de perdas em sistemas de abastecimento foi realizado em 1973 no Reino Unido. Que se baseou na aplicação de um extenso questionário para diversas companhias de saneamento, o que acarretou em um árduo trabalho de campo. O objetivo principal da pesquisa era analisar a eficiência operacional dos sistemas de abastecimento, o resultado deste estudo foi publicado no *Report 26*.

Durante o processo de privatização das companhias de saneamento, na década de 80, no Reino Unido, o órgão regulador (*Office of Water Services*) tornou obrigatório para todas as companhias de saneamento apresentação de dados numéricos, e relatórios referentes a informações pertinentes sobre princípios de ordem técnica e econômica na redução de perdas (LAMBERT, 2002).

Já em 1998, Lambert mostrou que é possível a redução dos vazamentos e perdas nos ramais domiciliares, que estão ligados diretamente à rede, pode acontecer por meio da redução da pressão no sistema (LAMBERT *et al.*, 1998). Posteriormente, Conejo *et al.* (1999), indicou a importância de manter as pressões na rede em faixa de ordem de 10 à 30 m.c.a. (100 à 300 kPa).

No Brasil, as perdas começaram a ser abordadas também com o início das privatizações das companhias de saneamento incentivadas pelo Banco Mundial. Em 1980, foi criado o Programa de Controle Operacional (PCOPE), pelo antigo Banco Nacional de

Habitação (BNH), com linhas de financiamento específicas para empresas de saneamento desenvolverem programas de redução de perdas. (BRITO, 2012).

Em 1993 foi criado o Plano de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), e em 2003 evoluiu para uma ação permanente do Governo brasileiro. O PMSS atua como área técnica de suporte às ações da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional, implementando projetos importantes à missão da Secretaria de prestar assistência a estados e municípios brasileiros, assim como seus prestadores e reguladores dos serviços de saneamento básico, visando a melhoria da gestão.

Ainda em 1993, o PMSS financiou investimentos em expansão e melhorias operacionais nos sistemas de abastecimento. Foi investido cerca de US \$500 milhões na primeira fase de modernização, encerrada no ano 2000. A segunda fase contou com mais de US\$200 milhões para serem aplicados, principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil (PMSS, 2003). Em 1997, foi implementado também o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) para conservação e uso racional da água de abastecimento público na esfera federal (PNCDA, 1998).

Baseado no sistema implementado no Reino Unido, em 1996 foi criado o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Nele estão presentes informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro e de qualidade sobre a prestação de serviços de água. (BRITO, 2012).

Por meio de recomendações do Banco Mundial, o Ministério de Ciência e Tecnologia através das organizações governamentais de fomento à pesquisa (FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos, CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, ELETRONORTE e as fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa) vem constantemente disponibilizando recursos para o financiamento de projetos relacionados à gestão dos sistemas de abastecimento de água no Brasil. (BRITO, 2012).

2.9 CONCEITOS GERAIS DE CONTROLES DE PERDAS

O conceito de perdas de um sistema de abastecimento de água envolve mais do que uma caracterização física, pois não se trata somente da água que é tratada e não é consumida. É importante enfatizar que esse desperdício envolve um conceito empresarial em que foram gastas verbas com um produto, que contava com a entrega ao cliente, mas por alguma ineficiência, não foi faturado.

Estas perdas físicas ocorrem através de vazamentos no sistema, que podem ser ocasionadas na captação, adução da água bruta ou tratada, no tratamento e por fim na

distribuição. Já as perdas não-físicas originam-se de ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou fraudados e outras. Estas representam uma grande perda no faturamento pois afetam diretamente a receita obtida pela empresa devido a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado.

Em sistemas de saneamento podem se encontrar esses dois tipos de perdas: perda física ou também perda real, corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, devido à ocorrência de vazamento nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais. E perda não-física, ou perda aparente corresponde ao volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, decorrente de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial.

É necessário atentar-se ao controle das perdas físicas, pois seu desperdício está diretamente ligado à conservação de recursos naturais, pois quanto menos volume se perde no sistema, menor é a necessidade de explorar ou ampliar captações de água, acarretando menor impacto ambiental. Outro ponto importante se diz a respeito do âmbito da saúde pública, pois quaisquer vazamentos podem acarretar possíveis contaminações e entrada de agentes nocivos, sendo um problema significativo até em países de primeiro mundo. O Quadro 3 a seguir descreve as principais diferenças relacionadas a esses dois tipos de perdas.

Quadro 3 - Perdas reais e perdas aparentes

		O QUE SÃO?	ASSOCIADAS	QUE MEDIDAS DEVEM SER TOMADAS?
PERDAS	REAIS	<p>Perdas físicas de água decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e extravasamentos em reservatórios.</p> <p>Essa água não chega ao consumidor final.</p>	<p>-Pelo excesso de pressão em sistemas com grande variação topográfica;</p> <p>-À qualidade dos materiais e da mão de obra utilizados nas redes de distribuição.</p> <p>-À idade das tubulações;</p> <p>-Extravasamento de</p>	<p>-Utilizar materiais e equipamentos de boa qualidade;</p> <p>-Manter o estoque mínimo para manutenção;</p> <p>-Teste hidrostático da infraestrutura antes de entrar em operação;</p> <p>-Telemetria dos macromedidores e</p>

			reservatórios e nas operações de descargas das redes de distribuição; -Limpeza de reservatórios dos prestadores de serviços;	hidrômetros.
	APARENTES	Perdas não físicas decorrentes de submedição nos hidrômetros, fraudes e falhas do cadastro comercial. Água efetivamente consumida pelos usuários, mas não contabilizada ou faturado pelo prestador de serviço.	-À submedição dos hidrômetros nos volumes consumidos; -Erros de leitura; -Fraudes nas ligações de água; -Outros fatores.	-Adotar macromedidores para apurar os volumes de água disponibilizados ao sistema de água; -Micromedidores em todas as ligações de água para conhecer e controlar o nível de perdas.

Fonte: GUSS (2005).

Juntamente a isto, é observado que as perdas aparentes representam os custos relativos ao preço de venda, influenciando diretamente o consumidor, pois esses gastos com desperdício são inseridos nas tarifas cobradas por cada companhia.

Em cada fase há condições específicas que fazem preponderar um ou outro tipo de perda, que ditarão as ações mais adequadas à prevenção e correção dos fatores que ocasionam o surgimento das perdas (TSUTIYA, 2005).

O Quadro 4 a seguir mostra as principais características referentes aos dois tipos de perdas existentes.

Quadro 4- Parcelas das perdas de água (reais e aparentes) em relação ao volume que entra no sistema

VOLUME PRODUZIDO OU	CONSUMOS AUTORIZADOS	Consumos autorizados faturados	Consumos medidos faturados (incluindo água exportada)	Águas faturadas
			Consumos não medidos faturados (estimados)	
		Consumos autorizados não-	Consumos medidos não faturados (uso próprios, caminhões-pipa)	Águas não

		faturados	Consumos não medidos não faturados (combate à incêndio, suprimento de água em áreas irregulares)	faturadas
	PERDAS	Perdas aparentes (comerciais)	Consumos não autorizados (fraudes)	
			Falhas do sistema comercial	
			Submedição dos hidrômetros	
		Perdas reais (físicas)	Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição	
			Vazamentos nos ramais de distribuição	
			Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios setoriais e aquedutos	

Fonte: AUTORA (2022).

Para cada situação, as ações variam de acordo com o diagnóstico feito e a relação custo-benefício das intervenções. São necessários quatro componentes para controle de perdas reais:

- Detecção dos vazamentos, necessitando da visita em campo para investigação de vazamentos não-visíveis;
- Rapidez e qualidade dos reparos;
- Eficiência na manutenção, representando um melhoramento na infraestrutura do sistema de abastecimento de água;
- Controle de pressão e de nível de reservatórios, de forma a garantir uma operação eficiente;

Para o controle de vazamentos há dois tipos, o controle ativo e o controle passivo. O primeiro envolve ações programadas de investigação e detecção, pois busca melhorar a eficiência dos reparos no sistema de abastecimento, antes que se torne um problema em grandes proporções, através de métodos acústicos e de pesquisa.

Seu contraste é visto frente ao controle passivo de vazamentos, pois eles buscam solucionar a situação previamente, diferente do segundo em que o vazamento só é detectado quando aflora. Há situações em que os vazamentos nunca se tornam visíveis, o que contabiliza uma grande quantidade de água perdida.

2.9.1 Perdas Físicas

As perdas físicas de água representam volumes que não são consumidos, mas são contabilizados nos sistemas de distribuição. Esses vazamentos ocorrem principalmente pelo desgaste da tubulação com seu envelhecimento e as elevadas pressões. E existem dois tipos de vazamentos: os vazamentos visíveis, que afloram na superfície do pavimento e das calçadas, sendo informados à Sabesp pela população e rapidamente reparados; e os vazamentos não visíveis, que não afloram na superfície e cuja localização depende da realização de ações de varredura nas redes e ramais para sua localização, com a utilização de equipamentos por métodos acústicos. (SABESP, 2022)

2.9.2 Perdas aparentes (não físicas):

Consiste do consumo não autorizado, caracterizados por fraudes e falhas de cadastro, e de todos os tipos de imprecisões ligadas à medição, tanto na macro como na micromedição.

2.9.3 Classificação e duração de vazamentos

Os vazamentos identificados no sistema de abastecimento de água ocorrem principalmente nas ETA's, na tubulação, na linha de adução e na rede de distribuição, nos ramais prediais e cavaletes, nos reservatórios e nos equipamentos das estações elevatórias.

Em cada sistema de distribuição é atribuída uma taxa natural de ocorrência de vazamentos, dessa forma a empresa terá um parâmetro para determinar o nível do prejuízo e as futuras soluções.

Os vazamentos são classificados em dois tipos, visíveis e não visíveis. O primeiro se trata daqueles que são detectados com facilidade por técnicos ou até mesmo pela população. Os não visíveis exigem mais atenção, pois utilizam-se equipamentos especiais e algumas técnicas para detecção. Há vazamentos não visíveis que são indetectáveis mesmo utilizando técnicas, sendo necessário a utilização de aparelhos mais precisos, que acabam tornando o serviço oneroso devido ao seu alto preço.

A duração média de um vazamento, para uma classificação não visível, até o momento do seu estancamento é de oito dias. Isto pode ocasionar uma perda significativa quando considerados todos os pontos de ocorrência.

Eles estão diretamente ligados com a pressão de serviço na rede, não só pelo aumento direto da vazão em um orifício de seção constante como por causa do aumento de

orifícios, em tubulações de PVC (policloreto de vinilo) ou polietileno. No quadro 5 a seguir é mostrado um resumo sobre os tipos de vazamentos.

Quadro 5 - Classificação dos vazamentos

VAZAMENTOS		
VISÍVEIS	NÃO VISÍVEIS	
	NÃO DETECTÁVEIS	DETECTÁVEIS

Fonte: AUTORA (2022).

Os vazamentos do tipo inerente são de longa duração, não detectáveis e de baixa vazão, podendo durar anos. Os tipos não visíveis duram meses e sua ocorrência depende da frequência com que as pesquisas de monitoramento são executadas. Aqueles que são visíveis, ocorrem com maior frequência e possuem altas vazões, com duração de dias ou horas.

2.9.4 Gerenciamento das perdas físicas de água e Taxa Natural de Ocorrência de vazamentos:

Para um programa de controle de perdas, devem-se realizar ações complementares que reduzem a parcela de perdas físicas. Destaca-se as seguintes ações:

- Controle das pressões;
- Pesquisa de vazamentos;
- Redução no tempo de reparo de vazamentos;
- Gerenciamento da rede.

a) Controle das pressões: A setorização da rede de distribuição de água permite manter a rede em posições adequadas de pressões mínimas. Sendo um dos principais fatores que possibilitam a operação correta do sistema. Segundo a NBR 12218/2017, a pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 500kPa (50m H_2O) e a pressão dinâmica mínima, de 100kPa (910m H_2O). Como a redução da pressão está diretamente relacionada com a redução das perdas de água, a utilização da válvula redutora de pressão geralmente é uma alternativa econômica para diminuir a pressão na rede e, conseqüentemente, reduzir o número de vazamentos nas redes de distribuição e nos ramais prediais. Há três tipos básicos de controle de pressão com a utilização da VRP (YOSHIMOTO, TARDELLI FILHO E SARZEDAS,1999):

- **Pressão de saída fixa (VRP – válvula redutora de pressão - sem controlador)** - é usada quando o sistema a ser controlado não tem mudanças significativas de demanda;
- **Modulação por tempo** – é usada para controlar um sistema que apresenta perda de carga superior a $10\text{m } H_2O$, porém de perfil regular de consumo;
- **Modulação por vazão** - é usada para controle em sistemas que apresentam grande perda de carga (grandes áreas) e mudança no perfil de consumo.

b) Pesquisa de vazamentos: A pesquisa de vazamentos se baseia em ações programadas de investigação e detecção dos vazamentos visíveis e não visíveis através de diversos equipamentos (hastes de escuta, geofone, correlacionador de ruídos e equipamentos auxiliares). O controle ativo de vazamentos difere do passivo, é de responsabilidade da concessionária, sendo esta responsável por buscar os vazamentos antes mesmo deles aflorarem. As figuras 7, 8 e 9 a seguir mostram exemplos de equipamentos utilizados nas pesquisas de vazamentos.

Figura 7 - Haste de escuta



Fonte: SAEMA (2017).

Figure 8 - Geofone



Fonte: RODRIGUES (2019).

Figure 9 - Correlacionador de ruídos



Fonte: GEOFOTEC (2019).

Tardelli Filho (2004) estabelece que as condições de infraestrutura e de logísticas requeridas a uma boa gestão para o reparo de vazamentos envolvem os seguintes aspectos:

- Existência de ramais de ligação entre os usuários e a concessionária para comunicação da ocorrência de vazamentos ou de problemas operacionais;
- Controle ativo de vazamentos;
- Equipes eficientes;
- Existe um sistema de programação e controle dos reparos de vazamentos.
- Materiais de qualidade.

c) Redução no tempo de reparo dos vazamentos. A rapidez e a qualidade nos reparos é algo fundamental na diminuição dos volumes perdidos com os vazamentos em redes e ramais. É preciso que os serviços de reparo sejam os mais rápidos possíveis, evitando assim desperdícios de elevados volumes de água com os vazamentos. O reparo de vazamentos deve ser feito assim que detectada a ocorrência, seja um vazamento visível ou

não visível. Companhias de saneamento bem geridas levam de 10 a 24 horas para efetuar reparos após a detecção.

d) Gerenciamento da rede: O gerenciamento só é possível através de análises precisas de dados confiáveis sobre o sistema. Os principais aspectos relacionados com o gerenciamento da rede estão descritos a seguir:

- Controle da rede;
- Cadastro técnico da rede distribuidora e cadastro comercial;
- Softwares de análise custo-benefício;
- Manutenção do sistema.

2.9.5 Áreas De Controle, Setores E Zonas De Pressão

Os sistemas divididos em zonas são utilizados para obter um conforto ideal em aplicações de abastecimento e de distribuição de água. A compartimentação da rede de distribuição de água em zonas de pressão é feita a partir das variações altimétricas do terreno, de maneira a que as pressões operacionais fiquem dentro dos limites máximo e mínimo definidos em Norma. A divisão em zonas do sistema de abastecimento de água é necessária para assegurar que:

- A pressão da água não varia excessivamente de uma localidade para outra;
- A pressão mínima no andar superior de edificações de cada zona não alcance um valor inferior à pressão mínima;
- A pressão máxima no andar superior de cada edificação dentro da zona não alcance um valor superior a pressão máxima.

A instalação de um reservatório delimita a área que será abastecida dividindo-a em setores, podendo este ser apoiado, semi enterrado ou enterrado, destinado a regularizar as variações de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição. A principal função dos reservatórios elevados é condicionar as pressões nas áreas de cotas topográficas mais altas que não podem ser abastecidas pelo reservatório principal. Nesse caso, temos o setor dividido em zonas de pressão, na qual as pressões estática e dinâmica obedecem a limites pré-fixados segundo a Norma Técnica NBR 12218/2017.

A pressão máxima estática que pode ser obtida nas tubulações é de 50 mca, e a mínima de 10 mca. Podem ser aceitos valores de pressões fora dessa faixa, mas devem ser viáveis técnico-economicamente.

A implantação de reservatórios por vezes se torna muito onerosa, levando a utilização de equipamentos como bombas de rotação variável e válvulas redutoras de pressão, para o controle de pressão no setor, levando o reservatório a regularizar apenas as variações horárias de demanda e reserva de incêndio.

2.9.6 Parâmetros de controle

Para um domínio efetivo do sistema de abastecimento, é necessário criar unidades de controle, que permitam que não haja mistura de águas de diferentes setores.

Chamamos de setorização de abastecimento, esta divisão de áreas. O monitoramento dos setores se baseia em registrar a medição dos volumes de água produzidos, de vazões mínimas noturnas e do plano piezométrico ao longo do dia em pontos críticos, a análise e controle da qualidade da água, e a micromedição.

O primeiro setor a ser definido é o setor de abastecimento, de onde parte a produção de água e a zona que é abastecida por ele. O segundo nível é o zoneamento piezométrico, no qual criam-se zonas de baixa e alta pressão, utilizando os equipamentos instalados na rede. Estas zonas devem incluir equipamentos para controle de pressão e o monitor de vazão.

Outro zoneamento aplicado é o distrito piezométrico. Este é uma área de controle e medição estanque, não permitindo mistura de fluxo em distritos vizinhos, cuja vazão e pressão na entrada são monitoradas.

O monitoramento das vazões noturnas neste nível de setorização é muito importante, uma vez que traz parâmetros significativos para avaliação das perdas reais.

Os distritos piezométricos podem ser implementados periodicamente para avaliação do sistema, não sendo necessariamente permanentes.

2.9.7 Vazão Mínima e Pressão Média

A quantificação das perdas é uma apuração de fácil obtenção, entretanto, a diferenciação entre perdas reais e perdas aparentes torna o processo mais complexo, exigindo a adoção de diversas hipóteses ou a realização de vários ensaios em campo.

Um dos métodos utilizados é o método da vazão mínima, que tem como base a variação dos consumos no sistema de abastecimento de água ao longo do dia. É necessário definir o horário de pico e de mínimo de consumo em horas em cada localidade.

A vazão correspondente a esse consumo mínimo é denominada Vazão Mínima Noturna, que pode ser medida através do uso de equipamentos de medição de vazão e pressão. Esta vazão se torna bastante eficaz para medição pois durante a sua ocorrência o

consumo é inferior e o fluxo é mais estável, dessa forma, uma parcela significativa dessas medições se referem a vazamentos.

Para os consumos residenciais, costuma-se assumir hipóteses baseadas em medições específicas de consumo e extrapoladas para o conjunto de consumidores da área envolvida, ou utilizar dados de literatura.

As vantagens desse método são, a maior representatividade do valor numérico das perdas reais para o subsetor, retratando a realidade física e operacional da área. As desvantagens são que o ensaio é feito em uma área relativamente pequena do setor de abastecimento, podendo induzir a equívocos se os valores forem simplesmente extrapolados ao conjunto do setor, e por envolverem custos com equipes e equipamentos de medição de vazão e pressão.

Para se obter o volume perdido de cada vazamento, é necessário definir um parâmetro importante do sistema que chamamos de pressão média, sendo esta diferenciada para cada área. A sua determinação se baseia em obter a pressão aferida no ponto médio de um setor.

2.9.8 Sistema de prevenção e correção de vazamentos

Sendo os vazamentos na tubulação o principal responsável pelo quantitativos das perdas reais, busca-se alternativas para prevenir ou corrigir essas ocorrências. O primeiro passo começa com a atualização e digitalização de cadastro de consumidores.

Esse procedimento ajuda na hora de fazer um monitoramento automático ou diagnósticos. Além disso, as informações atualizadas serviram para dar confiança aos investimentos que seriam empregados.

Como alternativa tecnológica temos a instalação de medidores na rede, quantificados de acordo com a população de habitantes, permitindo isolar as regiões da cidade para determinar os pontos de perda. Esse tipo de monitoramento serve para prevenção e controle de perdas, pois cede informações mais precisas à companhia.

2.9.9 Perdas não-físicas

As perdas não físicas ou perdas aparentes, são representadas pelos erros de medição, fraudes e falhas no sistema comercial das empresas.

Elas são geralmente expressivas e podem representar 50% ou mais no percentual de água não faturada, dependendo de aspectos técnicos como critérios de dimensionamento e manutenção preventiva de hidrômetros.

A adulteração de ligações tanto residenciais como industriais, é bastante comum em sistemas de abastecimento, sendo realizada através de meios que impeçam total ou parcialmente a micromedição do logradouro. Dividindo-se em:

- Derivação de ramal: A ligação ocorre através de uma conexão antes da passagem pelo hidrômetro, fazendo com que a água que passaria totalmente por ele possa derivar também por essa conexão.
- By-Pass: O fraudador faz uma ligação usando uma conexão antes da passagem pelo hidrômetro e ligando-a ao seu ramal predial, fazendo com que a água que passaria totalmente pela micromedição, derive para essa conexão, abastecendo a rede de alimentação da propriedade, totalmente sem medição.
- Ligação Clandestina: A ligação é realizada diretamente na rede de distribuição de concessionária local, sem qualquer tipo de permissão ou cadastro, portanto sem qualquer cobrança pelo seu uso.

2.9.10 Macromedição

A macromedição se refere a um conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até a rede de distribuição à jusante. Ela é essencial para a realização de monitoramento de maneira adequada, uma vez que são imprescindíveis dados confiáveis para que se desenvolvam estratégias de redução e controle de perda de água verdadeiramente eficazes.

O macro medidor registra as seguintes variáveis: VAB (Valor de Água Bruta) que representa a vazão de chegada de água bruta nas estações de tratamento de água ou o registro de volumes na saída de poços profundos em m^3/dia ; VAM (Volume Macro medido no Sistema Produtor) que consiste no registro de volume de água tratada (m^3/dia), obtido com macro medidores localizados em saídas de Reservatórios, Estações de Tratamento de Água ou Elevatórias e Caixas de Reunião; VAU (Volume de Água Utilizado), que é caracterizado por ser um consumo interno, e representa o volume utilizado em lavagens de decantadores, filtros ou outros tipos de consumo nas estações de tratamento em m^3/dia ; VMA (Volume Máximo de Água Produzido), o mesmo representa o dia do mês em que a produção de água possui maior volume e sua unidade é em m^3/dia . No mercado são disponibilizados alguns tipos diferentes de macro medidores, entre eles estão: Calha Parshall, Medidor Ultrassônico, Vertedouro, Medidor Eletromagnético, entre outros (HELLER, 2006)

Os medidores fornecem os volumes consumidos em um intervalo de tempo determinado, sendo o intervalo de hora em hora o mais comum. Há, ainda, a existência de alguns modelos de macro medidores com fornecimento de gráficos relacionando o tempo e a vazão. Estes modelos possuem dados dos coeficientes de variação de vazão, além do consumo médio per capita (TSYUTIA, 2006).

2.9.11 Micromedição (medição de volume consumido)

A micromedição corresponde ao volume consumido pelos usuários e é realizada através de equipamentos registradores denominados hidrômetros. São capazes de medir vazão nominal de 1,5 m³/h ou 3,0 m³/h.

Os hidrômetros são divididos em três classes: classe A, classe B e classe C. A classe A é a que possui menor precisão, a classe B é a mais utilizada e a classe C é a de maior precisão. Como o hidrômetro de classe C é de maior custo, em certas ocasiões ele não se torna economicamente viável, dessa forma, recomenda-se a instalação de hidrômetros classe B em residências típicas.

Segundo o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) os hidrômetros precisam ser aferidos com no máximo cinco anos de uso, pois esses instrumentos perdem a precisão devido ao desgaste do rolamento do equipamento.

Entre os indicadores operacionais de água disponibilizados pelo SNIS tem-se o índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (IN010), este é expresso em unidade percentual e possui certas informações envolvidas, como volume de água produzido, micro medido, água tratada importada, água tratada exportado e água de serviço. (PEREIRA, 2021)

Outro índice relacionado a micromedição é o consumo micromedido por economia (IN014), sua unidade é expressa em m³/mês/economia e entre as informações envolvidas estão o volume de água micromedido e a quantidade de economias ativas de água micromedidas (SNIS, 2021).

2.9.12 Conceitos analisados nos indicadores de perdas

A importância dos indicadores se dá pela sua capacidade de retratar a situação das perdas, gerenciar a evolução dos volumes perdidos, e direcionar ações de controle.

Para determinação destes indicadores são necessárias algumas informações que são obtidas no sistema, sem as quais este não pode ser definido:

- Volume disponibilizado (VD). Soma algébrica dos volumes produzido, exportado e importado, disponibilizados para distribuição no sistema de abastecimento considerado:

- Volume produzido (VP): Volume que sai da(s) ETA ou unidade(s) de tratamento simplificado em direção a distribuição;

- Volume importado (Vim): Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição, recebidos de outras áreas de serviço;

- Volume exportado (VEx): Volumes de água potável, com qualidade para pronta distribuição;

- Volume utilizado (VU). Soma dos volumes micromedidos, estimado, recuperado, operacional e especial:

- Volume micromedido (Vm): Volumes registrados nas ligações providas de medidores;

- Volume estimado (VE): Corresponde à estimativa de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários;

- Volume Recuperado (VR): Corresponde à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;

- Volume operacional (VO): Volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutora, subadutoras e distribuição);

- Volume especial (VEs): Volumes destinados para corpo de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços.

- Volume faturado (VF): Todos os volumes de água medida, presumida, estimada, contratada, mínima ou informada, faturadas pelo sistema comercial do prestador de serviços;

- Número de ligações ativas (LA): Providas ou não de hidrômetro, correspondem à quantidade de ligações que contribuem para o faturamento mensal;

- Número de ligações ativas micromedidas (Lm): Ligações ativas providas de medidores;

- Extensão parcial da rede (EP): Extensão de adutoras, subadutoras e redes de distribuição, não contabilizado os ramais prediais;

- Extensão total da rede (ET): Extensão total de adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais;
- Número de dias (ND): Quantidade de dias correspondente aos volumes trabalhados.

2.9.13 Medidas mitigadoras na perda de distribuição em sistema de abastecimento de água

Medidas mitigadoras são ações tomadas com o objetivo de minimizar ou eliminar eventos adversos que se apresentam com potencial para causar impactos ambientais adversos ao meio natural. No caso das perdas de água nos sistemas de distribuição, busca-se determinar alternativas que possam trazer benefícios tanto econômicos como ambientais.

Algumas destas medidas são:

- Instalação de macromedidores em 100% da água captada, produzida e distribuída;
- Substituição de redes em cimento amianto e ramais de ferro galvanizado por material em PEAD;
- Realização de testes de estanqueidade nas adutoras e redes novas ou já em operação;
- Vistorias periódicas e reparo em vazamentos nos reservatórios;
- Combate a fraudes, como irregularidades no hidrômetro, ligações clandestinas na rede de abastecimento, desvios de água antes do hidrômetro (by-pass), violação de ligações cortadas, entre outras;
- Troca de hidrômetros antigos por equipamentos mais novos e mais modernos;
- Controle da mínima noturna por meio de telemetria;
- Maior controle de qualidade dos materiais utilizados pela empresa;
- Combate a fraudes, como furto de água ou subleitura do hidrômetro;
- Troca da tubulação e substituição de hidrômetros;
- Instalação de macromedidores ao longo de todo o sistema, que identificam mais rapidamente se há perdas na rede.

2.10 METODOLOGIA DE PESQUISA DO INSTITUTO TRATA BRASIL PARA PERDA DE ÁGUA

O Instituto Trata Brasil é uma OSCIP - Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, formado por empresas com interesse nos avanços do saneamento básico e na proteção dos recursos hídricos do país. Através dos seus trabalhos buscam conscientizar a respeito dos recursos disponíveis de à água tratada, coleta e tratamento dos esgotos.

Atualmente, os sistemas sofrem perdas na distribuição, que na média nacional alcançam 38,45%. O Norte lidera este índice perdendo 55,53% da água potável; em seguida temos o Nordeste com 45,98%; 34,38% da água é perdida na região Sudeste; 37,14% na região Sul e Centro Oeste perde 35,67% da água potável antes de chegar às residências.

A pesquisa realizada pelo instituto é dividida em duas etapas:

- Etapa 1: Coleta e tabulação dos dados.
- Etapa 2: Preparação do Estudo de Perdas de Água com base na metodologia proposta e nos dados obtidos na Etapa 1.

A base de dados utilizada para compor o Estudo de Perdas é o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) sendo, atualmente, a base de dados mais completa no Brasil. A base de dados reúne informações de prestadores estaduais, regionais e municipais de serviços de acesso à água, coleta e tratamento de esgoto, além de resíduos sólidos.

Tendo-se em consideração a disponibilidade limitada de dados com abrangência nacional que apresentassem de maneira independente as perdas reais e aparentes, o instituto optou por utilizar índices percentuais e unitários baseados em volumes onde estão inclusos os dois tipos de perdas. Utilizou-se o índice de perdas no faturamento (IN013), o índice de perdas de faturamento total (IPFT), o índice de perdas na distribuição (IN049) e o índice de perdas por ligação (IN051). No Quadro 06, apresentam-se as principais características dos índices de perdas empregados no estudo feito pelo instituto:

Quadro 6 - Características dos índices de perdas das análises

	OBJETIVO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Índice de perdas de faturamento total (IPFT)	Avaliar, em termos percentuais, o nível da água não faturada do sistema de abastecimento	-Fornecer uma visão geral da situação das perdas do sistema levando em consideração o volume de serviços. -Apresenta uma visão sobre o que a empresa está produzindo e não consegue faturar	-As perdas são calculadas com base no volume faturado. A depender da metodologia utilizada (ex: faturamento pelo consumo estimado), pode não refletir o nível de eficiência da empresa
Índice de Perdas	Avaliar, em termos percentuais o	Apresenta uma visão	-As empresas definem o

de Faturamento (IN013)	nível da água não faturada (sem o volume de serviço)	sobre o que a empresa está produzindo e não consegue faturar	<p>volume de serviço de maneira muito diferente, logo, a comparação desse índice para pode trazer distorções.</p> <p>-As perdas são calculadas com base no volume faturado. A depender da metodologia utilizada (ex: faturamento pelo consumo estimado), pode não refletir o nível de eficiência da empresa</p>
Índice de Perdas na Distribuição (IN049)	Avaliar, em termos percentuais, o nível de perdas da água efetivamente consumida em um sistema de abastecimento de água potável	Fornecer uma aproximação útil para a análise do impacto das perdas na distribuição (físicas e aparentes), em relação ao volume produzido	<p>-As empresas definem o volume de serviço de maneira diferente, logo, a comparação desse índice pode trazer distorções</p> <p>-A comparação pode ser prejudicada pelos baixos níveis de macromedição e micromedição de algumas empresas</p>
Índice de Perdas por Ligação (IN051).	Avaliar o nível de perdas da água efetivamente consumida em termos unitários (l/dia/ligação).	Reflete a variação do nível de perdas por ligação	<p>-As empresas definem o volume de serviços de maneira diferente, logo, a comparação desse índice pode trazer distorções</p> <p>-Na medição de eficiência, a comparação entre as cidades não pode ser feita diretamente. Mantendo-se tudo constante, cidades com maior verticalização e maior consumo por habitante terão indicador</p>

			maior do que cidades menos verticalizadas e com menor consumo por habitante.
--	--	--	--

Fonte: TRATA BRASIL (2019).

2.10.1 Perdas de faturamento Indicador IN013

O primeiro indicador importante, e muito utilizado, é o Índice de Perdas de Faturamento, pois este índice é um balanço econômico que baliza as perdas pelo seu potencial retorno em capital. O Índice de Perdas de Faturamento (IN013), procura aferir a água produzida e não faturada. O indicador obedece a seguinte expressão matemática, conforme mostra equação 1:

$$IN013 = \frac{\text{Volume de água (produzido + tratado importado - de serviço)} - \text{Volume de água faturado}}{\text{Volume de água (produzido + tratado importado - de serviço)}} \quad (\text{equação 1})$$

Conforme definido pelo SNIS o volume de água produzido corresponde ao volume anual de água disponível para consumo. Já o volume de água tratado importado caracteriza o volume anual de água potável, previamente tratada em ETA. O volume de água de serviço é o valor da soma dos volumes anuais de água usados para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado. E o volume de água faturado corresponde ao volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento.

2.10.2 Perdas de faturamento total

O Índice de Perdas de Faturamento Total (IPFT), procura aferir a água produzida e não faturada. O indicador obedece a seguinte expressão matemática, conforme mostra equação 2:

$$IPFT = 1 - \frac{\text{Volume de água faturado}}{\text{Volume de água produzido} + \text{Volume de água tratado importado}} \quad (\text{equação 2})$$

Volume de água tratada importada corresponde ao volume anual de água potável, previamente tratada, recebido de outros agentes fornecedores. E o volume de água produzido é o volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada.

2.10.3 Perdas na distribuição (IPD)

O Índice de Perdas na Distribuição (IPD) é importante, principalmente, quando se quer determinar quantitativamente as perdas físicas. O Índice de Perdas na Distribuição é calculado pelo SNIS segundo a fórmula que segue, conforme mostra Equação 3:

$$IPD = \frac{\text{Volume de água (produzido+tratado importado-de serviço)} - \text{Volume de água consumido}}{\text{Volume de água (produzido+tratado importado-de serviço)}} \quad (\text{equação 3})$$

2.10.4 Perdas por ligação (IN051)

O IN051 avalia as perdas de água considerando o número de ligações ativas de água, o que confere ao indicador melhores condições de avaliar a eficiência operacional dos prestadores de serviços, uma vez que as perdas de longa duração ocorrem principalmente nos ramais de distribuição, sejam reais ou aparentes.

O Índice de Perdas por Ligação (IN051) é calculado da seguinte forma, conforme mostra equação 4:

$$IN051 = \frac{\text{Volume de água (produzido+tratado importado-de serviço)} - \text{Volume de água consumido}}{\text{Quantidade de ligações ativas de água}} * \left(\frac{1000000}{365}\right) \quad (\text{equação 4})$$

A quantidade de ligações ativas de água diz respeito à quantidade de ligações ativas de água ligadas à rede pública, providas ou não de hidrômetro, que estava em pleno funcionamento no último dia do ano de referência. No caso dessa informação, o SNIS considera a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo para cálculo deste indicador.

É necessário destacar que os três indicadores calculados não diferem o valor das perdas reais e aparentes, ou seja, não se pode afirmar que os valores divulgados se caracterizam como desperdício de água, necessariamente. Isto ocorre, pois não há equipamentos que se analisem detalhadamente de onde provém cada perda ou realizem a avaliação de vazamentos na rede, submedição em hidrômetros, fraudes, dentre outras.

2.11 SITUAÇÃO ATUAL DAS PERDAS NO SISTEMA DE SANEAMENTO ATUAL (2023)

O Indicador mais comumente utilizado para a análise geral de perdas no país, o Índice de Perdas na Distribuição tem apresentado, ano após ano, uma piora, inclusive de modo mais

incisivo nos anos recentes, evidenciando a necessidade de maiores esforços nesse sentido. Entre 2017 e 2021, houve um aumento de dois pontos percentuais no indicador. O mesmo retrocesso de perdas é visto no Índice de Perdas no Faturamento Total (IPFT) e no Índice de Perda de Faturamento (INO3), em que entre 2017 e 2021, os indicadores apresentaram uma piora de 1,7 p.p (pontos percentuais) e 0,7 p.p., respectivamente. (TRATA BRASIL, 2023)

O sistema de abastecimento brasileiro ainda apresenta grande distância da fronteira tecnológica em termos de eficiência comparado com demais países. A média nacional do IN013 – Índice de Perdas no Faturamento em 2021 foi de 40,9%, mais de 20 pontos percentuais acima da média dos países desenvolvidos, que é de 15%, e acima da média dos países em desenvolvimento, que é de 35%. (SNIS,2023)

O gráfico da figura 10 a seguir, reflete a situação atual dos indicadores de perdas no faturamento total e perdas na distribuição no Brasil ao longo dos anos.

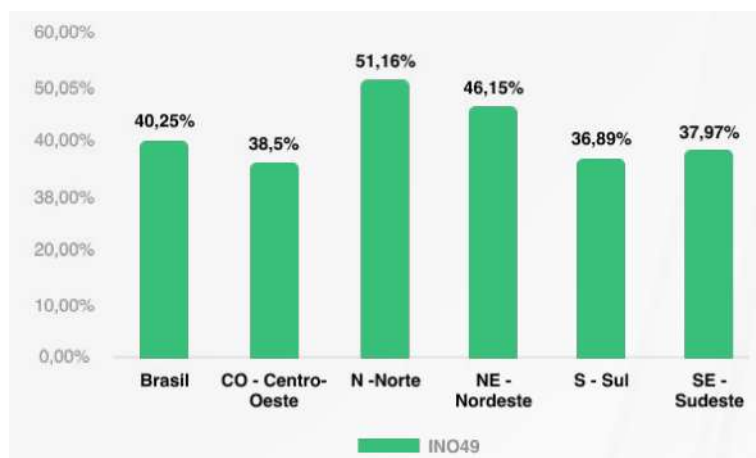
Figura 10 – Evolução das perdas no faturamento no Brasil



Fonte: SNIS (2023).

A nível regional o país se mostrou com variações bastante heterogêneas entre as suas localidades, com destaque para Norte e Nordeste que se sobressaíram quanto às perdas na distribuição, o gráfico da figura 11 a seguir demonstra esse comportamento para o ano de 2021.

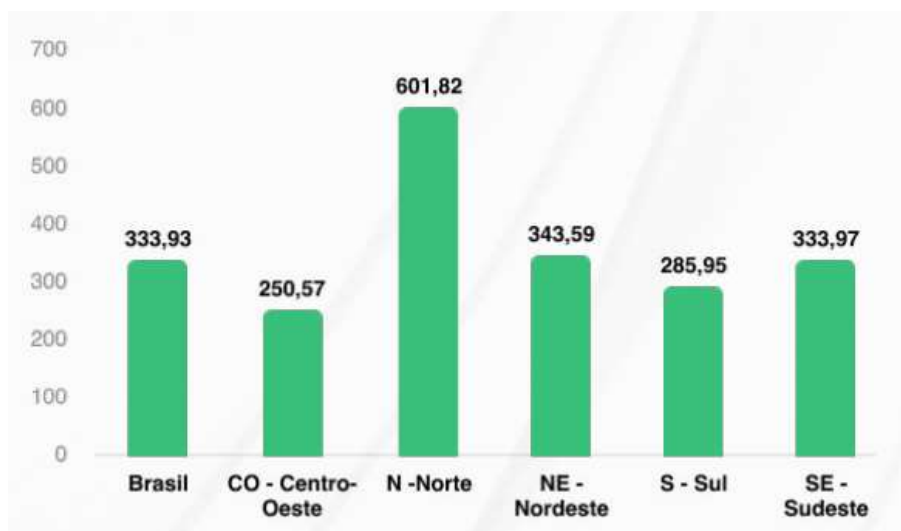
Figura 11 – Perdas Na Distribuição No Brasil Por Macrorregião Em 2021.



Fonte: SNIS (2023).

Já o gráfico da figura 12 a seguir mostra o comportamento dessas macrorregiões de acordo com a perda volumétrica para o ano de 2021.

Figure 12 – Perdas por ligação No Brasil Por Macrorregião Em 2021.

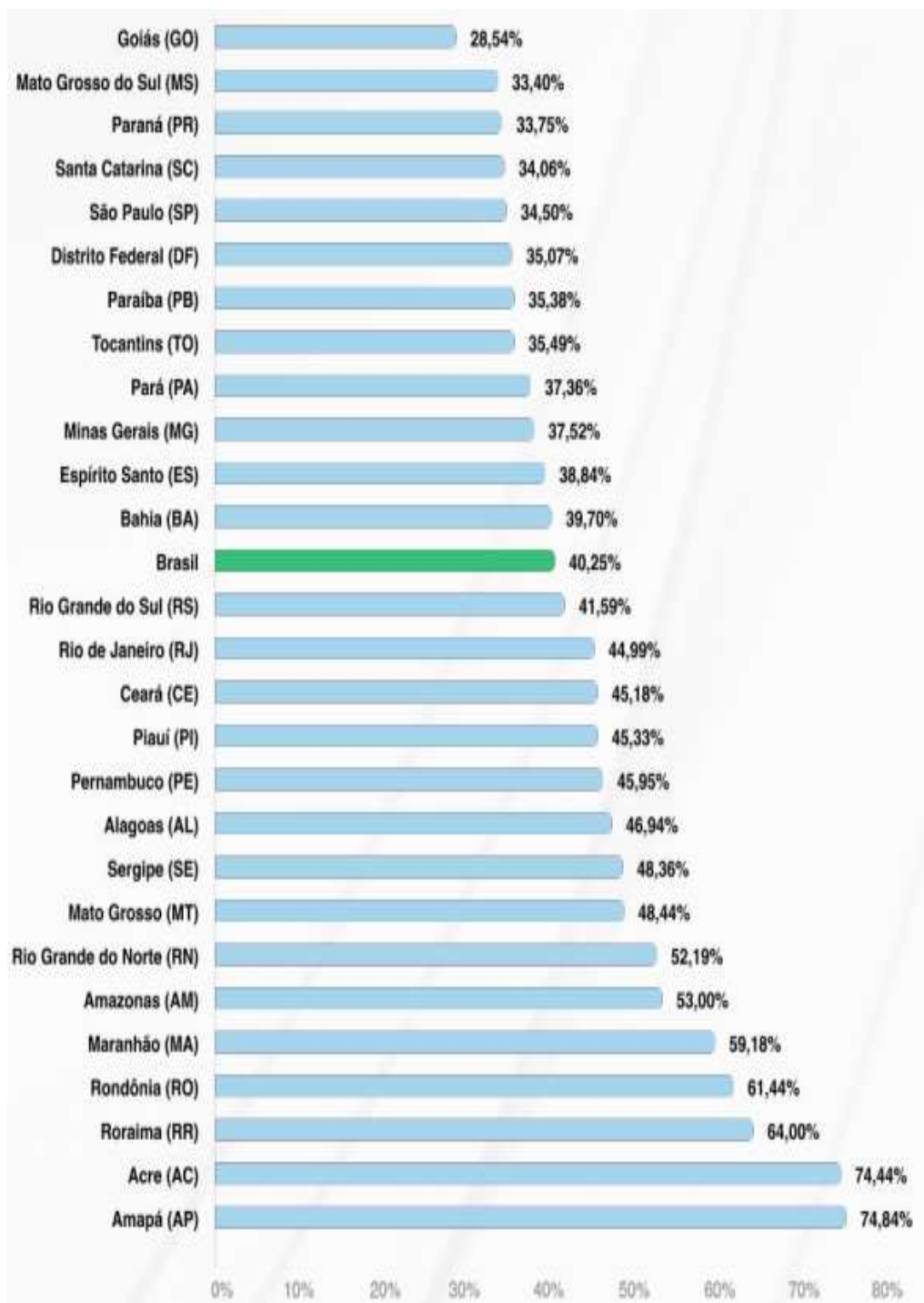


Fonte: SNIS (2023).

Observando os gráficos das figuras 11 e 12 anteriormente, é possível concluir que a região Norte e Nordeste apresentam os maiores índices em termos de perdas, equiparadamente são as que apresentam maiores índices de carências, demonstrando uma grande diferença entre os níveis de eficiência do abastecimento de água nas diversas regiões brasileiras. Além disso, essas regiões também são aquelas que possuem os piores indicadores de atendimento de água, coleta e tratamento de esgoto.

A nível estadual, o comportamento dos índices anteriores se repete, sendo os Estados da região norte e nordeste predominantemente com os maiores índices de perdas na distribuição e faturamento, como mostra o gráfico da figura 13 a seguir.

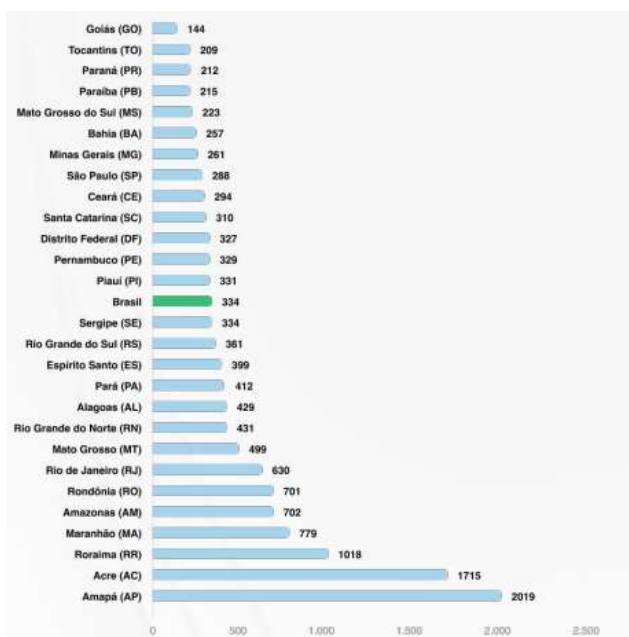
Figura 13 – Perdas na distribuição por Estado No Brasil em 2021.



Fonte: SNIS (2023).

Já o gráfico da figura 14 a seguir apresenta, os índices de perdas por ligação.

Figura 14 – Índice de Perdas volumétricas para o ano de 2021 no Brasil.



Fonte: SNIS (2023).

Para elaboração dessa pesquisa é necessário entender a relação que há entre esses dois aspectos de bastante relevância em um sistema de abastecimento, o consumo per capita e as perdas na distribuição. Quanto maiores forem as perdas na distribuição da rede de água, menor será a quantidade de água disponível para o consumo real da população. Desse modo, mesmo que haja um suprimento adequado de água tratada na estação de tratamento, as perdas ao longo do sistema de distribuição reduzirão a quantidade efetiva de água disponível para os consumidores. Isso também pode ajudar a manter o consumo per capita em níveis mais sustentáveis, uma vez que uma porcentagem maior da água tratada chegará aos consumidores.

Portanto, a relação entre perdas na distribuição e consumo per capita em uma rede de água está relacionada à eficiência do sistema de distribuição e à disponibilidade real de água potável para a população. Reduzir as perdas na distribuição é fundamental para otimizar o uso dos recursos hídricos e garantir um abastecimento adequado de água para as necessidades da comunidade.

Em resumo, a relação entre perdas na distribuição e consumo per capita em uma rede de água é uma questão complexa que envolve eficiência operacional, gestão de recursos hídricos, políticas públicas e conscientização da comunidade.

3.0 MATERIAL E MÉTODO

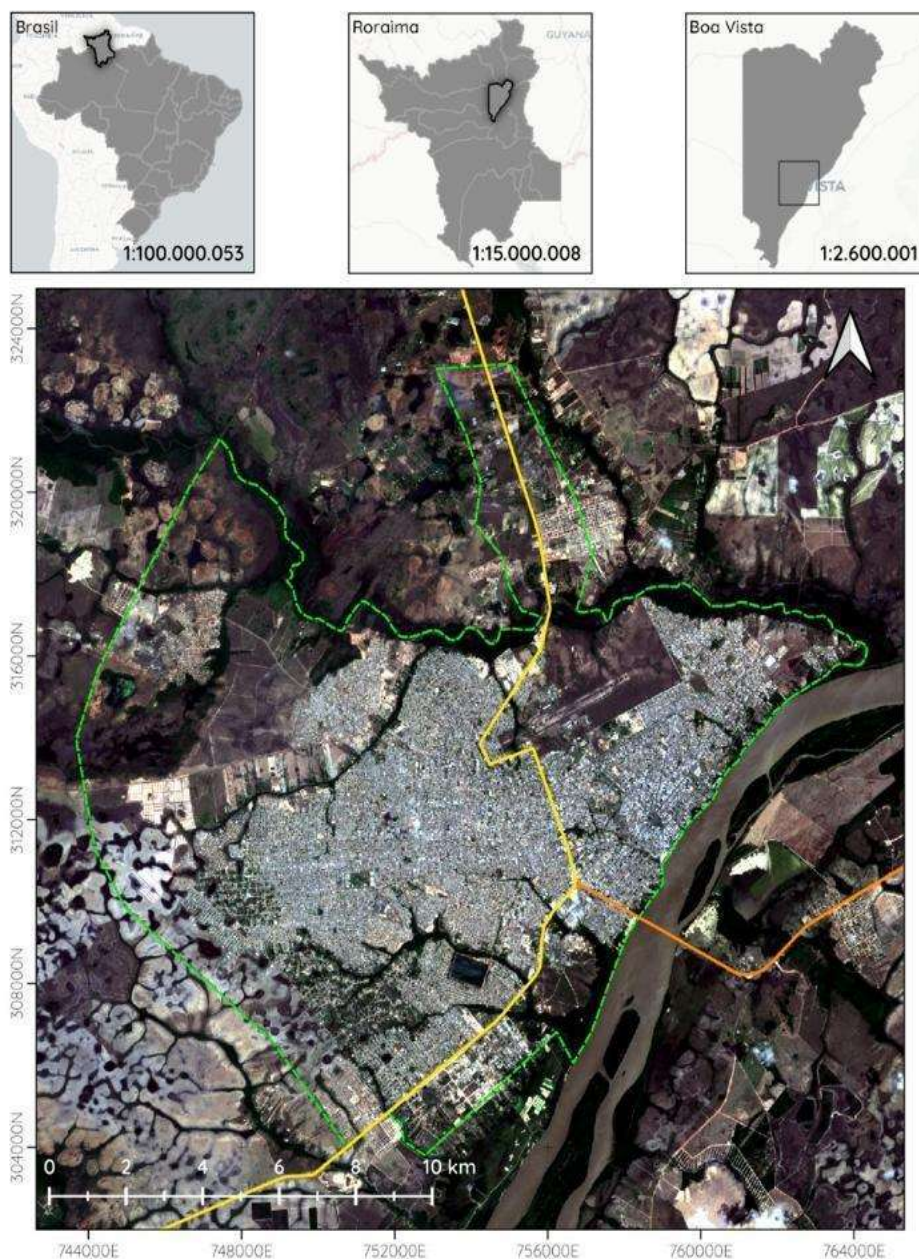
A metodologia utilizada para desenvolver este trabalho, será dividida em dois momentos. Inicialmente será determinado o consumo per capita por bairro, e suas variáveis locais e características físicas, em seguida será determinado as perdas de acordo com a metodologia do Instituto Trata Brasil no município de Boa Vista-RR.

3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1.1 – Caracterização da área da pesquisa

A pesquisa foi realizada no município de Boa Vista, sendo esta a capital mais ao norte do país. Boa Vista possui como municípios vizinhos, Normandia, Bonfim, Cantá, Mucajaí e Alto Alegre. A figura 15, apresenta um mapa com a localização da cidade.

Figura 15 – Localização do município de Boa Vista - RR



Fonte: FIM (2023).

A cidade de Boa Vista se originou da sede de uma fazenda estabelecida no local no século XIX. Em torno da sede da fazenda, chamada Boa Vista do Rio Branco, surgiu um pequeno povoado, a Freguesia de Nossa Senhora do Carmo, que durante um bom tempo foi o único povoado em toda a região do alto Rio Branco. Em 1890, o povoado foi elevado à condição de vila e em 1926 passou a ser município, adotando o nome da antiga fazenda, Boa Vista. Com a criação do Território Federal de Roraima, em 1940, a cidade foi escolhida para ser a capital. Tem uma população estimada em 436.591 habitantes (IBGE, 2021). Possui

uma extensão territorial de 5.687,03 km².

A capital mais próxima é Manaus, que fica a 864 Km de distância. É uma cidade inicialmente planejada e de fácil circulação. Em 2020, a cidade contava com 564 empresas fabris, em que desses 46,9% é de serviços industriais de utilidade pública, 42,4% de construção, 5% de alimentos, 1,1% de bebidas e 1% minerais não metálicos (PORTAL DA INDUSTRIA, 2021).

De acordo com o censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, o município possuía uma população total de 284.313 habitantes. Em 2022 o município passou para uma população total registrada de estimada em 413.486 habitantes, com densidade demográfica de 72,71 hab/km².

O IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, de acordo com a UNDP – Programa das Nações Unidas (2018) nos anos de 2021 foi de 0,752. O PIB per capita (Produto Interno Bruto) em 2019 foi de R\$26.482,05, e de R\$ 8,1 bilhões em 2018, constituindo em mais de 80% do Produto Interno Bruto do Estado.

Boa Vista está localizada na região de savanas ou lavrado, caracterizado pela baixa fertilidade natural. Boa Vista está a 76 metros acima do nível do mar e é relativamente plana, tendo apenas 10% dessa área com uma pequena inclinação. O clima caracteriza-se como tropical úmido. A referência histórica de precipitação anual em Boa Vista é de 1714,4mm de chuva. De janeiro a maio de 2023, o acumulado de precipitação foi de 755,4mm, com a maior precipitação no mês de Maio (355,5mm) e a menor precipitação em Março (5,6mm). (FEMARH, 2023)

Existem dois períodos distintos durante o ano, com duração praticamente semelhante: (1) o período úmido, compreendendo os meses de abril a setembro, e (2) o período seco, de outubro a março. (FILHO, 2020)

Seu principal manancial é o Rio Branco, considerado, de forma geral, como um rio de águas brancas, embora seus tributários possam ser classificados como rios de águas brancas, pretas ou claras, em função da sua localização. Em função do bom estado de preservação de sua bacia e da baixa densidade demográfica, a água é considerada de qualidade ótima. Possui trechos de corredeiras, próximo a Caracarái e encachoeirados localizados em seus afluentes, como no rio Cotingo, na porção setentrional da bacia e no rio Mucajaí (EPE, 2010).

Criada em 04 de março de 1969, a Companhia de Águas e Esgotos de Roraima (CAER) é a responsável pela gestão do sistema de água e esgoto de todos os 15 municípios,

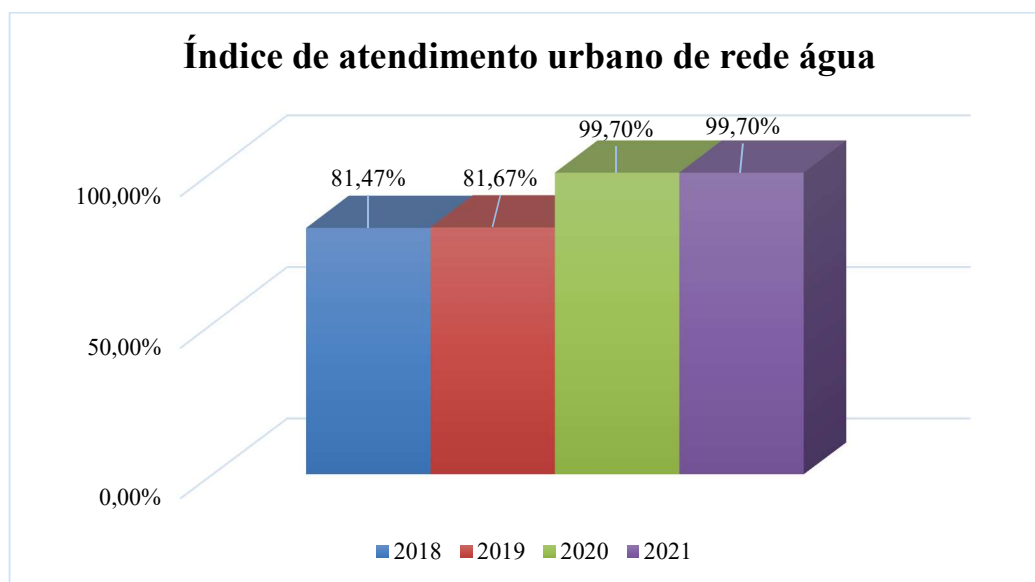
com sua sede localizada em Boa Vista.

Segundo dados da CAER (2023), Boa Vista/RR, apresenta um índice de atendimento de água tratada (distribuição) de 99,70%. O sistema de abastecimento de água é do tipo: superficial e subterrâneo, atendendo a quase toda a demanda da capital. A ETA do município de Boa Vista é do tipo convencional (principal) e simplificada na periferia (uso de poços tubulares).

Serão implantados no sistema de abastecimento, reservatórios, subestações, casa de químicas com laboratórios e 76.216 mil metros de rede de distribuição de água potável, além de 5.672 ligações domiciliares, que beneficiarão cerca de 22 mil pessoas, nos bairros João De Barro, Pedra Pintada, Nova Vida e Jardim Das Copaibas. (GOVERNO DE RORAIMA, 2023)

A figura 16 a seguir mostra o comportamento e evolução do índice de atendimento urbano de água do estado de Roraima nos últimos 4 anos, divulgado pelo Instituto Trata Brasil.

Figura 16 – Comportamento do índice de atendimento urbano de rede de água para o Estado de Roraima.



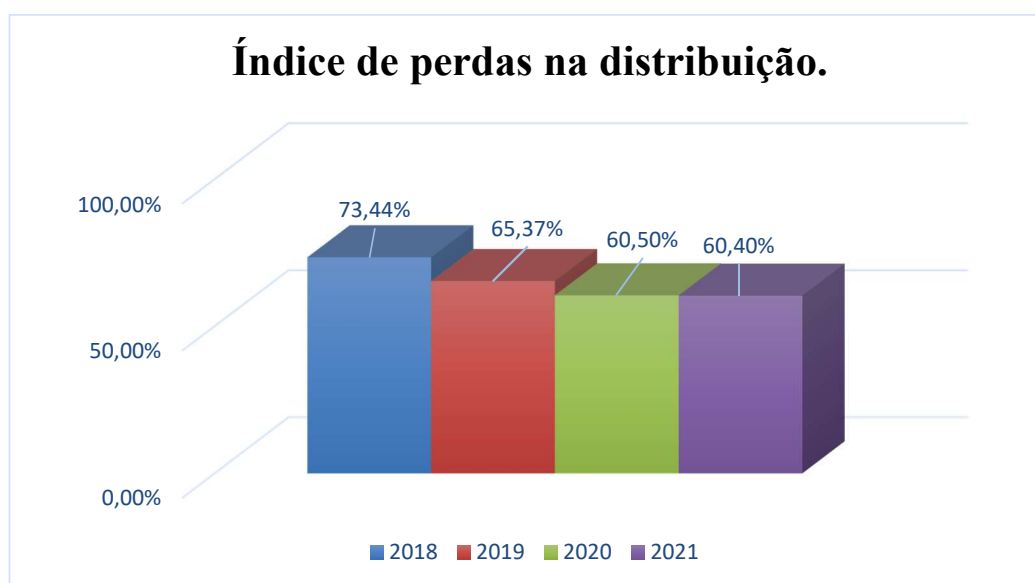
Fonte: AUTORA (2023).

É possível observar que os índices nos anos de 2020 e 2021 permaneceram iguais, um dos fatores que podem ter acarretados a isso, foi a pandemia ocorrida pela Covid-19, onde todas as obras de ampliação da rede foram interrompidas, do mesmo modo, se deve à

falta de informações fidedignas que se tornaram dificultosas de serem coletadas nesse período. Em contrapartida, temos que a melhora quanto a cobertura de atendimento em relação ao ano de 2018 foi bastante expressiva.

Do mesmo modo a figura 17 abaixo mostra o comportamento do índice de perdas na distribuição para os mesmos anos.

Figura 17 - Comportamento do índice de perdas na distribuição da rede de água para o Estado de Roraima



Fonte: AUTORA (2023).

No índice de perdas na distribuição é notável uma significativa melhora quando a gestão de perdas. Entende-se que com as novas medidas realizadas pela concessionária local, tal percentual tende a se reduzir ainda mais. Assim como no índice de atendimento, é notável uma certa estagnação nos índices de perdas referente aos anos de 2019 e 2020.

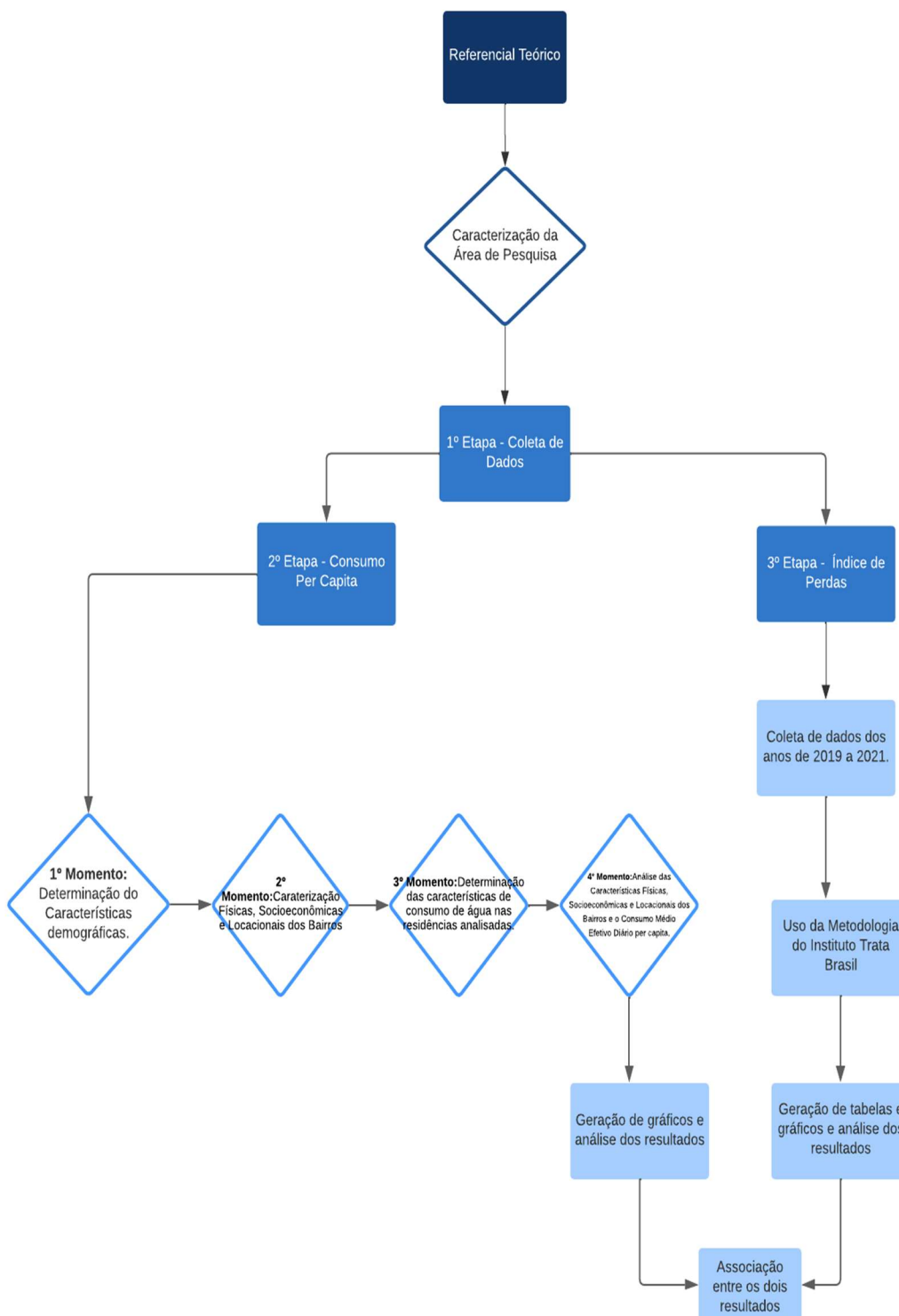
3.1.2 Delimitação e etapas da pesquisa

Os materiais utilizados em todas as etapas foram cedidos pela equipe responsável pela elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Roraima/RR e dados cedidos pela Companhia de Água e Esgoto de Roraima - CAER, em 2019 e 2020, no período pré e durante a pandemia da Covid-19.

Para as perdas, os dados foram extraídos do Sistema Nacional de Informação de Saneamento – SNIS, para os anos de 2019 a 2021, assim como algumas informações foram extraídas da própria Companhia de Água e Esgotos de Roraima.

3.1.3 Fluxograma da pesquisa

Figura 18 - Fluxograma da pesquisa



Fonte: AUTORA (2020).

A pesquisa será realizada em três etapas básicas, sendo elas:

1ª ETAPA – Pesquisa Bibliográfica: Revisão de Literatura e Coleta de dados fornecidos pela Equipe Técnica de Saneamento Básico de Roraima – PMSB (2020) e Companhia de Água e Esgoto de Roraima – CAER.

Os estudos bibliográficos foram necessários, para construção do referencial teórico e a partir deste ponto, o traçado do delineamento da pesquisa proposta. Atendido essa primeira parte, deu-se sequência análises do material fornecido, para assim traçar o sequenciamento das etapas seguintes da pesquisa proposta, tendo como principal objetivo, obter dados necessários para as análises dos resultados que a pesquisa propõe atender, sendo eles: identificar o consumo per capita e a perda na distribuição de água para o município de Boa Vista/RR.

As análises do material serão compreendidas para a determinação da perda na distribuição de água de 2019 a 2021 e para a determinação do consumo per capita durante o ano de 2019 e 2020 - compreendendo 5 ligações distintas residenciais em 49 bairros analisados no município de Boa Vista, onde haja o consumo mensal registrado nos dois anos, a fim de verificar a diferença no comportamento de consumo em um período anterior à pandemia e durante a pandemia.

Para a determinação do consumo Per Capita a Companhia de Água e Esgoto de Roraima – CAER fornecerá os consumos mensais de todos os meses dos anos de 2019 e 2020, das 5 residências escolhidas arbitrariamente em cada bairro. A intenção de se utilizar somente 5 unidades como amostra, é devido à complexidade de se utilizar um número maior de unidades, e devido a distribuição uniforme das residências escolhidas permite obter uma amostra satisfatória dos pontos de estudo. Nem todos os bairros do município de Boa Vista foram utilizados como amostra, pois alguns foram hidrometados posteriormente a este período, ou não possuíam o consumo real aplicados na tarifa de consumo, desse modo, dos 56 bairros registrados para o ano de 2020, somente 49 unidades foram utilizados na pesquisa. Os bairros descartados da amostra foram: Governador Aquilino Mota Duarte, Marechal Rondon, Pedra Pintada, Laura Moreira, João de Barro, Murilo Teixeira e Said Salomão.

Para determinação dos índices de perdas para o município de Boa Vista, utilizou-se a metodologia do Instituto Trata Brasil, explicitada no referencial teórico. Para utilização do método, a Companhia de Água e Esgoto de Roraima - CAER, forneceu informações dos volumes consumidos, faturados, produzidos, importados e de serviços para os anos de 2019 a 2021, da região urbana de Boa Vista.

2ª ETAPA: Determinação do consumo per capita

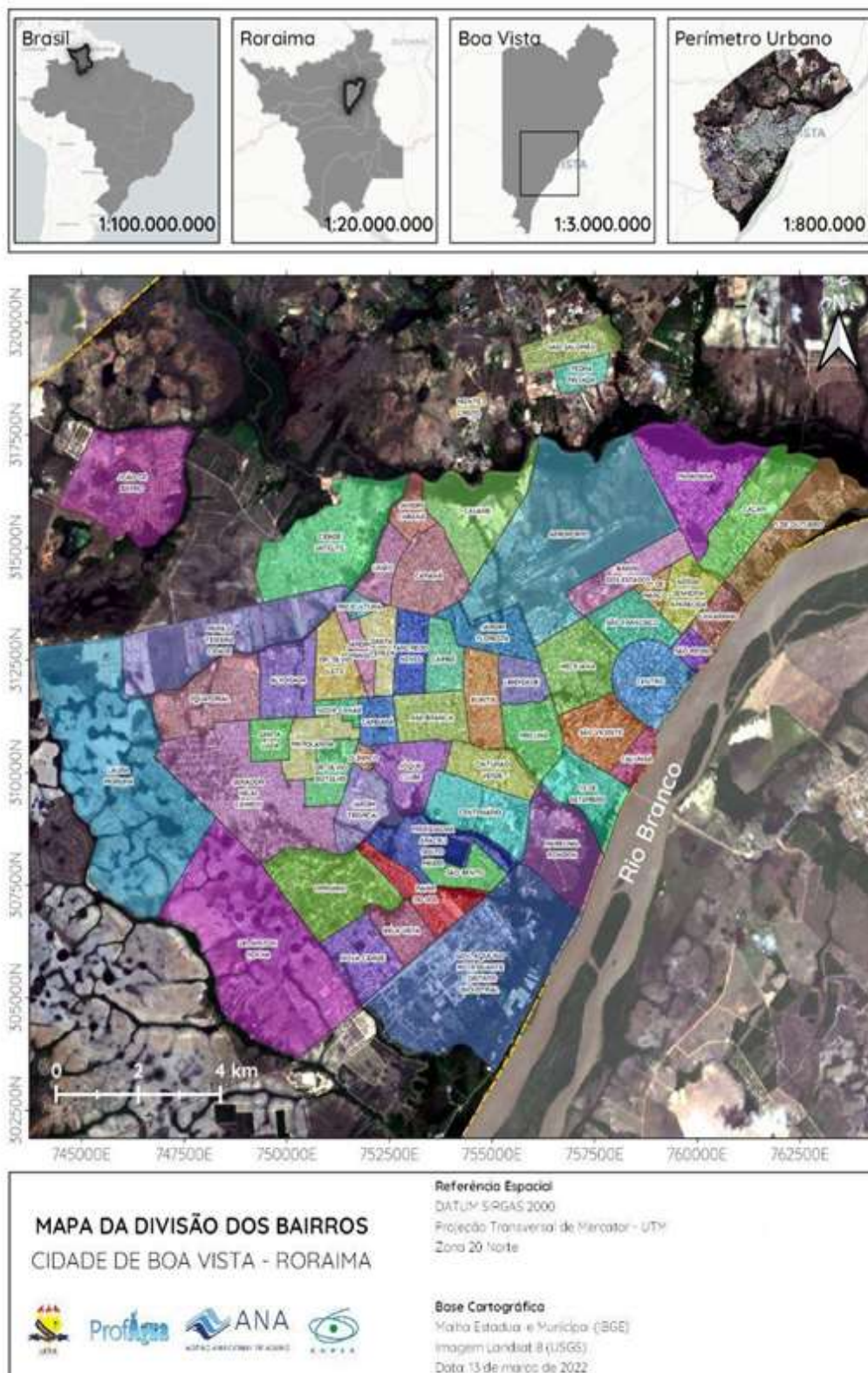
O emprego de um método científico para a determinação de cotas *per capita* de água é fundamental para fornecer confiabilidade aos dados, garantir a reprodutibilidade nas pesquisas e medições, minimizando a grande variabilidade existente atualmente, além de possibilitar a comparação dos resultados de diferentes pesquisas, levando a volumes de consumo mais reais e regionalizados. O método deve ser simples, fácil de ser executado e apresentar custo acessível, sem com isso perder precisão. A escolha de métodos de previsão de demanda baseia-se na disponibilidade de dados confiáveis e depende da finalidade específica a que se destinam seus resultados (Silva e Rocha, 1999).

A metodologia utilizada foi baseada na pesquisa de GASPAR, 2019, sendo adaptada para a realidade do município de Boa Vista/RR. Para a determinação do consumo per capita, o procedimento avaliativo obedeceu aos seguintes momentos:

1º Momento: Determinação das características demográficas dos bairros:

De acordo com o IBGE (2010), a área urbana de Boa Vista possui 56 bairros, dispostos na Figura 19 apresentada.

Figura 19 - Planta baixa da cidade de Boa Vista com delimitação dos bairros.



Fonte: AUTORA (2023).

O 1º momento compõe-se das seguintes etapas e captura de informações:

- Preenchimento da planilha com os seguintes dados obtidos pelo Censo IBGE 2010 para os bairros do município de Boa Vista: população de 2010, densidade demográfica de 2010, média de moradores por edificação e renda média domiciliar (R\$/mês);
- Obtenção da taxa de crescimento populacional por meio da projeção geométrica para os anos de 2019 e 2020, utilizando como referência a população estimada pelo Censo IBGE 2010. Aplicou-se o critério de isodensidade, ou seja, a taxa de crescimento observada para a população urbana do município foi aplicada individualmente para cada bairro. Com a população conhecida de dois anos distintos, estima-se a taxa de crescimento geométrico resultante da amostra calculada pela equação abaixo:

$$tx = \left(\frac{Pi}{Pf} \right)^{\frac{1}{Af-Ai}} - 1 \quad (\text{equação 5})$$

Onde Pi = População inicial; Pf = População final; Af = ano final e Ai = ano inicial.

$$P = Pi * (1 + tx)^{Af-Ai} \quad (\text{equação 6})$$

- Obtenção da área urbana ocupada por cada um dos bairros da amostra. A área referente a cada bairro, foi obtida por meio do software QGIS, onde utilizou-se as delimitações definidas pelo IBGE(2010), e obteve – se a respectiva área;
- Obtenção das densidades populacionais dos bairros para os anos de 2019 e 2020.

A Renda Média Domiciliar (RMD) é o valor do rendimento nominal mediano mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade, total segundo os bairros analisados dos municípios.

Para fim de simplificação dos cálculos considera-se que a média de moradores por residência não se alterou conforme os anos, concluindo que o responsável pelo aumento da população no bairro, seja a quantidade de edificações residências unifamiliares e multifamiliares.

2º Momento: Caracterização Físicas, Socioeconômicas e Locacionais dos Bairros:

Para avaliar as características Físicas, Socioeconômicas e Locacionais dos bairros inicialmente determinou-se alguns componentes.

1 – Número de lotes: obtida por meio das ligações cadastradas na Companhia de água e Esgoto de Roraima (CAER);

2 – Número de ligações Ativas (NLA): obtida por meio da CAER, através do levantamento das de edificações que produzissem um consumo mensal acima de $0 \frac{m^3}{mês}$

3 -VUP:Com a Planta Genérica de Valores – PGV, do município de Boa Vista -RR, determinou-se, bem como o valor venal estabelecido para cada empreendimento.

Entende-se que o valor venal é uma estimativa que o Poder Público realiza sobre o preço de determinados bens, sendo que sua principal finalidade é servir como base de cálculo de certos impostos e, em alguns casos, de emolumentos judiciais e/ou administrativos. Para sua quantificação são utilizados critérios objetivos estabelecidos em lei que variam segundo o tempo e o lugar em que o bem se encontra, e segundo o seu gênero e espécie. Assim, para cada bairro analisado, foram determinados os VUP correspondentes. (GARÇA, 2019)

Como conclusão desse momento, elaborou-se uma tabela com a reunião desses dados, a fim de analisar melhor o comportamento de cada um dos 49 bairros quanto às suas características.

3º Momento: Determinação do perfil do consumo de água nas residências analisadas.

Os dados referentes ao abastecimento de água da cidade bem como os volumes micro e macro medidos de cada bairro foram obtidos com a Companhia De Água E Esgotos De Roraima e no Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS).

Para a determinação do consumo per capita de cada bairro, os procedimentos para obtenção dos dados obedeceram a sazonalidade (inverno e verão), compreendidos para o ano de 2019 e 2020. Os dados referentes ao consumo por cada ligação, foram fornecidos pela CAER, correspondendo a 12 medições/ligação por ano, o que equivale a uma medição mensal de 30 dias/ligação.

Em cada bairro foram escolhidos 05 (ligações residenciais) com localizações distintas. As residências ficarão no anonimato, pelo sigilo dos dados da pesquisa.

Para cada ligação escolhida aleatoriamente, com ajuda da ferramenta Google Earth, e dos dados fornecidos pela Companhia de Água e Esgotos de Roraima, foram obtidas o consumo médio mensal de cada uma das residências escolhidas, no ano de 2019 e 2020 para todos os meses do ano. Com isso, foi possível determinar se houve diferença no comportamento do consumo per capita, frente a realidade da pandemia em 2020, comparado ao ano anterior de 2019.

Para análise dos dados de consumo de água total por residência (morador) e consumo *per capita* foram utilizadas medidas de estatística descritiva (média aritmética,

desvio padrão, coeficiente de variabilidade), além de exibir os dados utilizando os gráficos e histogramas de frequência.

Para a obtenção do consumo *per capita* foi utilizada a seguinte equação:

$$qe = \frac{CM*1000}{30*N} \quad (\text{equação 7})$$

Em que q é o consumo *per capita*, L/hab.dia; CM é o consumo médio com base nos registros do hidrômetro das residências (moradores), em $m^3/mês$; e N , é o número médio de habitantes por edificação ocupada.

Para avaliar as características socioeconômicas e das demais variáveis locais com o consumo efetivo encontrado para cada bairro, partiu-se para as seguintes etapas.

4º Momento: Análise das Características Físicas, Socioeconômicas e Locacionais dos Bairros e o Consumo Médio Efetivo Diário per capita.

A análise das características físicas, socioeconômicas e locais dos bairros e o consumo efetivo médio diário per capita foi feito a partir de correlações lineares entre as variáveis (qe) consumo efetivo médio diário per capita somente para o ano de 2020, (NLA) número de ligações ativas, (VUP) o valor unitário padrão praticado na PGV, e a renda média domiciliar (RMD), em seguida realizando a análise dos gráficos de dispersão e cálculo de uma regressão linear simples por meio do Software JAMOVI.

Para determinação da regressão linear simples, temos como variáveis independentes (NLA) número de ligações ativas, (VUP) o valor unitário padrão praticado na PGV, e a renda média domiciliar (RMD). Para a variável independente temos o consumo per capita.

Segundo Stevenson (1986), “A correlação mede a força, ou grau, de relacionamento entre duas variáveis; a regressão dá uma equação que descreve o relacionamento em termos matemáticos.” Ainda segundo o autor, a regressão compreende a análise de dados amostrais para saber se e como duas ou mais variáveis estão relacionadas entre si em uma população, tendo como resultado uma equação matemática que descreve o relacionamento. (GARÇA, 2019)

Alguns parâmetros devem ser observados após a regressão. O parâmetro R^2 ajustado exibe o coeficiente de determinação múltipla, que é uma medida do grau de ajustamento da equação de regressão múltipla aos dados amostrais. Um ajuste perfeito resulta em $R^2 = 1$, um ajuste muito bom acarreta um valor próximo de 1 e um ajuste fraco ocasiona um valor de R^2 próximo de zero. O coeficiente múltiplo de determinação de R^2 é

uma medida de aderência da equação de regressão aos dados amostrais. O coeficiente de determinação ajustado é o coeficiente múltiplo de determinação R^2 modificado de modo a levar em conta o número de variáveis e o tamanho da amostra. O coeficiente de determinação ou de explicação R^2 , mede a parcela da variação de Y explicada pela variação dos X. (GARÇA, 2019)

A estatística F, é utilizada para testar o efeito conjunto das variáveis independentes sobre a dependente, ou seja, serve para verificar se, pelo menos, um dos X explica a variação do Y. Para $p < 0,005$, demonstra que pelo menos umas das variáveis independentes associam sua variação à variável dependente.

3.1.4 Tratamento estatísticos dos dados.

Os dados encontrados nas etapas da pesquisa proposta, foram analisados através de gráficos e tabelas geradas pelo Microsoft Excel, aliado ao tratamento estatístico mostrando a correlação e o comportamento de cada parâmetro analisado por meio do Software JAMOVI. Em conjunto temos a reunião de Dados geográficos por meio software QGIS.

3º ETAPA: Determinação dos índices de perdas na distribuição no município de Boa Vista – RR.

Para determinação dos índices de perdas utilizando a metodologia do Instituto Trata Brasil, obteve-se os volumes requeridos para a aplicação dos cálculos. Sendo estes valores fornecidos pela Companhia de Água e Esgoto de Roraima - CAER, compreendendo os anos de 2019 a 2021. O quadro 7 traz informações sobre o município de Boa Vista quanto ao abastecimento de água.

Quadro 7 - Informações básicas para determinação dos consumos per capita no município de Boa Vista.

Município	Localização pesquisa	Tipo de manancial usado	Local manancial (SAA)	Gestão responsável	Fluxo no fornecimento do SAA
Boa Vista	Sede	Superficial + Subterrâneo	Rio Branco /Poços Tubulares profundos	CAER	Contínuo

Legenda: SAA – Sistema de Abastecimento de Água

Fonte: AUTORA,(2022).

Boa Vista possui atualmente somente um manancial superficial que serve para captação da Companhia de Água e Esgotos de Roraima. Em média o volume captado no manancial superficial encontra-se em 78.175 m³ por dia. Todos os bairros da Capital são atendidos pela captação do manancial superficial com exceção dos bairros Pedra pintada, Said Salomão e Monte Cristo, onde as obras de conexão com a rede tornaram-se economicamente inviáveis.

O processo realizado na estação e tratamento de água localizada no bairro São Pedro é do tipo convencional e é dividido em três estações, chamadas respectivamente de ETA 1, 2 e 3.

A figura 20 abaixo demonstra o modelo de captação realizada no Rio Branco, no bairro São Pedro.

Figura 20 – Captação do bairro São Pedro.



Fonte: AUTORA (2023).

Para complementar o fornecimento de água nos bairros da Capital de Boa Vista, utiliza-se de captação de mananciais subterrâneos. Atualmente a capital conta com 97 poços distribuídos nos bairros da capital. A vazão média de água fornecidas por eles, encontra-se em torno de 54m³/h, podendo variar nos períodos de inverno e verão. Um dos maiores problemas encontrado é a gestão de funcionamento desses poços. Quando ocorre falha no funcionamento dos equipamentos, é necessário um interropimento por um certo período, no

fornecimento de água, já que na maioria desses poços não conta com dispositivo de reservação.

Após coletado os dados referentes aos volumes produzidos, de serviço, importados e faturados na Companhia de Água e Esgotos de Roraima, foi utilizado as equações 1,2 e 3, para determinar os índices referente a metodologia do Instituto Trata Brasil.

Em seguida, foi realizado a análise estatística dos respectivos índices por meio de gráficos, assim como a determinação do desvio padrão e a média, para analisar o comportamento destes índices ao longo dos 3 anos.

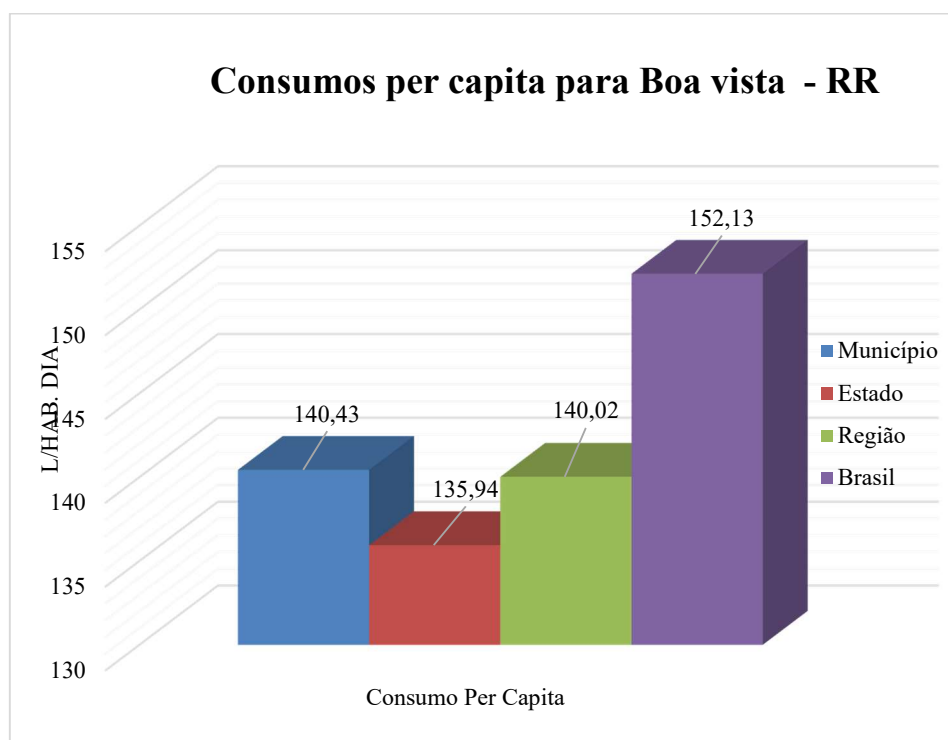
4.0 RESULTADOS

4.1 CONSUMO DE ÁGUA PARA O MUNICÍPIO DE BOA VISTA/RR.

O consumo per capita de água é uma informação importante para as projeções de demanda, para o dimensionamento de sistemas de água e de esgotos e para o controle operacional. Ações relativamente simples para a redução do consumo per capita consistem, por exemplo, em sensibilização da população, incentivos para instalação de dispositivos sanitários de baixo consumo, hidrometação individualizada em condomínios, adequação de tarifas que penalizam consumos excessivos, entre outros.

A Companhia de Águas e Esgotos de Roraima (CAER) é responsável pelo abastecimento de água e coleta de esgotos no Estado. Atualmente, ela atende 15 municípios do Estado de Roraima. A água de rede geral é tratada de três formas: convencional, não convencional e simples desinfecção (cloração). Uma vez por mês a água é analisada quanto às condições bacteriológicas, físico-organoléptica e a presença de substâncias químicas. O Consumo per capita de água para o município de Boa Vista é de 140,43 L/hab.dia (SNIS, 2021), superior ao consumo per capita encontrado para o Estado em que se encontra. A figura 21 a seguir mostra uma análise referente ao consumo per capita do município em comparação com o estado, região e país.

Figura 21 – Consumo Per capita do município de Boa Vista/RR para o ano de 2021.



Fonte: Adaptado de SNIS (2021).

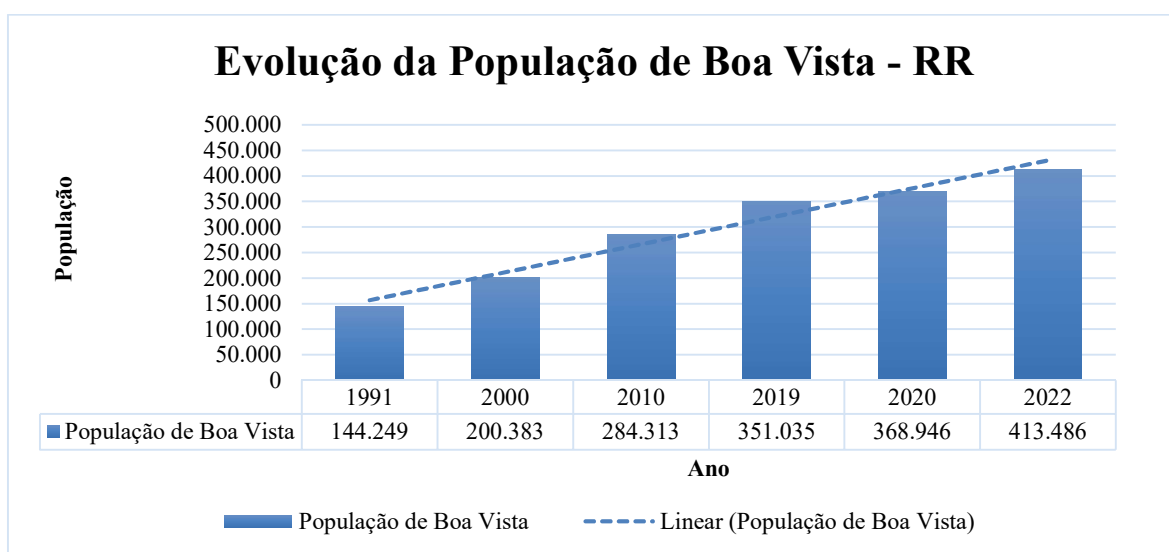
O gráfico da figura 21 obteve suas informações retiradas do SNIS 2021, e mostra uma análise mais acentuada do consumo per capita atribuída ao município de Boa Vista e sua região.

Segundo a Organização Das Nações Unidas (ONU), a quantidade ideal de consumo para uma pessoa é de 110 L/hab.dia, para uma cidade com mais de 250.000 habitantes. Para cada município foram analisados os consumos per capita de acordo com as estações mais predominantes no estado, sendo janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro representando o consumo no verão, e os meses de abril a agosto representando o consumo no inverno.

4.2 EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO URBANA

O Gráfico da figura 22 a seguir apresenta a evolução das populações presentes na capital de Boa Vista – RR, obtidas por dados censitários (1991, 2000 e 2010) e por projeções realizadas pelo IBGE (2019 e 2020), baseada na taxa de evolução de acordo com a população registrada no ano de 2022.

Figura 22 – Evolução da população do Município de Boa Vista - RR.



Fonte: Adaptado de IBGE (2022).

A tabela 3 apresenta as taxas de evolução da população do município de Boa Vista (RR).

Tabela 3 - Taxa geométrica da evolução populacional de Boa Vista - RR.

População de Boa Vista	Ano	i
144.249	1991	3,72%
200.383	2000	
284.313	2010	3,56%
351.035	2019	2,37%
368.946	2020	2,64%
413.486	2022	3,17%

Fonte: Adaptado de IBGE 2022.

Observando os dados apresentados na tabela 3 é possível observar que a população total do município de Boa Vista estava tendendo para o decréscimo da taxa de crescimento populacional, mas o cenário foi revertido devido à crescente migração venezuelana com seu auge nos anos de 2017 a 2018.

Nesse período, o sistema de fiscalização migratória não registrava rigidamente a entrada dos imigrantes, desse modo não foi possível estimar com exatidão o fluxo de pessoas que adentraram o país, ademais muitos deles utilizarão o estado de Roraima apenas como ponte para se inserir nos demais estados do País.

De acordo com a situação atual, até o presente momento o Censo demográfico do IBGE 2022, informou somente a população geral por município, a população presente em cada bairro não foi apresentada. Desse modo, para a estimativa populacional dos anos de 2019 e 2020, utilizou-se a taxa de crescimento geométrico de Boa Vista/RR igual para todos os bairros analisados. As informações exatas quanto à estimativa da população no ano de 2022 só serão possíveis após a finalização do Censo 2022, ao qual até esse momento não ocorreu.

4.3 CONSUMO PER CAPITA POR BAIRRO E DETERMINAÇÃO DO CONSUMO PER CAPITA REAL PARA O MUNICÍPIO DE BOA VISTA.

Utilizando a metodologia descrita no tópico 4 deste trabalho, estimou-se o consumo per capita para os bairros presentes na amostra do município de Boa Vista.

4.3.1 – Caracterização dos Bairros analisados.

A partir dos setores censitários estabelecidos pelo IBGE, registrou-se os valores referentes a população e a renda média domiciliar para o ano de 2010, obtendo-se uma densidade média populacional para cada bairro do município.

Os dados obtidos das etapas realizadas no 1º momento estão dispostos na tabela 4 a seguir.

Ressalta-se que os bairros Governador Aquilino Mota Duarte, Marechal Rondon, Pedra Pintada, Laura Moreira, João de Barro Murilo Teixeira, Dr. Ayrton Rocha (Pérola) e Said Salomão, foram excluídos da amostra por não possuírem população suficiente para caracterização do estudo, ou por não estarem hidrometados com consumo real nos anos da amostra.

A tabela 4 a seguir mostra informações características de cada bairro estudado.

Tabela 4 – Bairros de Boa Vista divididos por zonas e características demográficas.

Bairro	PoP censo - 2010	Densidade demográfica - 2010 (hab/km ²)	Área (km ²)	Pop estimada 2019	Pop estimada 2020	Densidade demográfica - 2019 (hab/km ²)	Densidade demográfica - 2020 (hab/km ²)	Média de moradores por edificação ocupada -	RMD (Renda Média Domiciliar) R\$/mês - 2010
ZONA NORTE									
Centro	5.140	1366,55	3,76	6.346	6.670	2341,79	2461,28	2,42	1.200,00
31 de Março	1.631	3160,2	0,52	2.014	2.117	4377,74	4601,11	2,83	1.000,00
Aeroporto	3.348	23719	0,14	4.134	4.345	330,43	347,29	3,06	755,00
Aparecida	4.860	2915,12	1,67	6.001	6.307	3921,92	4122,03	2,70	1.400,00
Estados	4.639	2259,69	2,05	5.728	6.020	2789,99	2932,35	3,37	1.000,00
Paraviana	5.443	987,34	5,51	6.720	7.063	1374,31	1444,43	3,07	2.382,00
São Francisco	3.992	2148,7	1,86	4.929	5.180	2899,32	3047,25	2,86	1.500,00
ZONA SUL									
13 de Setembro	4643	991,87	4,68	5.733	6.025	2536,56	2665,98	2,90	600,00
Calungá	2236	1388,75	1,61	2.761	2.902	3632,56	3817,90	3,33	700,00
São Vicente	6222	2451,37	2,54	7.682	8.074	3384,22	3556,89	2,95	830,00
ZONA LESTE									
Caçari	3254	884,49	3,68	4.018	4.223	1185,15	1245,62	3,16	3000,00

Canarinho	710	453,2	1,57	877	921	306,51	322,15	3,22	2000,00
São Pedro	985	1172,61	0,84	1.216	1.278	2133,61	2242,48	2,96	1500,00
05 de Outubro	1542	328,69	4,69	1.904	2.001	510,42	536,47	2,88	2500,00
ZONA OESTE									
Asa Branca	5256	4449,45	1,18	6.489	6.821	3451,85	3627,97	3,21	600,00
Alvorada	7914	2279,04	3,47	9.771	10.270	4266,92	4484,63	3,53	510,00
Professora Araceli Souto Maior	4102	3144,28	1,3	5.065	5.323	1933,07	2031,71	3,35	510,00
Bela Vista	3084	4543,45	0,68	3.808	4.002	2929,04	3078,49	3,28	510,00
Buritis	9305	4775,82	1,95	11.489	12.075	6210,11	6526,96	3,21	700,00
Caimbé	7447	5181,34	1,44	9.195	9.664	7018,82	7376,94	3,22	800,00
Cambará	9488	3131,83	3,03	11.715	12.312	12331,2	12960,37	3,21	690,00
Caraná	9931	3381,69	2,94	12.262	12.887	4644,55	4881,52	3,27	700,00
Cauamé	7480	1776,57	4,21	9.235	9.707	2449,71	2574,70	3,5	600,00
Centenário	5497	1863,34	2,95	6.787	7.133	226,37	237,92	3,21	700,00
Cinturão Verde	5907	2917,97	2,02	7.293	7.665	4051,81	4258,54	3,18	1000,00
Jardim Caraná	5594	1330,95	4,2	4.315	4.535	4495,01	4724,35	3,56	510,00

Jardim Equatorial	10010	2266,44	4,42	6.907	7.259	1996,18	2098,04	3,19	510,00
Senador Hélio Campos	3495	3410,38	1,02	4.315	12.990	1755,56	1845,13	3,27	510,00
Jardim Primavera	6186	7015,08	0,88	6.907	8.027	9547,16	10034,28	3,61	510,00
Jardim Floresta	4546	2258,03	2,01	7.638	8.027	3118,25	3277,35	2,89	1000,00
Jardim Tropical	2073	1176,65	1,76	5.613	5.899	1299,23	1365,52	3,31	510,00
Jóquei Clube	6515	2558,42	2,55	2.559	2.690	3794,31	3987,91	3,42	700,00
Liberdade	6199	4994,42	1,24	8.044	8.454	6833,73	7182,41	2,88	800,00
Mecejana	6134	1953,22	3,14	7.654	8.044	2657,38	2792,96	2,79	1500,00
Nova Canaã	6007	5050,18	1,19	7.574	7.960	16123,31	16945,96	3,38	510,00
Nova Cidade	5708	2026,58	2,82	7.417	7.795	3308,71	3477,53	3,59	510,00
Operário	2521	390,6	6,45	7.048	7.407	746,43	784,52	3,19	510,00
Pintolândia	10990	5926,27	1,85	3.113	3.271	9168,33	9636,12	3,55	510,00
Piscicultura	1471	3724,63	0,39	13.569	14.261	5045,04	5302,45	3,72	1200,00
Pricumã	7051	3276,34	2,15	1.816	1.909	4510,74	4740,89	3,16	510,00

Raiar do Sol	5863	2688,04	2,18	8.706	9.150	3750,74	3942,11	3,38	510,00
Doutor Silvio Botelho	7188	4775,72	1,51	7.239	7.608	5896,48	6197,34	3,6	510,00
Doutor Silvio Leite	8849	4775,08	1,85	8.875	9.328	6542,32	6876,13	3,5	510,00
Santa Luzia	8777	5461,94	1,61	10.926	11.483	12040,87	12655,23	3,45	510,00
Santa Tereza	8118	6113,98	1,33	10.837	11.390	8352,61	8778,78	3,45	510,00
Tancredo Neves	7007	4460,67	1,57	10.023	10.535	6092,54	6403,39	3,37	590,00
União	3801	2923,5	1,3	8.651	9.093	4080,89	4289,10	3,50	510,00
Olímpico	915	3974,32	0,23	4.693	4.932	5379,68	5654,16	3,31	510,00
São Bento	6368	2225,43	2,86	1.130	1.187	6340,68	6664,20	3,23	510,00
Cidade Satélite	5942	786,91	7,55	7.862	8.264	1282,6	1348,04	2,67	510,00
TOTAL				326.599	352.485				
MÉDIA						4.307,94	5.285,21		
DESVIO PADRÃO						3.271,17	3.438,07		
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO						75,93%	65,05%		

* = População do bairro para o ano de 2019 com base na taxa de crescimento geométrico;

**= População do bairro para o ano de 2020 com base na taxa de crescimento geométrico.

Fonte: AUTORA (2023).

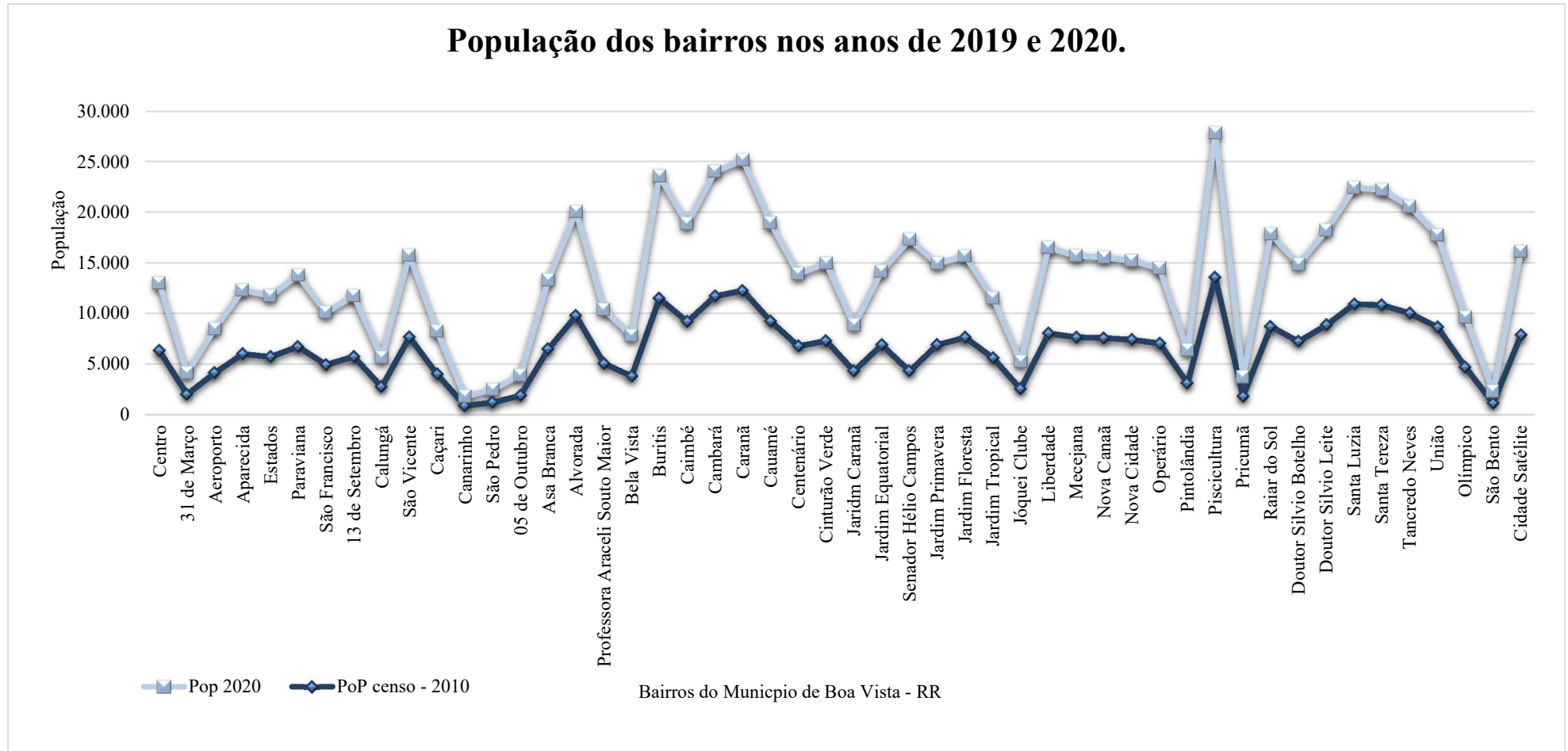
É importante salientar que a população urbana de Boa Vista (RR), de 326.599 (2019) e 352.485 (2020) habitantes, apresentada no gráfico da Figura 22 difere da população urbana apresentada na tabela 4, pois esta não contempla os distritos e residências rurais e sim, somente a sede. Para estimativa da população dos anos de 2019 e 2020, aplicou-se a respectiva taxa geométrica de crescimento apresentada na tabela 3.

É possível verificar que o coeficiente de variação da densidade demográfica bruta foi de aproximadamente 75,93%, o que mostra grande variabilidade do conjunto amostral e, desse modo torna-se difícil considerar uma densidade bruta que represente todo o município, daí a dificuldade em se adotar critérios de isodensidade em projetos de infraestrutura urbana de saneamento, pois alguns bairros não permitem mais expansão geográfica, enquanto outros estão em constante crescimento.

Por meio dos dados obtidos da tabela 4 anterior, elaborou-se alguns gráficos de análise, explicitados a seguir. Ressalta-se que para simplificação e devido à pouca variabilidade populacional, utilizou-se somente o ano de referência de 2020, a fim de mostrar o comportamento com as respectivas características geográficas de cada bairro.

O gráfico da figura 23 a seguir mostra o comportamento da população dos bairros da amostra nos anos de 2010 e 2020.

Figura 23 – População dos bairros da amostra nos anos de 2010 e 2020.



Fonte: AUTORA (2023)

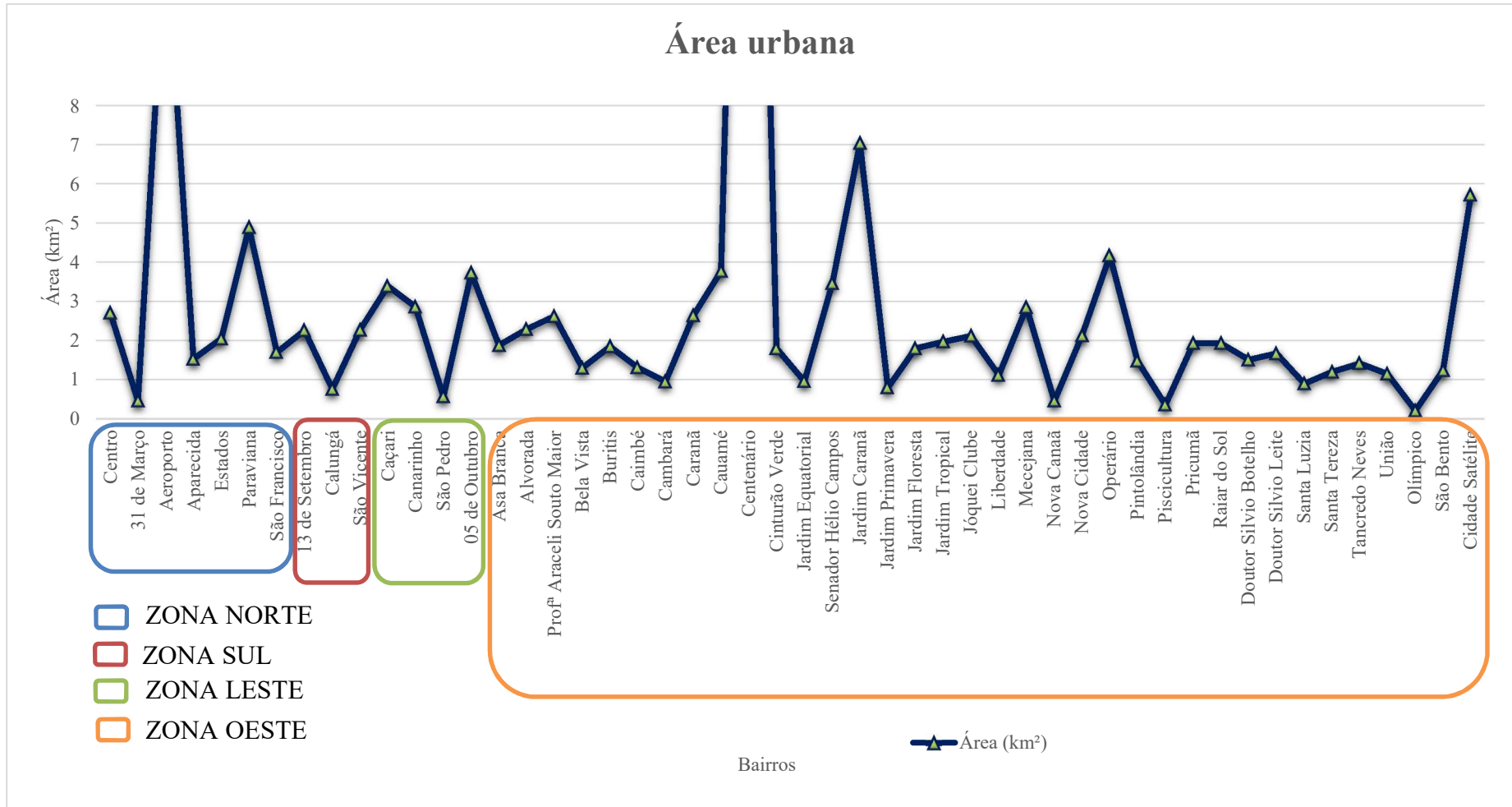
Um dos maiores fatores que contribuíram para o adensamento populacional foi a imigração tanto da Venezuela como de outros países da América Latina. Roraima serviu como porta de entrada para a evasão da pobreza e busca por condições melhores de vida.

Vale ressaltar que tais populações foram estimadas com base na taxa de crescimento geométrica atribuída a toda capital de Boa Vista/RR, agregando a mesma densidade populacional à todos os bairros. Tal fato, pode ser questionado pois é necessário a verificação real dos valores apresentados, que podem apresentar bastante variabilidade. Esta ação só será possível quando o resultado do Censo IBGE 2022, mostrar com exatidão como se distribuiu demograficamente na capital de Boa Vista o fluxo migratório.

Pode-se observar que os bairros com as maiores populações são os bairros Pintolandia, Senador Hélio Campos e Caranã, respectivamente. Inversamente, os bairros com a menor população presente são Canarinho, Olímpico e São Pedro.

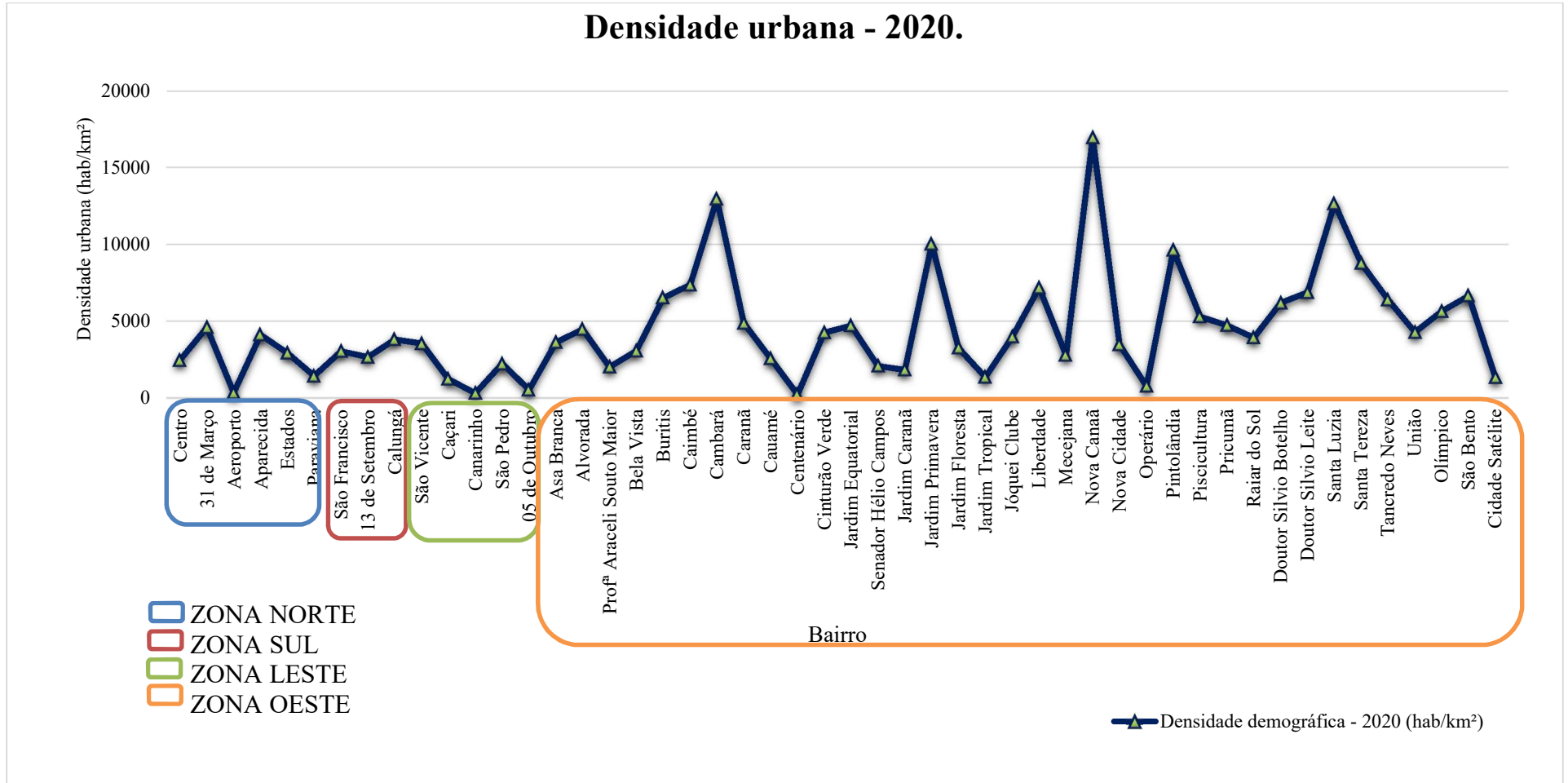
Os gráficos das figuras 24 e 25 a seguir demonstram uma análise dos bairros estudados com sua respectiva área urbana ocupada assim como a densidade populacional apresentada, para o ano de 2020.

Figura 24 – Bairros do município de Boa Vista e sua área urbana.



Fonte: AUTORA (2023).

Figura 25 – Densidade urbana dos bairros de Boa Vista – RR.



Analisando os dois gráficos das figuras 24 e 25, é possível observar que os bairros não seguem o mesmo padrão de comportamento, e a relação entre a área e densidade urbana não apresentam o mesmo desempenho. Os bairros Cambará, Nova Canaã e Santa Luzia apresentam as maiores densidades, ou seja o maior adensamento populacional para o ano de 2020, mas ao se observar as suas áreas, é possível analisar que possuem extensão semelhantes aos demais bairros da cidade.

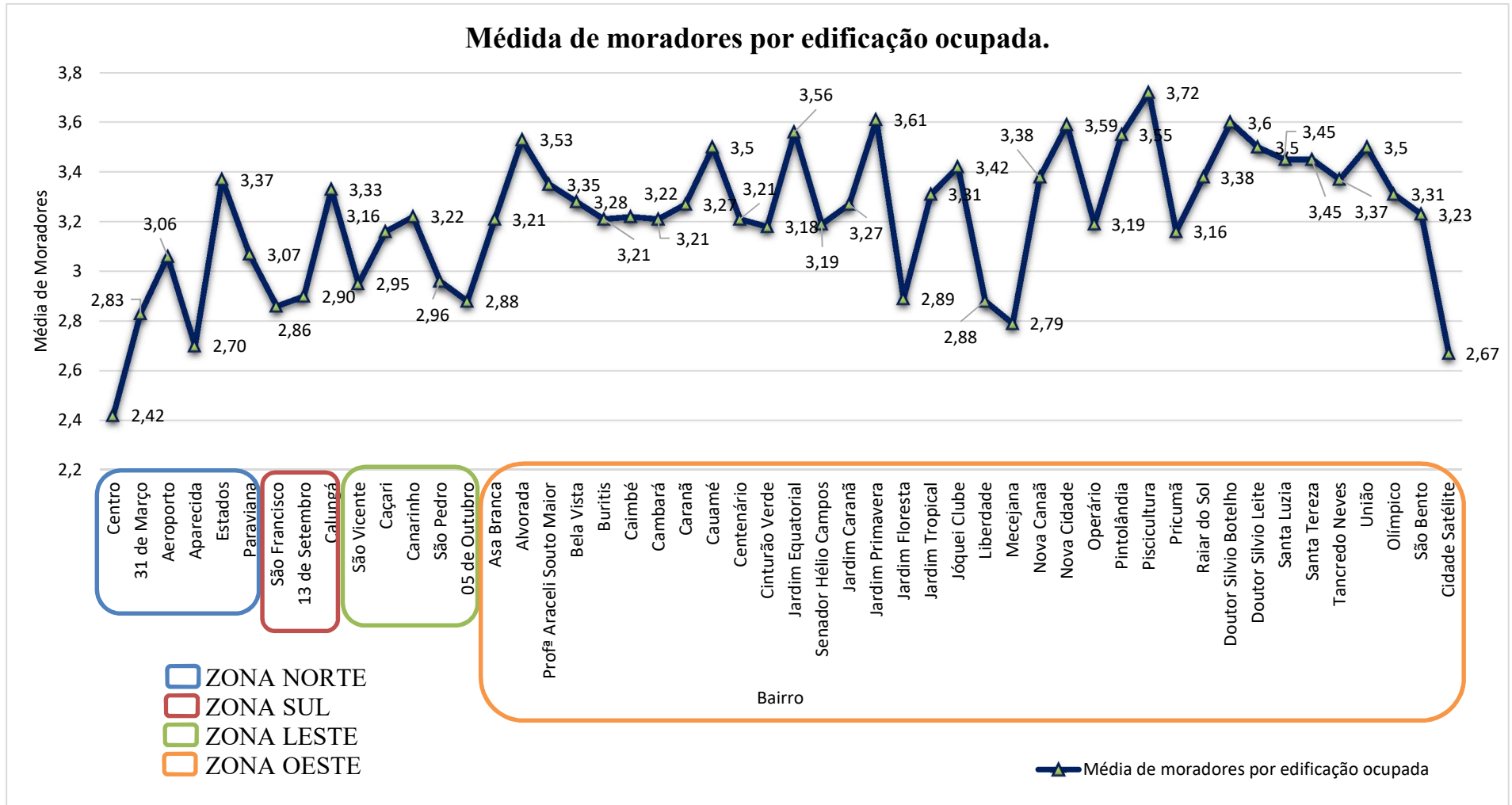
Por se localizarem em áreas mais centrais, a expansão geográfica destes bairros não seria possível, desse modo um aspecto a se observar é o surgimento de pequenos conglomerados familiares, em que se abrigavam uma grande quantidade de pessoas, como vilas e condomínios.

Os bairros menos adensados são Canarinho, Centenário e Cidade Satélite. A baixa densidade atribuída ao bairro Canarinho, deve-se à sua extensão reduzida em relação aos outros, e por estar localizada em uma das áreas mais nobre da cidade de Boa Vista, elevando o seu custo de moradia, já os bairros Centenário e Cidade Satélite, são bairros novos, que acabaram por finalizar seu sistema de infraestrutura básica, ainda apresentam diversos lotes desocupados, e possuem uma grande área de extensão.

Quanto às áreas urbanas, os bairros que apresentaram maior valor foram os bairros, Centenário, Aeroporto e Cidade Satélite, respectivamente. Mas devido à obstáculos geográficos, somente o bairro Cidade Satélite possui capacidade expansão geográfica de modo horizontal, por se localizar nos limites urbanos do município de Boa Vista. O bairro Aeroporto tem um obstáculo quanto à expansão vertical, devido às diretrizes contidas no Plano Diretor do Município de Boa Vista, em que edificações acima de 4 pavimentos não poderão ser construídas em perímetro urbano próximo ao Aeroporto Internacional de Boa Vista. É importante enfatizar que atualmente existem bairros em crescimento mais aparentes ocorrendo na capital, mas devido à falta de dados para realização de análises estatísticas, eles ficaram de fora da pesquisa.

A figura 26 a seguir mostra o comportamento dos bairros da amostra, frente à média de moradores por edificação ocupada, informada pelo Censo IBGE 2010.

Figura 26 – Média de moradores por edificação ocupada nos bairros dos municípios de Boa Vista – RR

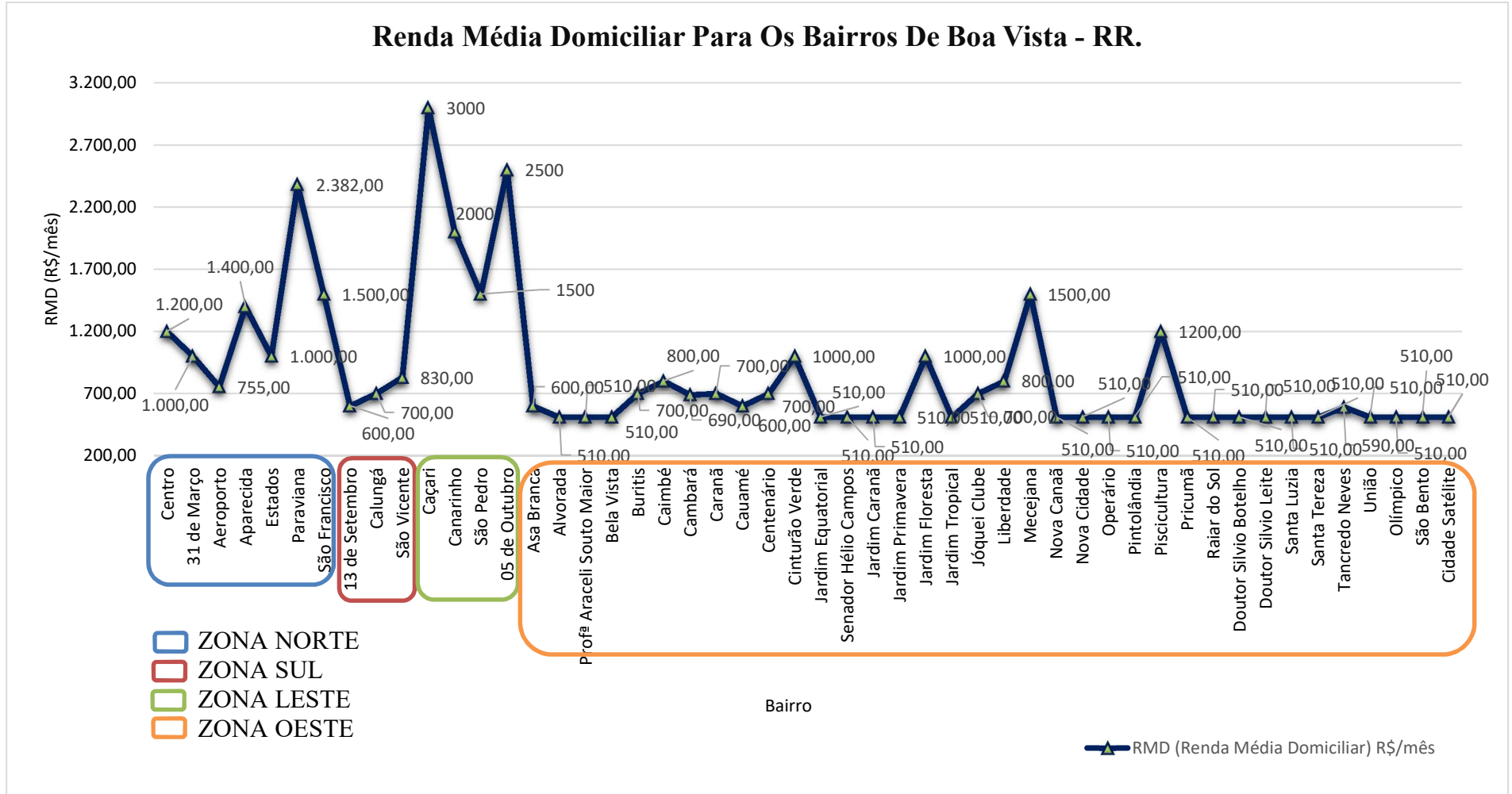


Fonte: AUTORA (2023).

A média para os bairros da amostra foi de 3,22 moradores por habitação ocupada encontrada pelo Censo 2010 do IBGE. Os bairros com maior média encontrada, foram os bairros Piscicultura, Jardim Primavera e Dr. Silvio Botelho, respectivamente. Todos esses bairros classificam-se como bairros predominantemente de baixa renda, o que explica o elevado número de habitantes por residência. Inversamente, os bairros Centro, Mecejana e Aparecida apresentam a menor média, respectivamente. Tal fato é explicado devido a primazia de edificações comerciais serem maior no Centro. Já o bairro Mecejana é composto preferencialmente por estudantes universitários provenientes de outras cidades e municípios vizinhos, desse modo não espera-se que haja crescimento familiar.

A figura 27 a seguir mostra a relação da renda média domiciliar informada pelo Censo IBGE 2010, com os bairros analisados na amostra.

Figura 27 – RMD dos bairros do município de Boa Vista – RR.



Fonte: AUTORA (2023).

Os bairros que possuem renda média domiciliar mais elevada, são os bairros da zona sul, sendo os bairros Caçari e Paraviana se sobressaindo dos demais. Alguns bairros também possuem renda média elevada apesar de estarem circuncercados de bairros periféricos como o Cinturão Verde, Jardim Floresta e Mecejana. É importante ressaltar que tais valores referem-se a base do salário mínimo encontrado para o ano de 2010 que era de R\$510,00. A conversão para os valores mais recentes de salário mínimo, não se tornou necessário, devido à necessidade somente de analisar o comportamento dos bairros quanto à renda média.

Quase todos os bairros apresentaram renda média de um salário mínimo. Por boa Vista ser uma capital bastante embrionária quanto à diversos aspectos de desenvolvimento, é dificultoso o processo de avaliar o comportamento da renda média dos bairros, pois muitos deles possuíam populações extremamente pequenas. É esperado que com o Censo do IBGE 2022 a análise da renda média fique mais realista quanto forma de distribuição de renda na cidade.

Um fato interessante a se notar, é que nem todos os bairros da zona leste obtiveram a renda média por residência de um salário mínimo. Com destaque para os bairros Jardim Floresta, Cinturão Verde, Mecejana e Psicultura. Curiosamente eles encontram-se espalhados pela zona oeste, desse modo não há relação geográfica com a renda média domiciliar apresentada.

4.3.2 Características Físicas, locacionais e de ocupação dos bairros.

De acordo com as características expostas no tópico 4.1.1, a tabela 5 a seguir expõe os dados referentes às características obtidas dos respectivos bairros analisados. Sendo elas, o valor unitário padrão (VUP); a população estimada para 2019 e 2020; o número de lotes tendo como ano base 2020 (NL); o número de ligações ativas como ano base dezembro de 2020 (NLA) e a média de habitantes por ligação tendo como base o ano de 2020 (MHL).

Como explicado na metodologia, nem todos os bairros foram incluídos na amostra por não serem aptos o suficiente para compor o estudo. Dentre os motivos inclui-se: não possuírem ligações ativas suficientes hidrometadas, ou por não estarem hidrometadas no período da amostra, ou não possuírem dados cadastrados no Censo do IBGE 2010, ou por não possuírem população suficiente para estudo.

Tabela 5 - Características físicas e locacionais dos lotes característicos dos bairros de Boa Vista.

Bairro	VUP (Valor Unitário Padrão R\$/m ²)	Pop 2019	Pop 2020	Número de Lotes (NL)	Número de ligações ativas de água (NLA)	Média de moradores por edificação ocupada (MHL)
ZONA NORTE						
Centro	195,36	6346	6670	3763	2.548	2,42
31 de Março	35,2	2014	2117	720	615	2,83
Aeroporto	74,25	4134	4345	1.468	1258	3,06
Aparecida	60,5	6001	6307	2.374	2066	2,7
Estados	27,5	5728	6020	1.612	1438	3,37
Paraviana	55	6720	7063	3.185	2928	3,07
São Francisco	81,4	4929	5180	1.998	1647	2,86
ZONA SUL						
13 de Setembro	80,19	5733	6025	1.498	1271	2,9
Calungá	29,7	2761	2902	1.308	764	3,33
São Vicente	80,19	7682	8074	2.543	1962	2,95
ZONA LESTE						
Caçari	55,00	4018	4223	2.160	1.824	3,16
Canarinho	61,60	877	921	413	305	3,22
São Pedro	74,25	1216	1278	545	414	2,96
05 de Outubro	55,00	1904	2001	534		2,88
ZONA OESTE						
Asa Branca	37,13	6489	6821	3.372	2.985	3,21
Alvorada	6,60	9771	10270	2.363	2.165	3,53
Professora Araceli Souto Maior	5,50	5065	5323	1.223	21	3,35

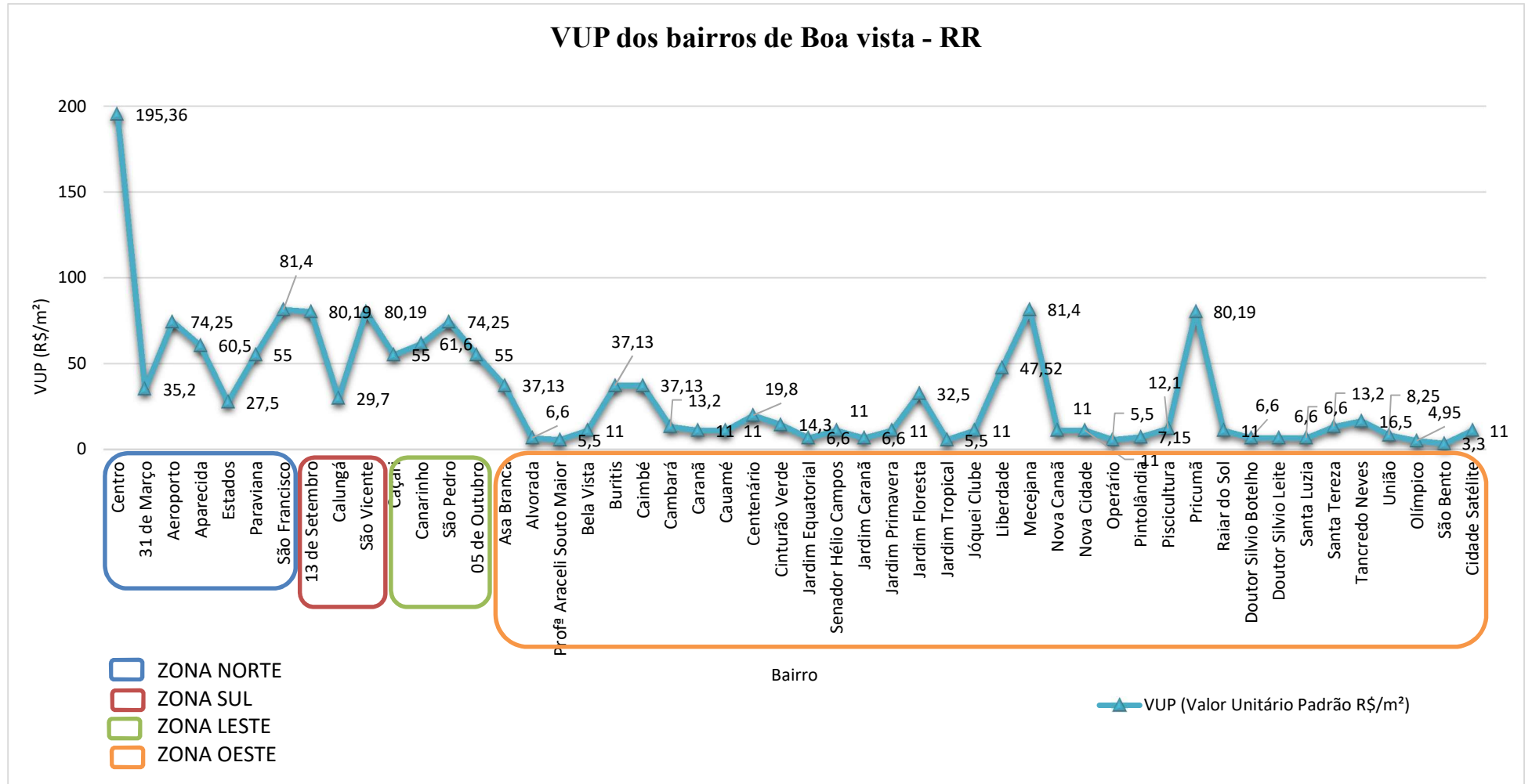
Bela Vista	11,00	3808	4002	1.390	1.248	3,28
Buritis	37,13	11489	12075	2.937	2.627	3,21
Caimbé	37,13	9195	9664	2.239	2.065	3,22
Cambará	13,20	11715	12312	1.452	1.364	3,21
Caranã	11,00	12262	12887	3.530	3.227	3,27
Cauamé	11,00	9235	9707	2.378	2.211	3,50
Centenário	19,80	6787	7133	2.780	2.577	3,21
Cinturão Verde	14,30	7293	7665	2.502	2.297	3,18
Jardim Caranã	6,60	4.315	4.535	983	962	3,55
Jardim Equatorial	11,00	6.907	7.259	2.950	2.759	3,56
Senador Hélio Campos	6,60	12.359	12.990	5.673	5.191	3,19
Jardim Primavera	11,00	7.638	8.027	1.677	1.522	3,61
Jardim Floresta	32,50	5.613	5.899	1.804	1.577	2,89
Jardim Tropical	5,50	2.559	2.690	763	695	3,31
Jóquei Clube	11,00	8.044	8.454	2.301	2.157	3,42
Liberdade	47,52	7.654	8.044	2.180	1.930	2,88
Mecejana	81,40	7.574	7.960	2.851	2.396	2,79
Nova Canaã	11,00	7.417	7.795	569	519	3,38
Nova Cidade	11,00	7.048	7.407	1.559	1.362	3,59
Operário	5,50	3.113	3.271	260	213	3,19
Pintolândia	7,15	13.569	14.261	2.575	2.422	3,55
Piscicultura	12,10	1.816	1.909	383	359	3,72
Pricumã	80,19	8.706	9.150	2.562	2.296	3,16
Raiar do Sol	11,00	7.239	7.608	1.590	1.411	3,38

Doutor Silvio Botelho	6,60	8.875	9.328	2.024	1.898	3,60
Doutor Silvio Leite	6,60	10.926	11.483	2.053	1.926	3,50
Santa Luzia	6,60	10.837	11.390	1.718	1.530	3,45
Santa Tereza	13,20	10.023	10.535	2.367	2.170	3,45
Tancredo Neves	16,50	8.651	9.093	2.118	1.915	3,37
União	8,25	4.693	4.932	1.124	1.036	3,50
Olímpico	4,95	1.130	1.187	1.390	1.303	3,31
São Bento	3,30	7.862	8.264	2.221	1.716	3,23
Cidade Satélite	11,00	7.336	7.711	8.204	7.853	2,67

Fonte: AUTORA (2023).

A figura 28 a seguir mostra o comportamento da variável VUP – Valor Unitário Padrão, frente aos bairros analisados na amostra. Tais valores, como mencionado na metodologia, são retirados da Planta Genérica De Valores fornecida pela Prefeitura Municipal de Boa Vista. Para análise referente ao ano de 2022, é necessário a sua conversão pela UFM – Unidade Fiscal E Medida, que atualmente encontra em R\$3,73. Ressalta-se que tal conversão não tornou-se necessária pois o foco da pesquisa está na análise do comportamento entre os bairros.

Figura 28 – VUP para os bairros de Boa Vista – RR.



Fonte: AUTORA (2023).

Como esperado, o Centro, dentre todos os outros é o que possui o maior valor agregado à capacidade de venda. Em seguida os bairros São Francisco e Mecejana, se sobressaíram frente aos outros quanto ao seu valor unitário padrão. É importante ressaltar que à época da pesquisa, os bairros Paraviana e Caçari encontravam-se com o sistema de infraestrutura básica ainda muito defasado do restante da capital, desse modo o seu VUP atribuído encontra-se visivelmente distante da realidade atual. Atrelado a isto, o Bairro 05 de Outubro ainda estava anexado aos bairros Paraviana e Caçari, desse modo não aparece nessa categoria de pesquisa.

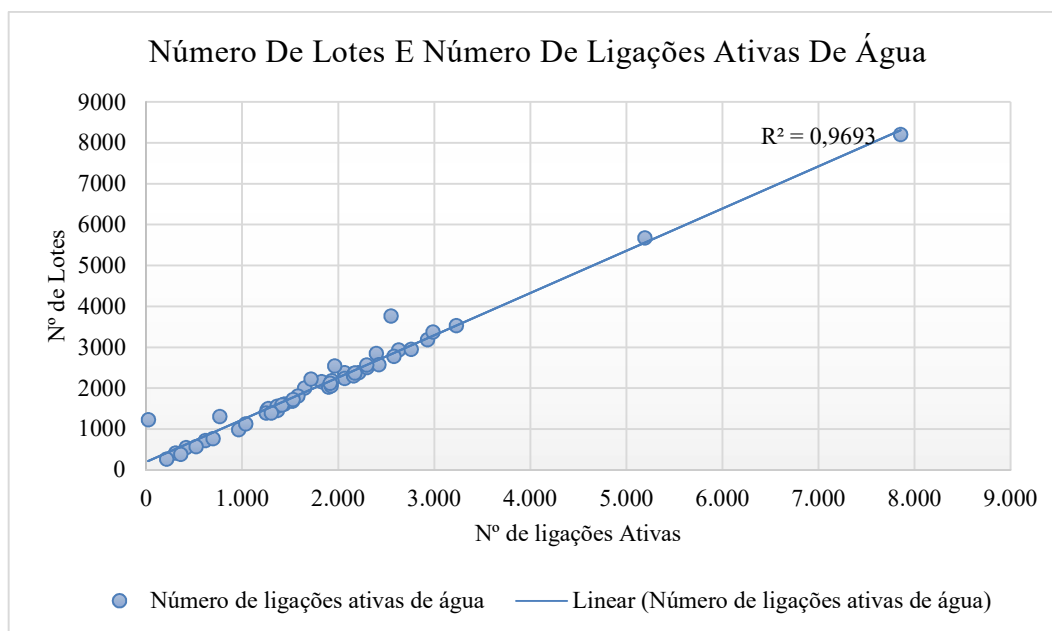
Em contrapartida os bairros que apresentaram menor valor de VUP atribuído, são os bairros Jardim tropical, São Bento, Operário e Pr^a Aracelis Souto Maior, todos classificados como bairros de classe média baixa e que até hoje apresentam precariedades quanto à rede de distribuição e água e coleta de esgoto, assim como pavimentação e calçamento, o que reduz ainda mais o seu valor.

É notável que os bairros onde o VUP é maior, deve –se a localização deste está no palmo diretor onde a cidade de Boa vista ainda estava projetada em formato de leque, os demais bairros cresceram de forma desordenada, e muitas residências não obedecem às normas de edificação padrão, desse modo, reduz o seu valor de VUP.

Enfatiza-se que na PGV da prefeitura municipal de Boa vista, alguns bairros variavam seu VUP atribuído, devido a presença de algumas avenidas e localidades importantes e estratégicas dentro da cidade, desse modo, utilizou-se para caracterização o maior valor encontrado dentro do bairro para análise da pesquisa.

Para a análise dos dados do número de lotes presentes no bairro para o ano de 2020 e o número de ligações ativas, fornecidas pela CAER, utilizou-se o gráfico de dispersão a fim de demonstrar se havia relação entre as duas variáveis. A figura 29 a seguir explicita esse comportamento.

Figura 29 – Gráfico de dispersão dos NL e NLA.



Fonte: AUTORA (2023).

É notável que há uma relação direta do número de lotes, e o número de ligações ativas de água, sendo somente alguns dados dispersos da linha de tendência. De acordo com a equação de $R^2 = 0,9693$, é possível observar que tal relação torna-se extremamente satisfatória. Tal análise se deu pelo fato de verificação se havia alguma situação atípica frente à ocupação dos bairros, como presença de lotes abandonados, ou falta de hidrometração em grande bairros.

4.3.3 Análise dos Volumes Efetivos Consumidos de água

A partir dos volumes micromedidos médios mensais consumidos de água em 5 amostras em cada bairro escolhidas arbitrariamente, caracterizadas como residenciais, assim como pelo o número de ligações ativas de água, ambos fornecidos pela CAER (2020), determinou-se o consumo per capita de água para cada amostra, estando a média dos resultados atribuídos a cada bairro apresentados na tabela 6. Juntamente à essas informações, estão expostas o número de habitante por ligação (NHL), número de ligações ativas (NLA), população estimada para 2019 e 2020 e o volume mensal médio micromedido.

Para determinação do consumo per capita, utilizou-se somente ligações de amostras residenciais, e que possuíam consumos reais para os anos de 2019 e 2020, ou seja, residências que utilizavam consumo estimados, ou onde foram detectados medições com consumo excessivos que caracterizassem vazamentos, foram descartadas.

Tabela 6 - Consumo per capita característico para cada bairro da cidade de Boa Vista – RR.

Bairro	Pop 2019	Pop 2020	Número de ligações ativas de água	Média de moradores por edificação ocupada	Volume Mensal médio micromedido por residência - 2019 (m³/mês)	Volume Mensal médio micromedido por residência - 2020 (m³/mês)	Consumo per capita - 2019	Consumo per capita - 2020
							L/hab.dia	L/hab.dia
ZONA NORTE								
Centro	6.346	6.670	2.548	2,42	38,43	37,87	529,34	521,63
31 de Março	2.014	2.117	615	2,83	16,40	19,92	193,17	234,63
Aeroporto	4.134	4.345	1.258	3,06	15,32	15,18	166,88	165,36
Aparecida	6.001	6.307	2.066	2,70	24,67	25,22	304,57	311,36
Estados	5.728	6.020	1.438	3,37	23,22	26,18	229,67	258,95
Paraviana	6.720	7.063	2.928	3,07	22,97	21,82	249,40	236,92
São Francisco	4.929	5.180	1.647	2,86	41,50	44,67	483,68	520,63
ZONA SUL								
13 de Setembro	5.733	6.025	1.271	2,90	14,38	15,88	165,29	182,53
Calungá	2.761	2.902	764	3,33	14,97	18,15	149,85	181,68

São Vicente	7.682	8.074	1.962	2,95	17,88	18,18	202,03	205,42
ZONA LESTE								
Caçari	4.018	4.223	1.824	3,16	27,97	34,15	295,04	360,23
Canarinho	877	921	305	3,22	28,90	27,23	299,17	281,88
São Pedro	1.216	1.278	414	2,96	21,02	21,52	236,71	242,34
05 de Outubro	1.904	2.001		2,88	30,55	32,57	353,59	376,97
ZONA OESTE								
Asa Branca	6.489	6.821	2.985	3,21	20,50	19,72	212,88	204,78
Alvorada	9.771	10.270	2.165	3,53	16,27	16,02	153,64	151,27
Professora Araceli Souto Maior	5.065	5.323	21	3,35	18,38	20,77	182,89	206,67
Bela Vista	3.808	4.002	1.248	3,28	19,98	17,62	203,05	179,07
Buritis	11.489	12.075	2.627	3,21	17,05	19,30	177,05	200,42
Caimbé	9.195	9.664	2.065	3,22	14,75	16,72	152,69	173,08
Cambará	11.715	12.312	1.364	3,21	16,40	16,47	170,30	171,03
Caraná	12.262	12.887	3.227	3,27	18,18	16,15	185,32	164,63

Cauamé	9.235	9.707	2.211	3,50	16,80	14,92	160,00	142,10
Centenário	6.787	7.133	2.577	3,21	22,72	20,80	235,93	215,99
Cinturão Verde	7.293	7.665	2.297	3,18	18,85	20,25	197,59	212,26
Jardim Caranã	4.315	4.535	962	3,55	20,18	23,12	189,48	217,09
Jardim Equatorial	6.907	7.259	2.759	3,56	13,92	11,97	130,34	112,08
Senador Hélio Campos	4.315	12.990	5.191	3,19	12,68	13,73	132,50	143,47
Jardim Primavera	6.907	8.027	1.522	3,61	17,80	13,08	164,36	120,78
Jardim Floresta	7.638	8.027	1.577	2,89	12,87	11,55	148,44	133,22
Jardim Tropical	5.613	5.899	695	3,31	11,05	11,57	111,28	116,52
Jóquei Clube	2.559	2.690	2.157	3,42	16,07	16,38	156,63	159,65
Liberdade	8.044	8.454	1.930	2,88	19,67	20,88	227,66	241,67
Mecejana	7.654	8.044	2.396	2,79	11,22	9,92	134,05	118,52

Nova Canaã	7.574	7.960	519	3,38	10,62	11,63	104,73	114,69
Nova Cidade	7.417	7.795	1.362	3,59	12,07	13,53	112,07	125,63
Operário	7.048	7.407	213	3,19	10,72	8,70	112,02	90,91
Pintolândia	3.113	3.271	2.422	3,55	15,18	17,05	142,54	160,09
Piscicultura	13.569	14.261	359	3,72	9,32	12,63	83,51	113,17
Pricumã	1.816	1.909	2.296	3,16	24,65	24,72	260,02	260,76
Raiar do Sol	8.706	9.150	1.411	3,38	17,92	19,15	176,73	188,86
Doutor Silvio Botelho	7.239	7.608	1.898	3,60	11,93	13,80	110,46	127,78
Doutor Silvio Leite	8.875	9.328	1.926	3,50	16,17	16,12	154,00	153,52
Santa Luzia	10.926	11.483	1.530	3,45	11,80	12,13	114,01	117,20
Santa Tereza	10.837	11.390	2.170	3,45	14,47	23,08	139,81	223,00
Tancredo Neves	10.023	10.535	1.915	3,37	23,25	21,93	229,97	216,91
União	8.651	9.093	1.036	3,50	16,18	15,18	154,10	144,57

Olímpico	4.693	4.932	1.303	3,31	16,10	12,88	162,13	129,71
São Bento	1.130	1.187	1.716	3,23	10,67	11,38	110,11	117,44
Cidade Satélite	7.862	8.264	7.853	2,67	16,97	19,25	211,86	240,32
TOTAIS	326.599	352.485	91.907					
Média				3,22	18,23	18,85	191,92	198,46
Desvio Padrão				0,28	6,64	7,14	84,86	90,07
Coefficiente de variação				8,82%	36,41%	37,89%	44,22%	45,39%

Fonte: AUTORA (2023)

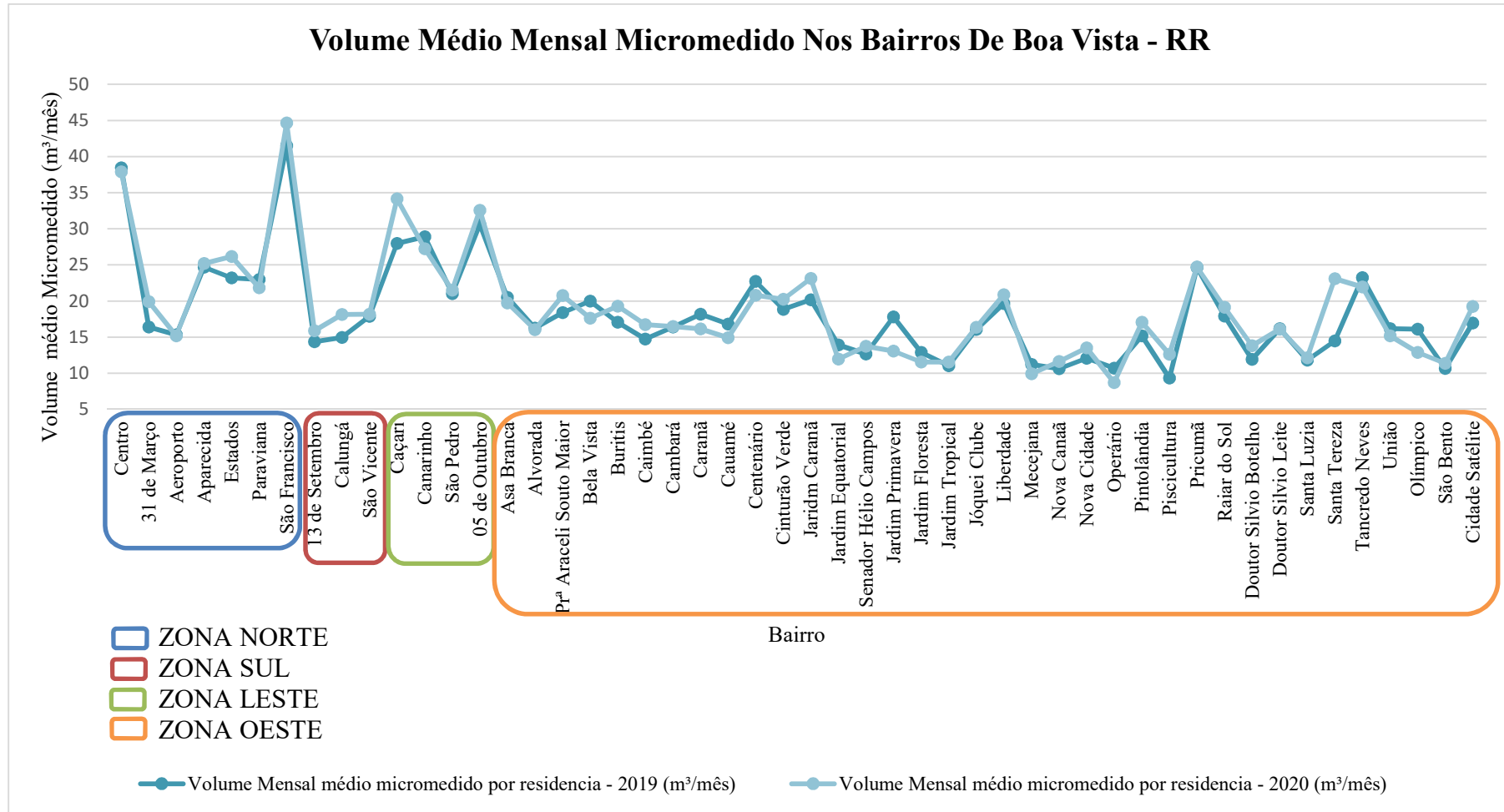
Se aplicarmos a equação (4) $C = \frac{CM*1000}{N*30}$, utilizando o consumo médio mensal ($m^3/mês$) obtidos das amostras de todas residências estudadas, atrelado ao conceito de isodensidade - tendo a mesma média de moradores por residência aplicado à toda a Capital, obtemos um consumo per capita de 187,57 L/hab.dia para 2019 e 195 L/hab.dia para 2020. No entanto, ao se analisar o consumo per capita médio de água, com densidade demográficas diferentes para cada bairro, obtemos consumos per capita de 191,92 L/hab.dia para 2019 e 198,46 L/hab.dia.

Como o coeficiente de variação da média de moradores por residência esteve em 8,82%, comprova-se que a diferença quanto ao método de determinação do consumo per capita não apresentou grande impacto, isto se deve principalmente à similaridade na distribuição da população de Boa Vista, o que permite adotar os dois métodos para determinação do consumo per capita.

É possível observar também que os consumos médio variam no ano de 2019 desde 529,34 L/hab.dia no centro à 83,51 L/hab.dia, no bairro Piscicultura. No ano seguinte os padrões se alteram com o centro possuindo o maior consumo em 521,63 L/hab.dia e o bairro Piscicultura possuindo o menor valor de 90,91 L/hab.dia.

O gráfico da figura 30 a seguir mostra o comportamento do volume mensal médio micromedido por bairro para os anos de 2019 e 2020.

Figura 30 – Volume mensal médio micro medido para os bairros de Boa vista – RR.



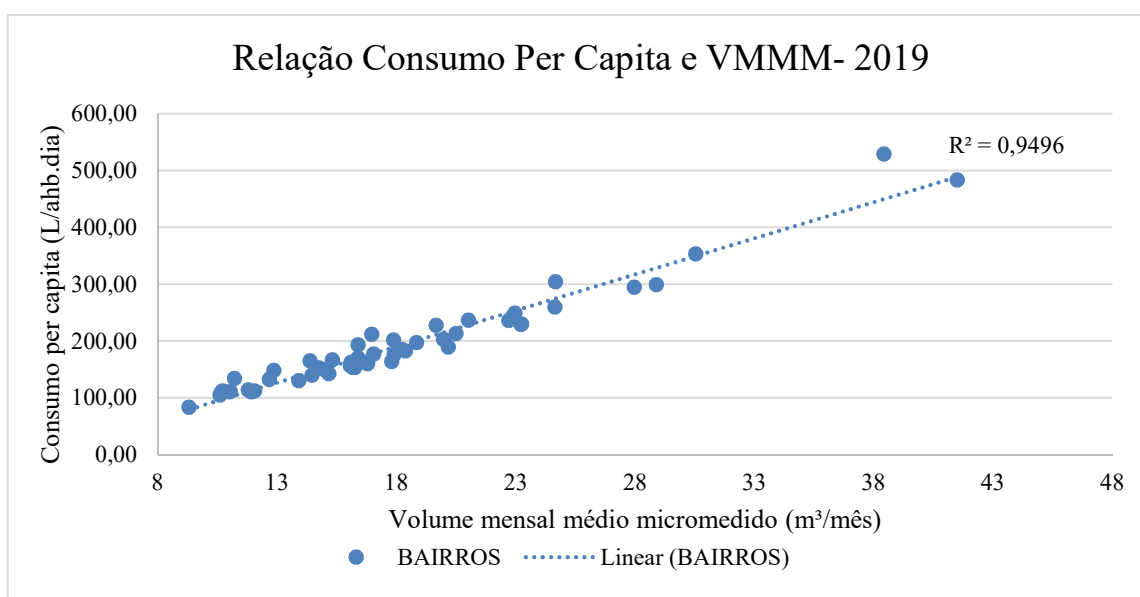
Fonte: AUTORA (2023).

É notável que os maiores volumes micromedidos obtidos dos dados da tabela 6, concentram-se nos bairros da zona norte, ou seja aqueles bairros considerados de classe média alta. Atrelado a isto, os menores volumes observados estão nos bairros da zona oeste e zona sul. Apesar dos bairros da zona sul, estarem mais próximos do Centro, eles são preferencialmente composto por população imigrante que se concentram próximo a rodoviária de Boa Vista.

Observa-se também que o padrão de volume micro medido apresentam o mesmo comportamento nos dois anos analisados, com somente alguns bairros apresentando diferenças discrepantes, como os bairros Jardim Primavera e Santa Tereza. Ressalta-se que os valores encontrados são uma média encontrada das amostras provenientes dos 12 meses dos anos analisados.

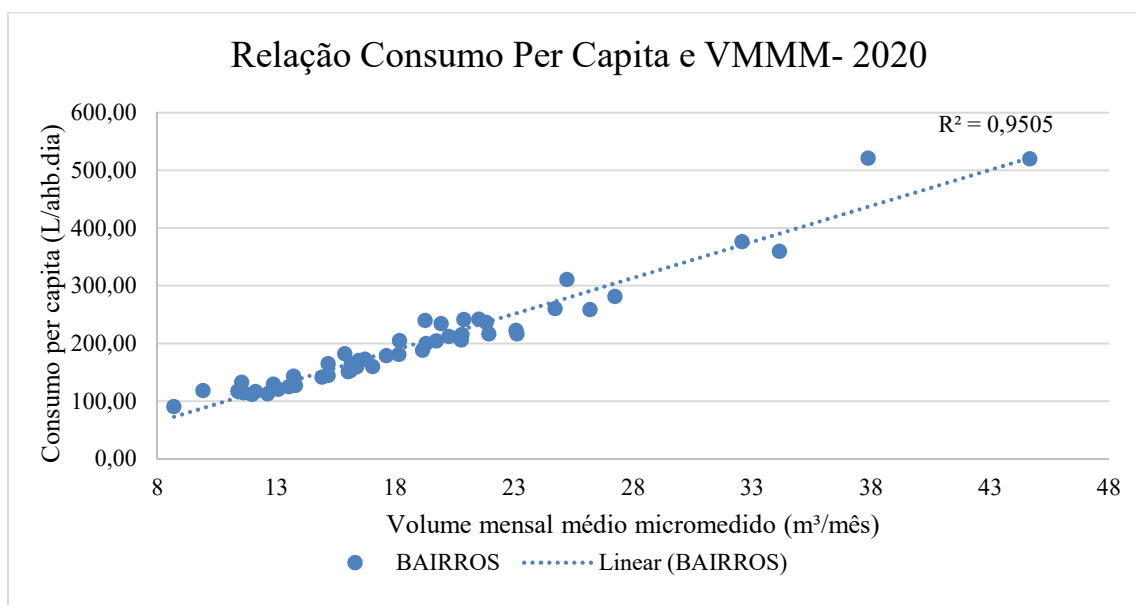
Como a fórmula do consumo per capita leva em consideram a quantidade de moradores presentes em uma residência, é necessário alisar sem sempre uma maior volume micro medido de uma residência sempre estará atrelado a um maior consumo per capita, desse modo partiu-se para uma análise referente a relação – por meio de um gráfico de dispersão - entre o volume mensal médio micro medido e o consumo per capita médio de água encontrado para cada bairro de Boa Vista. As figuras 31 e 32 a seguir mostram o resultado dessa análise.

Figura 31 – Relação entre consumo per capita e volume mensal médio micro medido para os bairros de Boa Vista – RR.



Fonte: AUTORA (2023).

Figura 32 - Relação entre consumo per capita e volume mensal médio micro medido para os bairros de Boa Vista – RR.



Fonte: AUTORA (2023).

Por meio da análise dos gráficos anteriores e das linhas de tendência de $R^2 = 0,9496$ e $R^2 = 0,9505$, para os anos de 2019 e 2020, respectivamente, é possível notar que há boa aderência quanto à quantidade de volume micro medido e o consumo per capita elevado. Somente algumas obtiveram uma dispersão relevantemente expressiva. Estas são de propriedade daquelas residências que estão compostas em residências de alto padrão, onde mesmo a quantidade de pessoas na residência seja baixa, o custo de vida e hábitos cotidianos destas pessoas são diferentes daqueles que pertencem a famílias de baixa renda.

Desse modo, é aceita uma relação direta entre o volume obtido nas micromedições e o consumo per capita atribuído ao bairro analisado.

4.3.4 - Correlação entre variáveis projetuais e o consumo efetivo de água.

A tabela 7 a seguir resume de forma simples as características socioeconômicas, físicas e locacionais e dos consumos de água observados nos bairros, agrupadas a fim de melhor analisá-las.

Tabela 7 – Consumo per capita e variáveis projetuais dos bairros de Boa Vista – RR.

Bairro	VUP (Valor Unitário Padrão R\$/m²)	Pop 2019	Pop 2020	Número de ligações ativas de água	RMD (Renda Média Domiciliar) R\$/mês - 2010	Consumo per capita - 2019	Consumo per capita- 2020
						L/hab.dia	L/hab.dia
ZONA NORTE							
Centro	195,36	6346	6670	2.548	1.200,00	529,34	521,63
31 de Março	35,20	2014	2117	615	1.000,00	193,17	234,63
Aeroporto	74,25	4134	4345	1.258	755,00	166,88	165,36
Aparecida	60,50	6001	6307	2.066	1.400,00	304,57	311,36
Estados	27,50	5728	6020	1.438	1.000,00	229,67	258,95
Paraviana	55,00	6720	7063	2.928	2.382,00	249,4	236,92
São Francisco	81,40	4929	5180	1.647	1.500,00	483,68	520,63
ZONA SUL							
13 de Setembro	80,19	5733	6025	1.271	600,00	165,29	182,53
Calungá	29,70	2761	2902	764	700,00	149,85	181,68
São Vicente	80,19	7682	8074	1.962	830,00	202,03	205,42
ZONA LESTE							
Caçari	4018	4223	4.803	1.824	3000,00	295,04	360,23

Canarinho	877	921	1.048	305	2000,00	299,17	281,88
São Pedro	1216	1278	1.454	414	1500,00	236,71	242,34
05 de Outubro	1904	2001	2.276	SI*	2500,00	353,59	376,97
ZONA OESTE							
Asa Branca	37,13	6.489	6.821	2.985	600,00	212,88	204,78
Alvorada	6,60	9.771	10.270	2.165	510,00	153,64	151,27
Professora Araceli Souto Maior	5,50	5.065	5.323	21	510,00	182,89	206,67
Bela Vista	11,00	3.808	4.002	1.248	510,00	203,05	179,07
Buritis	37,13	11.489	12.075	2.627	700,00	177,05	200,42
Caimbé	37,13	9.195	9.664	2.065	800,00	152,69	173,08
Cambará	13,20	11.715	12.312	1.364	690,00	170,3	171,03
Caraná	11,00	12.262	12.887	3.227	700,00	185,32	164,63
Cauamé	11,00	9.235	9.707	2.211	600,00	160	142,1
Centenário	19,80	6.787	7.133	2.577	700,00	235,93	215,99
Cinturão Verde	14,30	7.293	7.665	2.297	1000,00	197,59	212,26
Jaridm Caraná	6,60	4.315	4.535	962	510,00	189,48	217,09

Jardim Equatorial	11,00	6.907	7.259	2.759	510,00	130,34	112,08
Senador Hélio Campos	6,60	4.315	12.990	5.191	510,00	132,5	143,47
Jardim Primavera	11,00	6.907	8.027	1.522	510,00	164,36	120,78
Jardim Floresta	32,50	7.638	8.027	1.577	1000,00	148,44	133,22
Jardim Tropical	5,50	5.613	5.899	695	510,00	111,28	116,52
Jóquei Clube	11,00	2.559	2.690	2.157	700,00	156,63	159,65
Liberdade	47,52	8.044	8.454	1.930	800,00	227,66	241,67
Mecejana	81,40	7.654	8.044	2.396	1500,00	134,05	118,52
Nova Canaã	11,00	7.574	7.960	519	510,00	104,73	114,69
Nova Cidade	11,00	7.417	7.795	1.362	510,00	112,07	125,63
Operário	5,50	7.048	7.407	213	510,00	112,02	90,91
Pintolândia	7,15	3.113	3.271	2.422	510,00	142,54	160,09
Piscicultura	12,10	13.569	14.261	359	1200,00	83,51	113,17
Pricumã	80,19	1.816	1.909	2.296	510,00	260,02	260,76

Raiar do Sol	11,00	8.706	9.150	1.411	510,00	176,73	188,86
Doutor Silvio Botelho	6,60	7.239	7.608	1.898	510,00	110,46	127,78
Doutor Silvio Leite	6,60	8.875	9.328	1.926	510,00	154	153,52
Santa Luzia	6,60	10.926	11.483	1.530	510,00	114,01	117,2
Santa Tereza	13,20	10.837	11.390	2.170	510,00	139,81	223
Tancredo Neves	16,50	10.023	10.535	1.915	590,00	229,97	216,91
União	8,25	8.651	9.093	1.036	510,00	154,1	144,57
Olímpico	4,95	4.693	4.932	1.303	510,00	162,13	129,71
São Bento	3,30	1.130	1.187	1.716	510,00	110,11	117,44
Cidade Satélite	11,00	7.862	8.264	7.853	510,00	211,86	240,32
TOTAIS		326.599	352.485	91.907			
Média					863,34	191,92	198,46
Desvio Padrão					568,95	84,86	90,07
Coefficiente de variação					65,90%	44,22%	45,39%

SI = Sem Informação

Fonte: AUTORA (2023)

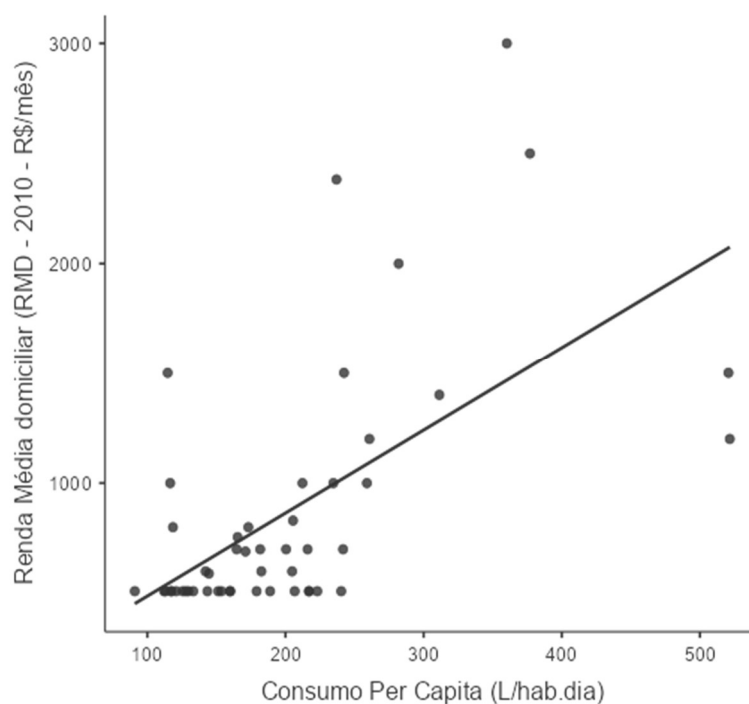
A literatura técnica apontou que o consumo de água nas cidades está relacionado à renda, ao mesmo tempo em que aponta para a situação de “alta” densidade demográfica urbana está inversamente relacionada à renda do cidadão. (GASPAR, 2019)

Por mais que a correlação entre a renda média mensal e o valor venal dos lotes sejam questões importantes para a análise de um sistema urbano de saneamento, elas não são frequentemente levadas em consideração no processo de dimensionamento deste tipo de infraestrutura, já que não se sabe, com certeza, o número de pessoas que estarão associados a cada ligação de água e qual a renda dessas pessoas, fatores estes que poderiam influenciar diretamente no nível de consumo a ser considerado na distribuição.

Para apresentar a variabilidade e a correlação entre as variáveis e o consumo efetivo per capita, utilizou-se os dados de consumo referente a amostra mais recente – sendo o ano de 2020. Somente para o gráfico de correlação com densidade bruta, utilizou-se os dados consumo efetivo per capita para o ano de 2019.

O gráfico contido na Figura 33 mostra a correlação entre o consumo médio diário per capita em relação a renda média mensal apresentada para o ano de 2010.

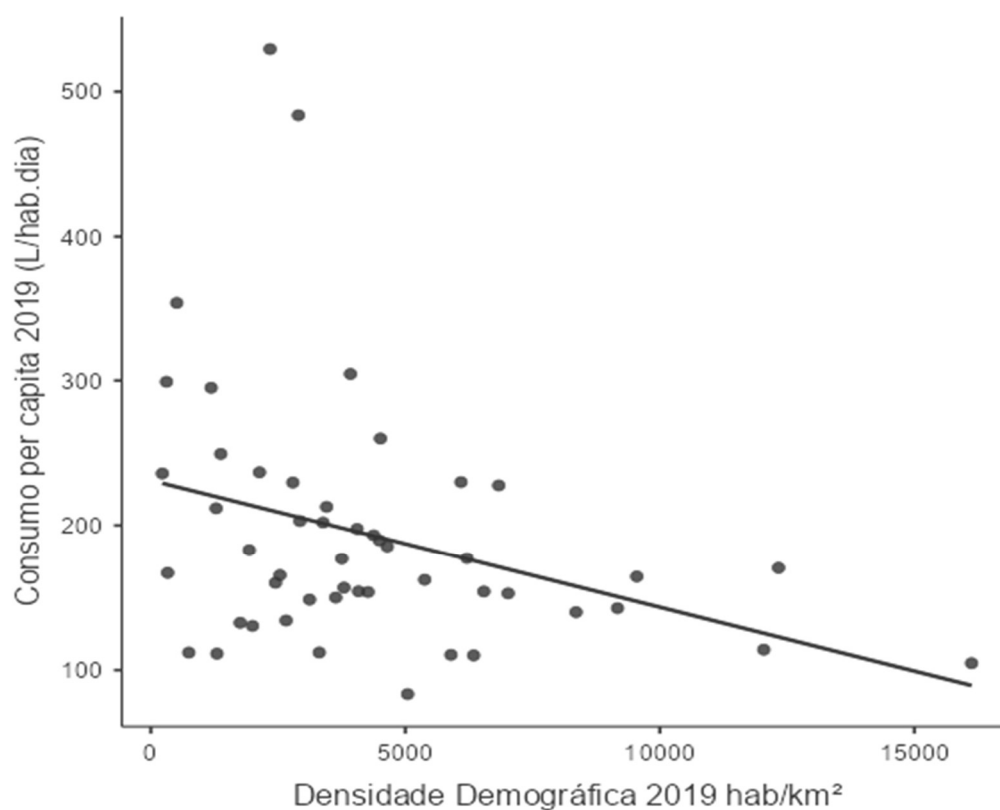
Figura 33 – Relação Consumo per capita e renda média domiciliar nos bairros do município de Boa Vista – RR.



Ao analisar o gráfico contido na figura 33 é possível observar que o consumo médio efetivo per capita apresentou baixa aderência em relação a renda média mensal ($R^2 = 0,3657$). Embora o R-quadrado forneça uma estimativa da força do relacionamento entre seu modelo e a variável resposta, ele não fornece um teste de hipóteses formal para esse relacionamento. Deve-se levar em conta que o coeficiente de variabilidade consumo efetivo per capita para o ano de 2020, apresentou certa relevância (42,22%), pois mostrou que nem todos os consumos estão representativamente próximos, desse modo pode-se afirmar sim, que a renda média domiciliar possui influência sobre consumo efetivo per capita.

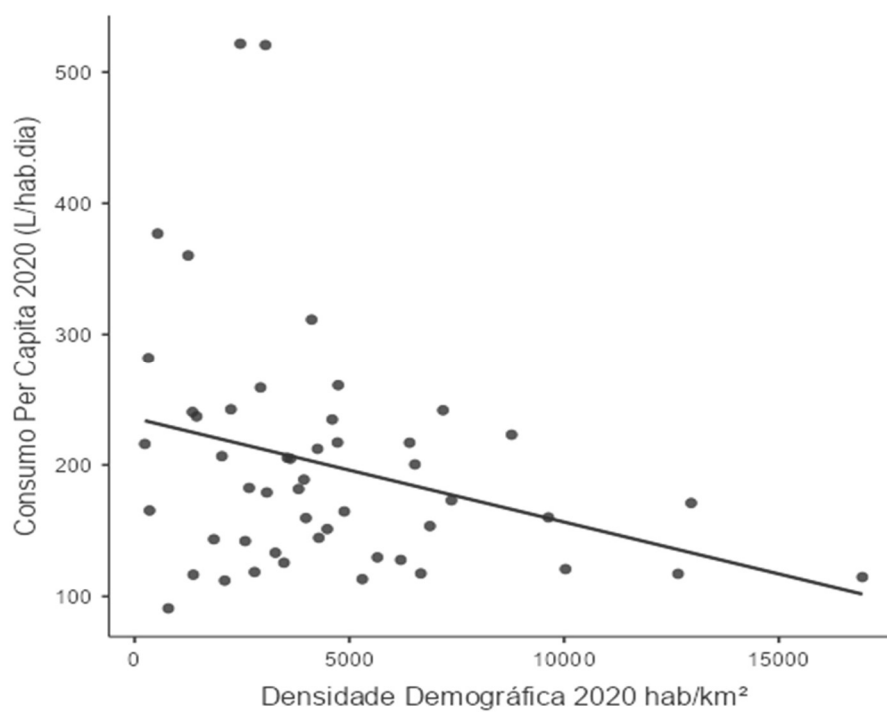
A Figura 34 e 35 apresenta o gráfico das correlações entre o consumo efetivo médio per capita, em relação a densidade demográfica bruta obtida para o ano de 2019 e 2020, respectivamente.

Figura 34 - Relação Consumo per capita e densidade demográfica para o 2019 nos bairros do município de Boa Vista – RR.



Fonte AUTORA, 2023

Figure 35 - Relação Consumo per capita e Densidade demográfica para o 2020 nos bairros do município de Boa Vista – RR.



Fonte: AUTORA, 2023

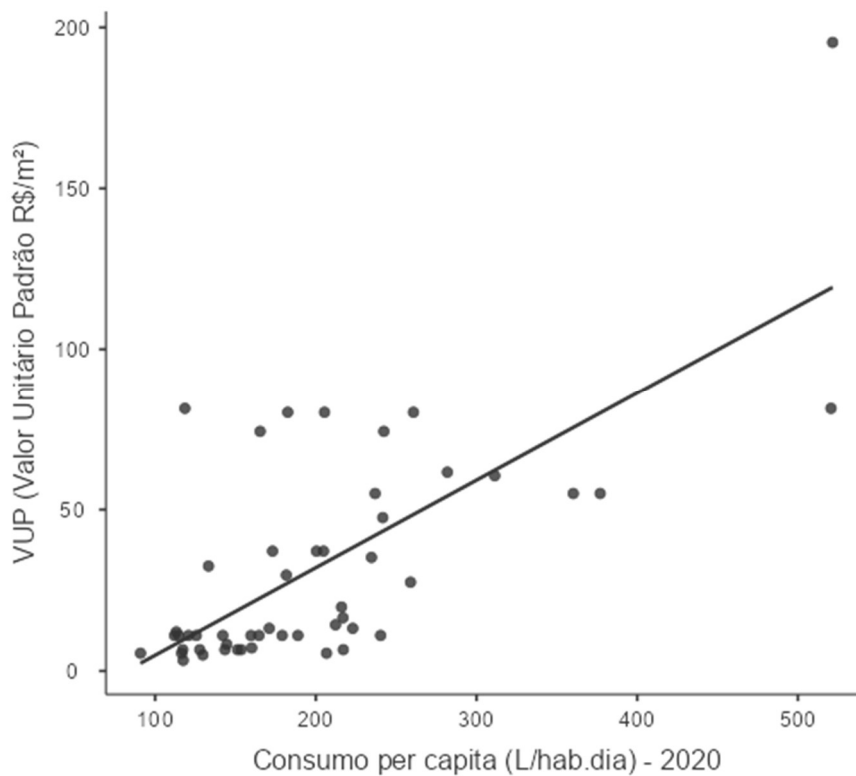
Ao se analisar as correlações apresentadas nas Figura 34 e 35 é possível perceber que foram fracas, obtendo-se $R^2 = 0,110$ na correlação entre o consumo efetivo médio per capita e a densidade demográfica bruta de 2019, e $R^2 = 0,0882$ na correlação entre o consumo efetivo médio per capita e a densidade demográfica bruta para 2020.

É observável pelas linhas de tendência apresentadas que consumo efetivo médio diário per capita é inversamente proporcional a densidade urbana. Onde normalmente aqueles bairros mais adensados são predominantemente de baixa renda, desse modo, apresentam consumos per capita inferiores. Fato este que pode ser observado na variável seguinte, o VUP.

Um planejador ao estudar um determinado loteamento, por exemplo, tem conhecimento de duas variáveis básicas, dentre outras: área do lote, local a ser implantado o empreendimento e com isso o Valor Unitário Padrão (VUP), além de poder determinar o número de habitantes por lote. (GARÇA,2019)

Desse modo, procedeu-se para a correlação entre o consumo efetivo médio diário per capita (q_e) é o VUP, que representa o valor dos lotes presentes nos bairros estudados. A figura 36 abaixo mostra a relação entre o consumo per capita médio e a variável *VUP*.

Figura 36 - Relação Consumo per capita e Valor Unitário Padrão – VUP, para os bairros do município de Boa Vista – RR.

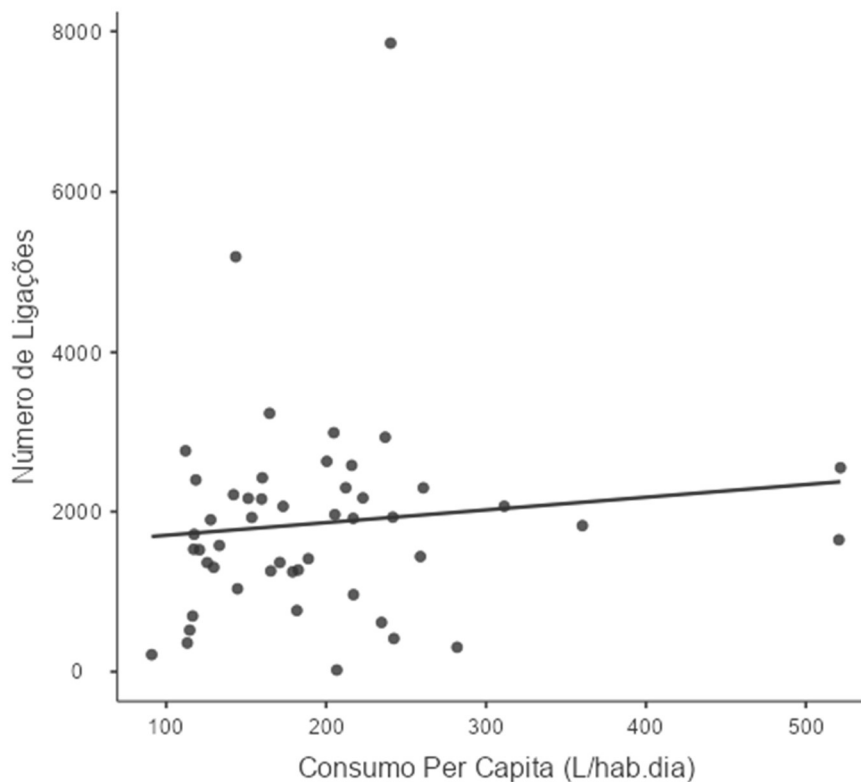


Fonte: AUTORA, 2023

É possível observar que a variável VUP, apresentou maior aderência em relação ao consumo efetivo médio per capita em relação às demais anteriores ($R^2 = 0,5108$), o que mostra maior interação entre as variáveis. Além disso, reforça o conceito de quanto maior o padrão e valor de venda apresentado no bairro, maior será o consumo médio apresentado por residência, devido ao padrão de vida apresentado pelos moradores.

A figura 37 a seguir apresenta a relação entre o consumo per capita para o ano de 2020, e o número de ligações ativas presentes em cada bairro.

Figura 37 - Relação Consumo per capita e Número de Ligações Ativas, para os bairros do município de Boa Vista – RR.



Fonte: AUTORA, 2023

Para a relação das variáveis anteriores, o $R^2 = 0,007$ mostra que há pouco ou nenhuma relação entre o valor do consumo per capita e o número de ligações ativas presentes em um bairro. Para realizar uma análise mais detalhada sobre esse aspecto, seria necessário relacionar a porcentagem de hidrometação presente em cada bairro do município com o consumo per capita. Tal pesquisa não foi realizada, devido a indisponibilidade de informações referente a quantidade de imóveis residenciais presentes em cada bairro, que não foi fornecida nem por órgãos municipais e estaduais.

Aplicando o modelo de regressão linear múltipla para analisar o comportamento das três variáveis escolhidas com o consumo per capita para o ano de 2020, temos as seguintes definições:

Como variável dependente temos o Consumo Per Capita (L/hab.dia), e como variáveis independentes (a) Renda Média Domiciliar (R\$/m²) (b) Número de Ligações Ativas (NLA) e (c) Valor Unitário Padrão dos lotes (VUP). Aplicando as 3 variáveis no Software JAMOVI (2023), obtemos como resultado os seguintes coeficientes:

Tabela 8 – Medidas do ajustamento da regressão linear múltipla.

Modelo	R	R ²	R ² Ajustado
1	0.769	0.592	0.564

Fonte: AUTORA, 2023

Utilizando o método do R² ajustado com valor $R^2 = 0,564$, nos diz que em cada uma das variáveis aplicadas ao consumo per capita, 56,40% dos valores obtidos da amostra, conseguem associar-se ao comportamento do consumo per capita de 2020 (variável dependente). Os coeficiente da tabela 9 a seguir apresentam os resultados quando os dados são aplicados ao Teste F:

Tabela 9 – Coeficiente do modelo resultado da regressão linear múltipla.

Coeficientes do Modelo - Consumo Per Capita (L/hab.dia)				
Preditor	Estimativas	Erro-padrão	t	p
Intercepto	89.82640	20.91692	4.29	< .001
Renda Média domiciliar (RMD - 2010 - R\$/mês)	0.05315	0.01831	2.90	0.006
Número de ligações ativas	0.00952	0.00667	1.43	0.160
VUP	1.41591	0.26924	5.26	< .001

Fonte: AUTORA, 2023

Para analisar a correlação entre as variáveis independentes e a variável dependente, parte-se para a análise do coeficiente p , onde este deve ser $p < 0.005$. Ao observar a tabela 9 anterior, vemos que somente a Variável VUP se adequou na amostra, o que já caracteriza a correlação como positiva. É notável também que o número de ligações ativas destoa bastante do coeficiente recomendado, o que pode ser desconsiderado para fins de correlações. Todas as variáveis independentes apresentam estimativas positivas, ou seja, quanto maior o seu valor, maior será o valor correspondente da variável dependente.

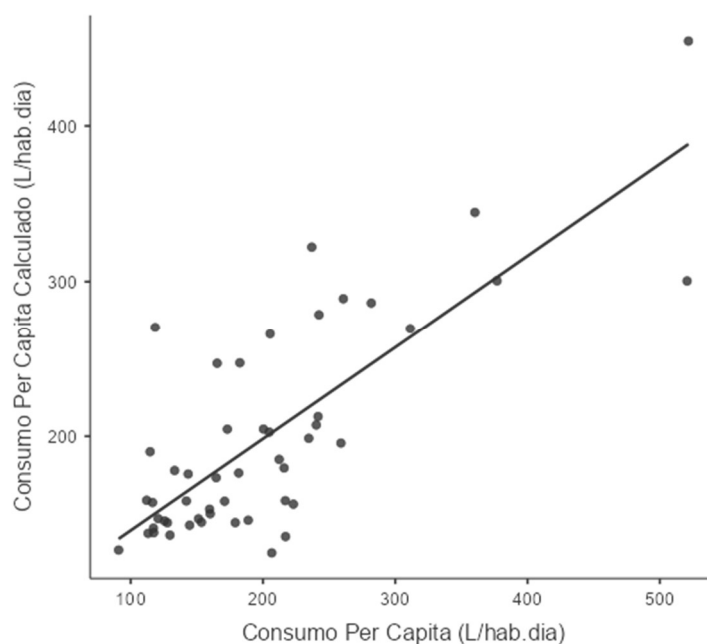
Utilizando o modelo da regressão múltipla obtemos a seguinte equação, que permite estimar o consumo per capita para qualquer edificação residencial em que se tenha conhecimento das três variáveis independentes.

$$qe \left(\frac{L}{hab} \cdot dia \right) = 89,82 + 0.05315 * RMD + 0.00952 * NLA + 1.41591 * VUP \text{ (equação 8)}$$

Em que qe = Consumo Per Capita; RMD = renda média domiciliar; NLA = numero de ligações ativas e VUP = valor unitário padrão.

A figura 38 abaixo mostra o resultado da dispersão entre os dois consumos. O Valor real obtido pelas amostras, e o valor calculado pela equação 8.

Figura 38 – Gráfico de dispersão entre consumo per capita calculado e consumo per capita real.



Fonte: AUTORA, 2023

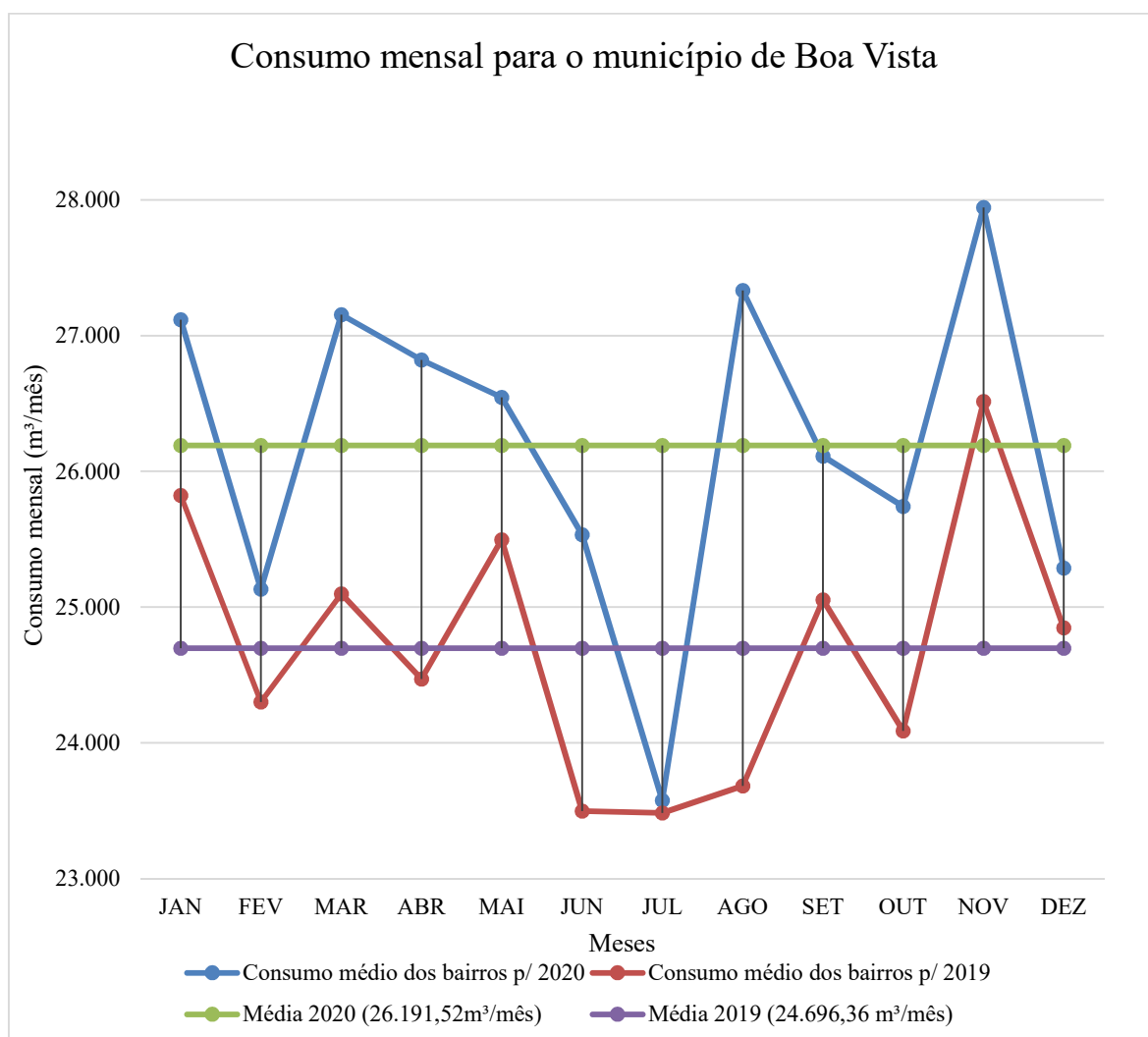
Com os valores obtidos da equação é obtido um valor de $R^2 = 0,602$, o que significa que 60% dos valores da amostra, se enquadram na linha de tendência prevista na dispersão.

4.4 CONSUMO PER CAPITA POR MACROMEDIÇÃO.

A partir dos volumes micromedidos em cada bairro analisado, obtidos pela Companhia de Água Esgotos de Roraima – CAER, determinou-se o consumo per capita, baseado no volume mensal consumido em cada bairro, e a população neles existentes para os anos de 2019 e 2020.

Inicialmente analisou-se o consumo médio mensal ($m^3/mês$) para o município de Boa Vista, durante todos os meses dos anos de 2019 e 2020, ressalta-se que esta média reflete somente os bairros estudados anteriormente, aqueles que não se enquadraram no estudo, não foram contabilizados na amostra.

Figura 39 – Consumo médio mensal anual para o município de Boa Vista



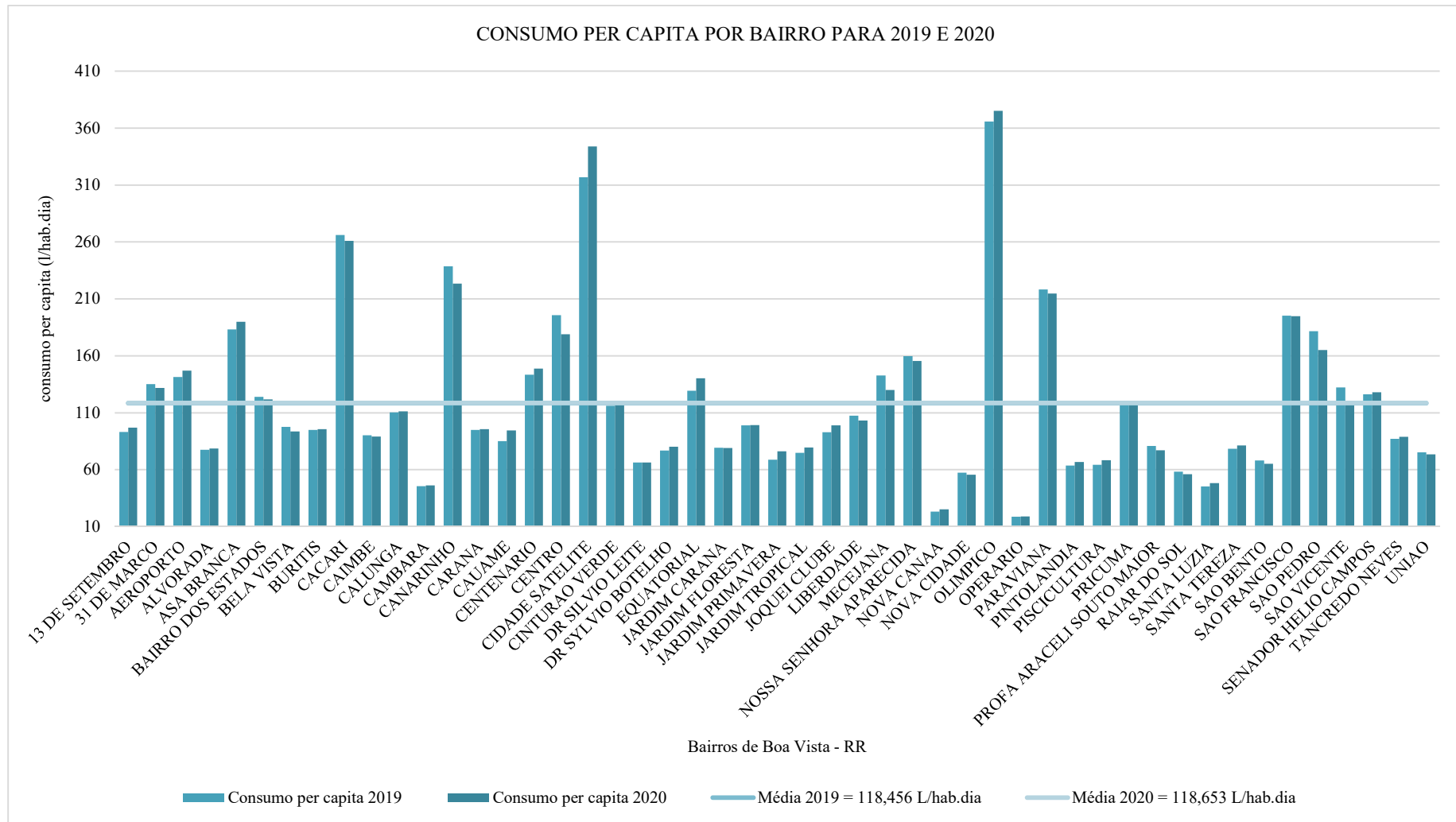
Fonte: AUTORA, (2023).

É observável que o comportamento mensal quanto ao padrão estabelecido pelas residências se repete. Visivelmente o consumo médio mensal para o ano de 2020 foi expressivamente maior em comparação com o ano de 2019. Tal comportamento pode-se atribuir ao crescimento populacional assim como também ao *lockdown* implementado no período de pandemia, onde grande parte da população permaneceu em suas residências, aumentando os hábitos de consumo de água.

Atrelado a isto, é verificado que até o mês de março de 2020, as residências seguiam o mesmo padrão de comportamento de consumo de água em relação ao ano de 2019. E após o início do surto de contaminação, o padrão se distorceu completamente, permanecendo com o consumo de água elevado nos meses que se prosseguiram. Em julho de 2020, o consumo médio de água obteve valores quase idênticos em relação ao ano anterior, fator que pode ser justificado com as medidas mais flexíveis quanto aos cuidados da pandemia, o que permitiu que nos próximos meses o comportamento de consumo do ano de 2020 fosse semelhante ao ano anterior.

O gráfico da figura 40 a seguir mostra o consumo per capita para cada bairro estudado, nos anos de 2019 e 2020 por meio de uma média anual a partir dos volumes micromedidos em cada bairro, pela população registrada naquele ano para o bairro, obtendo o resultado em L/hab.dia.

Figura 40 – Consumo per capita por bairro para o município de Boa Vista – RR.



Fonte: AUTORA, (2023).

É possível observar que a diferença de consumo entre os dois anos para o município é exposta discretamente, onde somente em alguns bairros estão expressas perceptíveis. O bairro que mais apresentou diferença entre os anos foi o bairro cidade satélite. Já o bairro com menor discrepância foi o bairro Dr Sylvio Leite.

Com as informações fornecidas pelo gráfico da figura anterior, nota-se que a média per capita para a capital de Boa Vista – RR, para os dois anos analisados, não apresentou praticamente nenhuma diferença $Cp_{2019} = 118,456 \frac{L}{hab} . dia$ e $Cp_{2020} = 118,653 \frac{L}{hab} . dia$. Desse modo, conclui-se que a Pandemia da Covi-19 não gerou influência significativa nos hábitos de consumo da população de Boa Vista. É pouco provável que ao se considerar os bairros retirados da amostra na pesquisa, esse valor se altere, já que as características e hábitos cotidianos da população se assemelha são as mesmas.

Os bairros que obtiveram um consumo per capita acima da média, são: 31 De Março, Aeroporto, Asa Branca, Bairro Dos Estados, Caçari Canarinho, Centenário, Centro, Cidade Satélite, Equatorial, Mecejana, Nossa Senhora De Aparecida, Olímpico, São Francisco, São Pedro, São Vicente, Senador Hélio Campos E Paraviana.

Para o ano de 2019, os bairros Asa Branca, Caçari, Canarinho, Centro, Cidade Satélite, Nossa Senhora De Aparecida, Olímpico, Paraviana, São Francisco e São Pedro apresentaram medias de consumo per capita superior ao consumo per capita atribuído ao país naquele ano. Tal fato pode ser explicado pelo alto custo de vida apresentados nos bairros citados anteriormente, com exceção dos bairros Asa Branca, Olímpico e Cidade Satélite que se localizam na região mais periférica da capital. O mesmo comportamento se repete para o ano de 2020.

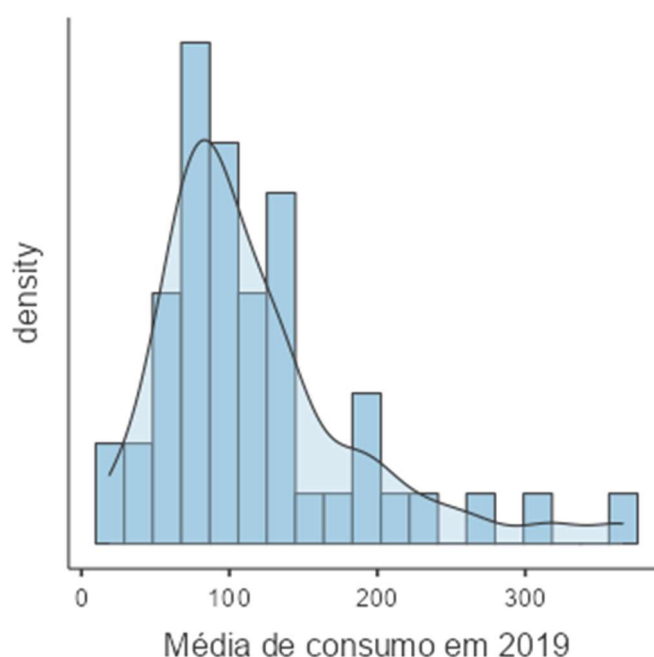
Ademais, todos os outros bairros que se concentram na zona oeste, apresentaram medias de consumo per capita com valores inferiores à média nacional para os dois anos de amostra. O fator socioeconômico é um dos principais motivos dessa diferença apresentada. Muitos dos imigrantes também se concentram nos bairros periféricos de Boa vista.

A disponibilidade hídrica dos mananciais de captação, é um dos fatores que também afetam a média de consumo per capita de uma localidade. Como a escassez de água não é um problema preocupante presente na capital de Boa Vista – RR, ela se torna ineficiente quanto a sua influência ao consumo per capita. Porém, alguns fatos quanto à gestão do fornecimento de água tratada devem ser considerados. Mesmo em 2022, a cidade ainda apresenta muitos problemas de pressão e vazamentos frequentes, decorrentes de uma rede de distribuição incapacitada de atender a demanda atual, além da falta de manutenção. Desse modo, bairros mais distantes da captação principal da cidade acabam por não conseguirem atender à demanda local, principalmente em horário de pico de consumo, justamente por problemas apresentados na rede.

Muitos dos bairros analisados apresentaram até mesmo o consumo per capita de 2020 inferior em relação a 2019. Os fatores atrelados a estes resultados podem ser diversos, desde um êxodo urbano, ou mudança de Estado, até à redução da população, vítima da Covid-19.

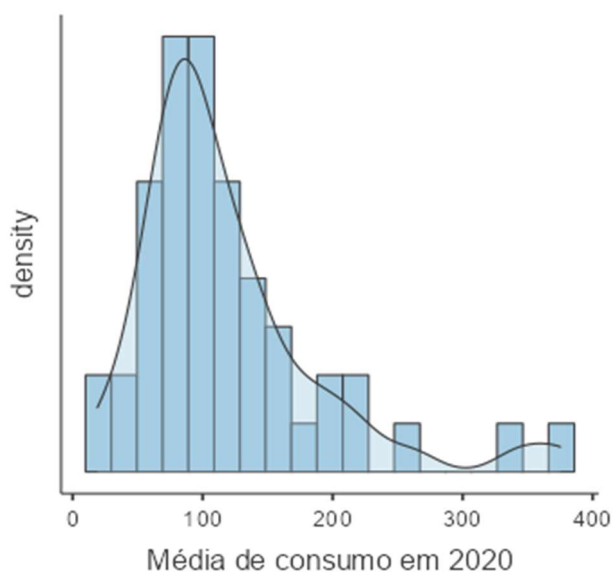
Os gráficos das figuras 41 e 42a seguir mostram o comportamento do consumo per capita dos anos de 2019 e 2020, por meio de uma análise de densidade.

Figura 41– Consumo per capita para o município de Boa Vista em 2019 – RR.



Fonte: AUTORA, (2023).

Figura 42 – Consumo per capita para o município de Boa Vista em 2019 – RR.



Fonte: AUTORA, (2023).

Pelo comportamento dos dois gráficos é possível observar que o consumo per capita na maioria dos bairros se concentra entre 50 L/hab.dia e 150 L/hab.dia e uma pequena porcentagem está acima dos 300 L/hab.dia.

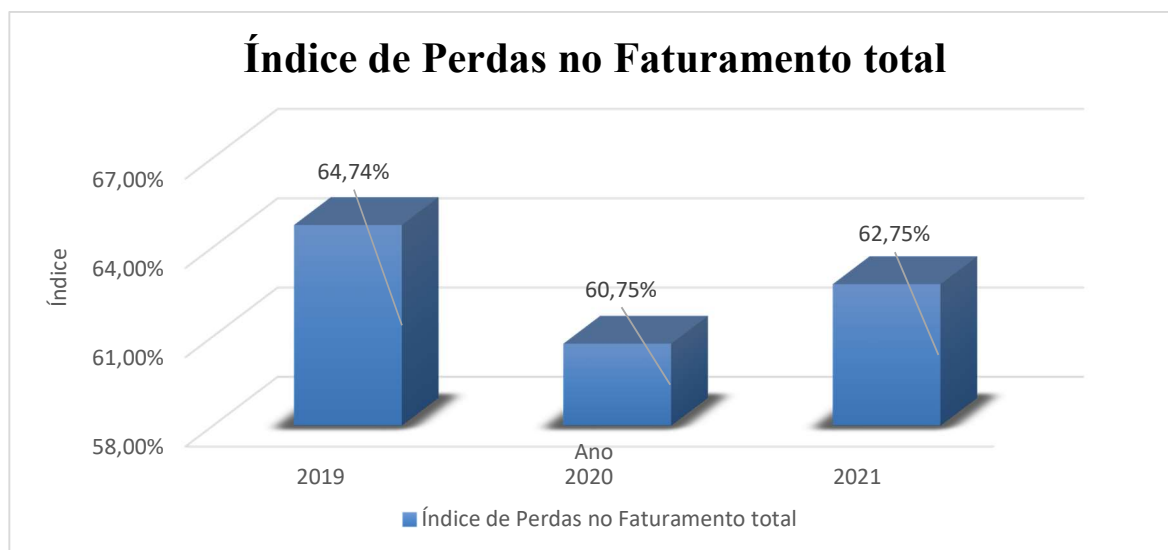
4.5 ÍNDICES DE PERDAS

A seguir temos a explanação dos resultados das perdas referente ao município de Boa Vista nos anos entre 2019 e 2021 para a Capital Boa Vista, utilizando a metodologia do instituto Trata Brasil. Determinou-se o índice de perdas no faturamento (IN013), o índice de perdas de faturamento total (IPFT), o índice de perdas na distribuição (IN049) e o índice de perdas por ligação (IN051). Foi utilizado o Software JAMOV para determinar o comportamento de cada indicador solicitado pelo o SNIS de acordo com as informações fornecidas pela Companhia de água e Esgoto de Roraima - CAER:

4.5.1 Índice de perdas por faturamento total

Aplicando-se a equação 6 descrita na metodologia, obteve-se os seguintes resultados para o índice de perdas por faturamento nos anos de 2019 a 2021. A figura 43 a seguir mostra o gráfico com o comportamento desse índice de perdas ao longo dos anos analisados.

Figura 43 – Índice de perdas por faturamento total para o município de Boa Vista – RR



Fonte: AUTORA, 2023.

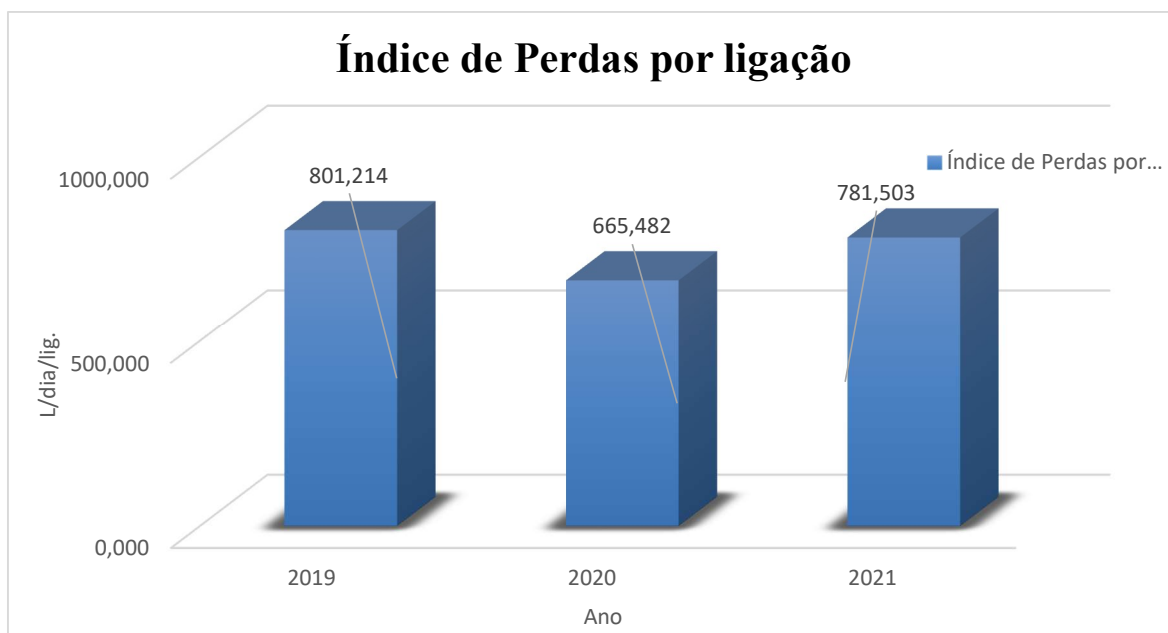
O índice de perdas de faturamento corresponde à comparação entre o volume de água disponibilizado para distribuição e o volume faturado. Ou seja, ele reflete quanto a companhia está produzindo de água e quanto ela obtém de retorno. Nas perdas de faturamento total, é desconsiderado o volume de serviço. Desse modo, ele representa quanto de água não está sendo medida ou está sendo perdida para ligações clandestinas ou falhas na rede.

Ao comparar os dados desses 3 anos, o indicador de perdas de faturamento total variou pouco, tendo sua alta mais significativa no ano de 2021. Houve um decréscimo de 64,74% em 2019 para 62,75% em 2021, isto é, menos de 1 p.p (ponto percentual) ao ano. É notável que em nenhum desses anos analisados, o índice estava abaixo de 15% - sendo este o valor indicado de perdas no faturamento para países desenvolvidos. Desse modo, entende-se que a Capital de Boa Vista, destoa bastante de uma realidade adequada quanto às perdas financeiras presentes no Estado, onde parte do dinheiro gasto em produção de água tratada, poderia servir para investimentos de ampliação e modernização do sistema de infraestrutura básica de saneamento presente no Estado.

4.5.2 Índice de perdas por ligação

Aplicando-se a equação 3 descrita na metodologia, obteve-se os seguintes resultados para o índice de perdas por ligação nos anos de 2019 a 2021. A figura 44 a seguir mostra o gráfico com o comportamento desse índice de perdas ao longo dos anos analisados.

Figura 44 – Índice de perdas por ligação para o município de Boa Vista – RR



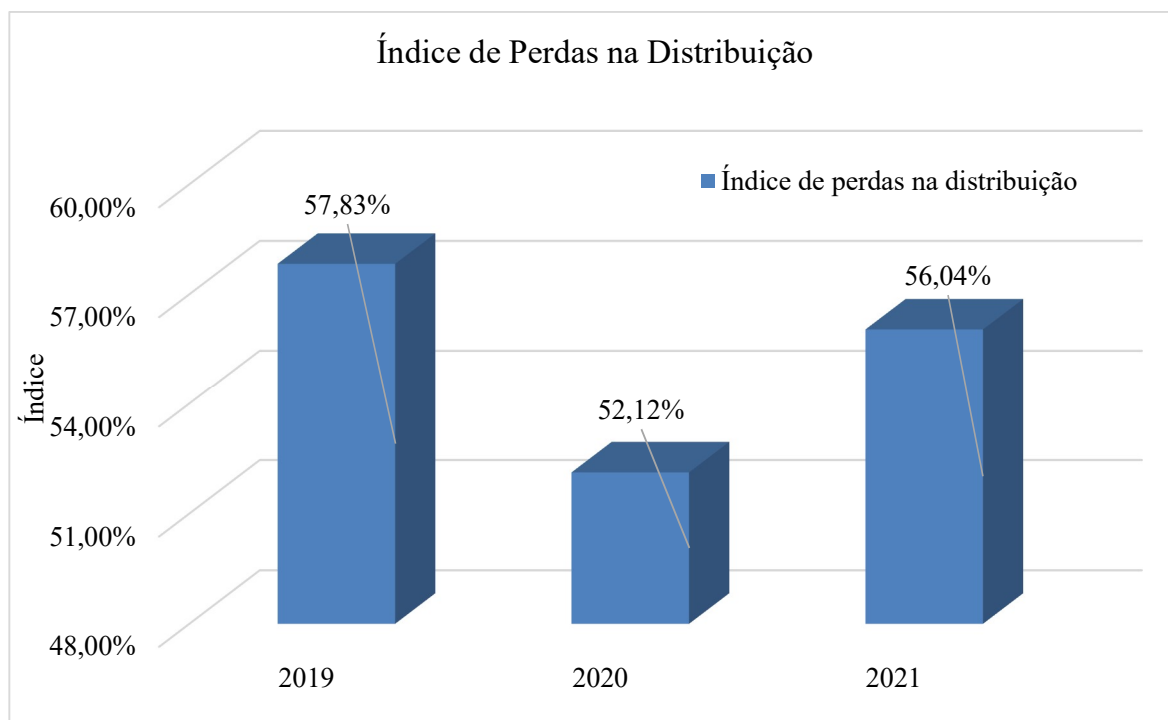
Fonte: AUTORA, 2023.

Dos 3 anos analisados, nenhum deles possui níveis de perdas por ligação inferiores a 250 L/dia/lig (valores considerados como ótimos). Os dados mostram ainda que 100% da amostra tem perdas superiores a 500 L/dia/lig. É um indicador com maior precisão que os indicadores percentuais. Demonstra a diferença entre o volume disponibilizado e o volume efetivo com relação ao número de ligações ativas. Representa também as perdas de água em litros por dia e por ligação, o qual se utiliza como complemento ao índice de perdas na distribuição

4.5.3 - Índice de perdas na distribuição

O índice de perdas totais na distribuição foi obtido através do indicador percentual de perdas, com base nas informações disponibilizadas pela CAER. O comportamento do índice para o município está representado na figura 45 a seguir.

Figura 45 – Índice de perdas por ligação para o município de Boa Vista – RR



Fonte: AUTORA, 2023.

O índice de perdas na distribuição representa a situação atual do volume de água que foi distribuída, ou seja, tratado pela companhia, mas que não foi consumido, logo é um indicador de eficiência. Podendo ser tanto pela falta de medição em ligações clandestinas, como através de vazamentos não visíveis. Através das análises deste índice, pode-se avaliar a melhor forma de realizar a gestão dos recursos hídricos e minimização do desperdício com água potável no estado. Uma ação que pode ser realizada para a redução desta perda é a visita e anotação dos locais que possuem falhas visíveis no sistema de distribuição, ou que estejam precários como forma de prevenção quanto a vazamentos futuros.

No período avaliado o índice de perdas na distribuição teve uma redução de 1,79 p.p. É importante ressaltar a contribuição da Companhia de água e Esgoto do Estado de Roraima, que busca anualmente reduzir esse percentual e continuar prestando um serviço de qualidade. A tabela 10 detalha as informações referentes aos 3 índices para a capital do estado de Roraima.

Tabela 10 – Índices observados para o município de Boa Vista – RR.

ANO	IPFT	IPD	IN051 (L/dia/lig)
2019	64,74%	57,83%	801,214
2020	60,75%	52,12%	665,482
2021	62,75%	56,04%	781,503

Fonte: AUTORA, 2023.

4.6 SUGESTÕES DE MEDIDAS A SEREM TOMADAS

O PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico), divide ações que buscam melhorar o setor de saneamento no Brasil. A divisão se baseia no foco em ações estruturais, focando na ampliação e melhoria dos ativos, e nas ações estruturantes que se baseiam na gestão de ativos.

Para as ações estruturais, temos como proposta a realização de contratos de assistência técnica, terceirização de parte dos serviços técnicos, dentre outros. Tardelli Filho (2004) propõe alguns tópicos que compõe um programa de ações estruturantes para controle e redução de perdas:

- 1 Diagnóstico: se baseia na elaboração de um balanço de águas, caracterizando os principais fatores que causam as perdas. Desse modo serão necessários levantamentos em campo para determinar as ações em cada caso;
- 2 Definição de metas: será necessário definir metas globais e setoriais, que deverão atender tanto as perdas reais como aparentes. Juntamente a isto, deve-se escolher indicadores específicos metas para reduzi-lo, de forma a compor um conjunto de metas que deverão atingir uma meta global estabelecida;
- 3 Indicadores de controle: cada indicador específico deve controlar uma ação;
- 4 Planos de ação: para cada ação é importante um plano elaborado que contemple os métodos, responsáveis, prazos e custos;
- 5 Estruturação e priorização: após definidos os planos de trabalho, é necessário enfrentar o problema quanto a insuficiência dos recursos financeiros. Dessa maneira, deve-se priorizar ações que tragam mais retorno quanto à recuperação de volumes e maiores impactos nos indicadores avaliados.
- 6 Acompanhamento de ações e avaliação de resultados: é necessário a realização de relatórios periódicos para o acompanhamento das ações, sendo estes bastantes detalhados utilizando de todas as possibilidades de recursos analíticos e gráficos.

Segundo a ABES (2013) – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, algumas ferramentas de gestão de um programa de controle de perdas estão disponíveis como MASPP – Método de análise e solução de Problemas de Perda D'água e de faturamento e o método do Six Sigma.

A metodologia Six Sigma é uma estratégia gerencial, onde você define como vai ser sua rotina e como você vai desenvolver um trabalho de melhoria nos seus processos, no seu projeto. Esse método é dividido em 5 etapas:

- Definição: define o que se espera do projeto.
- Medição: obtenção de dados sobre o processo.
- Análise: identificar as causas raízes do problema.
- Melhoria (Improve): propor uma solução para cada causa raiz.
- Controle: monitorar os resultados alcançados

Ainda de acordo com a ABES (2013), é necessário a determinação de dois limites de forma que atenda ao objetivo de redução das perdas de água. O primeiro é o limite econômico, onde em algumas situações se gasta mais para reduzir as perdas, do que o valor intrínseco de volume recuperado. O segundo é o limite técnico, que define as perdas mínimas aceitáveis, pois sempre haverá perdas por mais desenvolvidos que sejam os equipamentos envolvidos no processo. Dessa forma, não é economicamente viável evitar 100% das perdas.

Para o desenvolvimento de ações que combatam as perdas de água, inclui-se gastos com equipamentos, instalações, obras civis, ações operacionais e de manutenção, ações tecnológicas e qualificação profissional.

Algumas medidas também serão necessárias que ocorram através da união do governo com a companhia de abastecimento, através da utilização de estratégias de Integração de todas as ações para redução de perdas na Companhia, além de um apoio financeiro que assegure a continuidade das ações ao longo dos anos.

Ações como a substituição de redes com trocas de ramais, setorização, instalação de válvulas redutoras de pressão, pesquisa de vazamentos não visíveis, reparo de vazamentos, atualização cadastral, regularização de ligações em lugares mais precários, combate a irregularidades, calibração de macromedidores, treinamento e aquisição de equipamentos são medidas que proporcionaram a redução dos índices de perdas obtidos acima.

Só no ano de 2008 foram realizadas diversas ações dos seguintes tipos: 155.142 ramais substituídos, 454.500 reparos de vazamentos executados em rede e ramal, 536.420 hidrômetros substituídos e a proposta do programa é a realização de uma média anual de 423.253 ramais substituídos, 49.405 reparos de vazamentos em redes e ramais e 772.363 hidrômetros novos, e foram investidos 126.600 milhões de reais (SABESP, 2010).

A CAER (Companhia de Águas e Esgotos de Roraima) está realizando o recadastramento dos bairros mais afastados e que apresentam alta potencial expansionista. Esta ação verifica desde as caixas padrão, até o número de lote e residência. Esta ação permite um contato direto da companhia de abastecimento com a população, para entender a sua real situação. Atrelado a isto, a companhia está realizando programas de expansão, como o Programa Água Para Todos, do governo estadual, que está implementando obras de infraestrutura básica focadas no saneamento básico, implantando redes de distribuição para os bairros onde ainda não eram atendidos pela rede.

5.0 PRODUTO

Como resultado da análise realizada nesta pesquisa, no **Apêndice**, encontram-se dois mapas referentes ao consumo per capita exibido para o ano de 2020, divididos por zona e por bairro.

6.0 CONCLUSÃO

Utilizando os conceitos de isodensidade – mesma média de moradores por residência, obtivemos que os consumos per capita para os dois anos apresentaram-se mais flexíveis nos anos de 2019 e 2020, não sendo descartado este método a ser utilizado para fins projetuais, já que o coeficiente de variabilidade encontrado para a média de moradores nos bairros, se encontra em 8,22%. Mas deve-se atentar ao fato que a crise migratória, iniciada por volta de 2017, alterou as características demográficas de distribuição da população. Pois devido ao alto custo de vida na cidade de Boa Vista, alguns imigrantes obrigaram-se a habitar grande quantidade de pessoas numa mesma residência.

Atrelado a isto, verificou-se uma correlação positiva entre o consumo efetivo médio per capita de água e a renda média mensal individual. Tendo como resultando, que a renda média mensal individual influencia no consumo médio diário per capita, obtendo-se coeficiente de correlação $R^2 = 0,3657$. Apesar de não ser um valor extremamente satisfatório, esta variável apresentou melhor correlação com os consumos per capita calculados do que as outras.

Um fato importante é que não foi observado correlação entre o consumo efetivo médio diário de água e a densidade demográfica bruta dos bairros. Pelo teste de confiança foi verificado que as variáveis independentes Número de ligações ativas (NLA), Valor Unitário Padrão (VUP) e Renda Média Domiciliar (RMD) apresentaram correlação linear com o consumo efetivo médio diário (qe), com intervalo e confiança de 56,4%.

O valor unitário padrão (VUP) apresentou boa correlação $R^2 = 0,5108$ com o consumo per capita calculado para as edificações residenciais. O número de ligações ativas demonstrou nenhuma relação com o consumo per capita obtido das amostras.

A equação $10 \quad qe \left(\frac{L}{hab} \cdot dia \right) = 89,82 + 0.05315 * RMD + 0.00952 * NLA + 1.41591 * VUP$, apresentou correlação de 60,2% de seus resultados estimados com os valores reais obtidos das amostras.

Os valores de consumo per capita exibidos para os anos de 2019 e 2020, apresentaram pouca ou nenhuma diferença, isso se explica no seu coeficiente de variabilidade em que, as suas variações se dispersam semelhantemente. É notável que o comportamento dos bairros, frente aos anos pré e durante pandemia, não sofreram grandes

alterações, pois alguns tiveram seu consumo per capita aumentado, enquanto outros obtiveram redução no seu valor.

Desse modo, obtemos que o consumo per capita obtido para o ano de 2020 para o município de Boa Vista – utilizando a metodologia apresentada, encontra-se em 198,46 L/hab.dia, maior que o valor observável registrado para o país naquele ano de 152,1 L/hab.dia.

Os índices de perda no faturamento (IPFT), perdas por ligação (IN051) e perdas na distribuição encontraram-se em 62,75%, 66,61% e 7790,75(L/lig/dia), respectivamente para o ano de 2021, última amostra coletada. Desse modo, observa-se que os dois primeiros índices ainda encontram-se aceitáveis frente a realidade do saneamento no Brasil. Já o índice de perdas por ligação encontram-se em valores exorbitantemente superiores, tendo como valor referência 500 L/lig/dia

A redução da perda de água é uma questão de sustentabilidade ambiental e de saúde pública. O Estado de Roraima apresenta uma das maiores reservas hídricas do país, mas não é irrelevante a situação atual de desperdício de água, que se encontra com uma das maiores do país. Apesar de todos os avanços das concessionárias em todo o Brasil buscando diminuir o índice de perdas em seus sistemas através de diversas ações principalmente na construção de Programas de Combate e Redução das Perdas, esses índices ainda são muitos elevados se compararmos com países de primeiro mundo como o Japão que possui índices abaixo de 10%.

Quanto a relação dos dois fatores analisados, é possível observar que apesar de a capital Boa Vista apresentar um índice de perdas bem acima do restante do país, o seu consumo per capita permanece igualmente sobressaliente. Ou seja, apesar da precariedade da rede quanto ao fornecimento de água tratada, a população da capital, permanece com um padrão de consumo elevado como mostrados nos dados apresentados.

Com os mapas apresentados no apêndice, é possível observar que os consumos mais elevados se concentraram na zona norte, onde os bairros apresentam um padrão de renda média assim como de infraestrutura básica mais elevado. Na zona sul, o consumo per capita é inferior devido à prevalência de indústrias nessa região, onde a maioria utiliza-se de poços de captação subterrânea e não fazem uso da rede de distribuição de água da cidade.

Quanto às perdas na distribuição, não é possível obter essa avaliação por bairro, visto que o sistema de distribuição não é setorizado, mas sabe-se que os bairros mais antigos apresentam rede de distribuição de água mais precárias, onde há casos em que sua localização é até desconhecida. Desse modo, é provável que as maiores perdas físicas ocorram nos bairros mais antigos. Quanto às perdas aparentes, temos que os bairros mais distante e mais novos, apesar de apresentarem um sistema de distribuição mais moderno frente ao restante da cidade, ainda assim, possuem muitas fraudes de ligações assim como falta de hidrometração, desse modo influenciam diretamente no faturamento arrecadado pela companhia.

No Brasil ainda não existe um conjunto consolidado de indicadores que analisem as perdas de forma padronizada por todo o país. Mas os resultados desta pesquisa evidenciam a situação crítica de desperdícios de água em que o estado se encontra. A principal divergência entre os indicadores é na delimitação do volume de controle, que nem sempre considera o volume de água importado, exportado ou de serviço, podendo variar a forma de medição de estado para estado.

As ações para a redução de perdas nos sistemas de abastecimento de água resultam no incremento da performance econômica das companhias de saneamento, levando a tarifas mais baixas à população. Juntamente a isto, a redução das perdas leva ao adiamento de novos investimentos na ampliação do sistema como um todo. Através do controle das perdas, é possível a preservação de mananciais, já que a água para consumo é um bem escasso nas regiões de maior consumo.

Com a redução das perdas será possível aumentar a oferta de água, sem a necessidade de expansão do sistema de tratamento de água, reduzindo o tempo de chegada da água no processo de abastecimento devido à minimização do número de vazamentos. Com isso, a consequente melhoria na sua disponibilidade permitirá melhorar a qualidade do serviço prestado pela concessionária, buscando a satisfação dos usuários através do serviço prestado, além da diminuição dos gastos com manutenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES - Associação Brasileira De Engenharia Sanitária E Ambiental. **Sumário Executivo: Perdas de água: Diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate.** Disponível em: http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas_resumo.pdf. Acesso em: 13 de fevereiro de 2022.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626/1998: Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998. 41p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211: Estudos de Concepção de Sistemas de Abastecimento de Água.** Rio de Janeiro, 1990. 12 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 2017. 4 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura Dos Recursos Hídricos No Brasil 2019: Informe Anual.** Brasília, 2019. 100 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). **Atlas Águas: Segurança Hídrica Do Abastecimento Urbano.** – Brasília, 2021 332 p.

ALMEIDA, D. F. C. **Controle e Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água.** 2012. 170p. Dissertação (graduação) - Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo/SP.

AWWA (2000), American Water Works Association, Pathogen intrusion into the distribution system, Denver.

BACELLAR, R. H. **Instalações Hidráulicas E Sanitárias: Domiciliares E Industriais.** 1 ed. São Paulo: McGraw do Brasil, 1976. 258 p.

BRASIL. CAER - Companhia De Agua E Esgotos De Roraima. Roraima: [s.n.], 2022.

BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas De Água: Tecnologias De Controle.** João Pessoa: Editora da UFPB, 2013. 220p.

BRASIL. Fundação Nacional De Saúde – Funasa. **Manual do Saneamento**. Brasília: FUNASA, 2019. 547 p.

BRASIL. Fundação Estadual Do Meio Ambiente E Recursos Hídricos – FERMARH. Boletim hidrometeorológico dia 15 06 2023. Boa vista: FERMARH, 2023.

Brasil. (2007). “Lei Nº11445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº. 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências”. 13p. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 05/01/2007.

BRASIL. Instituto Trata Brasil. **Perdas De Água 2020 (SNIS 2018): Desafios Para Disponibilidade Hídrica E Avanço Da Eficiência Do Saneamento Básico**. 1 ED. – SÃO PAULO, 2020. 86 p.

BRASIL. IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Base De Informações Do Censo Demográfico 2010: Resultados Do Universo Por Setor Censitário**. Rio de Janeiro, 2011. 201p.

BRASIL. IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Sinopse do censo demográfico 2010. Boa vista. População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, segundo as Unidades da Federação – 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acessado em: 05 de março de 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – IBGE. **Servidor de Mapas, Censo 2010 – Primeiros Resultados da Amostra**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 nov. 2022.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução De Perdas Em Sistemas De Abastecimento De Água**. 2. ed. – Brasília: Funasa, 2014. 172 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento: 25º Diagnóstico Dos Serviços De Água E Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 183 p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR. Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**. Brasília/ DF, 2021.

BRASIL. Secretaria Nacional De Saneamento Ambiental – SNSA. **Ações De Assistência Técnica Em Redução E Controle De Perdas De Água E Uso Eficiente De Energia Elétrica**. 1 ed. Pernambuco, 2018. 120p.

BRASIL. Secretaria nacional de saneamento ambiental – SNSA. **Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reuso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil**. 1 ed. São Paulo, 2018. 32 p.

BRITO, A. **Métodos Para Estimativa De Perdas Em Rede De Abastecimento De Agua: Estudo De Caso – Residencial Domingos Sávio Brandão**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal De Mato Grosso. Cuiabá.

CALDAS, K.P.F. Consumo Per Capita E Perdas No Sistema De Distribuição De Agua Nos Municípios De Roraima. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal De Roraima. 2020. 137 p. Boa Vista /RR.

CERQUEIRA, C. L. O. **Diagnóstico E Proposta De Mitigação Das Perdas Reais Em Sistemas De Distribuição De Água: Estudo De Caso Do SIAA Zona Fumageira**. 2013. 76 p. Dissertação (graduação) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas/BA.

CETESB - Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental. **Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água**. v. 1, 2. ed. rev. São Paulo: CETESB, 1978. Cap.4., p. 107-134

COELHO, A. C.; MAYNARD, J. C. B. **Medição Individualizada De Água Em Apartamentos**. Recife: Editora Comunicarte, 1999.

CONEJO, J. G. L., LOPES, A. R. G., e MARCKA, E. **Medidas de Redução de Perdas - Elementos para Planejamento**, DTA C3. PNCDA, 31 p. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Documentos Técnicos de Apoio, Brasília, DF.

DACACH, N.G. **Saneamento Básico Livros Técnicos e Científicos**. 1 ed. Editora S/A: Rio de janeiro, 1984.

DALMONICA, A. H. **Análise Dos Fatores Influenciadores Do Consumo De Água Em Uberlândia: O Caso Do Setor Sul**. 2014. 85 p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia/MG.

EOS. **O Que É E Como Funciona Um Sistema De Abastecimento De Água**. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-abastecimento-de-agua/>. Acesso em: 15 de março de 2022.

FARLEY, M. **Leakage Management And Control, A Best Practice Training Manual. WHO, Operation And Maintenance Network Of The Water Supply And Sanitation Collaborative Council**. Reino Unido, 2001.

FERNANDES, M.L. **Avaliação De Parâmetros Intervenientes No Consumo Per Capita De Água: Estudo Para 96 Municípios Do Estado De Minas Gerais**. 2003. 146 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal De Minas Gerais. Belo horizonte.

FIM, RAISSA. **Estratégias De Revitalização E Preservação Para O Baixo Rio Cauamé Na Cidade De Boa Vista – Roraima**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal De Roraima. Mapa Do Município De Boa Vista Com Bairros. 2023.

GARCIA, A. P. A. A. **Fatores Associados Ao Consumo De Água Em Residências De Baixa**. Salvador, 2011. 122 p.

GASPAR, F.C. **Correlação Entre As Características Físicas E Locacionais De Lotes E O Consumo Efetivo Médio Per Capta De Água Potável: Estudo De Caso Da Cidade De Bebedouro (SP)**. 2019. 88 p. Dissertação (Pós-Graduação) - Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos. São Carlos/SP.

GLEICK, P. “The human right to water.” *Water Policy*, 1(5), 487-503. “Basic water requirements for human activities: meeting basic needs”. *Water International*, 21, 83-92.

GUEDES, N.S.; JÚNIOR, G. B.A.; CHAVES, G. L. R. **Análise Do Consumo Per Capita De Água Em Municípios Do Nordeste Do Brasil**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB. João pessoa. 2016

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento De Água Para Consumo Humano**. 1º Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

HELOÍSE, C. **SAEMA Divulga Serviços Realizados Em Agosto**. Disponível em: <https://saema.com.br/>. São Paulo. 19 de Setembro de 2017.

HOWARD, G.; BARTRAM, J. **Domestic Water Quantity, Service Level and Health**. World Health Organization. 2003

Indicadores De Consumo Aparente De Bens Industriais: Metodologia E Resultados. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2015.

Instituto Trata Brasil. **Perdas de Água 2023 (SNIS 2021)**. São Paulo, 2023.

Instituto Trata Brasil. **Ranking Do Saneamento Do Instituto Trata Brasil De 2019 (SNIS 2017)**. São Paulo, 2017.

Instituto Trata Brasil. **Ranking Do Saneamento Do Instituto Trata Brasil De 2023 (SNIS 2021)**. São Paulo, 2023

The jamovi project (2021). jamovi (Versão 1.6) [Software de computador]. Disponível em: <https://www.jamovi.org/download.html>

JUNIOR, M. S. C. **Caracterização Do Consumo De Água Doméstico Na Zona Urbana De Alegrete/Rs**. 2015. p.42. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa. Alegrete/RS.

LAMBERT, A; HIRNER, W. **Losses from Water Supply Systems: Standart Terminology and Recommended Performance Measures**. London: International Water Association, 2000.

MAIA, Renato. **Estação De Tratamento De Agua Do Bairro São Pedro**. 2023. Color. 13,54cm x 7,52cm.

MAPA DA OBRA. **Prevenção de Vazamentos Nos Sistemas Hidráulicos**. 2018. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/sistema-hidraulico/>. Acessado em 16 de fevereiro de 2022.

MARTINS, Thiago Guimarães Bais. Avaliação Das Perdas No Sistema De Abastecimento De Água – Bairro Buriti, Campo Grande/MS. 2008. 20 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande.

MATOS, J. C. C. T. Proposição de Método para a Definição de Cotas per capita Mínimas de Água para Consumo Humano. 2007. 122 p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação MTARH.DM-102/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF.

MEMELLI, M. MARTINS, J. Balanço Hídrico E Indicadores De Consumo De Água Potável E Não Potável Em Uma Edificação Dotada De Sistema De Reuso De Águas Cinza. 2011. 89 p. Dissertação (graduação). Universidade federal do espírito santo. Vitória/ES.

NINOMIYA, G. A.; KELLNER, E.; AKUTSU, J. Análise Comparativa do Consumo de Água de dois bairros da Cidade de São Carlos (SP). Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades. V. 1, n. 5, p. 107-122, 2013.

OLIVEIRA, A.D.S. Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no Município de Ribeirão Preto, SP: Avaliação da remoção de metais pesados. 2006. 162 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto/SP.

OLIVEIRA, J. I. Caracterização Do Consumo Per Capita De Água Na Cidade De Natal: Uma Análise Socioeconômica. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, ABES, 1CD ROOM. 2003. 10p.

Organização Pan-Americana de Saúde/Organização Mundial de Saúde – OPAS/OMS. (2001).

ORSINI, E. Q. Sistemas de abastecimento de água. Apostila da disciplina PHD 412 – Saneamento II. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, SP, 1996.

PORTAL DA INDUSTRIA. Principais Setores Industriais do Estado de Roraima. Disponível em:

<https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/estado/rr#:~:text=564%20empresas%20industriais%20em%202021%20no%20estado>. Acessado em 03 de Março de 2023.

PEREIRA, F. F.; MOTÃO, J. P. B. **Avaliação Da Variação Do Consumo Per Capita De Água Nos Maiores Municípios Goianos**. Dissertação (graduação) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2019.

PORTO, RODRIGO M. **Hidráulica Básica**. 2ª Edição. Editora Somus. São Carlos. 2003

RODRIGUES, F. **Geofone**. Disponível em: <http://www.peritos.eng.br/ferramentas/geofone/>. Acessado em: 02 de fevereiro de 2023.

SHERMAN GE, SUTTON T, BLAZEK R, HOLL S, DASSAU O, MORELY B, MITCHELL T AND LUTHMAN L. 2011. Quantum GIS User Guide - Version 1.7 “Wroclaw”. Acesso em: "DATA". Disponível em: http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/qgis-1.7.0_user_guide_en.pdf

SILVA, A.C.N. **Panorama De Perdas Em Sistemas De Abastecimento De Água No Brasil**. 2015. 42 p. Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação) - Universidade Estadual Da Paraíba. Campina Grande/PB.

SILVA, J.B. **Modelagem Da Demanda De Água De Abastecimento Para A Cidade De Pirassununga - SP**. 2019. 98 P. Dissertação (Pós Graduação) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos/SP.

SILVA, R. T., CONEJO, J.G.L., MIRANDA, E.C. e ALVES, R.F.F. **Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água - DTA A2**. Programa de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA, Ministério do Planejamento e Orçamento, Secretaria de Política Urbana, Brasília, DF, 70p. 1998

SILVA, R., CONEJO, J. G. L. **Indicadores De Perdas Nos Sistemas Públicos De Abastecimento**. Brasília – DF, 1998.

SILVA, F.C.M.; CARLOS, A.A.G. **Evolução Das Perdas De Água No Brasil E Programas Adotados Por Prestadores De Serviços**. 20ª Exposição Experiências Municipais Em Saneamento, Santa Catarina, 19 De Maio De 2019.

Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2021**. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República – SEDU/PR; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, v. 5, 2021.

Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (anos-base 2010 a 2015)**. Brasília: Ministério das Cidades. Disponível em: www.snis.com.br. Acesso em: 06 out. de 2022.

Tecnologias Para Detecção De Vazamentos. Geofotec. Disponível Em: <https://Www.Geofotec.Com.Br/Tecnologias/>. Acessado Em: 02 De Fevereiro De 2023.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água**. 2000. 250 p. Navegar Editora: São Paulo/SP.

TRATA BRASIL. **Perdas De Água 2018 (SNIS 2016): Desafios Para Disponibilidade Hídrica E Avanço Da Eficiência Do Saneamento Básico**. São Paulo, 2018. 68 p. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/perdas-de-agua-desafios-para-disponibilidade-hidrica-e-avanco-da-eficiencia-do-saneamento-basico#:~:text=Em%20grandes%20n%C3%BAmeros%2C%20os%20dados,acima%20dos%20R%24%2010%20bi>. Acessado em: 13 de fevereiro de 2022.

TRATA BRASIL. **Perdas de água: novo estudo mostra as perdas nos sistemas de distribuição, a baixa evolução desses indicadores e os grandes desafios para a solução**. São Paulo, 2013. 14 p. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/perdas-de-agua/Release-Perdas-de-Agua.pdf>. Acessado em: 17 de janeiro de 2022.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento De Água**. 3º ed. São Paulo: Departamento De Engenharia Hidráulica E Sanitária Da Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo, 2006. XIII – 643 P.

TUNDISI, J. G. **Novas Perspectivas Para A Gestão De Recursos Hídricos**. Revista USP, n. 70, p. 24-35, 2006.

VICENTINI, L. **Componentes Do Balanço Hídrico Para Avaliação De Perdas Em Sistemas De Abastecimento De Água**. 2012. 196 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica Da Universidade De São Paulo. São Paulo/SP.

VON SPERLING, M; SANTOS, A.S.P.; MELO, M.C.; LIBANIO, M.; **Investigação De Fatores De Influência No Consumo Per Capita De Água Em Estados Brasileiros Em Cidade De Minas Gerais**, 2002. Disponível em: <https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/68M.PDF>. Acesso em: 06 abril 2022.

WERDINE, D. **Perdas De Água Em Sistemas De Abastecimento**. 2002. 144 p. Tese (mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Itajubá. Itajubá/MG.

YOSHIMOTO, P.M.; TARDELLI F. J.; SARZEDAS, G.L. **Controle Da Pressão Na Rede – DTA D1. Programa De Combate Ao Desperdício De Água – PNCDA**. Secretaria Especial De Desenvolvimento Urbano, Secretaria De Política Urbana, 43p. Brasília, 1999.

APÉNDICE